

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
Институт экологии растений и животных

**БИОСФЕРА ЗЕМЛИ:  
прошлое, настоящее  
и будущее**

**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

**21–25 апреля 2008 г.**

ЕКАТЕРИНБУРГ

**ЮЩИКИ**

УДК 574 (061.3) + 502.211  
ББК 28.081  
Б 637

**Материалы конференции изданы при финансовой поддержке  
гранта РФФИ (проект № 08-04-06022)  
и Президиума УрО РАН.**

**Б 637**

**Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее.** Материалы конф. молодых ученых, 21 – 25 апреля 2008 г. / ИЭРиЖ УрО РАН. — Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2008. — 348 с.

ISBN 978 – 5 – 98829 – 017 – 9

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее», проходившей с 21 по 25 апреля 2008 г. в Институте экологии растений и животных УрО РАН. Работы посвящены исследованиям в области популяционной генетики и эволюции, экологии и радиобиологии, функциональной экологии и экологического прогнозирования. Обсуждаются вопросы биологического разнообразия и механизмы устойчивости биоты, проблемы биометрии и анализа данных.

ISBN 978 – 5 – 98829 – 017 – 9

© Коллектив авторов, 2008  
© Оформление. Издательство  
«Гощицкий», 2008

## ПОПУЛЯЦИИ *PINUS SYLVESTRIS* L. В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Д.С. Абдуллина, И.В. Петрова

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Целью данной работы является изучение популяционно-хорологической структуры, внутривидовой и межвидовой изменчивости популяций *Pinus sylvestris* L. в Восточной Сибири (Центральной Якутии). Для определения популяционной структуры использовались фенотипические методы и изосимный анализ. Проанализированы препараты срезов хвои из 7 популяций (50 деревьев из каждой популяции (пробной площади); 15 срезов с 1 дерева; 750 срезов с одной пробной площади).

После проведения изосимного анализа был получен кластер (рис. 1). Показано, что популяции Центральной Якутии подразделяются на две группы: западную (Вилюйск, Витим, Мирный 3, Мирный 2), приуроченную к бассейнам Лены и Вилюя, и восточную, куда входят популяции Амга, Алдан, Усть-Мая, Хандыга, Якутск и Олекминск, приуроченные к бассейнам рек Лены и Алдана. Несколько обособлена популяция Нерюнгри. Кластер подтверждается результатами фенотипического анализа по комплексу анатомических признаков хвои (рис. 2).

Для оценки генетического разнообразия популяций была подразделена на три группы по бассейнам крупнейших рек Якутии ( $R$  — региональный уровень иерархии): бассейн р. Вилюй; бассейн р. Лена; бассейн р. Алдан. Отдельные выборки в каждой группе популяций составили низший локальный уровень ( $S$  — субпопуляционный уровень иерархии). Анализ показал, что по 13 проанализированным локусам в среднем 98.81% всей изменчивости приходится на внутривидовую изменчивость и лишь 1.17% — на межвидовую ( $G_{ST}$ ), в то время как различия между выборками в пределах одного региона ( $G_{SR}$ ) — 1.32% (таблица). Вклад отдельных локусов в межвидовую изменчивость различается. Наибольший вклад вносит локус 6-Pgd (4.2%), наименьший вклад — у локусов Skdh-2 и Adh-2 (-0.12 и 0.09% соответственно). Вклад изменчивости популяций в регионы больше (1.32%), чем вклад изменчивости регионов в общую изменчивость популяций (-0.15%). Исключение — локусы Skdh-1 и Got-1.

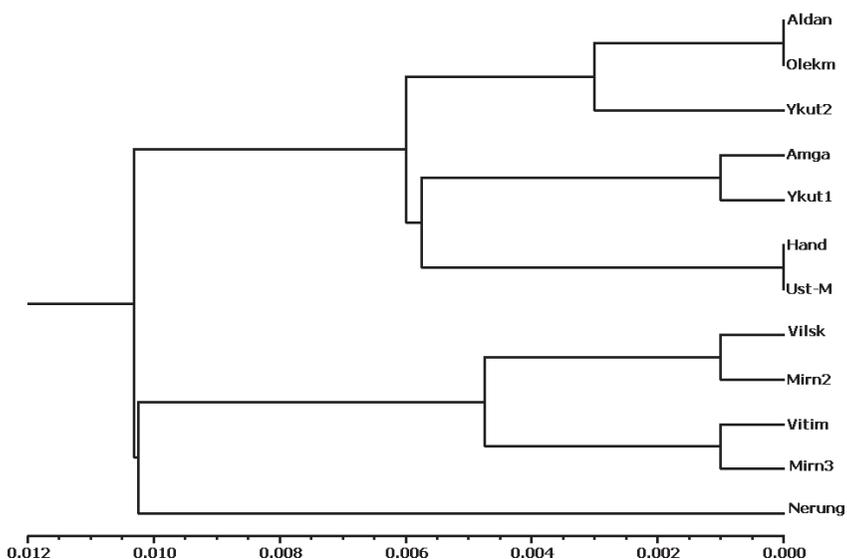


Рис. 1. Кластер генетических дистанций между популяциями *Pinus sylvestris* L. в Восточной Сибири. Обозначения: Aldan — Алдан, Olekm — Олекминск, Vlsk — Вилюйск, Mirn2 — Мирный 2, Vitim — Витим, Mirn3 — Мирный 3, Amga — Амга, Ykut2 — Якутск 2, Ykut1 — Якутск 1, Hand — Хангыра, Ust-M — Усть-Мая, Nerung — Нерюнгри.

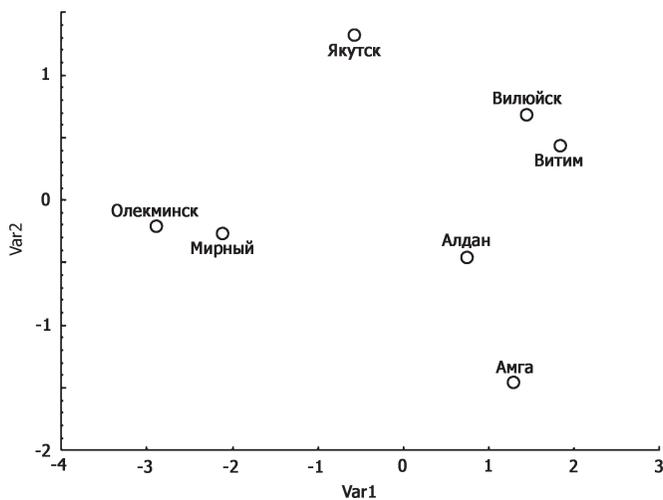


Рис. 2. Расстояние Махаланобиса между семью популяциями *Pinus sylvestris* Якутии, охарактеризованных по комплексу анатомических признаков хвои.

Таблица. Компоненты генной изменчивости и разнообразия популяций *P. sylvestris* в Якутии

Лocus	Абсолютные значения генной изменчивости					Относительные значения разнообразия, %				
	H <sub>T</sub>	H <sub>S</sub>	D <sub>SR</sub>	D <sub>ST</sub>	D <sub>RT</sub>	H <sub>S</sub> /H <sub>T</sub>	G <sub>SR</sub>	G <sub>ST</sub>	G <sub>RT</sub>	
6-Pgd	0.46574	0.44617	0.01782	0.01957	0.00175	95.80	3.83	4.20	0.38	
Gdh	0.33971	0.33458	0.00661	0.00513	-0.00148	98.49	1.95	1.51	-0.44	
Skdh-1	0.46726	0.46298	0.00115	0.00428	0.00312	99.08	0.25	0.92	0.67	
Skdh-2	0.01707	0.01709	0.00000	-0.00002	-0.00002	100.00	0.00	-0.12	-0.12	
Adh-1	0.49293	0.48935	0.00447	0.00358	0.00089	99.27	0.91	0.73	-0.18	
Adh-2	0.48691	0.48645	0.00118	0.00046	-0.00072	99.91	0.24	0.09	-0.15	
Pgm-1	0.19554	0.19278	0.00379	0.00276	-0.00104	98.59	1.94	1.41	-0.53	
Dia	0.51921	0.50821	0.01474	0.01100	-0.00373	97.88	2.84	2.12	-0.72	
Got-1	0.00208	0.00208	0.00000	0.00000	0.00000	99.90	0.00	0.000002	0.000002	
Got-2	0.64350	0.6286	0.0196	0.01490	-0.00470	99.90	3.05	2.32	-0.73	
Got-3	0.45192	0.4491	0.00414	0.00282	-0.00132	99.38	0.92	0.62	-0.29	
Fdh	0.14359	0.14259	0.00069	0.00100	0.00031	99.30	0.48	0.70	0.22	
Est-f	0.52584	0.5217	0.00420	0.00407	-0.00013	99.23	0.80	0.77	-0.02	
Сумма по всем лocusам	4.75130	4.68175	0.07839	0.06955	-0.00707	98.81	1.32	1.17	-0.15	

Примечание: H<sub>T</sub> — общее генетическое разнообразие; H<sub>S</sub> — среднее внутривидовое разнообразие; D<sub>ST</sub> — межпопуляционное генетическое разнообразие; D<sub>SR</sub> — межпопуляционное генетическое разнообразие в пределах региона; D<sub>RT</sub> — межрегиональное генетическое разнообразие; G<sub>SR</sub> — величина генетической межпопуляционной дифференциации; G<sub>ST</sub> — величина генетической межпопуляционной дифференциации в пределах одного региона; G<sub>RT</sub> — величина генетической межрегиональной дифференциации.

## ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРОВА В ХОДЕ ПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ НА ПЕСКАХ

---

С.Ю. Абдульманова

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

В связи с широким распространением пирогенного повреждения лесов, изучению процессов их восстановления уделяется значительное внимание. Однако процессы восстановления лишайникового покрова на горях изучены лишь в самых общих чертах (Пушкина, 1960; Магомедова, 2006; Johnson, 1979). Целью нашего исследования является выявление особенностей процессов восстановления лишайникового покрова на песчаных субстратах в условиях северотаежных сосновых лесов Западной Сибири на примере ПП «Сибирские Увалы». Исследован 100-летний возрастной ряд гарей.

На песчаных грунтах после пожаров создаются особые условия для восстановления напочвенного покрова, в которых на доминирующие позиции выходят лишайники, а развитие других форм и групп растений ограничено. На горях в сосновых лишайниковых лесах выявлен 51 вид лишайников. Прочие группы растений представлены небольшим числом видов: 8 видов кустарничков, 12 видов трав, 17 видов мхов. Видовая насыщенность лишайникового покрова максимальна в сообществах средневозрастных гарей (39 видов), но покрытие отдельных видов не велико. С увеличением давности пожара и смыканием кладониевого покрова она снижается (27 видов). Для каждого временного отрезка послепожарной демутации характерен свой набор активных видов, которые можно считать индикаторами возраста гарей. Они характеризуются высокими показателями встречаемости и обилия.

Сукцессионный ряд восстановления напочвенного покрова можно охарактеризовать следующим образом. В течение первых пяти лет на песках после интенсивного пожара поселяются пионерные мхи (*Ceratodon purpureus*, *Pohlia nutans*, *Polytrichum piliferum*) и *Vaccinium vitis-idaea* (до 10%). Покров несомкнутый. К 15–20 годам разрастаются накипной лишайник *Trapeliopsis granulosa* и бокальчатые кладонии (*C. coccifera*, *C. deformis*). Формируется разреженный мохово-лишайниковый ярус, высотой 0.5–4.5 см, с покрытием 30–80%. К 30 годам лишайниковый покров очень мозаичен. Характеризуется сосуществованием бокальчатых и трубчатых лишайников рода *Cladonia* (*C. crispata*, *C. deformis*, *C. cariosa*). Обилие прочих видов невелико. Единично отмечаются кустисто-разветвленные лишайни-

ки рода *Cladina*. Покрытие 50—90%, высота 2—4.5 см. К 40—60 годам отмечается преобладание кустистых лишайников рода *Cladina* и *Cladonia uncialis*, покров становится более однородным, уплотняется и смыкается. Покрытие 80—100%, высота 3—10 см. Старовозрастные гари (> 70 лет) отличаются доминированием *Cladina stellaris*. Прочие виды малочисленны, встречаются преимущественно у основания деревьев и на валеже. Покрытие 80—100%, высота 6—13 см.

В ходе сукцессии отчетливо прослеживается тренд от преобладания накипных форм лишайников на молодых гарях через полидоминирование бокальчатых и трубчатых видов на средневозрастных гарях до монодоминантных синузий кустисто-разветвленных лишайников в сообществах, близких к климаксовым. На стадиях формирования покрова перестройки внутри лишайносинузий происходят за счет перераспределения ролей разных групп лишайников, а не за счет поселения новых или выпадения ряда видов. Сходство между молодыми, средневозрастными и старовозрастными гарями высоко, но не значимо.

Относительное восстановление общего проективного покрытия и покрытия лишайникового яруса наблюдается через 20, полное — примерно через 70 лет после пожара.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Магомедова М.А. Восстановление лишайникового покрова на гарях в предтундровых лесах Западной Сибири // Биота Ямала и проблемы региональной экологии. Салехард, 2006. С. 27—38. (Научный вестник; Вып. 1 (38)).
- Пушкина Л.М. Естественное возобновление растительности на лесных гарях // Труды Лапландского заповедника. 1960. Вып. 4. С. 5—125.
- Johnson E.A. Fire recurrence in the subarctic sits implications for vegetation composition // Can. J. Bot. 1979. Vol. 57. P. 1373.

### РАДИОУСТОЙЧИВОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ЛИНИЙ ДРОЗОФИЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ПРИРОДЫ, ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ И ГЕНДЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ

**О.Н. Антосюк, К.А. Давиденко, Н.С. Затай, Л.В. Крысова**

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Две линии *Drosophila melanogaster* дикого типа («Белгород» и «Биос-3») изучались с целью определения радиостойчивости и чувствительности соматических и генеративных тканей к различным видам ионизирующих излучений с учётом гендерных различий.

Анализ жизнеспособности с использованием таких показателей как общая и средняя индивидуальная плодовитость (СИП), частота встречаемости эмбриональных и постэмбриональных леталей (ЭЛ, ПЛ), показал существенные различия между линиями «Белгород» и «Биос-3». Линия «Биос-3» без дополнительного воздействия, по сравнению с линией «Белгород», характеризуется более высокой плодовитостью, низкой частотой встречаемости ЭЛ и ПЛ. Таким образом, происхождение линии и время ее культивирования в лабораторных условиях влияет на жизнеспособность.

Линия «Биос-3» при действии гамма-излучения дозой 3000 Р на стадии личинки по сравнению с контролем характеризуется пятикратным снижением плодовитости, 40-кратным повышением частоты ЭЛ и десятикратным повышением частоты встречаемости ПЛ. Установлено увеличение частоты встречаемости поздних эмбриональных леталей (ПЭЛ) в 15 раз, в основе появления которых лежат хромосомные aberrации. Облучение только самцов или только самок обнаруживает четкие гендерные различия.

Линия «Биос-3» при действии рентгеновского облучения (3000 Р) характеризуется по сравнению с контролем понижением плодовитости, хотя и не таким значительным, как при гамма-облучении, повышением частоты встречаемости ЭЛ и ПЛ в 22–23 раза. Частота встречаемости ПЭЛ возрастает в 16 раз, а ранних эмбриональных леталей (РЭЛ) — в 26 раз. В опытах с дифференцированным по полу облучением прослеживается сходная картина жизнеспособности.

Линия «Белгород» при действии гамма-излучения во всех сериях опытов демонстрирует незначительные понижения плодовитости. Частота встречаемости ЭЛ, как правило, повышается. Однако в опытах с облученными самцами обнаружена противоположную тенденцию. Исследовано влияние одноразового облучения родителей на жизнеспособность последующих поколений. В первом поколении СИП снижается в 1.5 раза, но во втором поколении прослеживается двукратное повышение плодовитости по сравнению с облученными родителями.

Обобщение полученных экспериментальных данных позволяет сформулировать следующие выводы: 1) Линия дикого типа «Белгород» более устойчива к гамма-излучению, чем линия «Биос-3». 2) По сравнению с рентгеновским излучением, гамма-кванты характеризуются большим биологическим эффектом по всем изученным показателям жизнеспособности. 3) В линии «Биос-3» (под влиянием рентгеновского и гамма-излучения) и в линии «Белгород» (под влиянием гамма-излучения) прослежены гендерные различия показа-

телей жизнеспособности. 4) Наибольший биологический эффект от облучения наблюдается в случае облучения обоих родителей.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАРИОТИПОВ РЕДКИХ И ЭНДЕМИЧНЫХ УРАЛЬСКИХ ВИДОВ РОДА *OXYTROPIS* DC.

Л.Р. Арсланова

Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, г. Уфа

На Урале произрастает 9–10 видов рода *Oxytropis* DC. (Васильченко, 1987), из которых 5 видов занесены в Красную книгу Республики Башкортостан (2001). К ним относится, в частности, *O. ambigua*. Вид *O. sordida* имеет неопределенный статус, его предполагается занести в Красную книгу Республики Башкортостан.

Для кариологических исследований были использованы семена растений, собранные в разных районах Республики Башкортостан. В меристематической ткани проростков определяли хромосомные числа, а также морфометрические параметры и типы хромосом (Гриф, Агапова, 1986).

Для изученных видов характерны хромосомы метацентрического типа ( $I_c > 40\%$ ), кроме *O. ambigua*, у которого встречаются также хромосомы субметацентрического типа ( $30 < I_c < 40\%$ ). *Oxytropis ambigua*:  $2n = 32$ . Размеры хромосом и средняя суммарная длина диплоидного набора хромосом имеют следующие значения: соответственно от  $2.12 \pm 0.31$  мкм до  $3.39 \pm 0.93$  мкм,  $86.77 \pm 18.06$  мкм (Ишимбайский р-н, гора Тра-тау); от  $2.48 \pm 0.36$  мкм до  $3.76 \pm 0.53$  мкм,  $100.02 \pm 13.23$  мкм (Учалинский р-н, гора Мукагир); от  $2.36 \pm 0.46$  мкм до  $3.71 \pm 0.91$  мкм,  $93.69 \pm 19.95$  мкм (Учалинский р-н, гора Туй-тюбе). Для *O. sordida* ( $2n = 48$ ): от  $1.57 \pm 0.14$  мкм до  $2.71 \pm 0.64$  мкм;  $92.14 \pm 6.77$  мкм (Белорецкий р-н, хр. Машак). Установленные числа хромосом совпадают с результатами, приведенными Е.Г. Филипповым с соавт. (1998) для *O. ambigua*. Полученные нами результаты по числу и морфологии хромосом уральских видов рода *Oxytropis* DC. представляют интерес для дальнейшего обсуждения вопросов, связанных с их таксономией, эволюцией и охраной.

### ЛИТЕРАТУРА

Васильченко И.Т. Род Остролодочник — *Oxytropis* DC. // Флора европейской части СССР. Л., 1987. Т. 6. С. 169.

Гриф В.Г., Агапова Н.Д. К методике описания кариотипов растений // Ботан. журн. 1986. Т. 71, № 4. С. 550 – 553.

Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1. Редкие и исчезающие виды высших сосудистых растений. Уфа: Китап, 2001. 237 с.

Филиппов Е.Г., Куликов П.В., Князев М.С. Числа хромосом видов рода *Oxytropis* (Fabaceae) на Урале // Ботан. журн. 1998. Т. 83, № 6. С.138 – 139.

## МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ ОБЫКНОВЕННОГО ПЕСКАРЯ ИЗ РЕКИ МИАСС

М.А. Бакланов, В.В. Юрченко

Пермский госуниверситет

Цель работы — описание микроэлементного состава органов и тканей *Gobio gobio* р. Миасс. Проводилось определение 18 элементов (Ni, Co, Cr, Mn, V, Ti, Cu, Zn, Pb, Ag, Mo, Ba, Sr, Sn, W, Zr, Tl, Nb), для 8 из которых имеются значения допустимой остаточной концентрации (ДОК) в пищевых продуктах (мг/кг сухого веса). Содержание элементов в мышцах, печени, гонадах, костях и чешуе обыкновенного пескаря определяли атомно-адсорбционным методом по суммарным пробам (по 20 рыб из трех точек лова).

Никель в значительных количествах концентрируется в чешуе (2.6 – 21.8 мг/кг), тогда как в костях его содержание не превышает 1.1 мг/кг; также высока его концентрация в гонадах (0.6 – 1.1 мг/кг), печени (0.73 – 0.9 мг/кг) и мышцах (0.6 мг/кг). Марганец характеризуется наибольшим содержанием в чешуе и костях (109.2 – 129.1 и 106.3 – 141.8 мг/кг соответственно); однако превышение ДОК в мягких тканях отмечено только для гонад (12.7 мг/кг). Содержание кобальта превышает допустимые концентрации в чешуе (0.86 – 1.5 мг/кг) и гонадах (0.9 мг/кг). Хром в значительном количестве накапливается в чешуе (2.15 – 6.9 мг/кг), ДОК превышена в мышцах (0.6 мг/кг) и печени (0.37 мг/кг). Медь концентрируется в печени (11.0 – 12.8 мг/кг), а также в твердых тканях (10.6 – 12.1 мг/кг). Цинк в чешуе содержится в пределах 344.7 – 654.9 мг/кг, в костях — от 252.9 до 531.9 мг/кг, в печени и гонадах накапливается в существенно меньших концентрациях (42.7 – 54.9 и 75.2 – 113.9 мг/кг соответственно). Свинец депонируется в твердых тканях (3.3 – 5.3 мг/кг), в печени превышение ДОК невелико — 1.1 мг/кг. Стронций в большей степени аккумулируется в костях (318.9 – 531.9 мг/кг), а в чешуе содержание этого элемента достигало 327.5 мг/кг.

Таким образом, анализ содержания микроэлементов в органах и тканях обыкновенного пескаря реки Миасс показал повышенную аккумуляцию таких элементов как никель и хром.

## **ПОЧВЫ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА И ИЗМЕНЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ ПОД ВЛИЯНИЕМ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**Л.Д. Балсанова**

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ*

Забайкальский национальный парк расположен в средней части восточного побережья оз. Байкал. Биоклиматические условия, экспозиционные различия и разнообразие горных пород определяют основные закономерности в распространении почв парка.

Цель исследования: изучить макро- и микроморфологические особенности почв, характер изменения морфологических и водно-физических свойств почв под влиянием рекреационной нагрузки. Объектом исследований послужили почвы склонов Катуньского ландшафтного комплекса, где получила развитие туристско-рекреационная деятельность. Распространенным здесь типом почв являются подбуры.

При микроморфологическом исследовании подбуров выявляются следующие особенности их строения. Грубогумусовый горизонт этих почв состоит преимущественно из слаборазложившихся форм органического вещества. Это крупные волокнистые среднеразложившиеся растительные остатки в виде обрывков тканей, корешков растений и редких выбросов почвенной мезофауны, что соответствует грубому гумусу — мор. Органическое вещество концентрируется в верхнем горизонте, резко убывает с глубиной и почти отсутствует в иллювиальном горизонте. Микростроение иллювиального горизонта — плазменно-песчаное, скелет рыхлой упаковки. Минералы представлены, в основном, кварцем, полевыми шпатами, плагиоклазами, редко минералами из группы амфиболов и достигают в размере до 0.7 мм.

Почвенный материал иллювиального горизонта подбуров состоит из зерен минералов песчаной фракции (от 1 до 1.2 мм). Зерна скелета подвержены активному процессу выветривания и серицитизации. Органоминеральные соединения образуют корки, пленки на поверхности минералов, заполняют их поры и трещины. Их

толщина максимальна в иллювиальном горизонте, они лучше развита, и имеют резкие границы. Образование пленок на поверхности минералов связано как с иллювиацией, так и с внутрипочвенным выветриванием. Особенности нижних горизонтов этих почв проявляются в крупнопесчаном микростроении, более рыхлой упаковке основной массы, незначительном количестве тонкодисперсного вещества. Выраженность охристо-бурых оксидов и толщина пленок с глубиной уменьшается. Это свидетельствует об ослаблении процессов иллювиации и внутрипочвенного выветривания.

Под влиянием рекреационного воздействия почвы подвергаются физической деградации. Прежде всего происходят изменения их морфологических свойств, выражающиеся в уничтожении лесных подстилок, уменьшении мощности гумусоаккумулятивных горизонтов. При сильном уплотнении почвы, лишаясь подстилки, подвергаются сильному иссушению и коркообразованию. Более интенсивное уплотнение почв характерно для поверхностных слоев, где показатель плотности увеличивается в 2–3 раза. Уплотнение приводит к изменению не только порозности, структуры, но и связанного с ними водного и воздушного режимов.

---

## **ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ НЕМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СКЕЛЕТА РЕЧНОГО ОКУНЯ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ВОДОЕМОВ ЮЖНОГО УРАЛА**

---

**В.Ю. Баранов**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Проблема возникновения быстрых фенотипических перестроек в популяциях при воздействии высоких уровней загрязнителей, затронутая в настоящем исследовании, тесно связана с проблемой вероятных микроэволюционных преобразований при хронических антропогенных воздействиях. Изменения условий обитания в процессе хозяйственной деятельности человека оказывают существенные воздействия на природные популяции различных видов рыб, и могут приводить к микроэволюционным преобразованиям в популяциях (Мина, 1986). Использование фенетического анализа неметрических признаков скелета для оценки уровня подразделенности популяций позволяет исследо-

вать внутривидовую дифференциацию изолированных в историческое время популяций рыб (Васильев, 2005).

Цель настоящего исследования — анализ изменчивости дискретных признаков скелета окуня в популяциях Южного Урала, подверженных разной степени радиоактивной нагрузки. В связи с этим были поставлены следующие задачи: 1) выявить дискретные вариации неметрических признаков скелета у речного окуня и провести предварительный анализ с исключением признаков, проявление которых коррелирует с возрастом, полом, другими признаками и размерами; 2) по комплексу неметрических признаков скелета провести фенетическое сравнение популяционных группировок окуня, обитающих в градиенте радиоактивного загрязнения в зоне Теченского каскада водоемов на Южном Урале и сопоставить размах вероятных популяционных изменений с величиной отклонений, вызванных естественными экологическими факторами.

В 2005 г. из популяций, населяющих водоемы Челябинской области (озера Иртяш, Кожаккуль, Уелги) и водохранилища — хранилища радиоактивных и химических отходов на р. Течи (ТКВ: В-4, В-10, В-11) были взяты выборки окуня. Исследуемые популяции рыб из водоемов единой гидрологической системы верховьев р. Течи, скорее всего, имеют общих прародителей, и близки по происхождению. Из проточного пресноводного оз. Иртяш вытекает р. Теча, вода которой поступает в систему водохранилищ Теченского каскада водоемов (ТКВ). С 1949 г. в р. Течу начали поступать радиоактивные стоки (Мокров, 2002). В 1956 г. ниже плотины В-4 на р. Тече был построен водоем В-10, а в 1964 г. завершено строительство плотины водоема В-11, замыкающего каскад водохранилищ. В пресных водоемах ТКВ вследствие техногенного воздействия и отсутствия естественного водного обмена изменился гидрохимический состав воды и увеличилась минерализация, которая в водоеме В-4 достигает 580 мг/л, в В-10 — 1054 мг/л и в В-11 — 1150 мг/л. Минерализация воды в оз. Кожаккуль составила 1030 мг/л, в оз. Уелги — 1000 мг/л, тогда как в оз. Иртяш — 180 мг/л.

На различных участках ТКВ были взяты три выборки окуня. В качестве контроля использованы выборки из популяций, обитающих в озерах Иртяш (питьевой водоем г. Озерска), Кожаккуль и Уелги. Изучено 185 экз. речного окуня. Биологический анализ, определение возраста и промеры рыб выполняли по общепринятой методике (Правдин, 1966). Частоты встречаемости для каждого признака вычисляли на основе общего числа изученных сторон (Астауров, 1974). Расчет фенетических дистанций произведен по

формулам С. Хартмана (1980). Сведения об удельной активности радионуклидов, содержащихся в воде озер и водохранилищ Южного Урала, и собранных биологических образцов по  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  предоставлены сотрудниками ЦЗЛ ПО «Маяк». Статистическая обработка материала выполнена с использованием дисперсионного анализа, ранговой корреляции Спирмена и многомерных методов (дискриминантного и кластерного анализов, многомерного неметрического шкалирования). Расчеты выполнены с помощью пакетов прикладных программ Statistica 5.5 и PHEN 3.0.

На костях черепа и плечевого пояса речного окуня выделен, описан и занесен в каталог комплект неметрических признаков, включающий 51 фен. Это наличие или отсутствие определенных отверстий сейсмодатированной системы, черепно-мозговых нервов и сосудов, дополнительных костных структур. Для исследования использовались 7 парных костей скелета: *cleithrum* — 4 фена, *praeoperculum* — 16 фенов, *operculum* — 5 фенов, *dentale* — 9 фенов, *maxillare* — 1 фен, *pteroiticum* — 1 фен, *frontale* — 2 фена и 3 непарные кости скелета рыб: *parashenoideum* — 6 фенов, *vomer* — 3 фена, *basihyale* — 4 фена. Из использованных исходно 51 фена неметрических признаков 17 фенов оказались связанными с возрастом, а так же линейными размерами, друг с другом или были асимметричными по проявлению ( $p < 0.05$ ). Достоверной связи проявления фенов с полом рыб не обнаружено.

На следующем этапе по методике, предложенной А.Г. Васильевым с соавт. (2003), проведен дискриминантный анализ значений главных компонент индивидуальных композиций фенов неметрических признаков скелета, на основе которого была изучена изменчивость речного окуня в контрольной иртышской популяции и серии группировок импактной теченской популяции. Результаты дискриминантного анализа в популяциях окуня по трем дискриминантным каноническим функциям (DCF) приведены в таблице.

Межгрупповые различия вдоль всех дискриминантных функций статистически значимы ( $p < 0.001$ ). Вдоль первой дискриминантной оси, характеризующей 46.5% межгрупповой дисперсии, проявились различия между окунями из исходного контрольного водоема оз. Иртыш и трех импактных группировок из ТКВ, подверженных длительному (около 50 лет) радиоактивному воздействию. Эти различия коррелируют ( $r = -0.74$ ) с уровнем радиоактивного загрязнения водоемов и  $\beta$ -активностью тела окуней (без головы и внутренних органов), которая составила по  $^{90}\text{Sr}$  для оз. Иртыш 9 Бк/кг, а для ТКВ 1 — 417 000 Бк/кг, ТКВ 2 — 212 000 Бк/кг

Таблица. Значения центроидов, вычисленных при дискриминантном анализе главных компонент индивидуальных композиций фенотипических признаков скелета окуня в выборках из водоемов р. Течи

Выборки	Канонические функции		
	DCF 1	DCF 2	DCF 3
ТКВ 1 (В-4)	-1.43	-1.29	1.90
ТКВ 2 (В-10)	-1.14	1.90	0.40
ТКВ 3 (В-11)	-0.85	-0.44	-0.95
Иртышская	1.05	0.003	0.12
Собственные числа	1.13	0.68	0.63
Степени свободы	123	80	39
Доля дисперсии, %	46.52	27.76	25.72
Уровень значимости	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$

и ТКВ 3 — 116 000 Бк/кг. По величине и знакам центроидов сравниваемых выборок вдоль второй оси уклоняется выборка ТКВ 2. Важно подчеркнуть, что во второй импактной выборке (ТКВ 2) резко возрастает фенетическое разнообразие — часть особей проявляют уникальные морфозы. Вдоль третьей оси прослеживается тенденция обособления первой импактной выборки окуней (ТКВ 1) из водоема, в котором регистрируется наиболее высокое содержание радионуклидов.

Показатели минерализации воды в сравниваемых водоемах Южного Урала различаются на порядок величин, поэтому важно оценить, как соотносится размах морфологических различий окуней, обусловленный влиянием фактора минерализации водоемов, с хроническим радиоактивным облучением разной интенсивности. Для решения этой задачи по 34 неметрическим признакам скелета окуня из исследуемых водоемов вычислена матрица фенетических MMD-дистанций, после чего проведены процедура многомерного неметрического шкалирования методом минимального стресса Краскела, а затем — кластерный анализ. Обнаружено, что среди южноуральских групп сильно уклонилась кожакульская выборка окуня из солоноватого и глубокого озера с обедненным ихтиоценозом. Окуни из оз. Иртыш, а также из водоемов Теченского каскада с высоким уровнем радиоактивного загрязнения, объединились в отдельный блок.

Таким образом, фенетический анализ неметрических признаков скелета речного окуня в популяциях, обитающих в водоемах Южного Урала, позволил выделить и каталогизировать 51 фенотип. Установлено, что 17 фенотипических признаков оказались связанными с возрастом, размерными величинами (длиной рыб), друг с другом или были асимметричными по проявлению. Значимой

зависимости между частотами признаков окуня и полом не обнаружено. Подверженные длительному радиоактивному воздействию (около 50 лет) популяционные группировки окуня Теченского каскада водоемов характеризуются отчетливым фенотипическим отклонением от рыб исходного контрольного водоема оз. Иртяш. Приблизительно 47% дисперсии характерных межгрупповых различий окуней связано с обитанием в условиях хронического облучения разной интенсивности в системе водохранилищ р. Течи. Выявлено резкое фенотипическое отклонение изолированной популяции окуня из оз. Кожаккуль от других южноуральских группировок вида, причем фенотипическое своеобразие окуней солоноватоводной кожакульской популяции по отношению к пресноводной контрольной (оз. Иртяш) выражено существенно больше, чем для группировок, обитающих в условиях повышенного радиационного воздействия.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 07 – 04 – 96096) и программы поддержки ведущих научных школ (НШ – 1022.2008.4).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Астауров Б.Л. Наследственность и развитие. М.: Наука, 1974. 359 с.
- Васильев А.Г. Эпигенетические основы фенетики: на пути к популяционной меромии. Екатеринбург: Академкнига, 2005. 640 с.
- Мина М.В. Микроэволюция рыб. М.: Наука, 1986. 207 с.
- Моков Ю. Г. Реконструкция и прогноз радиоактивного загрязнения реки Теча // Библиотека журнала ВРБ. Озерск, 2002. Ч. 1. 175 с.
- Васильев А.Г., Васильева И.А., Любашевский Н.М. и др. Популяционная фенотипика малой лесной мыши (*Apodemus uralensis* Pall.) в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа // Вопр. радиац. без. 2003. № 4. С. 14 – 29.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая пром., 1966. 376 с.
- Hartman S.E. Geographic variation analysis of *Dipodomys ordii* using nonmetric cranial traits // J. Mammal. 1980. Vol. 61. № 3. P. 436 – 448.

### **ДИНАМИКА ПОДГОЛЬЦОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА СКЛОНАХ ТЫЛАЙСКО-КОНЖАКОВСКО-СЕРЕБРЯНСКОГО МАССИВА В ПОСЛЕДНИЕ СТОЛЕТИЯ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)**

**А.А. Бартыш**

*Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург*

В связи с существенным потеплением климата в XX в., значительно увеличился интерес мировой научной общественности к

изучению реакции экосистем на это явление. Верхняя граница леса — важный биогеографический рубеж в горах, чутко реагирующий на изменение внешней среды и поэтому имеющий индикаторное значение. Показателем динамики высокогорных лесных сообществ, а, следовательно, и флуктуаций климата может служить возрастная структура данных сообществ.

Цель исследования: изучить динамику верхней границы леса на различных склонах Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива и выявить наиболее значимые для этого процесса локальные условия местопроизрастаний.

Исследования проводились в березняках на юго-восточном склоне г. Конжаковский Камень, ельниках на юго-западном склоне г. Острая Косьва (отрог г. Тылайский Камень), лиственничниках на юго-восточном и северном склонах г. Серебрянский Камень. Пробные площади закладывали на трех высотных уровнях: на нижнем (верхняя граница сомкнутых лесов), на среднем (верхняя граница редколесий) и на верхнем (верхняя граница отдельных куртин).

При изучении распределения деревьев лиственницы по периодам их появления было выявлено, что на склонах Серебрянского Камня для нижнего уровня характерны два периода массового заселения лиственницы: 1775 — 1815 гг. и 1880 — 1940 гг., позднее деревья не появлялись из-за конкуренции с березой. На среднем уровне лиственница активно распространялась в период с 1890 по 1960 гг. На верхнем уровне массовое ее наступление наблюдалось в 1940 — 1990 гг.

На склонах Конжаковского Камня береза интенсивно заселяла нижний уровень с 1890 по 1940 гг. На среднем уровне наиболее активно появление березы происходило с 1910 по 1960 гг. Заселение березой верхнего уровня наиболее бурно происходило с 1940 по 2000 гг.

Ель на склоне Острой Косьвы наиболее активно заселяла нижний уровень в период с 1820 — 1940 гг. (с пиком 1870 гг.), средний уровень — в период 1840 — 1940 гг. (с пиком на 1900 гг.), а верхний уровень — в период с 1880 — 1950 гг. (с пиком в 1920 гг.).

При изучении локальных условий мест произрастания установлено, что в пределах подгольцового пояса вдоль высотного градиента температура воздуха зимой и летом почти не меняется, глубина снега значительно уменьшается в ельниках (от 1.15 до 2.00 м) и лиственничниках (от 0.60 до 1.60 м), а в березняках изменяется слабо (от 1.60 до 1.70 м). В зависимости от мощности снежного покрова меняется температура почвы зимой (при глубине снега выше 1.5 м

почва не промерзает). В целом, лиственница произрастает в более жестких условиях местопроизрастаний, чем ель и береза.

Обобщая приведенные материалы можно заключить, что формирование подгольцовых древостоев и продвижение их вверх на разных склонах изученного горного массива происходило не одновременно: первой в конец XVIII в. активно начала заселять нижнюю часть пояса лиственница, а ель и береза — с середины XIX в. Вероятно, особую роль в этом процессе играют локальные условия мест произрастания, в частности глубины снега и зимние температуры почв, которые значительно меняются с уменьшением высоты над уровнем моря.

## МИКРОМИЦЕТЫ ФОНОВЫХ И ГАРЕВЫХ ПОЧВ ПОД ПОСАДКАМИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

**И.В. Белошевская**

*Курганский госуниверситет*

Цель работы: изучить качественные и количественные характеристики состава микромицетов в гаревых и фоновых почвах. Работа выполнялась по стандартной методике.

Анализ численности пропагул грибов в почвах фоновых и гаревых территорий выявил значимое влияние на распределение грибных зачатков в почве, как пирогенного фактора (фактор А), так и элементов рельефа (фактор В) (таблица).

*Таблица. Количество пропагул грибов в почвах гаревых и фоновых территорий (КОЕ, тыс. кл./г возг. сухой почвы)*

Варианты	Элементы рельефа			Среднее по фактору А, $P_{0.5}=0.67$
	вершина	склон	низина	
Контроль	10.93	15.50	6.15	10.86
Горельник	14.73	14.90	5.53	11.72
Среднее по фактору В, $P_{0.5}=0.82$	12.83	15.20	5.84	11.29

Из низших грибов были многочисленны представители родов *Mucor*, *Rhizopus* (*Rh. nigricans*), а также впервые зарегистрированный вид из рода *Cunninghamella* (*C. echinulata*). Встречались: *Gliocladium* (*G. penicilloides*), представители рода *Trichoderma*

(*T. koningii*), стерильные мицелии *Micelia sterilia*, *Fusarium*, *Acremonium*, *Paecilomyces*, довольно часто встречался *Aspergillus niger*.

В гаревых почвах численность микроскопических грибов существенно выше, чем на ненарушенных участках (11.7 тыс. КОЕ/г почвы — гаревая площадка, 10.9 тыс. КОЕ/г почвы — контрольная), что связано с изменением влажности, кислотности почвы, обилия зольных элементов. Численность грибов значимо менялась по элементам рельефа, что также связано с различием гидротермического режима и перераспределением элементов питания. Всплеск численности отмечен на склоне. Минимальная средняя численность микромицетов (5.84 тыс. КОЕ/г почвы при лимитах 5.5–6.2 тыс. КОЕ/г почвы) была характерна для низины.

### **ФИЛОГЕОГРАФИЯ КРАСНОЙ ПОЛЕВКИ (*CLETHRIONOMYS RUTILUS* PALLAS, 1779) ПО ДАННЫМ ИЗМЕНЧИВОСТИ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ГЕНА ЦИТОХРОМА *b***

**С.Ю. Бодров**

*Санкт-Петербургский госуниверситет*

Одна из центральных задач филогеографических исследований — анализ связей между современной генетической структурой вида и изменениями условий среды в прошлом. Например, на основании результатов изучения изменчивости митохондриального генома, возможно реконструировать характер динамики численности и пути формирования современной генетической структуры популяций и видов.

Цель работы — реконструкция истории расселения красной полёвки. Задачи: по последовательности нуклеотидов митохондриального гена цитохрома *b* (цит. *b*) изучить его внутривидовую изменчивость и охарактеризовать филогеографическую структуру популяций.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Материал получен из Архангельской, Свердловской, Томской, Новгородской, Челябинской, Читинской, Магаданской областей; Ямало-Ненецкого АО, Красноярского и Хабаровского краев; республик: Карелия, Коми, Саха (Якутия); а также Восточного Казахстана, Алтая, Камчатки, Чукотки, Сахалина, Монголии и др. Исследовано 127 нуклеотидных последовательностей, из них 28 — из

ГенБанка. В качестве внешней группы для укоренения деревьев использованы последовательности цит. *b* рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) и полевки экономки (*Microtus oeconomus*).

ДНК выделяли стандартным методом (Sambrook, 1989). Для амплификации 967–1010 пн гена цит. *b* использовали праймеры: UCBU 5'CCA TCA AAC ATC TCA TCC TGA TGA AA 3'; UCBL 5'ACA TGA ATT GGC GGC CAA CCA GTT GA 3'; LM 5'CAA TTA TGC TAT TGG TAT G 3'. Нуклеотидные последовательности выравнивали в программе BioEdit 7.0.3 (алгоритм Clustal W) и редактировали вручную. Значения дивергенции между нуклеотидными последовательностями выражены в доле (%) замен на сайт (Kimura 2-parameter) и рассчитаны с помощью программы Mega 4. Филогенетическая реконструкция выполнена методом ближайшего связывания (Neighbour Joining). Медианная сеть гаплотипов построена в программе Network 4.2.0.1. Частота распределения парных различий, значения нуклеотидного и гаплотипического разнообразия вычислены при помощи программы DnaSP 4.10.9.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ изменчивости частичных последовательностей митохондриального гена цит. *b* красной полевки позволил выделить четыре (с генетическими дистанциями 2%) основные филогруппы: 1) «западная» — полевки, обитающие от Алтая и Красноярского края до Финляндии; 2) «восточная» — популяции от Монголии до Чукотки (предполагаемая граница между группами — р. Енисей); 3) «японская» — полевки о. Хоккайдо; 4) «Берингийская» — популяции Сахалина, Камчатки и Аляски (рис. 1).

Медианная сеть гаплотипов (рис. 2) также воспроизводит эти четыре группы, которые отличает примерно равноценное количество нуклеотидных замен (10–13). Медианная сеть позволяет также увидеть вероятные анцестральные гаплотипы. Для гаплотипов восточной и западной групп характерна так называемая звёздчатая структура, интерпретируемая как снижение в прошлом эффективной численности популяций с последующим расселением вида и ростом его численности. В составе западной группы обособляется один базальный гаплотип, который имеет широкое географическое распространение от Красноярского края, Томской, Челябинской областей до Коми и Финляндии. В составе восточной группы имеется несколько базальных гаплотипов и два кластера, характеризующиеся звёздчатой структурой (один гаплотип для пяти образцов с Чукотки, и один для пяти — из Магадана).

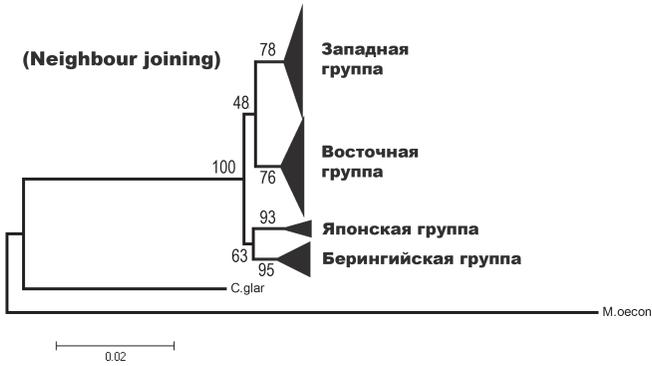


Рис. 1. Филогенетическое дерево красной полевки, построенное по данным изменчивости последовательности нуклеотидов митохондриального гена цит. *b*. Цифры над ветвями — бутстреп поддержка, %.

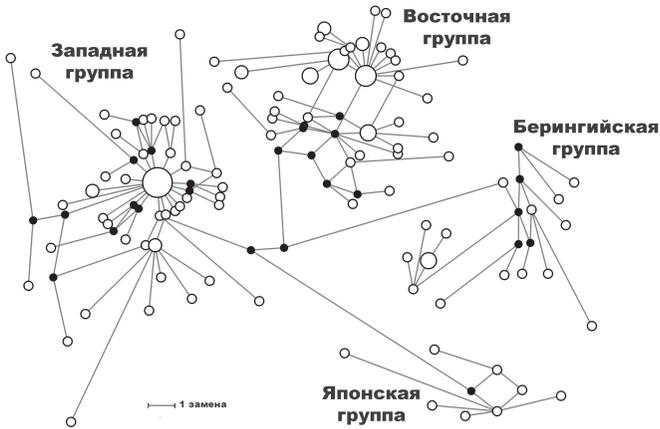


Рис. 2. Медианная сеть гаплотипов красной полёвки. Большие круги — несколько идентичных гаплотипов.

Нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие восточной и западной групп сходно. Анализ структуры медианной сети гаплотипов, парных различий между гаплотипами и оценок нуклеотидного и гаплотипического разнообразия дает основания предполагать демографическую экспансию вида. Результаты могут быть интерпретированы в рамках представлений о том, что сокращение или рост численности и расселение вида — следствия палеоклиматических изменений, которые и сформировали современную

географическую структуру его генетического разнообразия. Филогенетическая структура красной полевки позволяет предполагать, что современный ареал вида сформировался вследствие расселения из двух рефугиумов, один из которых находился на юге Алтайских гор (откуда шло расселение на северо-запад), а второй — юго-восточной оз. Байкал. Такая точка зрения вполне согласуется с реконструкцией истории и филогении видов рода *Larix* (Семериков, 2006).

Автор выражает благодарность Абрамсон Н.И. за чуткое руководство, Костыгову А.Ю. за проделанную работу по секвенированию, а также коллегам, оказавшим помощь в сборе материала: Лисовскому А.А., Оболенской Е.Н., Лебедеву В.С., Ракитину С.Б., Чибиряку М.В., Щипанову Н.А., Докучаеву Н.Е., Шефтелю Б.И., Голенищеву Ф.Н., Бойко Н.С.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 06 – 04 – 49294) и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов».

#### ЛИТЕРАТУРА

- Семериков В.А. История и филогения видов *Larix* Mill. / Особь и популяции — стратегии жизни. Сб. матер. IX Всерос. популяц. семинара. Уфа: Издательский дом ООО «Вилли Окслер», 2006. Ч. 2. С. 470 – 475.
- Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. Molecular cloning: a laboratory manual. NY: Cold Spring Harbor laboratory press, 1989.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИСТОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НАКОПЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ *TRIFOLIUM MEDIUM* L.

**Е.В. Болотник, А.А. Ермошин**

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Исследование поступления тяжелых металлов (ТМ) в окружающую среду и накопление их растениями представляет большой практический и теоретический интерес. Целью работы было изучение распределения тяжелых металлов в надземных и подземных частях *Trifolium medium* L. и сравнительный анализ содержания ТМ в тканях растений из различных экотопов с помощью гистохимических методов.

Для определения ТМ использовалась методика с применением дитизона (Серёгин, Иванов, 1997), разработанная для лабораторного эксперимента. Данные о полевом использовании метода практи-

чески отсутствуют. Материал был собран в трех точках: 1) в пойме р. Сысерти, близ биостанции УрГУ, принятой за контроль; 2) вдоль автотрассы Екатеринбург — Двуреченск у дер. Ключи; 3) на шлакоотвалах Ключевского завода ферросплавов (г. Двуреченск).

Установлено, что в разных частях стебля накопление металлов значительно отличается от накопления их в корне. Содержание металлов в стебле от его основания к соцветию уменьшается. В контрольной точке и в растениях с автотрассы содержание металлов значительно не отличается, тогда как растения, растущие на шлакоотвале Ключевского завода ферросплавов, содержат значительно больше ТМ. В целом, методика гистохимического анализа, разработанная для использования в модельных экспериментах, показала хорошие результаты при использовании в полевых условиях.

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СТРУКТУР ЗАРОДЫША СЕМЯН *MELICA URCZANINOWIANA* ПРИ ПРОРАСТАНИИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВЛАГИ (*IN VIVO*)**

**Е.А. Бондаревич\*, Л.А. Войта\*\***

*\*Забайкальский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Чита*

*\*\*Институт природных ресурсов, экологии, криологии СО РАН, г. Чита*

Процесс адаптации растений к изменяющимся условиям среды представляет собой интересную и важную проблему для биологии и экологии. Особый интерес представляют ксерофитные и ксеромезофитные злаки Восточного Забайкалья в связи с региональными особенностями влагообеспеченности в разные периоды роста и развития этих растений.

Известно (Николаева, 1999), что в процессе эволюции растения выработали механизмы, позволяющие переносить неблагоприятные условия среды (недостаток влаги в течение вегетационного периода и температурный режим), что находит свое отражение в морфологии семян. Можно предположить, что особенности в проявляющихся механизмах обусловлены различиями при реализации адаптивных реакций. На онтогенетическом уровне это связано, например, с замедлением роста. Возможны также надорганизменные реализации адаптивных реакций, которые могут выражаться в формировании скоплений растений. Изучение адаптаций морфологического уровня организации является одним из наиболее распространенных в связи с относительной простотой методик

и достаточно высокой информативностью, что и было использовано в настоящей работе.

Объектом наших исследований стало растение семейства Poaceae — перловник Турчанинова (*Melica turczaninowiana* Ohwi (1932)). Многолетнее растение высотой от 20 до 150 см, с длинными ползучими подземными побегами или без них, и тогда образуются довольно густые дерновины. Этот вид обитает на каменистых склонах и скалах, каменных россыпях, южных степных щебнистых склонах, в зарослях степных кустарников, заходит в леса (Цвелев, 1976).

Учитывая слабую изученность механизмов морфологических адаптаций дикорастущих злаков, целью работы стало экспериментальное исследование устойчивости семян *M. turczaninowiana* к условиям дефицита влаги. Для реализации поставленной цели были определены следующие задачи: 1) Провести определения весо-размерного состава выборки семян *M. turczaninowiana* популяции урочища «Никишиха» (Забайкальский край, Читинский район, окр. г. Чита, левый берег р. Никишиха) с помощью раствора сахарозы разной плотности (от 1200 г/см<sup>3</sup> до 1350 г/см<sup>3</sup>); 2) Провести проращивание семян *M. turczaninowiana* в условиях действия физиологической засухи, в растворах сахарозы с осмотическим давлением 5 и 10 атм.; 3) Изучить особенности морфологии структур зародышей семян *M. turczaninowiana* гистологическим методом при действии водного стресса.

В литературе нет данных по морфологическим исследованиям семян злака *Melica turczaninowiana*, поэтому подобное исследование является, на наш взгляд, актуальным.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использованы материалы по *M. turczaninowiana*, собранные в полевых сезонах 2005–2007 гг. в урочище р. Никишиха (Читинская обл., Читинский р-н, окр. г. Чита). В связи с тем, что *M. turczaninowiana* в пределах указанной местности встречался в нескольких различных фитоценозах, популяция урочища «Никишиха» представлена тремя территориальными единицами. В соответствии с представлениями уральской школы экологов, данные территориальные единицы, по-нашему мнению, являются микропопуляционными группировками (Шварц, 1969). В каждой микропопуляции в период полного созревания семян (в конце августа — в начале сентября) были проведены сборы семян. Общее их число составило более 10 тыс. шт.

**Выделение весо-размерных групп семян.** Семена разделялись на фракции (весо-размерные группы) в растворах сахарозы

согласно методике, разработанной для культурных злаков (Илли и др., 2005). Семена выдерживались в дистиллированной воде в течение четырех суток при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  до момента их полного набухания. Далее семена последовательно погружали в растворы сахарозы разной относительной плотности (от  $1200\text{ кг/м}^3$  до  $1350\text{ кг/м}^3$ ). Всего было получено 17 растворов сахарозы с разностью плотности в  $10\text{ кг/м}^3$ .

Фракция семян с плотностью  $1290\text{ кг/м}^3$  была наиболее многочисленной, из 3000 семян в данную фракцию попало в среднем 35.5% (деление проводили трёхкратно). Предположительно в данную фракцию попали семена, которые по весо-размерным характеристикам наиболее оптимальны, и формируют основу популяции при прорастании и вегетации растений. В дальнейших описаниях мы называем данную фракцию как «фракция № 8», и семена этой фракции использовали для проращивания в последующей серии экспериментов.

**Проращивание семян.** В последующих исследованиях семена фракции № 8 проращивали при температуре  $19 - 21^{\circ}\text{C}$ , в чашках Петри на фильтровальной бумаге, пропитанной раствором сахарозы с различным осмотическим давлением (5 и 10 атм.), что соответствует 5.93% и 11.86%-ным концентрациям сахарозы, имитирующим условия физиологической сухости (Назарова, Илли, 2005).

**Морфометрия.** Гистологическим методом (Фурст, 1979) были получены временные препараты, на которых измеряли следующие параметры: 1) длина эмбриональной оси; 2) длина и ширина coleoptilya; 3) длина и ширина щитка; 4) ширина эпибласта; 4) ширина и длина корня с coleorizой. Срезы зародыша семени выполнялись на замораживающем микротоме модели «Х». Измерения проводили на микроскопе «Микмед-5» с использованием окуляр-микрометра. Пробы отбирались с интервалом в 24 ч (0, 24, 48, 72 ч).

Разделение выборки семян ( $n = 3000$ ) из популяции урочища р. Никишиха выявило 17 фракций семян (весо-размерных групп), различающихся по плотности. Можно предположить, что семена из этого класса имеют селективное преимущество при прорастании в конкретных условиях, так как соотношение размеров зародыша и эндосперма в семени наиболее оптимально для быстрого поглощения необходимой влаги и активного использования запасных веществ, что необходимо для перехода к от гетеротрофного к автотрофному питанию.

Прорастание семян *M. turczaninowiana* происходит различными темпами, при этом серьезный недостаток влаги (раствор саха-

розы с осмотическим давлением 10 атм.) приводит к снижению всхожести семян, что связано с нехваткой влаги при росте структур зародыша семени и более медленной мобилизацией запасных веществ из эндосперма. Если к 96 ч в растворе с осмотическим давлением 5 атм. прорастает до 80 – 90% семян, то в растворе с осмотическим давлением 10 атм. — только 18 – 20% семян. В контроле прорастание достигает 98 – 100%.

Исследование изменений морфометрических параметров растущих зародышей семян перловника в условиях дефицита влаги выявило особенности развития структур, отвечающих за поглощение воды и транспорт веществ. При этом увеличение физиологической сухости среды привело к сходным результатам в обеих выборках, помещенных в растворы с осмотическим давлением 5 и 10 атм. Наибольшее развитие получили колеориза, эпибласт, щиток и зародышевый корень. При этом рост корня в пробах, помещенных в растворы сахарозы с осмотическим давлением 5 и 10 атм., имел различные скорости роста. Наибольшее развитие корень получил в растворе с осмотическим давлением 5 атм. Рост эмбриональной оси приводит к разрыву семенной оболочки, в обеих пробах данная структура растет практически сходно.

Таким образом, семена перловника Турчанинова на ранних этапах прорастания выработали морфологические адаптации структур зародыша семян (эмбриональная ось, эпибласт, колеориза), которые позволили сохраниться данному виду при действии экстремальных факторов среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Или И.Э., Назарова Г.Д., Половинкина С.В., Парыгин В.В.* Физиология и биохимия растений / Метод. пособие для лаб. работ. Иркутск: ИрГСХА, 2005. С. 110.
- Красная книга Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа (растения). Чита: Изд-во «Стиль», 2002. С. 23.
- Николаева М.К., Лязгунова И.В., Поздова Л.Н.* Биология семян. Санкт-Петербург: Отдел операт. пол. НИИ химии СПбГУ, 1999. С. 20 – 21, 74 – 76.
- Попова О.А.* Биоразнообразие и особенности адаптогенеза раннецветущих растений Байкальской Сибири (Восточное Забайкалье). Чита: ЗабГПУ, 2005. С. 69.
- Фурст Г.Г.* Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей. М.: Наука, 1979. 155 с.
- Флора Сибири Роасеae (Gramineae)/ Под ред. Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой. Новосибирск: Наука, 1990. Т. 2. С. 216 – 219.
- Цвелев Н.Н.* Злаки СССР. Л.: Наука, 1976. С. 552.
- Шварц С.С.* Эволюционная экология животных: экологические механизмы эволюционного процесса. Свердловск, 1969. С. 95.

Яковлев М.С. Зародыш. М.: Изд-во «Сов. энц.», Т. 9. 1972. С. 370 – 371.

Яковлев М.С. Структура эндосперма и зародыша злаков как систематический признак. Л.: Тр. Ботан. ин-та АН СССР, 1950. Вып. 1. С. 121 – 218.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ И РЕПРОДУКТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЖЕЛТОЙ ПЕСТРУШКИ (*EOLAGURUS LUTEUS* EVERSMANN, 1840) В УСЛОВИЯХ НЕВОЛИ

**Е.В. Булатова**

*Санкт-Петербургский госуниверситет*

Желтая пеструшка встречается в полупустынных ассоциациях на территории восточной части Зайсанской котловины. Питается зелеными частями почти всех видов растений, активность круглосуточная, живет семейными группами (Шубин, 1974). Недостаточно изученными являются ее социальная организация и поведение. Цель работы: изучить особенности размножения, развития и репродуктивного поведения желтой пеструшки в условиях неволи.

Основатели лабораторной колонии были пойманы в Зайсанской котловине в 2007 г. Изучались 1 – 4 поколения при содержании их в аквариумах семейными группами. В пищевой рацион входили морковь, овес, комбикорм и трава. Световой период: 16 ч света/8 ч темноты при температуре воздуха  $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

Установлено, что средняя величина выводка равна  $4.81 \pm 0.26$  ( $n = 31$ ). Различия в размере выводка между первыми ( $5.21 \pm 0.49$ ;  $n = 14$ ) и повторными ( $4.47 \pm 0.24$ ;  $n = 17$ ) не существенны ( $p = 0.34$ ). Средний межродовый интервал составляет  $28.8 \pm 2.1$  дней (от 18 до 50;  $n = 25$ ). Интервал до следующих родов связан с числом рожденных детенышей ( $N = 19$ ;  $r = 0.54$ ;  $p = 0.02$ ).

Средние сроки появления ранних экстерьерных признаков: нижние резцы — через 4.9 дней; верхние — 5.4 дней; формирование ушных раковин — 4.6 дней; расхождение передних пальцев — 9.6 дней; задних — 13.6 дней; созревание — через 12.1 дней. Средний вес детеныша в первый день —  $3.93 \pm 0.09$  г ( $n = 35$ ; 9 выводков); через 20 дней —  $27.4 \pm 0.92$  г, половых различий не обнаружено ( $t = -0.13$ ;  $p = 0.895$ ).

Самок осматривали каждые три дня, при открытом влагалище брали мазок. Первая перфорация влагалища у самок, оставленных в семье, была отмечена в 24 дня, первый эструс — в 27. Несмотря на то, что эти самки часто приходят в эструс, ни у одной из 18 самок не было отмечено ни спаривания, ни сперматозоидов в мазке,

ни признаков беременности, что, возможно, указывает на существование некоторых механизмов инцест-табу или подавление со стороны взрослой самки. У самок, ссаженных с незнакомым самцом, эструс отмечался на 2–5 сутки ссаживания. Минимальный возраст самки, у которой наблюдался эструс после ссаживания с незнакомым самцом, составил 34 дня. Спаривание отмечалось на 2–5 сутки после ссаживания. Продолжительность беременности от обнаружения спермы в мазке до дня родов составила 17–19 дней. Минимальный возраст фертильного спаривания самки — 34 дня.

Минимальный возраст самцов, ссаженных с незнакомыми самками, составил 35–36 дней. В двух случаях из четырех на вторые сутки у самок был зафиксирован эструс и обнаружена сперма в мазке. Через 18 дней были зафиксированы роды. Возраст первого фертильного спаривания самца — 33 дня. В обоих других случаях наблюдалась задержка родов.

При аутбредном и инбредном размножении статистически значимых различий между размерами выводков, выживаемостью детенышей и весовыми показателями как при рождении, так и ко времени достижения половозрелости, не обнаружено. Все члены изучаемой семейной группы использовали общее гнездо и участвовали в заботе о детенышах. В трех из четырех наблюдаемых пар самец проводил в гнезде с детенышами меньше времени, чем самка.

Таким образом, установлено, что в неволе желтая пеструшка размножается круглогодично. Самцы и самки сходны по внешнему виду, и в течение первых 20 дней жизни не различаются по весу. Данный вид подходит в качестве лабораторного животного, так как длительное инбредное размножение практически не влияет на репродуктивные показатели.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СОРЕДИЙ *HYROGYMNIA PHYSODES* (L.) NYL. (ASCOMYCETES)

М.С. Булдаков\*, Е.В. Михеева\*\*, М.И. Радиков\*\*\*

\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

\*\*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

\*\*\*Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Для отработки методики изучения формирования (созревания) соредий в органах вегетативного размножения (соральях) *Hyrogymnia*

*physodes* оценили: 1) влияние сквозистости крон на запас, структуру и размер соредий; 2) влияние приспособленности материнских талломов к среде обитания на размер соредий; 3) скорость формирования и динамику структуры и размера соредий.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собирали в 2005 и 2007 гг. в малонарушенных свежих лесах (Воробьев, 1953; Лесорастительные..., 1976; Воробейчик и др., 1994): пихто-ельниках Свердловской области (СО) и ельниках Удмуртской Республики (УР).

В июле 2005 г. в Нижнесергинском районе СО с ветвей пяти елей были отобраны 15 талломов. Для каждого таллома определяли сквозистость крон по фотографиям неба в ПО SIAMS MesoPlant V. 4 (SIAMS). Соредии максимально полно счищали, определяя их средний запас ( $S$ ) по трем сораям, измеряя диаметр ( $D$ ) в ПО SIAMS MesoPlant V. 2 и подсчитывая количество живых и мёртвых клеток фотобионта ( $A$ ) под микроскопом по 20 соредиям.

В мае-июле 2005 г. в Воткинском районе УР были отобраны 40 талломов: 10 талломов помещали на исходные деревья (на исходные участки стволов), 10 — на соседние ели, 10 — на ели у опушки того же леса, 10 талломов — контроль (без трансплантации). На всех участках пять талломов оставляли с интактными сораями, у пяти других перед трансплантацией сорали полностью очищали от соредий. Через 8 недель талломы снимали и измеряли диаметры соредий.

В августе-сентябре 2007 г. в том же районе со стволов двух елей были собраны и исследованы восемь талломов, а затем трансплантированы в исходные места. Через две и четыре недели повторно собирали и изучали по 4 таллома.

Статистические выводы осуществлены с помощью рангового  $H$ -критерия Краскела-Уоллиса в ПО STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., 2001) и коэффициента ранговой корреляции Спирмена ( $R_s$ ); доверительные интервалы медиан строили в ПО MS Excel V. 11 (Животовский, 1991; Кобзарь, 2006).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показано, что запас соредий снижается с ростом сквозистости крон в местах обитания материнских талломов:  $R_s (n=15) = -0.55$ ,  $p < 0.05$  (рис. 1). Возможно, эта связь объясняется влиянием ветра на выпадение соредий (Armstrong, 1991), возрастающем при разрежении полога леса и/или увеличении длины ветвей, на которых обитают талломы. Связи со структурой и размерами соредий не выявлено.

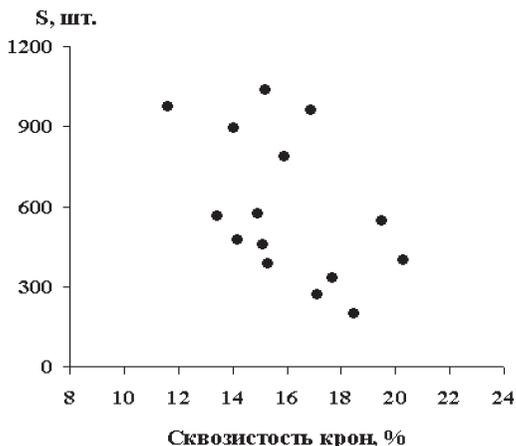


Рис. 1. Запас споридий в сорали *H. physodes* при разных уровнях сквозистости кроны.

происходит снижение активности продукционных процессов (роста и новообразования споридий), что приводит к снижению размеров новообразованных споридий в сравнении с интактными. Так, на

Соредии, сформированные *de novo*, в целом не отличаются от контрольных ( $H(1, 80) = 0.9$ ,  $p > 0.05$ ), также как и интактные ( $H(1, 80) = 0.1$ ,  $p >> 0.05$ ). Тем не менее, при удалении от исходного биотопа наблюдается тенденция к уменьшению размеров интактных и новообразованных споридий (рис. 2).

По-видимому, во время приспособления талломов к новым условиям существования

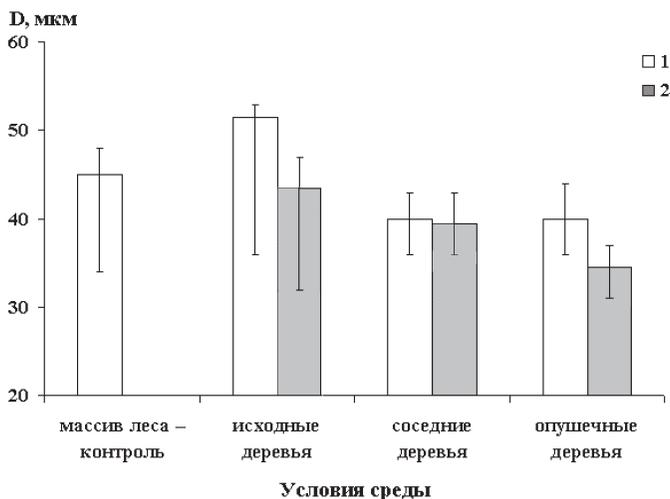


Рис. 2. Размеры споридий при разных удалениях материнских талломов от исходных мест обитания: 1 — интактные, 2 — новообразованные споридии (здесь и далее: медианы и их 95 %-ные доверительные интервалы).

удалённых от исходного биотопа опушечных деревьях наблюдаются значимые различия между новообразованными и интактными соредиями:  $H(1, 40) = 5.7, p < 0.05$ .

Обнаружена связь между запасом соредий у талломоов, обитающих на стволах елей, и размером соредий:  $R_s(n=8) = -0.71, p < 0.05$  (рис. 3). Наблюдаемая корреляция является, по-видимому, результатом сопряжения процесса выпадения соредий с процес-

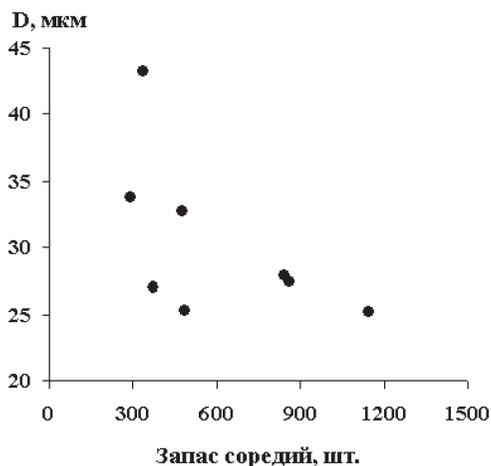


Рис. 3. Размеры соредий при разных уровнях запаса соредий.

сом их деления: крупные диаспоры разделяются на доли, затем на отдельные соредии внутри соралей (Tonsberg, 1992), то есть, чем медленнее соредии отделяются от сорали, тем большее число крупных соредий разделяется на мелкие. Значимой связи между структурой, размерами соредий и сквозистостью крон для соредий талломоов, обитающих на стволах елей, не выявлено.

Запас соредий в сорали восстанавливался около месяца (рис. 4). Через 2 недели от начала опыта различия с контролем были значимы ( $H(1, 12) = 7.4, p < 0.01$ ), через 4 недели — незначимыми ( $H(1, 12) = 0.6, p >> 0.05$ ). Размер соредий не менялся в течение срока экспозиции:  $H(2, 16) = 3.9, p > 0.05$ , а количество живых клеток фотобионта в соредии значительно сократилось:  $H(2, 16) = 6.4, p < 0.05$  (рис. 5). С одной стороны, снижение числа водорослей может оказаться артефактом, с другой стороны, вероятно, наблюдаемое превалирование над процессом роста соредий процессов деления гриба (ср. динамики запаса и диаметров соредий) приводит к дефициту водорослей в отдельных диаспорах.

Таким образом, запас соредий у талломоов, формирующихся на ветвях елей, тем ниже, чем ниже сквозистость крон над талломоом. При трансплантации талломоов в условия, отличные от исходных, размер новообразованных соредий снижается по сравнению с интактными. Чем больше в сорали соредий, тем меньше их размер. Запас соредий в очищенной сорали восстанавливается около месяца.

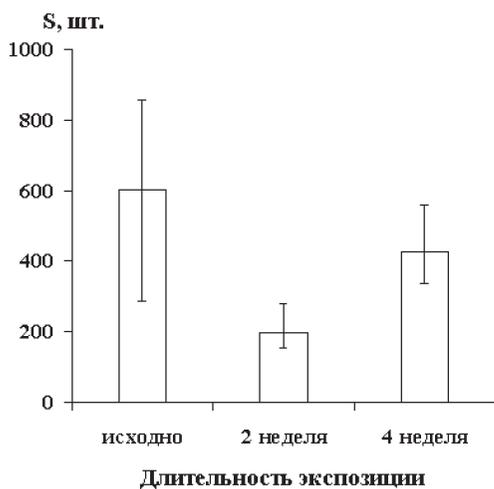


Рис. 4. Запас спорей в очищенной сорали *H. physodes*.

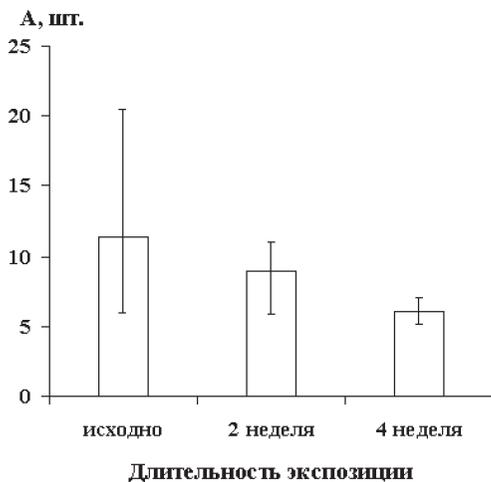


Рис. 5. Количество клеток фотобионта в новообразованных сорегиях.

Авторы признательны В.Г. Рябченко за помощь в организации полевых работ на территории национального парка «Нечкинский» (УР).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем: Локальный уровень. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
- Воробьев Д.В. Типы лесов Европейской части СССР. Киев: Изд-во Академии наук Украинской ССР, 1953. 452 с.

- Животовский Л.А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 271 с.
- Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
- Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Практическое руководство. Свердловск, УНЦ АН СССР, 1974. 176 с.
- Armstrong R.A. The influence of climate on the dispersal of lichen soredia // Environmental and Experimental Botany. 1991. Vol. 31. № 2. P. 239–245.
- Tønberg T. The sorediate, isidiate, corticolous, crustose lichens in Norway // Sommerfeltia. 1992. Vol. 14. P. 1–331.

## ОСОБЕННОСТИ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРАЗИТАРНОЙ ИНВАЗИИ *RANA ARVALIS* В ЗОНАХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

**А.В. Буракова**

Тюменский госуниверситет,  
Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Урбанизированные ландшафты — уникальные образования, появившиеся в результате взаимодействия развивающегося индустриального человеческого общества с естественными экосистемами. На территории городских агломераций в результате дробления ареалов и появления изоляционных барьеров происходят резкие изменения в экологической структуре популяций (Яблоков, Юсуфов, 1989). Широко применяемым методом оценки подобных изменений является паразитологический анализ. Паразитарные сообщества лягушек используются как биоиндикаторы состояния биоценозов (Евланов и др., 2004). Цель нашего исследования — изучить морфофизиологические особенности и показатели паразитарной инвазии лягушек в условиях урбанизации.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили остромордые лягушки *Rana arvalis* (Nilsson, 1842), относящихся к группе бурых лягушек (Большаков, Вершинин, 2005). Сбор материала проводился в летний период ручным способом. Всего исследовано 402 особи.

Для исследования популяций амфибий, населяющих городские территории, была разработана соответствующая типизация городских ландшафтов (Вершинин, 1980). В зависимости от уровня антропогенного воздействия в пределах крупного промышленного

города были выделены четыре зоны, к которым приурочены места обитания земноводных (Вершинин, 2005). Зона I — центральная часть города с многоэтажной застройкой, асфальтовыми покрытиями и очень сильным промышленным загрязнением, где встречаемость земноводных нулевая. Зона II характеризуется высокой антропогенной нагрузкой, район многоэтажной застройки и малыми водоемами. Зона III — средняя антропогенная нагрузка, район малоэтажной застройки, занятые домами частного сектора. Зона IV — слабое влияние антропогенных факторов, преимущественно лесопарковая зона. К — контрольная зона.

Расчет морфофизиологических индексов производился по стандартной методике (Шварц и др., 1968). Определение паразитов осуществляли по К.М. Рыжикову с соавторами (1980).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

По ряду морфофизиологических показателей выявлены значимые различия между лягушками, обитающими на антропогенно трансформированных и контрольных территориях. У сеголеток значимых различий по индексу почек в разных зонах нет. Выявлена тенденция к увеличению значений индекса почек с ростом антропогенной нагрузки у неполовозрелых особей (рис. 1).

При анализе индекса сердца установлено, что наибольшие его значения наблюдаются у сеголеток в зонах II и IV; у неполовозрелых и половозрелых лягушек — в лесопарковой IV зоне (рис. 2).

При анализе индекса легких обнаружено, что у сеголеток, неполовозрелых и половозрелых особей наблюдается снижение признака во II и III зонах и в контроле, а в лесопарковой зоне IV — его увеличение (рис. 3).

При анализе уровня заселенности паразитами найдено шесть видов гельминтов: три вида нематод и три вида трематод. К легочным паразитам относятся: трематода *Haplometra cylindracea* Zeder, 1800, нематода *Rhabdias bufonis* Schrank, 1788. К кишечным: трематоды *Dolichosaccus rastellus* Olsson, 1876, *Opisthioglyphe ranae* Froelich, 1791 и нематоды *Oswaldocruzia filiformis* Goeze, 1782, *Cosmocerca ornata* Dujardin, 1845.

Самая высокая зараженность паразитами установлена в контрольной зоне. Вероятно, это связано с благоприятными биотическими условиями и большим выбором промежуточных хозяев (рис. 4 А).

Разные виды гельминтов обладают разной реакцией на изменение условий обитания. При анализе соотношения видов паразитов

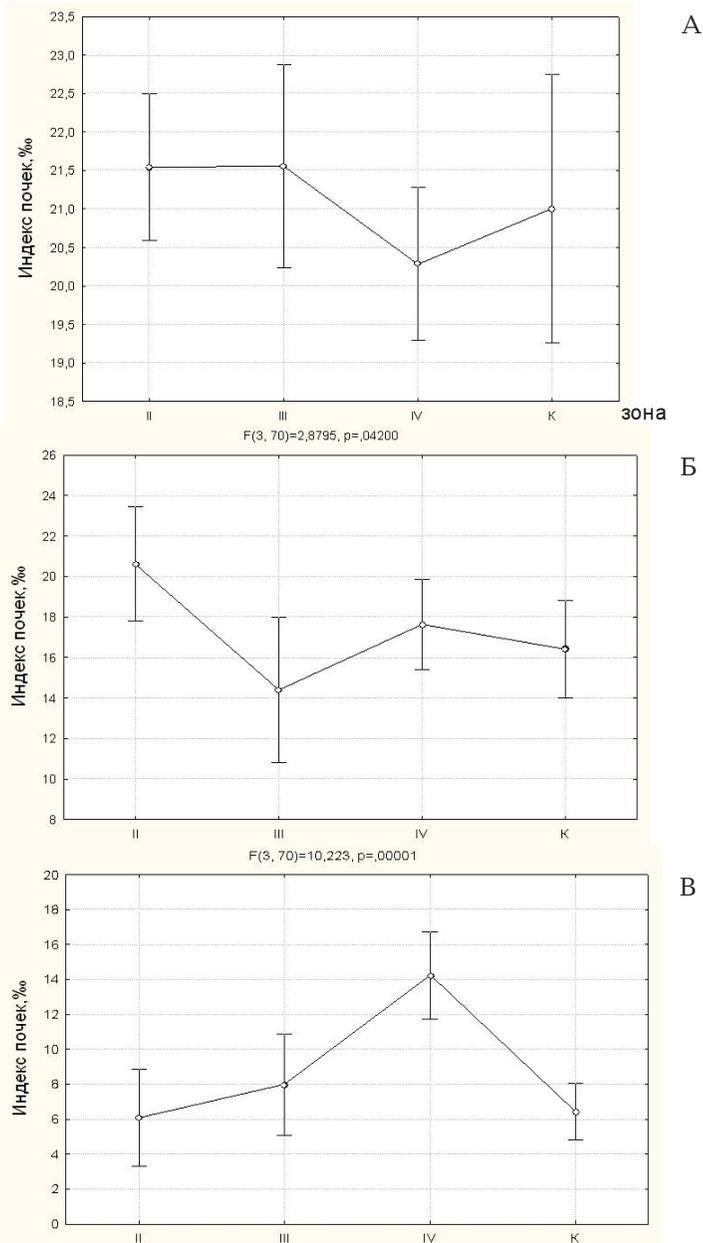


Рис. 1. Средние значения индекса почек *R. arvalis* в районах с разной антропогенной нагрузкой: А — сеголетки; Б — не половозрелые особи; В — половозрелые особи.

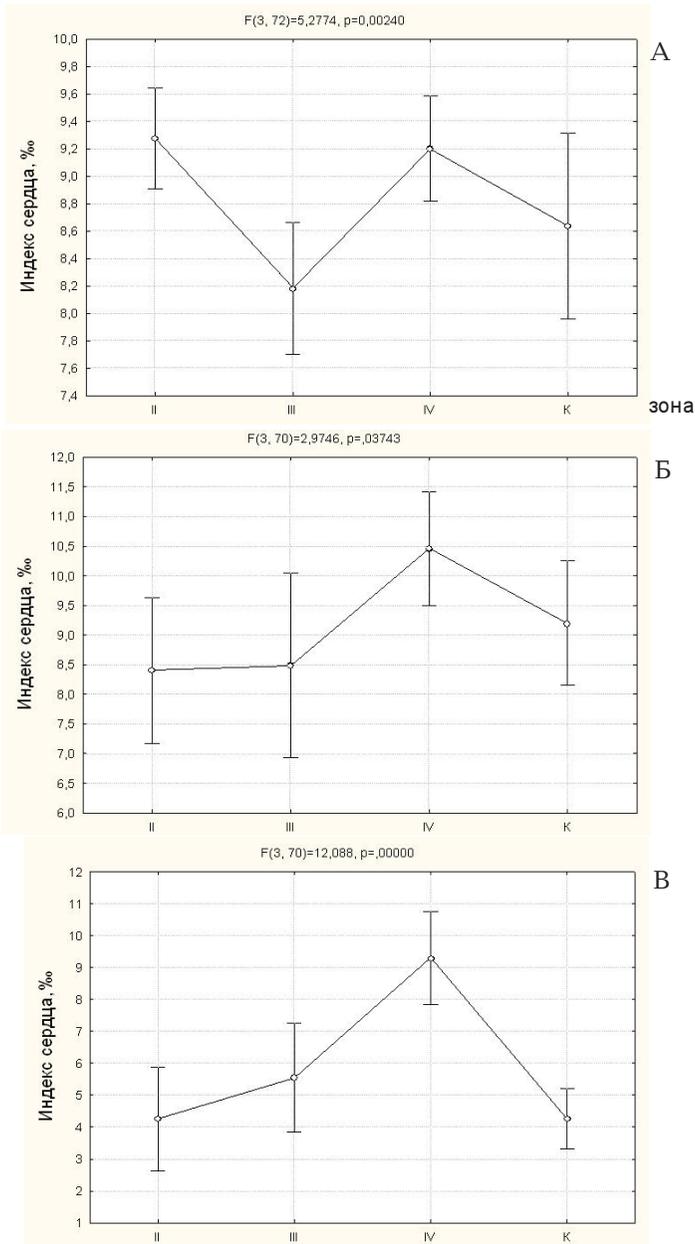


Рис. 2. Средние значения индекса сердца *R. arvalis* в районах с разной антропогенной нагрузкой: А — сеголетки; Б — неполовозрелые особи; В — половозрелые особи.

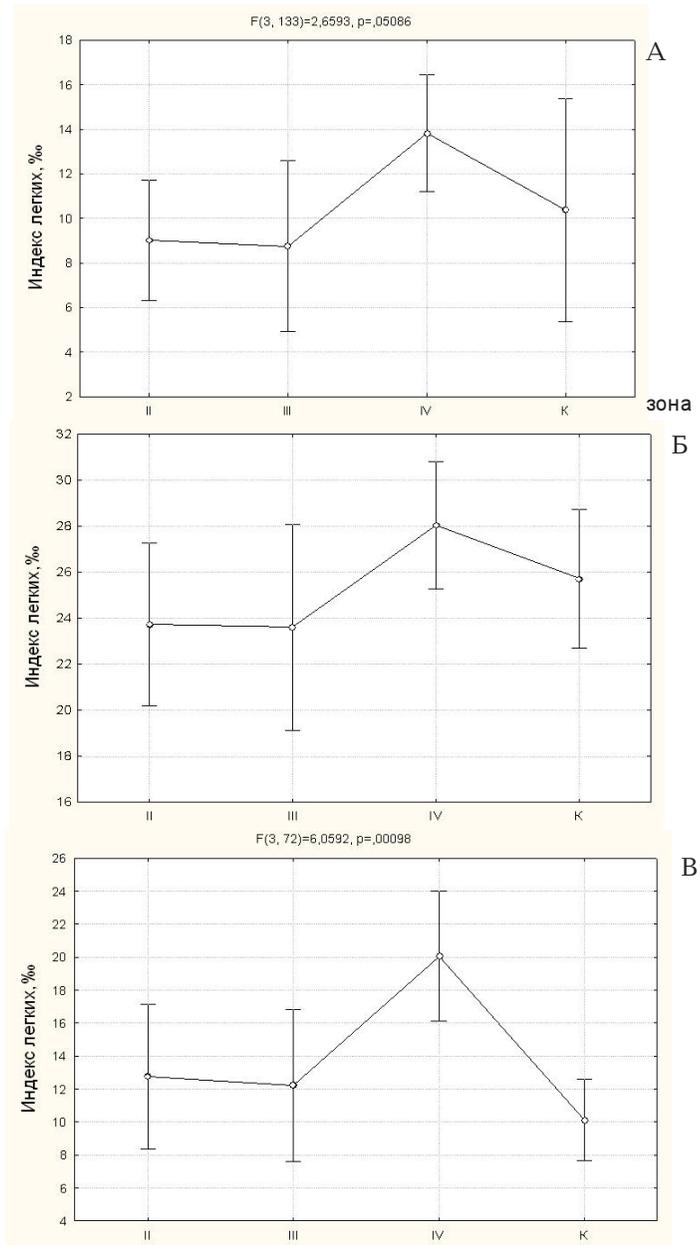


Рис. 3. Средние значения индекса легких *R. arvalis* в районах с разной антропогенной нагрузкой: А — сеготетки; Б — неполовозрелые особи; В — половозрелые особи.

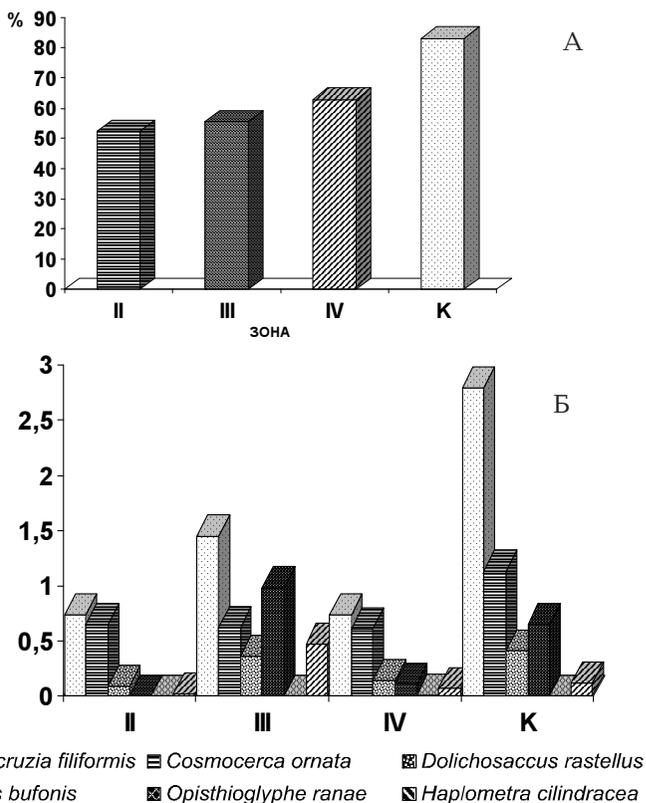


Рис. 4. Доля зараженных особей (А) и интенсивность инвазии (Б) *R. arvalis* в популяциях из местообитаний с разным уровнем урбанизации.

установлено, что доминантами во всех зонах являются *Oswaldocruzia filiformis* и *Cosmocerca ornata*. В зоне III встречается кишечная трематода *Opisthioglyphe ranae*. В зоне II легочной нематоды *Rhabdias bufonis* нет. В зоне III встречается *Haplometra cylindracea*, в остальных зонах численность этого паразита заметно ниже. *Rhabdias bufonis* характеризуется высокой устойчивостью к химическому загрязнению и встречается, в основном, на урбанизированных и промышленно-загрязненных территориях, где численность может даже повышаться вследствие ослабления конкурирующих видов (легочных трематод). Трематоды, напротив, многочисленны на экологически чистых территориях. Самый узкий спектр паразитов зарегистрирован во II зоне (рис. 4 Б) (Буракова, 2008).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 07 – 04 – 96107).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Большаков В.Н., Вершинин В.Л.* Амфибии и рептилии Среднего Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 124 с.
- Буракова А.В.* Морфофизиологические особенности остромордой лягушки антропогенно нарушенных территорий // Мат. II Всерос. науч.-практ. конф. Нижний Тагил, 2008. С. 192.
- Вершинин В.Л.* Распределение и видовой состав амфибий городской черты Свердловска // Информ. мат. ИЭРиЖ. Свердловск, 1980. С. 5–6.
- Вершинин В.Л.* Экология города. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. 82 с.
- Евланов И.А., Кириллов А.А., Чихляев И.В.* и др. Итоги и перспективы изучения паразитов позвоночных животных Самарской области // Основные достижения и перспективы развития паразитологии. 2004. С. 98–99.
- Рыжиков К.М., Шарпило В.П., Шевченко Н.Н.* Гельминты амфибий фауны СССР. М.: Наука, 1980. 275 с.
- Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н.* Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Тр. Института экологии растений и животных. Свердловск: УФ АН СССР, 1968. Вып. 58. 387 с.
- Яблоков А.В., Юсуфов А.Г.* Эволюционное учение: (Дарвинизм). М.: Наука, 1989. 253 с.

### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕСКИ *GADUS MACROCEPHALUS TILESII* (GADIDAE)

**М.Е. Бурякова\*, М.В. Шитова\*\***

\**Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва*

\*\**Институт общей генетики РАН, г. Москва*

Тихоокеанская треска является одним из важнейших промысловых объектов Северной Пацифики. В настоящее время в России добыча этого вида осуществляется в соответствии с квотами ОДУ, определенными для различных зон, выделенных по территориально-административному признаку, и не учитывает биологических особенностей трески, таких как сезонные миграции, популяционная дифференциация и другие. Рациональная же эксплуатация запасов вида должна осуществляться на основе чётких представлений о его популяционной структуре. Кроме того, ареал обитания трески включает в себя воды сопредельных государств и вопрос о том, кому принадлежат смежные запасы трески, является, несомненно, важ-

ным для России, имеющей такие «спорные» зоны в северной части Берингова и южной части Охотского морей и водах Южных Курил.

Пробы тихоокеанской трески собирали в 2005 и 2006 гг. в ходе траловых съёмок в северо-западной части Тихого океана (СЗТО): Западная часть Берингова моря, Охотское море (район Западной Камчатки), тихоокеанская сторона Южных Курил и прибрежные воды Канады. Для анализа ДНК брали и фиксировали в 96%-ном этаноле пробы белых мышц. В качестве маркеров использовали микросателлитные локусы *Gmo3*, *Gmo34*, *Gmo35* (Miller et al., 2000), первоначально выявленные для атлантической трески. Тотальную ДНК выделяли по стандартной методике путем лизиса ткани мышц протеиназой *K* в присутствии *SDS* с последующей депротеинизацией фенол-хлороформ-изоамилом и осаждением ДНК изо-пропанолом (Маниатис и др., 1984). Для ПЦР-амплификации использовали наборы Gene Pak PCR Core (ООО «ИзоГен», Россия), к которым добавляли 5 мкл смеси праймеров (конечная концентрация 0.5 мкМ) и 5 мкл исследуемой ДНК (100 ng). Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в 6%-ном неденатурирующем полиакриламидном геле в ТБЕ буфере при 300 В в течение 2–3 ч., окрашивали бромистым этидием и фотографировали в УФ-свете. В качестве маркеров длины фрагментов использовали стандарты молекулярной массы в 25 bp, 100 bp («Promega») и ДНК плазмиды *pBr322*, обработанную рестриктазой *HaeIII* и *HpaII*. Оценка частот аллелей, гетерозиготность и др. показатели определяли с использованием программного пакета GDA (Weir, 1996).

По локусу *Gmo35* значимых различий между исследуемыми выборками не обнаружено. По локусу *Gmo3* выборка из Южных Курил отличалась от всех остальных ( $p < 0.01$ ). По локусу *Gmo34* все выборки значимо отличались друг от друга ( $p < 0.05$ ). Анализ изменчивости трёх микросателлитных локусов в четырёх выборках тихоокеанской трески показал, что в изучаемом районе наблюдается генетическая гетерогенность этого вида, что может служить свидетельством существования обособленных самовоспроизводящихся стад тихоокеанской трески на уровне регионов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. Молекулярное клонирование. М.: Мир, 1984. 480 с.
- Miller K.M., Le K.D., Beacham T.D. Development of tri- and tetranucleotide repeat microsatellite loci in Atlantic cod (*Gadus morhua*) // Molec. Ecol. Notes. 2000. Vol. 9. № 2. P. 238–239.
- Weir B.S. Genetic Data Analysis II. Methods for Discrete Population Genetic Data. Sinauer Ass. Sunderland, Mass. 1996. 445 p.

# ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНИТАЛИЙ САМЦОВ *MELICTA ATHALIA* (ROTT.) НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

---

М.Г. Буш

Московский госуниверситет

*Melicta athalia* (Rott., 1775) относится к подсемейству Melitaeinae (шашечницы) семейства Nymphalidae. Представители этого подсемейства имеют очень изменчивые рисунок и окраску крыла, особенно виды рода *Melicta*, к которому и относится изучаемый объект. Часто особи одного и того же вида различаются сильнее, чем представители разных видов, окраска и размер крыла зависят от условий, в которых развивались преимагинальные стадии, даже в пределах одной популяции. Для надежного определения шашечниц используют особенности строения копулятивного аппарата самцов. Основными публикациями по ревизии шашечниц являются работы Верити (Verity, 1940) и Хиггинса (Higgins, 1955). Авторы приводят морфологические очерки видов и подвидов, сопровождаемые рисунками гениталий; обзор биологии и преимагинальных стадий, а также данные по географическому распространению и карты ареалов. В данных работах имеются сведения по внутривидовой изменчивости гениталий некоторых видов шашечниц (в том числе и *M. athalia*). Однако эти сведения весьма скудные и отрывочные, а изменчивость гениталий на внутривидовом уровне не изучалась вовсе. Таким образом, данная группа является крайне сложной для видовой диагностики, статус некоторых видов до сих пор не ясен, разные авторы еще не пришли к единому мнению на этот счет. Для решения многих спорных вопросов, касающихся систематики данного рода, необходимо изучать изменчивость на внутривидовом уровне, особенно это касается генитальных структур. В данной работе мы положили начало таким исследованиям. В качестве изучаемого объекта была выбрана *M. athalia*, как наиболее широко распространенный и часто встречающийся вид данного рода.

В настоящее время в классической систематике стали широко использоваться новейшие молекулярно-генетические методы. В последние годы была разработана технология ДНК-штрихкодирования. Ее задача состоит в том, чтобы идентифицировать различные виды. Для этого было предложено исследовать нуклеотидную последовательность митохондриального гена *COI*, присутствующего в митохондриальном геноме всех эукариот (Hebert et al., 2003).

Данный метод был успешно применен Вальбергом и Циммерманн (Wahlberg, Zimmermann, 2000) на некоторых представителях подсемейства Melitaeinae, в том числе и на видах рода *Mellicta*. В данной работе приводятся дендрограммы подсемейства Melitaeinae, основанные на данных нуклеотидных последовательностей гена *COI* и других генов митохондриальной ДНК. Система подсемейства Melitaeinae, основанная на данных результатах, практически полностью совпадает с системой, основанной на морфологических данных. Метод секвенирования нуклеотидных последовательностей генов митохондриальной ДНК позволяет хорошо различать виды данной группы. Однако некоторые виды рода *Mellicta* в работе данных авторов не рассматриваются, в частности *Mellicta caucasogenita* (Verity, 1930), которая является наиболее близким видом по отношению к *M. athalia* (по морфологическим данным), ранее их относили к одному виду. Результаты секвенирования гена *COI* *M. caucasogenita* впервые приводятся в нашей работе.

Задачи работы: 1) Изучить диапазон изменчивости гениталий самцов *M. athalia* на территории европейской части России. 2) Выявить различия в изменчивости гениталий самцов в различных популяциях *M. athalia*. 3) Оценить симметрию вальв в различных популяциях. 4) Определить, насколько надежными являются современные молекулярные методы видовой идентификации *M. athalia* и близких видов.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При изучении внутривидовой изменчивости полового аппарата было проанализировано 150 экземпляров из различных регионов европейской части России. Для оценки изменчивости генитального аппарата рассматривался каудальный отросток вальвы, как структура, несущая основные диагностические признаки. Исследования проводились в Зоологическом музее МГУ и на кафедре энтомологии Биологического ф-та МГУ. Секвенирование гена *COI* мт-ДНК осуществлялось в Канадском Центре ДНК-штрихкодирования Института Биоразнообразия Университета Онтарио Гвэлфа (Canadian Centre for DNA Barcoding Biodiversity Institute of Ontario University of Guelph) в рамках проекта «Barcode of Life». По результатам секвенирования в компьютерной программе MEGA 3.1 по алгоритму ближайшего соседа, Neighbour-Joining (NJ) была построена дендрограмма. Устойчивость полученных ветвлений дендрограммы проверялась бутстреп методом (Bootstrap). Для секвенирования было использовано 110 экземпляров 4 видов рода *Mellicta*.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что внутривидовая изменчивость каудального отростка вальвы у *M. athalia* в целом велика. Всего было выделено 28 типов каудального отростка (рис.1).

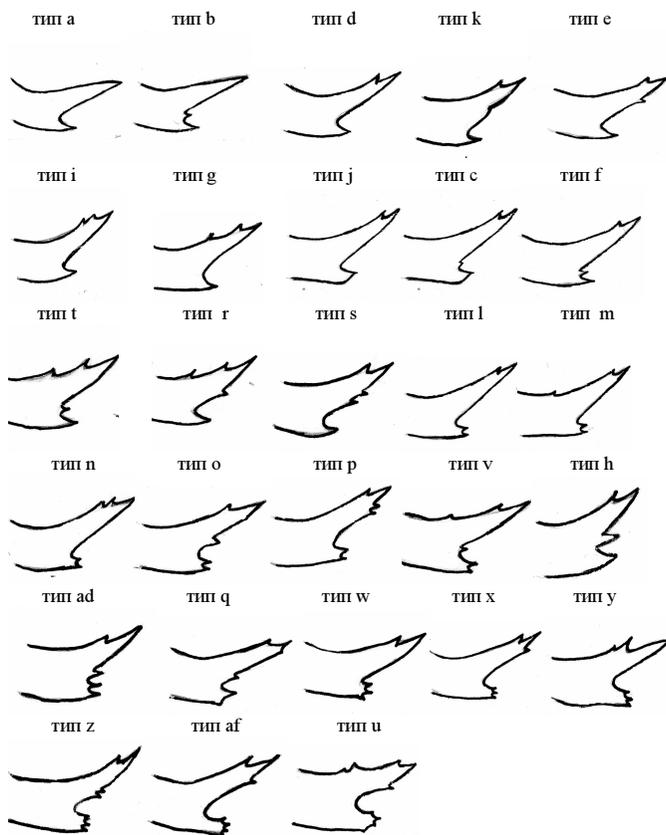


Рис. 1. Типы каудального отростка вальвы *M. athalia* в изученных популяциях на территории европейской части России.

Несмотря на столь высокое разнообразие типов строения данной структуры, основной тип (*d*), который приводится во всех определителях по гениталиям чешуекрылых, встречается примерно у половины особей среди всей выборки (рис. 2). Для правой вальвы частота встречаемости данного типа составила 54%, для левой — 49%. Кроме того, относительно часто встречается каудальный отросток типа *l*,

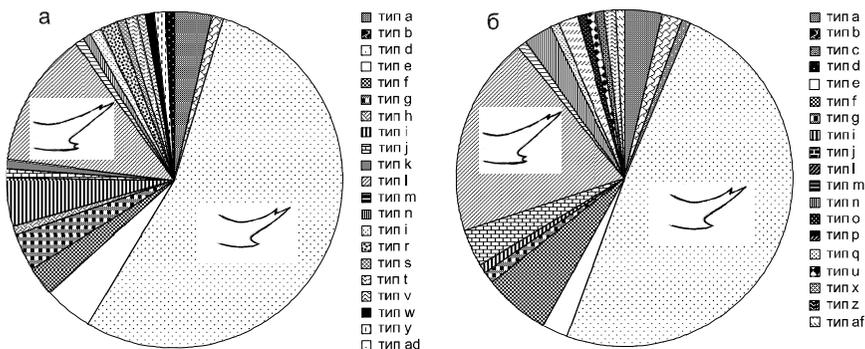


Рис. 2. Частота встречаемости (%) различных типов строения каудального отростка правой (а) и левой (б) вальвы *M. athalia* в изученном материале из европейской части России.

который отличается от основного типа раздвоенным боковым зубцом. Для правой вальвы частота встречаемости данного типа составила 13%, для левой — 19%. Остальные типы каудального отростка вальвы встречаются в 6% случаев и ниже, часто в единичных случаях.

Диапазон изменчивости данного признака варьирует в разных популяциях. Для сравнения мы использовали две популяции, представленные самыми большими выборками (несколько десятков экземпляров). В популяции из д. Щербатовка (Волгоградская обл., Камышинский р-н) изменчивость низка и отклонения от основного типа незначительны (рис. 3).

Изученный материал из данной популяции представлен четырьмя типами строения каудального отростка левой вальвы и пятью — правой вальвы. Основной тип каудального отростка (тип *d*) преобладает, вторым по частоте встречаемости является более простой — тип *a*, а также тип *l*, который встречается довольно часто в целом, среди всего исследованного материала. Более редко встречаются типы *e* и *i*, которые отличаются от основного типа наличием дополнительного маленького зубца. В популяции из д. Лужки (Московская обл., Серпуховский р-н), напротив, диапазон изменчивости очень высок. Всего было выделено 11 основных типов строения каудального отростка для левой вальвы и столько же для правой.

В данной популяции некоторые экземпляры заметно отклоняются от основного типа, особенно тип *x* (см. рис. 1). Основной тип (*d*) встречается примерно в половине случаев как для правой, так и для левой вальвы. Также для правой вальвы довольно часто встречается тип *l*, а для левой вальвы — типы *l* и *j*. Остальные типы

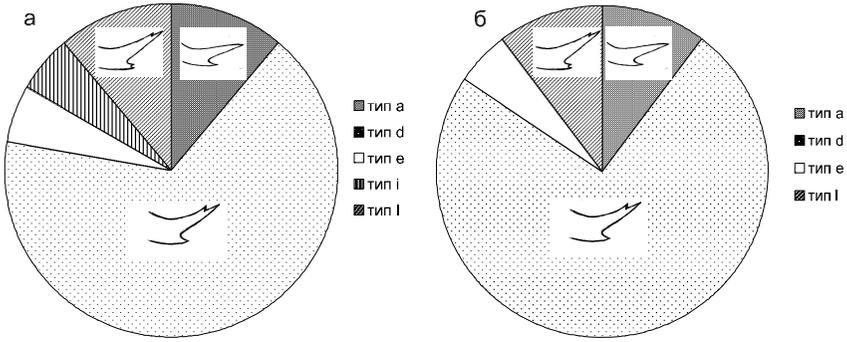


Рис. 3. Частота встречаемости (%) различных типов строения каудального отростка правой (а) и левой (б) вальвы *M. athalia* в популяции из окрестностей г. Щербатовка (Волгоградская обл., Камышинский р-н).

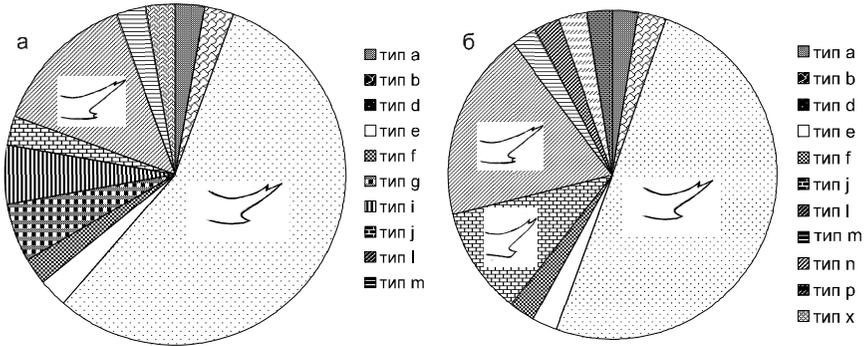


Рис. 4. Частота встречаемости (%) различных типов строения каудального отростка правой (а) и левой (б) вальвы *M. athalia* в популяции из окр. г. Лужки (Московская обл., Серпуховский р-н).

встречаются редко, но их довольно много. Столь значительную изменчивость в популяции из д. Лужки и столь низкую изменчивость в популяции из д. Щербатовка можно объяснить следующим образом. По всей видимости, низкая изменчивость *M. athalia* в Волгоградской обл. связана с тем, что там вместе с *M. athalia* встречаются другие близкие виды (*M. aurelia* и *M. britomartis*). Как известно, одним из механизмов презиготической изоляции двух близких видов является несовместимость генитального аппарата самца и самки. Каудальный отросток, по всей видимости, предназначен для сцепления копулятивных аппаратов самца и самки. Вероятно, в таких популяциях отбор шел на снижение изменчивости строе-

ния каудального отростка для избежания межвидовых скрещиваний. В Серпуховском р-не Московской области из представителей рода *Mellicta* обитает только *M. athalia*, риск межвидового скрещивания отсутствует и изменчивость велика. Данное явление (когда в аллопатричных популяциях изменчивость велика, а в симпатричных низка) было названо Брауном и Уилсоном (Brown, Wilson, 1956) «Character Displacement» (смещение признаков) и показано на множестве примеров, в том числе и на насекомых. Делать какие-либо заключения в отношении остальных изученных нами популяций сложно ввиду маленьких выборок, однако можно отметить, что и там прослеживается такая же закономерность, что и в вышерассмотренных популяциях.

При изучении симметрии правой и левой вальв мы получили следующие результаты. В популяции из Волгоградской области подавляющее большинство вальв (87%) симметричны, а из Московской области (65%) — ассиметричны. По всей видимости, это связано с общей степенью изменчивости. При попытке установить корреляцию между строением каудальных отростков правой и левой вальвы, мы получили отрицательный результат. Сочетание различных типов строения каудального отростка правой и левой вальвы может быть любым, каких-либо закономерностей не обнаружено.

При анализе результатов, полученных путем секвенирования гена *COI* митохондриальной ДНК, можно отметить, что данный метод позволяет хорошо различать близкие виды данного рода. Как видно из дендрограммы (рис. 5), все 4 исследованных вида группируются в отдельные клады. Наши результаты совпали с результатами предыдущих исследований по данной группе (Wahlberg, Zimmermann, 2000) и, как уже было отмечено выше, результаты секвенирования гена *COI* у *M. caucasogenita* впервые приводятся в нашей работе. В дальнейшем данный метод можно применить и на видах, статус которых находится под вопросом.

## ВЫВОДЫ

Внутривидовая изменчивость полового аппарата самцов *M. athalia* на территории европейской части России велика, наиболее показательным в этом отношении является строение каудального отростка вальвы.

Диапазон и степень изменчивости полового аппарата самцов *M. athalia* различаются в разных популяциях. В популяциях, где *M. athalia* встречается симпатрично с близкими видами, изменчивость существенно ниже («смещение признаков»).

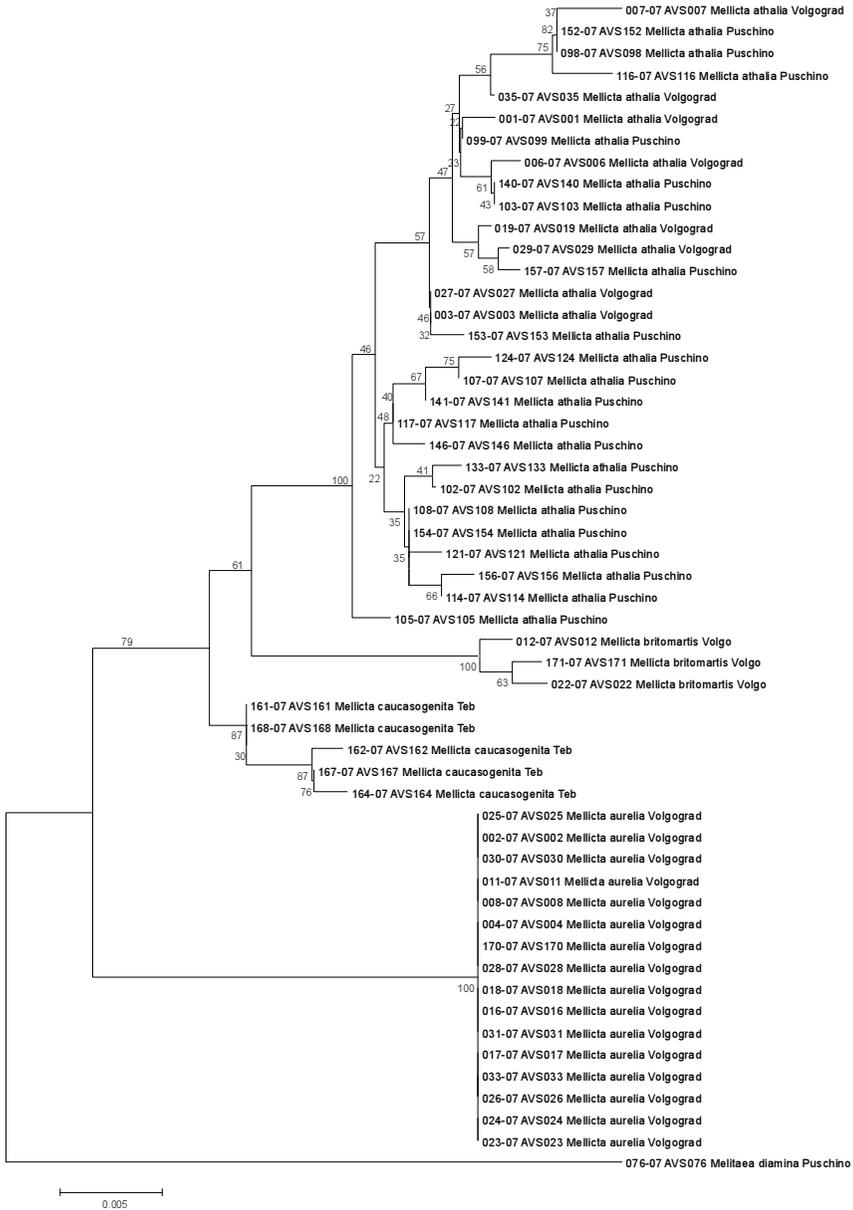


Рис. 5. NJ-дендрограмма (построенна по алгоритму ближайшего соседа, Neighbour -Joining) исследованных образцов *Mellicta* по фрагменту гена *COI*.

В популяциях с высокой изменчивостью существенно преобладает ассиметричное строение правой и левой вальв, в то время как в популяциях с низкой изменчивостью — симметрия вальв.

Метод, основанный на секвенировании гена *COI* митохондриальной ДНК, позволяет надежно различать близкие виды рода *Mellicta*.

Автор выражает глубокую благодарность за помощь в проведении данной работы следующим лицам: научным руководителям — А.В. Свиридову и А.Л. Девяткину; а также А. В. Борисенко (Dr. Alex Vorisenko), Полу Геберту (Dr. Paul Hebert), Меган Милтон (Megan Milton), Н.А. Пояркову и Ю. А. Ловцовой.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Brown W.L., Wilson E.O.* Character Displacement // *Systematic Zoology*. 1956. Vol. 5. P. 49–65.
- Hebert P.D.N., Cywinska A., Bal Sh.L., de Waard J.R.* Biological identifications through DNA barcodes // *Proc. R. Soc. Lond.* 2003. Vol. 270. P. 313–321.
- Higgins L.G.* A descriptive catalogue of the genus *Mellicta* Billberg (Lepidoptera: Nymphalidae) and its species, with supplementary notes on the genera *Melitaea* and *Euphydryas*. *Trans. R. ent. Soc. Lond.* 1955. Vol. 106. 131 pp.
- Verity R.* Revision of the athalia group of the genus *Melitaea*. *Trans. R. ent. Soc. Lond.* 1940. Vol. 89. P. 591–706.
- Wahlberg N., Zimmermann M.* Pattern of Phylogenetic Relationships among Members of the Tribe Melitaeini (Lepidoptera: Nymphalidae) Inferred from Mitochondrial DNA Sequences // *Cladistics*. 2000. Vol. 16. P. 347–363.

### МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЭРЕМУСОВ РЕДКИХ И НАХОДЯЩИХСЯ ПОД УГРОЗОЙ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ЭНДЕМИЧНЫХ УРАЛЬСКИХ НЕЗАБУДОЧНИКОВ (РОД *ERITRICHIMUM*, СЕМ. BORAGINACEAE)

А.Г. Быструшкин\*, Е.В. Быструшкина\*\*

\* Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

\*\* Курганский госуниверситет

Незабудочник уральский (*Eritrichium uralense* Serg.) — редкий вид, занесенный в Красную книгу России, эндемичен для Урала и находится под угрозой исчезновения. Незабудочник Крашенинникова (*E. uralense* Serg. subsp. *krascheninnikovii* Knjasev et Balandin) — южный подвид незабудочника уральского. В настоящее время известно лишь одно его местонахождение — в северной части хребта Нуралы (высшая точка 752 м н.у.м., протяженность 8 км), который планируется к охране в качестве памятника природы в системе

ООПТ республики Башкортостан. Численность уникальной популяции незабудочника Крашенинникова значительно колеблется по годам, что обусловлено значительной гибелью семенного потомства всех возрастных групп в неблагоприятные годы. Учитывая возрастающую антропогенную нагрузку, популяция находится в угрожаемом состоянии. Представляется необходимой организация охраны уникальной популяции незабудочника Крашенинникова *in situ*.

Признаки строения эремусов (плодов) традиционно используются в систематике незабудочников как основные. При первом описании незабудочника Крашенинникова отмечено два основных признака, отличающего этот подвид от типового незабудочника уральского. Верхняя поверхность диска эремуса голая, а не опушенная. Количество колючечек по краю диска — 22–32, а не 14–18. Однако происхождение и статус обоих таксонов остаётся не ясным. Для изучения морфологического разнообразия эремусов обоих таксонов незабудочников и выяснения таксономической значимости диагностических признаков, в 2006 г. был собран 41 эремус незабудочника Крашенинникова на хребте Нурали (Южный Урал) и 23 эремуса незабудочника уральского на скале Большой Цирк (р. Ивдель, Северный Урал).

Верхняя поверхность диска эремуса у незабудочника уральского опушенная; отмечен один эремус со сплошным опушением по всей поверхности; поверхность эремусов без шишковатых выростов. У незабудочника Крашенинникова верхняя поверхность диска голая, встречен лишь один эремус с опушенным диском; шишковатые выросты отмечены у 18 эремусов из 41. Количество колючечек по краю диска эремуса у незабудочника уральского варьирует от 11 до 20 (среднее  $\pm$  ошибка:  $16.9 \pm 0.5$ ), у незабудочника Крашенинникова — от 14 до 22 ( $18.9 \pm 0.3$ ), различия (двусторонний *t*-критерий) — значимы ( $p < 0.01$ ). Уровень направленной асимметрии проявления колючечек на сторонах диска у незабудочников уральского ( $DA_2 = 0.068$ ) и Крашенинникова ( $DA_2 = 0.072$ ) сходен. Близки также значения коэффициента флуктуирующей асимметрии ( $FA_2 = 0.975$  и  $FA_2 = 0.879$  соответственно).

Таким образом, признак количества колючечек по краю диска эремуса у обоих таксонов перекрывается. Различия между подвидами по признакам опушения диска и скульптуры поверхности эремуса носят характер отличий по частоте встречаемости. Имеющиеся диагностические признаки не позволяют надёжно различать два таксона незабудочника уральского.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта для аспирантов и молодых ученых Президиума УрО РАН на 2008 г.

## АНАЛИЗ ФРАКЦИИ РУДЕРАЛЬНЫХ И СЕГЕТАЛЬНЫХ СЛОЖНОЦВЕТНЫХ ФЛОРЫ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ В СИСТЕМЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ФЛОР ЕВРАЗИИ

---

Е.В. Быструшкина\*, А.Г. Быструшкин\*\*

\* Курганский госуниверситет

\*\* Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Характер распределения видов семейства сложноцветные, ведущего по числу видов семейства флоры умеренного пояса, во многом отражает закономерности флорогенеза, в частности, роль рудеральных и сегетальных компонентов в сложении региональной флоры. Конспект сегетальных и рудеральных видов семейства сложноцветные в Южном Зауралье насчитывает 124 вида, из которых 70 относится к апофитам, 54 — к адвентивным видам. Распределение сорняков по типам ареалов отражает историю расселения, адаптивные особенности видов и резко отличается у апофитов и адвентивных видов. Адвентивные виды обладают более широкими ареалами, почти половина адвентивных видов имеют голарктический или палеарктический ареал. Адвентивные виды американского или европейского происхождения, имеющие обширные голарктические или почти космополитные вторичные области современного распространения, относительно немногочисленны. Ареалы большинства апофитов связаны с прилегающими областями Восточной Европы и Западной Азии. Южное Зауралье, таким образом, является для них центральной областью распространения, где можно предполагать наиболее благоприятные условия обитания. Ареалы большинства адвентивных видов полизональны, что отражает преобладающее влияние антропогенного фактора в их распространении, по сравнению с влиянием широтной зональности в распределении природных факторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта для аспирантов и молодых ученых Президиума УрО РАН на 2008 г.

### РОД *RANUNCULUS* L. (RANUNCULACEAE) ЗАУРАЛЬЕ: ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМАТИКИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

---

М.А. Васеева

Курганский госуниверситет

С целью выявления видового состава и анализа распространения в Южном Зауралье рода *Ranunculus* L. (Ranunculaceae) нами ведется

работа по материалам собственных сборов (сезоны 2005—2007 гг.) и образцам, хранящихся в лаборатории «Гербарий и ботанический музей» КурГУ, в гербариях Курганской сельскохозяйственной академии и Тюменского государственного университета. Составлен и проанализирован региональный конспект рода *Ranunculus*, включивший 15 видов из 6 секций, принимаемых нами в объеме, предложенном С.Н. Зиман: sect. Acris: *Ranunculus acris* L., *R. polyanthemus* L., *R. repens* L.; sect. Xanthobatrachium: *R. sceleratus* L., *R. gmelinii* DC, *R. polyphyllus* Walds. et Kit.; sect. Pterocarpa: *R. silvisteppaceus* Dubovik.; sect. Auricomus: *R. auricomus* L., *R. monophyllus* Ovcz., *R. ponojensis* (Mark.) Ericss., *R. vjakensis* Tzvel., sect. Polyrrhizos: *R. polyrrhizos* Steph. ex Willd., sect. Flammula: *R. flammula* L., *R. reptans* L., *R. lingua* L. Наиболее сложна в систематическом отношении секция Auricomus: виды этой секции нередко пропускаются или диагностируются как *R. auricomus* sp. agg. В равнинном Зауралье из этой группы впервые выявлен нами *R. vjakensis* (Л. вятский). Его отличительные признаки: цветоложе с густым коротким опушением, сегменты стеблевых листьев широколинейные или ланцетные, цельнокрайние. Лепестки обычно недоразвитые. Пластинки прикорневых листьев трехраздельные с глубокой выемкой при основании (выемка от 10° до 90°). Этот вид, по всей видимости, достаточно редок, и достоверно известен из трех местонахождений (Ишимский район Тюменской области; близ г. Шадринска в пойме р. Исеть; окрестности пос. Старый Просвет Кетовского р-на Курганской области).

## ЛАНДШАФТНО-ЗОНАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВИДОВОГО БОГАТСТВА И ОБИЛИЯ ГАМАЗОВЫХ КЛЕЩЕЙ, СВЯЗАННЫХ С МЕЛКИМИ МЛЕКОПИТАЮЩИМИ, НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.П. Винарская\*\*\*, М.В. Винарский\*\*\*

\*Омский научно-исследовательский институт природноочаговых инфекций Роспотребнадзора

\*\*Филиал Российского заочного института текстильной и легкой промышленности в г. Омске

\*\*\*Омский государственный педагогический университет

Изучение пространственных закономерностей распределения видового разнообразия и обилия живых организмов — одна из наиболее популярных исследовательских тем в современной экологии и биогеографии. Наибольшее внимание исследователей

привлекает так называемый «глобальный широтный градиент биологического разнообразия» (Hawkins et al., 2003), впервые установленный ещё в конце XVIII века А. фон Гумбольдтом и Г. Форстером, которые объясняли его возникновение неравномерностью распределения тепла по поверхности Земли (Hawkins, Diniz-Filho, 2004). В наиболее общей форме этот градиент можно определить как сокращение суммарного числа видов организмов, а также таксонов иного ранга, в направлении от экватора к полюсам (Чернов, 1991). Механизмы, порождающие этот феномен, до сих пор неизвестны с точностью, и «тепловая» гипотеза, высказанная Гумбольдтом и Форстером, конкурирует с рядом других объяснений, использующих иные причинно-следственные связи (Hawkins et al., 2003; Hillebrand, 2004). Некоторые аспекты проблемы остаются до сих пор слабо изученными. Так, сравнительно мало известно о том, выполняется ли эта закономерность на паразитических организмах, многие из которых непосредственно не контактируют со внешней средой обитания, используя организм хозяина как своеобразный «буфер» (Догель, 1947).

В данном сообщении рассматривается пространственная изменчивость разнообразия гамазовых клещей, связанных с мелкими млекопитающими, на юге Западно-Сибирской равнины. По мнению В.Г. Мордковича с соавторами (2002), западносибирский регион представляет собой идеальный полигон для изучения широтной изменчивости разнообразия живых организмов. На этой территории ландшафтная зональность выражена лучше всего в мире и отклонения границ широтных зон от параллелей крайне незначительны ( $10 - 15^\circ$ ).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом исследования послужили собственные сборы Н.П. Винарской, а также данные из архива лаборатории арбовирусных инфекций Омского НИИ природно-очаговых инфекций, собранные на территории Омской области в период с 1963 по 2004 гг. Сборами паразитологического материала были охвачены все 5 природных зон (и подзон), представленных на территории области — южнотаежная (*T*), подтаежная (*PT*), северная лесостепная (*NFS*), южная лесостепная (*SFS*) и степная (*ST*). Общее количество собранных млекопитающих-хозяев составило 9 698 экз., относящихся к 24 видам, также были использованы данные о гамазовых клещах, населяющих убежища зверьков. За указанный период было собрано 2015 гнезд мелких млекопитающих. Всего было обнаруже-

но 134 таксона гамазовых клещей, из которых с точностью до вида определен 121 таксон. Это составляет около 70% от общего числа гамазовых клещей, обнаруженных на телах и в убежищах мелких млекопитающих в Западной Сибири (по оценке Богданова, 1985).

Нами были разработаны критерии составления видовых списков клещей для статистического анализа. Из практики работы паразитологов известно, что в гнездовой подстилке, а иногда даже на теле зверьков могут обнаруживаться такие виды клещей, которые не являются ни эктопаразитами, ни нидиколами, и, скорее всего, попадают в сборы случайно. Эти виды характеризуются крайне низкой численностью в сборах, а также отсутствием специальных адаптаций к существованию на теле хозяина или в его гнезде. С экологической точки зрения, гамазовые клещи — чрезвычайно разнородная группа, включающая виды с различными типами питания (Земская, 1972; Radovsky, 1985). Поэтому необходимо точно определить, какие виды можно считать связанными с мелкими млекопитающими, а какие — нет.

Можно выделить три основные группы гамазовых клещей, проявляющих устойчивые связи с мелкими млекопитающими. Во-первых, это собственно паразитические виды, для которых тело хозяина представляет не только источник питания, но и среду обитания; во-вторых, это форезирующие виды, которые не питаются на зверьках, но активно используют их как средства для расселения (обычно в стадии нимфы) и, наконец, третью группу составляют хищные клещи и клещи-сапрофаги, которые поселяются в субстрате гнезд зверьков и проводят там весь свой жизненный цикл, питаясь либо мелкими членистоногими, либо органическим веществом, накапливающимся в подстилке. Для всех перечисленных групп связь с млекопитающим является существенно важной для успешного протекания их жизненного цикла, поэтому только клещи этих групп были оставлены для анализа. После отбрасывания видов, случайно попавших в сборы, общий видовой список для всех пяти зон включает 76 видов.

Для анализа изменчивости разнообразия нами были использованы следующие показатели: 1) видовое богатство — общее количество видов гамазовых клещей, обнаруженных в данной природной зоне (подзоне). При этом учтены данные по всем биотопам, обследованным в пределах данной зоны, а видовые списки по отдельным биотопам объединялись в единый массив данных — видовой список гамазовых клещей данной зоны (подзоны); 2) обилие, характеризующееся особым паразитологическим показателем —

индексом обилия, определяемым как число особей паразита или нидикола, приходящихся на одну особь хозяина или одно гнездо (Богданов, 1990). Для каждой природной зоны был определен суммарный индекс обилия, рассчитываемый как сумма индексов обилия всех отмеченных видов.

Для оценки уровня фаунистического сходства между отдельными зонами был использован индекс Очиаи ( $I_{OCH}$ ), в основе которого лежит принцип подсчета среднего геометрического сходства. Он рассчитывается по следующей формуле (Песенко, 1982):

$$I_{OCH} = \frac{a}{\sqrt{(a+b)(a+c)}}, \text{ где}$$

$a$  — число видов, общих для сравниваемых фаун;

$b$  — число видов, специфичных для первой из сравниваемых фаун;

$c$  — число видов, специфичных для второй из сравниваемых фаун.

Значения индекса Очиаи могут находиться в диапазоне от 0 (полное несходство) до 1 (полное сходство). Этот индекс сравнительно мало известен и редко употребляется в экологических исследованиях по сравнению, например, с индексами Жаккара или Чекановского. Однако, по мнению известного отечественного флориста Л.И. Мальшева (2001), использование индекса Очиаи более оправдано для сравнения неравновеликих видовых списков. В таких случаях он дает более точные результаты, чем традиционно используемые индексы Жаккара и Чекановского.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наивысшее видовое богатство гамазовых клещей отмечено в северной лесостепи, к северу и югу от которой число видов сокращается (рис. 1). При этом в самой южной из исследованных зон, степной, наблюдается наименьшее видовое богатство гамазовых клещей (31 вид). Это противоречит представлению о широтном градиенте разнообразия, так как вместо постепенного сокращения числа видов с юга на север мы обнаруживаем пик видового разнообразия в промежуточной зоне.

Напротив, суммарное обилие гамазовых клещей на мелких млекопитающих демонстрирует резкий спад в направлении с юга на север. Максимальное (рис. 2) обилие клещей на телах зверьков обнаружено в степной зоне (в среднем 13.3 особи клеща на одну особь хозяина), а минимальное — в подзоне южной тайги, где на

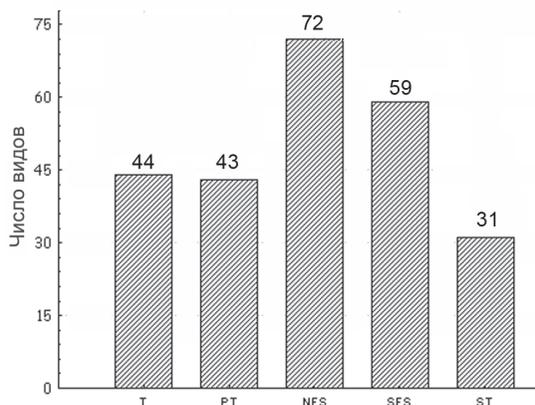


Рис. 1. Видовое богатство гамазовых клещей, связанных с мелкими млекопитающими, в различных природных зонах (подзонах) Омской области. Обозначения природных зон и подзон: T — южнотаежная; PT — подтаежная; NFS — северная лесостепная; SFS — южная лесостепная; ST — степная.

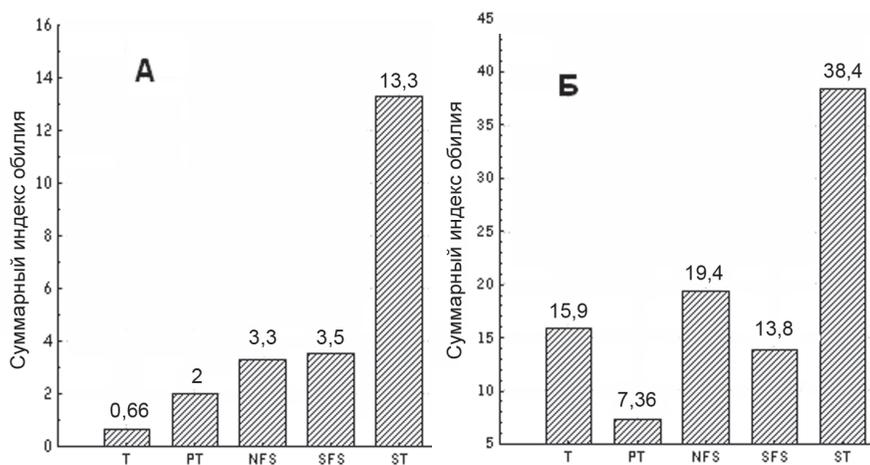


Рис. 2. Широтная изменчивость обилия гамазовых клещей в Омской области. А — обилие на телах хозяев. Б — обилие в гнездах хозяев. Обозначения — см. рис. 1.

одну особь хозяина приходится только 0.66 экземпляра клещей, то есть более чем в 20 раз меньше. Увеличение обилия в направлении с севера на юг наблюдается также и для клещей в гнездах млекопитающих, хотя здесь оно происходит не так плавно.

Исследуя степень фаунистического сходства сообществ клещей отдельных природных подзон, можно выделить три фаунистических комплекса этих организмов, представленных на изучаемой территории (рис. 3). Это лесной комплекс, включающий южно-таежную и подтаежную зоны, затем — лесостепной и степной. Последний характеризуется наивысшим уровнем таксономической обособленности.

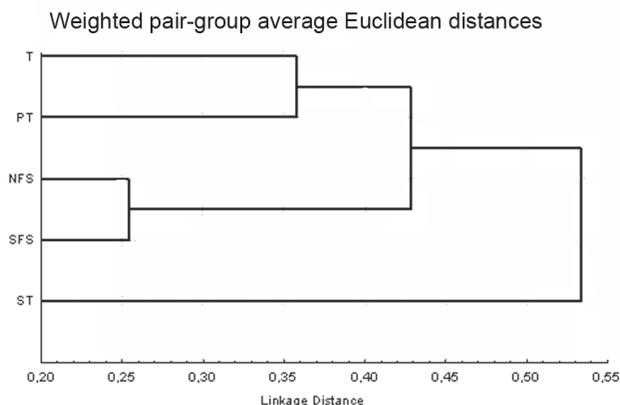


Рис. 3. Степень сходства (по Очаиш) между фаунами клещей различных природных зон (подзон) Омской области. Обозначения — см. рис. 1.

Изложенные выше результаты требуют найти ответ на два главных вопроса:

1. Чем объясняется наивысшее видовое богатство клещей в лесостепной зоне?
2. Как объяснить резкую специфичность степной зоны, для которой характерно максимальное обилие клещей при минимальном видовом разнообразии?

Полученные нами данные о максимальном видовом богатстве гамазовых клещей в лесостепной зоне хорошо соответствуют данным других исследователей, изучавших широтную изменчивость разнообразия беспозвоночных на Западно-Сибирской равнине и на Урале. В частности, именно в лесостепной зоне наблюдается максимальное видовое богатство у пауков Урала (Есюнин, Ефимик, 1994), а в Западной Сибири — у нескольких семейств и отрядов членистоногих (Мордкович и др., 2002), а также у пресноводных брюхоногих моллюсков (Андреев и др., 2007). Таким образом, указанная закономерность прослеживается не только для наземных, но и для водных

беспозвоночных, хотя наземная и пресноводная фауны имеют разное происхождение, а расселение входящих в них видов обуславливается неодинаковыми закономерностями.

Мы солидарны с мнением В.Г. Мордковича (2007) об особой роли лесостепной зоны как мощного центра фауногенезиса и биологического разнообразия, который служит источником видов для смежных зон. Наличие лесостепной зоны в умеренном поясе Северного полушария является одним из факторов, нарушающих плавное падение видового богатства в направлении с экватора к полюсам, как это описывается концепцией планетарного градиента биоразнообразия.

Особое биогеографическое значение лесостепи обусловлено, по мнению В.В. Неронова (2008), тем, что на её территории соотношение между годовой суммой осадков и испаряемостью максимально приближено к равновесному, а в составе лесостепи представлены как лесные, так и травянистые сообщества, причем последние характеризуются исключительно богатым флористическим составом. Лесостепь может рассматриваться как очень протяженный и обширный экотон («зональный экотон» в терминах В.В. Неронова (2008), на территории которого наблюдается максимальное разнообразие природных условий, что позволяет обитать там наибольшему числу видов.

Для объяснения резкого снижения видового богатства гамазовых клещей в степи можно привлечь как минимум два фактора, которые, по-видимому, оказывают совместное воздействие. Во-первых, это сокращение числа видов мелких млекопитающих — хозяев клещей в степи. По данным справочника «Млекопитающие Омской области» (Малькова и др., 2003), видовое богатство мелких млекопитающих в степной зоне ниже, чем во всех остальных. Во-вторых, климатические особенности степной зоны могут оказывать лимитирующее воздействие на многие виды гамазовых клещей, препятствуя их проникновению в эту зону. Известно, что гамазовые клещи гигрофильны и предпочитают увлажненные местообитания. Поскольку в степи количество осадков меньше, чем испаряемость, эта зона в отношении фактора влажности наименее благоприятна для клещей.

Несколько сложнее объяснить резкий рост обилия клещей на мелких млекопитающих в степной зоне по сравнению с зонами, расположенными севернее. Возможно, увеличение количества доступной энергии в степной зоне по сравнению с зонами, расположенными севернее, способствует росту численности популяций

эктопаразитов. Исходя из известного правила чисел Элтона, можно предполагать, что при увеличении количества энергии организмы, находящиеся на верхних уровнях трофической пирамиды получают возможность увеличить свою численность. Однако это предположение на данном этапе исследований не может быть проверено и нельзя исключать воздействия иных факторов, определяющих рост обилия клещей на юге Западной Сибири в направлении с севера на юг.

## ЛИТЕРАТУРА

- Андреев Н.И., Андреева С.И., Винарский М.В.* и др. Широтные изменения видового богатства пресноводных гастропод Западной Сибири // Моллюски: Морфология, таксономия, филогения, биогеография и экология. Седьмое (XVI) совещание по изучению моллюсков. Сборник научных работ. СПб., 2007. С. 30–33.
- Богданов И.И.* Эколого-фаунистические комплексы клещей (Parasitiformes) и блох (Siphonaptera), связанных с мелкими млекопитающими и их гнездами Западно-Сибирской низменности // Природноочаговые болезни человека. Омск, 1985. С. 87–93.
- Богданов И.И.* Методы расчета основных зоолого-паразитологических индексов, применяемых при работе в природных очагах инфекций. Омск, 1990. 12 с.
- Догель В.А.* Курс общей паразитологии. Л., 1947. 372 с.
- Есюнин С.Л., Ефимик В.Е.* Разнообразие фауны пауков Урала: географическая изменчивость // Успехи совр. биологии. 1994. Т. 114. Вып. 4. С. 415–427.
- Земская А.А.* Паразитические гамазовые клещи и их медицинское значение. М.: Медицина, 1973. 167 с.
- Мальшев Л.И.* Синдромы в сравнительной флористике // Эволюционная биология: Мат. конф. «Проблема вида и видообразование». Томск, 2001. Т. 1. С. 190–206.
- Малькова М.Г., Сидоров Г.Н., Богданов И.И.* и др. Млекопитающие (серия «Животные Омской области»): Справочник-определитель. Омск: Издатель-Полиграфист, 2003. 277 с.
- Мордкович В.Г.* Сибирская кладовая зооразнообразия // Природа. 2007. № 12. С. 10–15.
- Мордкович В.Г., Баркалов А.В., Василенко С.В.* и др. Видовое богатство членистоногих Западно-Сибирской равнины // Евроазиатский энтомологический журнал. 2002. Т. 1. Вып. 1. С. 3–10.
- Неронов В.В.* Зональные экотопы Северной Евразии: история изучения и структурно-функциональная организация // Успехи совр. биологии. 2008. Т. 128. Вып. 1. С. 35–51.
- Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
- Чернов Ю.И.* Биологическое разнообразие: сущность проблемы // Успехи современной биологии. 1991. Т. 111. Вып. 4. С. 499–507.

- Hawkins B.A., Diniz-Filho J.A. 'Latitude' and geographic patterns in species richness // *Ecography*. 2004. Vol. 27. № 2. P. 268 – 272.
- Hawkins B.A., Field R., Cornell H.V. et al. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness // *Ecology*. 2003. Vol. 84. P. 3105 – 3117.
- Hillebrand H. On the generality of the latitudinal diversity gradient // *American Naturalist*. 2004. Vol. 163. P. 192 – 211.
- Radovsky F.J. Evolution of mammalian mesostigmatid mites // *Coevolution of parasitic arthropods and mammals* (Ed. by K.C. Kim). New York: John Wiley, 1985. P. 441 – 504.

## УРАЛЬСКИЙ ХРЕБТ: «КОРИДОР» ИЛИ «БАРЬЕР» ДЛЯ РАССЕЛЕНИЯ МОЛЛЮСКОВ ?

**М.В. Винарский**

*Омский государственный педагогический университет*

Считается, что рецентная пресноводная малакофауна Западной Сибири имеет почти целиком бореально-европейское происхождение и что в её составе преобладают европейские виды, мигрировавшие в течение плейстоцена и голоцена на восток (Старобогатов, 1986).

Пути миграции моллюсков неоднократно обсуждались в литературе (Старобогатов, 1970, 1986; Лешко, 1973; Долгин, 2001). Предполагается, что расселение моллюсков из Европы на восток шло по двум «коридорам» в обход Уральского хребта: «южному» — по степям Северного и Центрального Казахстана, и «северному» — по затопленному ныне шельфу Карского моря. Но является ли Уральский хребет на самом деле действенной преградой для миграции пресноводных моллюсков?

Мы предполагаем, что барьерная роль хребта неодинакова на всем его протяжении. Южный и Средний Урал, характеризующиеся небольшими абсолютными высотами, должны составлять меньшее препятствие для миграции, чем Северный и Полярный Урал. Для проверки этого предположения был определен уровень сходства малакофаун между смежными речными бассейнами, разделенными Уральским хребтом: Уральским и Иртышским, Камским и Иртышским, Печорским и Нижнеобским. Использовался коэффициент фаунистического сходства Чекановского-Сьеренсена (Песенко, 1982).

Видовые списки пресноводных моллюсков для отдельных бассейнов были составлены на основе просмотра малакологических коллекций (Зоологический музей Института экологии растений и

животных УрО РАН; Музей водных моллюсков Сибири), а также путем критического анализа литературных источников. Собственные сборы автора в водоемах Урала проведены в 2005 (Южный Урал, Ильменский заповедник) и 2007 гг. (Полярный Урал, хребет Рай-Из; окрестности г. Лабитнанги). Также использованы данные о видовом составе некоторых групп моллюсков, любезно предоставленные д.б.н., проф. С.И. Андреевой, к.б.н. Е.А. Лазуткиной, к.б.н. А.В. Каримовым, аспирантом А.Н. Красногоровой.

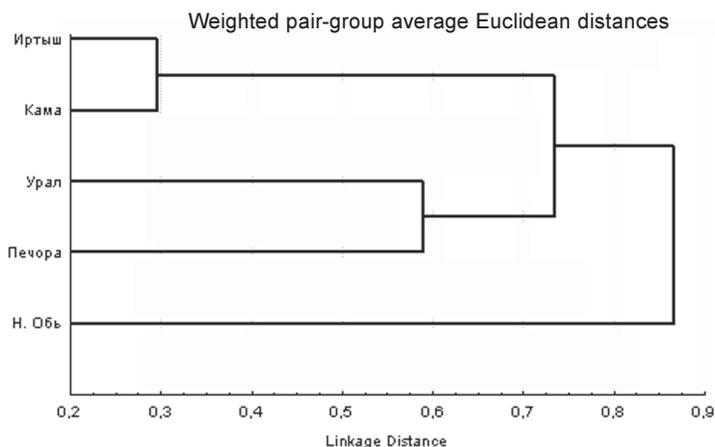
Общее видовое богатство сравниваемых малакофаун оказалось резко неравномерным (таблица). Наивысшая степень сходства обнаружена между географически смежными бассейнами (рисунок), наименьшая — между наиболее удаленными в пространстве (Уральский и Нижнеобский). При этом величина фаунистического сходства между смежными «северными» бассейнами — Печорским и Нижнеобским — почти в 2 раза меньше, чем величина сходства между смежными «южными» бассейнами — Иртышским и Камским (см. рисунок). Это может указывать на эффективное барьерное воздействие высокого горного хребта.

*Таблица. Видовое богатство пресноводных моллюсков отдельных речных бассейнов*

Бассейн	Легочные брюхоногие	Жаберные брюхоногие	Двустворчатые	Общее видовое богатство
Иртышский	67	33	47	147
Печорский	39	11	37	87
Нижнеобский	47	15	42	104
Камский	66	31	72	169
Уральский	36	7	33	76

Напротив, Южный и Средний Урал, разделяющие Иртышский бассейн с бассейнами р. Урал и Кама, являются скорее не препятствием, а «коридором» для мигрантов, в результате чего малакофауна бассейна Иртыша является «целиком североевропейской с немногими эндемиками» (Старобогатов, 1986, с. 45). Малакофауны Иртышского и Камского бассейнов обнаруживают наивысшую степень сходства (0.82 по Чекановскому-Съеренсену). Обособленное положение малакофауны бассейна р. Урал может объясняться относительно слабой её изученностью по сравнению.

Физико-географические особенности Южного и Среднего Урала таковы, что в некоторых районах истоки рек Камского и Иртышского, а также Уральского и Иртышского бассейнов, практически смыкаются, что дает возможность гидробионтам мигрировать из



*Рисунок. Дендрограмма сходства фаун моллюсков отдельных речных бассейнов.*

одной реки в другую. Процесс миграции моллюсков на восток через Южноуральский «коридор» продолжается и поныне. Свидетельством тому может служить недавнее обнаружение в р. Уй (Челябинская обл., крайняя западная часть басс. Иртыша) двух видов двустворчатых моллюсков подсемейства Unioninae (Андреева и др., в печати), ранее не отмечавшихся для Иртышского бассейна.

Исток р. Уй находится в горах Уралтау, в непосредственной близости от истока р. Урала. Поскольку расселение унионид происходит на стадии личинки — глохидия, прикрепляющейся к жабрам рыб (Жадин, 1938), возможность перемещения рыб из водоемов одного бассейна в другой обеспечивает миграцию этих крупных моллюсков через Уральский хребет. Напротив, ни один из видов Unionidae, обитающих в Печорском бассейне, не встречен в бассейне Нижней Оби, где представители этой группы полностью отсутствуют (Долгин, 2001). Многократно отмечены в литературе (Старобогатов, 1970; Rees, 1965; Kland, 1990) случаи зоохории — переноса живых моллюсков птицами, рыбами и даже крупными насекомыми. Вероятность таких событий также должна быть выше в южной части Уральского хребта.

Таким образом, Уральский хребет только в северной своей части (Северный, Приполярный и Полярный Урал), характеризующейся наибольшими абсолютными высотами, выполняет функцию барьера, препятствующего расселению пресноводных моллюсков. В южной части хребта действует своеобразный «миграци-

онный коридор», способствующий обмену малакофаунами между европейской и североазиатской частями Палеарктики.

Автор признателен своим коллегам по Музею водных моллюсков Сибири (Омский гос. педагогический университет), помогавшим автору в полевых сборах материала, а также предоставившим данные о видовом составе ряда групп пресноводных Mollusca: д.б.н., профессору С.И. Андреевой, к.б.н. Е.А. Лазуткиной, к.б.н. А.В. Каримову. Работа в Зоологическом музее ИЭРиЖ УрО РАН стала возможной благодаря поддержке д.б.н. И.М. Хохуткина, Н.Г. Ерохина и М.Е. Гребенникова. Автор им очень благодарен за многолетнее сотрудничество и дружескую помощь.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Долгин В.Н. Пресноводные моллюски Субарктики и Арктики Сибири. Дис. ... докт. биол. наук. Томск, 2001. 423 с.
- Жагин В.И. 1938. Семейство Unionidae // Фауна СССР. Моллюски. М.-Л., 4 (1): IX. 170 с.
- Лешко Ю.В. Сибирская малакофауна в бассейне р. Печоры // Водоемы Сибири и перспективы их рыбохозяйственного использования. Томск: Изд-во ТГУ, 1973. С. 207 – 208.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
- Старобогатов Я.И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов земного шара. Л.: Наука, 1970. 372 с.
- Старобогатов Я.И. Фауна озер как источник сведений об их истории // Общие закономерности возникновения и развития озер. Методы изучения истории озер. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. С. 33 – 50.
- Økland J. Lakes and snails. Environment and Gastropoda in 1,500 Norwegian lakes, ponds and rivers. Oegstgeest: Universal Book Services; Dr. W. Backhuys. 1990. 516 p.
- Rees W.J. The aerial dispersal of the Mollusca // Proceed. Malacol. Soc. of London. 1965. Vol. 36. P. 269 – 282.

### СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ И ФОТОСИНТЕЗА ХВОИ *JUNIPERUS COMMUNIS* L. ПОД ПОЛОГОМ ЕЛОВОГО ФИТОЦЕНОЗА

Н.В. Герлинг

Институт биологии УрО РАН, г. Сыктывкар

Можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.) встречается в подлеске практически всех типов лесов Республики Коми

(Леса..., 1999). Этот вид обладает обширным ареалом, экологической пластичностью и высокой полиморфностью популяций. Эколого-физиологические особенности можжевельника на Севере изучены слабо. В связи с этим цель нашей работы состояла в характеристике сезонной динамики анатомической структуры хвои, количества пигментов и  $\text{CO}_2$ -газообмена можжевельника обыкновенного, произрастающего в чернично-сфагновом еловом фитоценозе.

Сбор материала проводили в подзоне средней тайги на территории Ляльского лесозоологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН ( $62^{\circ}17'$  с.ш.,  $50^{\circ}40'$  в.д.). Для анатомических исследований хвою можжевельника обыкновенного отбирали с трехлетних побегов, фиксировали в 70%-ном растворе этилового спирта. Срезы готовили на вибрационном микротоме для мягких тканей (Скупченко, 1979). Концентрацию пигментов в ацетоновых вытяжках определяли на спектрофотометре UV-1700 (Shimadzu, Япония). Измерение  $\text{CO}_2$ -газообмена проводили на газоанализаторе LI-COR 6400 (США).

В ельнике чернично-сфагновом численность можжевельника обыкновенного, составила 214 особ./га. Жизненной формой *J. communis* является кустарник, в его популяциях отмечены только субсенильные особи.

После окончания фазы зимнего покоя почек, которая длится до первой декады июня, у можжевельника обыкновенного начинается фенологическая фаза развития побега. У данного вида интенсивный рост хвои предшествовал росту осевой части побегов. С июня по июль наблюдали наиболее активный рост побегов и хвои в длину. Рост хвои завершался в августе. Нами не выявлены сезонные изменения в анатомическом строении хвои второго и третьего года жизни. В структуре хвои текущего года парциальный объем мезофилла и проводящих тканей увеличивался к осени и достигал максимальных значений в октябре. В связи с этим отмечено уменьшение парциального объема покровных тканей. Завершение формирования основных тканей хвои происходило в октябре.

Общее количество пигментов в хвое второго и третьего года развития *J. communis* варьировало (в мг на 1 г сырой массы): хлорофилла от 0.35 в октябре до 2.15 в августе, каротиноидов от 0.32 в мае до 0.69 в августе. Содержание пигментов в хвое можжевельника больше, чем в хвое ели сибирской, у которой общее количество хлорофилла составляло 0.120–1.635, каротиноидов — 0.046–0.317 мг/г сырой массы (Ладанова, Тужилкина, 1992). Вероятно, у можжевельника светолюбивого и очень пластичного вида, увеличение количе-

ства зеленых пигментов и каротиноидов является адаптивной реакцией на недостаток света под пологом древостоя.

В августе, в период накопления максимального количества зеленых пигментов, отмечали максимальную скорость видимого фотосинтеза в хвое второго и третьего года развития (0.046 мкмоль  $\text{CO}_2$  /г·с) (табл. 1). Корреляционный анализ показал, что скорость фотосинтеза имеет высокую положительную связь с освещенностью, с влажностью воздуха и температурой воздуха связь слабая (табл. 2). Это связано с тем, что под пологом ельника температура и влажность имеют небольшой диапазон изменчивости. В целом величина корреляционной связи фотосинтеза с экзогенными и эндогенными факторами варьировала в течение сезона.

Таблица 1. Вариабельность скорости фотосинтеза хвои второго и третьего года жизни у можжевельника обыкновенного в условиях елового фитоценоза

Дата	Условия среды обитания							Скорость поглощения $\text{CO}_2$ , мкмоль/г·с	
	облачность	температура воздуха, °С		влажность воздуха, %		интенсивность ФАР, мкмоль/м·с			
		min	max	min	max	min	max	min	max
15.05.2007	Ясно	14.6	22.0	35.6	54.4	33	1301	0.005	0.042
6.06.2007	Сплошная облачность	12.1	16.2	43.2	69.3	45	107	0.010	0.025
5.07.2007	Ясно	25.2	39.2	24.8	72.4	34	1283	0.005	0.039
7.08.2007	Сплошная облачность	16.3	19.2	57.3	68.6	24	109	0.016	0.046
27.09.2007	Ясно	13.9	18.3	55.7	76.4	27	492	0.007	0.041

Таблица 2. Значения коэффициентов корреляции (R) между скоростью фотосинтеза у можжевельника обыкновенного, эндогенными факторами и погодными условиями

Дата	N	Температура воздуха	Влажность	ФАР	Транспирация	Устьичная проводимость
15.05.2007	44	0.29	0.02	0.80	0.86	0.34
6.06.2007	115	0.18	0.02	0.73	0.25	0.11
5.07.2007	49	0.02	0.05	0.69	0.70	0.14
7.08.2007	41	0.35	0.43	0.79	0.18	0.48
27.09.2007	163	0.05	0.05	0.49	0.15	0.26

Таким образом, в результате проведенных исследований нами выявлено, что у можжевельника обыкновенного формирование

хвои первого года завершается в августе. В этот же период наблюдается максимальное накопление зеленых пигментов в хвое второго и третьего года развития и максимальная скорость фотосинтеза. Величина скорости фотосинтеза у можжевельника зависит от интенсивности ФАР.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Лаганова Н.В., Тужилкина В.В.* Структурная организация и фотосинтетическая активность хвои ели сибирской / Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 1992. 100 с.
- Леса Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубов, А.И. Таскаев. М.: Наука, 1999. 332 с.
- Скупченко В.Б.* Вибрационная микротомия мягких тканей / Тр. Коми НЦ УрО РАН, Вып. 2. Новые науч. метод. Сыктывкар, 1979. 56 с.

### ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ОБЫКНОВЕННОГО ПЕСКАРЯ *GOBIO GOBIO (L.)* РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЁМОВ

**Т.А. Гилёва**

*Пермский госуниверситет*

Настоящая работа посвящена изучению и сравнению показателей крови обыкновенного пескаря, обитающего в Мотовилихинском пруду и р. Сылве. Выбор объекта изучения основывался на том, что данный вид повсеместно распространен. Мотовилихинский пруд находится в черте г. Перми и загрязняется различными веществами антропогенного происхождения. Участок р. Сылвы в пределах государственного заказника «Предуралье» менее загрязнен. Всего для гематологического анализа использовано 115 экз. рыб в возрасте 2+ и 3+. Подсчет эритроцитов и лейкоцитов проводился с помощью счетной камеры Горяева. Для подсчета лейкоцитарной и эритроцитарной формул делались мазки крови, которые окрашивались по Романовскому-Гимзе.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы: 1) Лейкоцитарный состав клеток крови обыкновенного пескаря представлен пятью основными группами клеток: лимфоцитами, моноцитами, нейтрофилами, эозинофилами и базофилами. 2) За 2 года изучения значимых различий между абсолютными гематологическими показателями рыб Мотовилихинского пруда и р. Сылвой не выявлено. 3) У пескарей, обитающих в Мотовилихинском пруду, абсолютное количество эритроцитов значительно ниже, а лейкоцитов — выше, чем у пескарей р. Сылвы.

## ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ (*BACILLUS* 3М И *BACILLUS CEREBUS* IP5832) НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНФУЗОРИЙ (*PARAMECIUM CAUDATUM*)

---

Л.Н. Гнатченко

Тюменский госуниверситет

Изучение микроорганизмов, сохранившихся в условиях длительной природной консервации, относится к прогрессирующей области микробиологии. Это объясняется следующими обстоятельствами: во-первых, большое значение имеет решение вопроса о временных пределах сохранения жизнеспособности микроорганизмов и выявление благоприятствующих этому факторов; во-вторых, выделение древних микроорганизмов позволяет решать некоторые вопросы их эволюции.

Мерзлые породы занимают более половины территории России и Канады, практически всю Аляску и непокрытые льдом области Антарктиды и Гренландии. Одной из бацилл, изолированной из вечной мерзлоты в Центральной Якутии является *Bacillus*. Изучение этих изолятов представляет интерес из-за их возможного возраста. Поэтому целью нашего исследования был анализ влияния штаммов *Bacillus* 3М и *B. cereus* Ip5832 на показатели жизнедеятельности инфузорий (*Paramecium caudatum*).

Показано, что при действии живой бактериальной культуры *Bacillus* 3М и *B. cereus* Ip5832 в дозе 20 мкл и 50 мкл происходит снижение ( $p < 0.05$ ) плотности культуры инфузорий практически во все сроки эксперимента. При действии культуры *B. cereus* Ip5832 в дозе 20 мкл на третий день эксперимента плотность культуры инфузорий находилась на контрольном уровне, а на пятый день 50 мкл *B. cereus* Ip5832 вызывает большее снижение ( $p < 0.05$ ) численности инфузорий по сравнению с 20 мкл. Аналогичную картину мы наблюдали на седьмой день при использовании *Bacillus*. В остальные периоды обе используемые дозы *Bacillus* 3М действовали однотипно. Сравнение действия эффективности культур показало, что доза 50 мкл *Bacillus* 3М вызывает большее снижение ( $p < 0.05$ ) плотности культуры инфузорий, чем 50 мкл *Bacillus cereus* Ip5832. Установлено также, что во все сроки наблюдений добавление в среду инфузорий живых бактериальных культур *Bacillus* 3М и *B. cereus* Ip5832 в дозах 20 мкл и 50 мкл приводило к уменьшению двигательной активности, хемотаксиса и фагоцитарной активности во все сроки наблюдения.

**КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ  
НАСЕЛЕНИЯ КЛЕЩЕВЫМ ЭНЦЕФАЛИТОМ  
НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ  
И ГИДРОТЕРМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ  
СИСТЕМЫ «ВОЗДУХ — ПОЧВА»  
(НА ПРИМЕРЕ ТАРСКОГО ОЧАГА В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ)**

---

**М.А. Григорьев**

*Омский государственный педагогический университет*

В 2008 г. исполнилось 80 лет, как А.Л. Чижевский начал воплощать идеи гелиоцентризма в практику общей биологии, физиологии и медицины и т.д. В своих исследованиях он расширил представления о природе периодичности вспышек эпидемий и пандемий, эпизоотий и эпифитий от возмущений физических факторов внешней среды (Чижевский, 1973). В последующем его направление было развито рядом исследователей (Ягодинский и др., 1963; 1968) по изучению закономерностей колебания заболеваемости населения клещевым энцефалитом (КЭ).

Материалами для настоящей работы послужили результаты регулярной (с 1953 г.) регистрации заболевшего населения КЭ в Тарском районе санитарно-эпидемиологическими службами, а также гелиофизических и гидрометеорологических наблюдений на метеостанции Тара.

В работе рассмотрены зависимости от среднегодовых значений солнечной активности (в числах Вольфа), заболеваемости (чел./100 тыс. чел.), глубины промерзания почвы (см) в период зимовки (с ноября по март), среднемесячных температур воздуха июля и августа (°С), запаса воды в снеге к началу снеготаяния (мм). Исследованы также зависимости от солнечной активности числа укусов людей, доли заболевших (%) от числа укусов, численность таёжного клеща (ос./км) на стационаре «Чекрушанская роща».

Данные обработаны стандартными методами статистики (Дворецкий, 1971; Ивантер, Коросов, 1992). Применение графо-аналитического анализа (Григорьев, Зубко, 1989), в результате которого выявлялось наличие периодических колебаний изучаемых показателей, определялось число циклов и их средняя продолжительность, что впоследствии использовалось в анализе и прогнозировании. Наличие связей между изучаемыми признаками оценивали с использованием факторного и корреляционного анализов.

Установлено наличие положительных и значимых связей ( $p < 0.01$ ) солнечной активности и среднемесячной температуры июля и

августа предшествующих лет, запаса воды в снеге, а также численности имаго таёжного клеща в пункте стационарных наблюдений «Чекрушанская роща».

Однофакторный дисперсионный анализ показал, что заболеваемость населения КЭ в районе Тарского очага зависит от солнечной активности. На основании двухфакторного дисперсионного анализа выявлено усиление роли солнечной активности при совместном рассмотрении её с другими показателями (численностью имаго таёжного клеща, числом укусов, запасом воды в снеге к началу снеготаяния, среднемесячными температурами июля и августа предыдущего года). Данные факты подтверждают наличие сопряжённости в динамике состояния активности Солнца с экологическими условиями в Тарском очаге КЭ.

Учёт предыдущих факторов на различных стадиях развития иксодовых клещей позволил сделать краткосрочные прогнозы в ноябре 2000 г. о снижении в ближайшие 3 года, и в марте 2004 г. — о начале подъёма заболеваемости КЭ в ближайшие годы (Григорьев, Григорьев, 2005). Наши прогнозы оправдались в конце VI (2001 — 2003 гг.) и начале VII (2004 — 2007) циклов заболеваемости населения КЭ Тарского очага Омской области.

Проведённые исследования по влиянию условий термического режима почвы, в частности, глубины её промерзания на динамику заболеваемости населения КЭ в условиях Тарского очага за период 1972 — 2007 гг. позволили установить, что наибольшие значения коэффициента корреляции между этими показателями устойчиво наблюдаются со сдвигом 5 лет (Григорьев, 2006; 2007; 2008).

Таким образом, учитывая характер взаимосвязей между изученными показателями окружающей среды (солнечной активности и промерзания почвы) с заболеваемостью населения КЭ можно предположить подъём заболеваемости населения КЭ в ближайшие два года с максимумом в 2009 г.

## **ЖИЗНЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ МАТЬ-И-МАЧЕХИ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ**

**О.Н. Гуреева, О.А. Тимохина**

*Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия*

Поступающие в окружающую среду загрязняющие вещества оказывают различное воздействие на популяции растений: изменяют темпы онтогенетического развития, нарушают физиологи-

ческие процессы растений, меняют возрастной спектр и виталитетную структуру популяции. Цель работы: изучить жизненность популяций мать-и-мачехи, произрастающих в условиях загрязнения среды.

Исследования проводили летом 2007 г. на территории крупного промышленного центра (г. Нижний Тагил). Для изучения виталитетной структуры популяций мать-и-мачехи были выбраны восемь участков. Суммарный показатель загрязнения почв данных территорий варьировал от 2.5 до 36.5 ед. Геоботанические условия на участках сходные. Оценку жизненности популяций осуществляли по методике Ю.А. Злобина (1989).

В ходе исследований установлено, что большинство особей мать-и-мачехи во всех изучаемых популяциях имеют высший класс виталитета. На основании анализа виталитетной структуры особей популяции была определена виталитетная структура популяции ( $Q$ ). Индекс  $Q$  варьирует во всех вариантах от 34 до 46. Таким образом, исследуемые популяции мать-и-мачехи характеризуются как процветающие.

#### ЛИТЕРАТУРА

Злобин Ю.А. Теория и практика оценки виталитетного состава ценопопуляций растений // Ботан. журн., 1989. Т. 74. № 6. С. 769 – 781.

### СОСТАВ И АКТИВНОСТЬ МИКРОФЛОРЫ ФОНОВЫХ И ГАРЕВЫХ ПОЧВ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД ПОСАДКАМИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

**М.Н. Деулина**

*Курганский госуниверситет*

Целью наших исследований было выявление количественных характеристик сообществ почвенных микроорганизмов (численность физиологических групп, активность процессов минерализации) в верхнем слое гаревых и фоновых почв под посадками сосны обыкновенной. Объектами непосредственного исследования являлись участки, подвергшиеся пожарам (в разных элементах рельефа) и не подвергавшиеся таковым (контроль).

Установлено, что численность бактерий-аммонификаторов на нарушенном огнем участке снизилась в 1.9 раза по сравнению с контролем; олиготрофы отреагировали снижением численности на горелых почвах в 2.9 раза; наблюдается увеличение на горельниках

олигонитрофильной группы микроорганизмов в 1.7 раза; численность бактерий и актиномицетов в горельниках упала в 1.2 раза.

Показатель эвтрофности бактериального комплекса увеличивается с 1.04 на контроле до 1.51 на пирогенно нарушенной территории. Олиготрофность почв в отношении азота уменьшается с 1.19 (в среднем на контроле) до 0.72 на нарушенной территории. Коэффициент минерализации в среднем на ненарушенном участке составил 1.32, а на нарушенной почве — 2.21. Показатель олигонитрофильности на гаревых почвах увеличился в 2.5 раза относительно контроля (1.37). Таким образом, пирогенный фактор оказывает значительное влияние на активность микробного ценоза почвы.

## **К ВОПРОСУ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ПТИЦ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**А.А. Емцев**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

В настоящее время остается неясным характер распространения многих видов птиц на территории заболоченных междуречий северной тайги Западной Сибири. Наибольший интерес представляют данные о распространении представителей арктической орнитофауны, очаг которых обнаружен в верховьях реки Пур в 1991 г. (Виноградов и др., 1991).

### **РАЙОНЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

С 2004 по 2006 гг. проведены исследования в северной части Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Данная территория располагается в южной части северной тайги и относится к Лямин-Пимскому и Пим-Аганскому подрайонам Лямин-Вахского болотного района, характеризующимся большой заболоченностью территории (70%) и озерностью болот (Болота Западной Сибири..., 1976). В 2007 г. проведены исследования в южной части Ямало-Ненецкого автономного округа — в междуречье Надыма и Пура. В среднем заболоченность северной тайги в данном районе порядка 70% (Растительный покров..., 1985). Обследовано 13 ключевых участков в районе г. Радужного, д. Русскинской, г. Лянтора, п. Нижнесортымского и вахт п. Барсуковского (45 км к юго-западу-западу от г. Губкинского). В большинстве из этих участков закладывались по 2–4 контрольные площадки общей площадью 2–5 км<sup>2</sup>.

Основное внимание уделялось изучению комплексных плоскобугристых верховых болот.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОСУЖДЕНИЕ

Общее число зарегистрированных за период исследований видов птиц (в том числе обнаруженных благодаря использованию опросных данных) составило 173 из 13 отрядов.

Южная и северная части обследованной территории значительно отличаются по типу местообитаний. Так для заболоченных районов южной подзональной полосы северной тайги характерны олиготрофные болотные системы с преобладанием грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексов, багульниково-ерниково-сфагновые на буграх и осоково-сфагновые в мочажинах, в то время как на севере — тундроподобные, открытые плоскобугристые верховые болота, багульниково-ерниково-лишайниковые на буграх и осоково-сфагновые в мочажинах. Это определяет специфику состава населения птиц и структуры доминирования отдельных видов.

На открытых верховых болотах севера обследованной территории спорадично встречались, в том числе на гнездовании, морянка *Clangula hyemalis* (0.22 – 0.44 пар/км<sup>2</sup>), тулес *Pluvialis squatarola* (0.66 пар/км<sup>2</sup>), круглоносый плавунчик *Phalaropus lobatus* (0.44 – 0.66 пар/км<sup>2</sup>), короткохвостый *Stercorarius parasiticus* (0.11 – 0.4 пар/км<sup>2</sup>) и длиннохвостый *S. longicaudus* (0.26 – 0.55 пар/км<sup>2</sup>) поморники, краснозобый конёк *Anthus cervinus* (3.18 пар/км<sup>2</sup>) и лапландский подорожник *Calcarius lapponicus* (0.66 пар/км<sup>2</sup>). Эти преимущественно тундровые виды не найдены в южной части подзоны северной тайги, что можно объяснить отсутствием здесь подходящих для гнездования открытых биотопов — тундроподобных болот. Гнездовые ареалы тулеса, чернозобика *Calidris alpina*, короткохвостого и длиннохвостого поморников в подзоне северной тайги, очевидно, являются изолированными от их основных ареалов в зональных тундрах (Рябицев, 2001). Анализ литературных данных (Юдкин и др., 1997; Виноградов, 2002; Морозов и др., 2002 а; и др.) позволяет выявить специфику распределения этих птиц. Распространение тулеса в ЯНАО, как и некоторых других арктических видов, по-видимому, определяется наличием подходящих для гнездования этого кулика обширных участков тундроподобных верховых болот. Самая южная его находка на гнездовании — центральная часть крайнего севера ХМАО, в 60 – 85 км к северо-северо-востоку от г. Когалыма (Рябицев, Тарасов, 1998). Именно в этой области располагаются обширные открытые верховые

болота, столь физиономически схожие с более северными. Данный вывод также можно сделать при использовании космических снимков, доступных в программе Google Earth (2008), с последующей их дешифровкой по биотопической составляющей. На рис. 1 отмечена область распространения открытых комплексных верховых болот, выявленная при дешифровке таких снимков.



Рис. 1. Область распространения открытых комплексных верховых болот, багульниково-ерниково-лишайниковых на буграх и осоково-сфагновых в мочажинах на территории северной тайги Западной Сибири.

Регистрации тулесов на гнездовании в наиболее северных районах ЯНАО (за пределами южной границы зональных тундр) проведены на широте 65° (Покровская, 1998; Морозов и др., 2002 б), у южной границы зональных тундр — в районе г. Нового Уренгоя (Юдкин и др., 1997). Вероятны отдельные гнездовые находки на промежутке между этими территориями. У короткохвостого и длиннохвостого поморников отмечено примерно столь же широкое распространение, но отсутствует фактическое подтверждение их гнездования в отдельных наиболее северных районах (вне зоны тундр). Наиболее требовательным к наличию открытых багульниково-ерниково-лишайниковых верховых болот, вероятнее всего, является чернозобик, численность которого в Западной Сибири наиболее

высока в мохово-лишайниковых и на юге арктических тундр (Рябицев, 2001). Его распространение в центральной и южной частях ЯНАО не столь широко, а численность вида мала. Особенности распространения арктической группировки птиц на востоке и западе ЯНАО еще требуют дальнейшего уточнения (рис. 2).



Рис. 2. Очаг тундровой орнитофауны. А — южная граница субарктических тундр с населяющими их арктическими видами; В — очаг арктических видов в подзоне северной тайги; С — область, где арктические виды редки или отсутствуют; ? — районы, нуждающиеся в проведении дополнительных исследований.

Следует отметить, что на обследованной территории в лесных местообитаниях практически не встречались или не встречены вовсе такие виды как дупель *Gallinago media*, вальдшнеп *Scolopax rusticola*, певчий *Locustella certhiola* и пятнистый *L. lanceolata* сверчки, малая *Ficedula (parva) parva* и серая *Muscicapa striata* мухоловки, ополовник *Aegithalos caudatus*, обыкновенная чечевица *Carpodacus erythrinus* и некоторые другие, ареалы которых по современным представлениям располагаются в области исследований (Рябицев, 2001). Скорее всего, это связано с незначительной площадью подходящих для гнездования этих видов биотопов и, как следствие, большой неравномерностью их распространения.

## ЛИТЕРАТУРА

- Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. Л.: Гидромете-  
оиздат, 1976. 448 с.
- Виноградов В.Г.* Птицы реки Русской (Луце-Яхи) и низовьев Таза // Материалы к  
распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. Екате-  
ринбург: Изд-во «Академкнига», 2002. С. 72–85.
- Виноградов В.Г., Кривенко В.Г., Панфилов А.Д.* Очаг тундровой орнитофауны в  
верхней части бассейна реки Пур // Мат-лы 10-й Всесоюзной орнитологи-  
ческой конф. (Витебск, 17–20 сентября 1991 г.). Минск: Навука і тэхніка,  
1991. Ч. 1. С. 52–53.
- Морозов Н.С., Марамзин О.В., Преображенская А.А.* К орнитофауне верхней ча-  
сти бассейна реки Пур // Мат-лы к распространению птиц на Урале, в При-  
уралье и Западной Сибири. Екатеринбург: Изд-во «Академкнига», 2002 а.  
С. 169–177.
- Морозов Н.С., Черенков С.Е., Марамзин О.В., Преображенская А.А.* К орнитофау-  
не средней части бассейна реки Пур // Мат-лы к распространению птиц на  
Урале, в Приуралье и Западной Сибири. Екатеринбург: Изд-во «Академкни-  
га», 2002 б. С. 177–188.
- Покровская И.В.* Материалы по орнитофауне северной границы таежной зоны  
Западно-Сибирской равнины // Материалы к распространению птиц на  
Урале, в Приуралье и Западной Сибири. Екатеринбург, 1998. С. 132–135.
- Растительный покров Западно-Сибирской равнины / Ильина И.С., Лапшина Е.И.,  
Лавренко Н.Н. и др. Новосибирск: Наука, 1985. 252 с.
- Рябицев В.К.* Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: Справочник-опреде-  
литель. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. 608 с.
- Рябицев В. К., Тарасов В. В.* Птицы верховьев реки Айкаеган // Материалы к рас-  
пространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. Екатери-  
бург, 1998. С. 165–172.
- Юдкин В.А., Вартапетов Л.Г., Козин В.Г. и др.* Материалы к распространению  
птиц в Западной Сибири // Материалы к распространению птиц на Урале,  
в Приуралье и Западной Сибири. Екатеринбург, 1997. С. 172–181.

## ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ *TRIFOLIUM MEDIUM L.*

**А.А. Ермошин, И.С. Гвоздарева**

*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург*

Состояние репродуктивной системы — чувствительный пока-  
затель адаптации растительного организма к среде обитания.  
С учетом того, что мужская и женская репродуктивные системы

растений по разному реагируют на загрязнение окружающей среды, нами были изучены показатели стерильности пыльцы и семенной продуктивности клевера среднего, произрастающего: 1) в условиях хронического гамма-облучения на территории Колытинского могильника радиоактивных отходов (30 – 35 и 980 – 986 мкР/ч); 2) на отвалах шлаков Ключевского завода ферросплавов, г. Двуреченск (участок с повышенным содержанием тяжелых металлов (ТМ) в почве, уровень гамма-фона — 10 – 14 мкР/ч). Контрольная точка — пойма р. Сысерти, близ биостанции УрГУ (8 – 12 мкР/ч).

Растения, произрастающие при хроническом гамма-облучении 30 – 35 мкР/ч, по показателям стерильности пыльцы не отличаются от контрольных, однако при  $\phi$ -фоне в 980 – 986 мкР/ч наблюдается почти пятикратное повышение стерильности пыльцевых зёрен. Такое же повышение стерильности наблюдается и при действии ТМ у растений, произрастающих на шлакоотвале. Между собой варианты со шлакоотвала и могильника значительно различались. Показатели семенной продуктивности оказались более чувствительными, чем уровень стерильность пыльцы. Хроническое облучение в дозе 30 – 35 мкР/ч вызвало снижение количества семян почти в 3 раза. Подобное снижение наблюдалось и на шлакоотвале.

Авторы благодарят за помощь в обработке материала М.М. Безрукову.

## **О ЗНАЧЕНИИ МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ И АНАТОМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ ХВОЩЕЙ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ**

**А.С. Ершова**

*Курганский госуниверситет*

Отдел *Equisetophyta* — наиболее древняя группа споровых растений, наряду с риниофитами и плауновидными. В мире насчитывается всего 38 видов хвощевидных, в Южном Зауралье выявлено восемь видов и один межвидовой гибрид из двух родов: *Equisetum* и *Hippochaete*. Для определения видов хвощей чаще всего используются макроскопические признаки, которые не всегда надёжно диагностируют виды и их спонтанные гибриды. С целью выявления систематического состава хвощевидных и детального анализа их распространения в равнинном Зауралье мы изучили микро-

морфологические и анатомические признаки хвощей. Материалом послужили гербарные зафиксированные в спирте образцы, собранные нами в сезоны 2005 — 2007 гг., а также образцы коллекции лаборатории «Гербарий и ботанический музей» КурГУ.

Показано, что изученные признаки достоверно диагностируют все виды хвощей флоры Зауралья. Подтверждается находка в Зауралье межвидового гибрида *H. x moorei* (*H. hyemalis* x *H. ramosissimum*), отличающегося от родительских таксонов комплексом изученных признаков. К наиболее важным для диагностики хвощей отнесены такие признаки, как строение устьичного аппарата (у рода *Equisetum* устьица поверхностные, а у рода *Hippochaete* — погружённые). Важнейшими дифференцирующими признаками для внутриродовых таксонов и изученного гибрида являются расположение механической ткани и её развитие, расположение эндодермы и хлоренхимы. В результате работы составлен оригинальный ключ для определения видов хвощей с использованием изученных признаков.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИТАНИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ ГРУПП БАРСУКА ОСТРОВНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «САМАРОВСКИЙ ЧУГАС»

**О.С. Загайнова\*, Н.И. Марков\*\***

\*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

\*\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Рацион барсука (*Meles meles* L.) характеризуется широким спектром кормов и разной ролью кормовых объектов в питании. Кормовые предпочтения барсука на севере азиатской части его ареала мало изучены. Целью данного исследования было изучение питания барсука на двух территориях, характеризующихся различным типом растительных сообществ. Задачи: 1) проанализировать спектры кормов, используемых барсуком на островах Большой Чухтинский и Малый Чухтинский; 2) выяснить характер потребления барсуком различных групп кормов; 3) сравнить данные по питанию барсука на островах за 2006 и 2007 гг.

Изучение питания барсука производилось на островах Большой Чухтинский и Малый Чухтинский (Природный парк «Самаровский Чугас» Ханты-Мансийский Автономный Округ). На острове Большой Чухтинский (площадь 865 га) преобладают корен-

ные пихтово-елово-кедровые леса зеленомошные и черничниковые. На острове Малый Чухтинский (площадь 325 га) в результате пирогенной сукцессии преобладают березняки и осинники зеленомошно-черничниковые.

Исследования питания барсука проводилось путем анализа остатков пищевых компонентов в экскрементах. Сбор проб проводился в июле-августе 2006 – 2007 гг., их количество: 23 и 31 (о. Большой Чухтинский), 10 и 15 (о. Малый Чухтинский).

По непереваренным остаткам пищевых компонентов было выделено 9 групп кормов, их встречаемость показана в табл. 1.

Таблица 1. Встречаемость остатков корма в пробах (% от общего числа проб)

Год и место	Пищевые компоненты								
	кедровый орех	черника	черви	насекомые	моллюски	амфибии	рептилии	птицы	млекопитающие
2006, Б.Ч.	95.7	34.8	69.6	100.0	8.7	21.7	4.3	26.1	43.5
2007, Б.Ч.	100.0	38.7	90.3	87.1	22.6	29.0	0	16.1	3.2
2006, М.Ч.	70	80	90.0	90.0	10.0	40.0	0	50.0	0
2007, М.Ч.	66.7	93.3	73.3	100.0	46.7	53.3	0	0	20.0

Примечание: Б.Ч. – о. Большой Чухтинский, М.Ч. – о. Малый Чухтинский

Вес растительных остатков в пробах с о. Большой Чухтинский в 2006 и 2007 гг. значимо выше по сравнению с о. Малый Чухтинский (тест Манна-Уитни, 2006 г. —  $U=56.00$ ,  $z=3, 11$ ,  $p=0.054$ ; 2007 г. —  $U=121.00$ ,  $z=2, 12$ ,  $p<0,05$ ). Оценивая средний вес скорлупы кедрового ореха (*Pinus sibirica*) в пробе, можно говорить о его массовом потреблении только на о. Большой Чухтинский (табл. 2). Противоположная тенденция выявлена для черники (*Vaccinium myrtillus*) — на о. Малый Чухтинский она потребляется в большем количестве, чем на о. Большой Чухтинский.

Среди насекомых барсук потребляет, главным образом, представителей отрядов жесткокрылые (жужулицы, мертвоеды, плаунцы) и перепончатокрылые (шмели, осы). Оценка количества щетинок дождевых червей в пробе говорит о том, что данный вид корма поедается в небольшом количестве. Моллюски и позвоночные животные в пробах с островов Малый и Большой Чухтинский представлены единичными особями.

Таблица 2. Средний вес остатков кедровых орехов и черники (% от веса растительных остатков)

Остатки	Место и год сбора			
	Большой Чухтинский		Малый Чухтинский	
	2006 г.	2007 г.	2006 г.	2007 г.
Скорлупа кедрового ореха	90.6	82.2	54.3	26.1
Семена черники	9.4	17.8	45.7	73.9

## ВЫВОДЫ

- 1) На обоих островах значимую роль в питании барсука играют растительные корма.
- 2) О. Малый Чухтинский и о. Большой Чухтинский отличаются соотношением в питании барсука кедрового ореха и черники.
- 3) На обоих островах важным видом корма для барсука являются насекомые, тогда как дождевые черви, моллюски и позвоночные животные потребляются в небольшом количестве.

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДРЕВНЕЙШЕГО ПРИРОДНОГО АМИНОСАХАРА

А.В. Зайченко\*, Н.М. Бречка\*\*, Л.А. Сиротенко\*\*

\*Национальный фармацевтический университет, г. Харьков

\*\*Институт проблем эндокринной патологии АМН Украины, г. Харьков

Одна из глобальных тенденций второй половины XX в. — ухудшение репродуктивного здоровья населения. В современных условиях человечество подвергается воздействию целого комплекса факторов внешней среды, большинство из которых имеет антропогенное происхождение. Несмотря на значительные компенсаторные резервы функциональных систем человека, они все чаще утрачивают способность противостоять давлению экотоксикантов, вследствие чего происходит дезадаптация.

В последнее время получила широкое распространение разработка препаратов на основе эндогенных субстратов или их метаболитов. Поскольку эти препараты обладают слабым потенциалом побочного действия, они способны устранять самые тонкие нарушения в организме на ранних этапах развития патологии. Одним из таких метаболитов является аminosахар глюкозамин. Он широко распространен в природе и по источникам его получения (хитозан из криля и раковин моллюсков) конкурирует только с целлюлозой.

Отметим, что производство глюкозамина экологически безопасно, а запасы — неисчерпаемы. Оценивая биологическое значение в организме человека и животных этого аминоксахара, можно предположить сколь богатыми лечебными свойствами обладают препараты на его основе.

Цель нашего исследования: моделирование плацентарной дисфункции (тетрахлорметановая и серотониновая модель) у беременных крыс и угнетение сперматогенеза (серотониновая модель) у крыс из популяции Вистар, а также введение на фоне этих моделей глюкозамина гидрохлорида.

Хроническую плацентарную недостаточность у самок крыс вызывали путем введения серотонина гидрохлорида в количестве 5 мг/кг. Токсикант вводили на протяжении 5 дней с 13-го по 17-й день гестации. Это соответствует периоду органогенеза у крыс. Серотонин — мощный вазоконстриктор. Механизм повреждения связан с вазоспазмом, тромбообразованием и развитием ишемически-гипоксических нарушений в системе мать-плацента-плод. Хроническая тетрачлорметановая плацентарная недостаточность (ТХМ ПН) формируется при подкожном введении беременным крысам 50%-ного масляного раствора ТХМ в дозе 0.5 мл/кг с 12-го по 18-й день гестации (семидневная модель). Влияние ТХМ сопровождается выраженным нарушением активности мембран эндоплазматического ретикулума, митохондрий, усиление процессов ПОЛ.

Для воспроизведения патологии главного репродуктивного органа (гонад), нами была использована модель серотонинового поражения яичек. В механизме развития данной патологии основную роль играет устойчивый спазм сосудов под влиянием серотонина (5 мг/кг), с последующим нарушением трофики и возникновением патологическим изменением в органе.

На данных моделях с беременными самками глюкозамин выявил выраженные гравидопротекторные и фетопротекторные свойства. Изучая влияние его сперматогенез, можно отметить повышение подвижности и числа спермиев по сравнению с чистой серотониновой моделью (негативные контроль). Учитывая неблагоприятные тенденции с вырождением и исчезновением популяций некоторых видов животных, особенно чувствительных к репродуктивным потерям, представляется целесообразным использование препаратов на основе аминоксахара глюкозамина гидрохлорида в заповедниках и национальных парках для увеличения численности особей.

# ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КРАНИАЛЬНЫХ И ОДОНТОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОЙ ЛЕСНОЙ МЫШИ *SYLVAEMUS URALENSIS* НА УРАЛЕ

---

С.В. Зыков

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

В настоящее время большинство работ, посвященных изучению проблем систематики и эволюции *Sylvaemus uralensis* (Pallas, 1811), основана на интерпретации различных аспектов изменчивости этого вида. Однако данные исследования чаще всего приурочены к европейской части Евразии и не охватывают всего ареала малой лесной мыши (Межжерин, Загороднюк, 1989; Загороднюк, 1993; Межжерин, 1997; Лашкова и др., 2006; и др.). Также недостаточно изученными остаются географические градиенты, особенности межвидовой изменчивости и диагностическая значимость различных краниальных показателей вида в целом и уральских популяций в частности (Колчева, 2002). Учитывая специфику уральских популяций малой лесной мыши (Колчева, 2006), данный регион представляет интерес для исследований, посвященных изучению внутривидовой изменчивости и решению вопросов видообразования, эволюции и экологии представленного вида.

Цель работы: оценить различные аспекты внутривидовой изменчивости (половой диморфизм, возрастная структура и межпопуляционные различия) линейных промеров краниального скелета малой лесной мыши *Sylvaemus uralensis* из популяций Уральского региона.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использовали оцифрованные изображения черепов и нижних челюстей малой лесной мыши *Sylvaemus uralensis*, обитающей в Челябинской, Оренбургской и Свердловской областях (сборы Н.Е. Колчевой, Ю.А. Давыдовой и группы популяционной цитогенетики ИЭРиЖ УрО РАН). На основании морфофизиологических признаков и по степени стертости зубов все особи были разделены на три возрастных класса (определение авторов сборов и А.А. Белой) (табл. 1).

В работе анализировались 24 краниальных и одонтологических признака (рис. 1). Измерения проводились на оцифрованных изображениях в трех повторностях (в программе TPSdig). Для статистической обработки результатов использовался пакет прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft Inc., 2003).

Таблица 1. Места отловов и возрастная структура выборок

Место сбора	Возрастные классы		
	juv	sad	ad
Ильменский заповедник (Челябинская обл.)	8	10	10
Пойма р. Большой Ик (Оренбургская обл.)	0	1	15
Висимский заповедник (Свердловская обл.)	6	15	5
п. Озерск (Челябинская обл.)	24	9	0
Всего особей:	103		

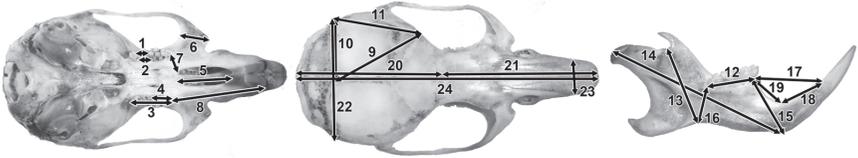


Рис. 1. Схема краниальных и одонтологических промеров.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа линейных промеров, описывающих форму одонтологических и краниальных структур, методом двухфакторного дисперсионного анализа с фиксированными факторами «пол» и «возраст» были выявлены значимый эффект только фактора «возраст» (табл. 2). Фактор «популяция» не был включен в данную модель дисперсионного анализа из-за отсутствия в выборках некоторых возрастных классов. Изучение межпопуляционной изменчивости проводилось по каждой возрастной группе в отдельности.

С помощью дискриминантного анализа показано, что из 24 краниальных и одонтологических параметров фактор «пол» значим только для трех (признаки 8, 10 и 17,  $p = 0.025 - 0.048$ ). Учитывая это, влиянием данного фактора в изучаемых популяциях можно пренебречь.

Все изучаемые линейные параметры сильно подвержены возрастной изменчивости, исключением является признак 9, описывающий размер теменной кости. Наиболее ярко возрастные изменения проявляются в общей длине черепа и признаках, описываю-

Таблица 2. Результаты двухфакторного многомерного дисперсионного анализа по значениям относительных деформаций краниального скелета и зубной системы

Источник изменчивости	$F_{\text{аппрокс}}$	Степени свободы		$p \leq$
		эффекта	ошибки	
пол	1.4	24	74	0.15
возраст	2.9	48	148	0.0001
пол x возраст	1.0	48	148	0.49

щих характеристики мозгового и лицевого отделов черепа (длина верхней диастемы, длина лицевого и мозгового отделов). Для выявления закономерностей в росте черепа были рассчитаны отношения длины мозгового отдела к длине лицевого (рис. 2).

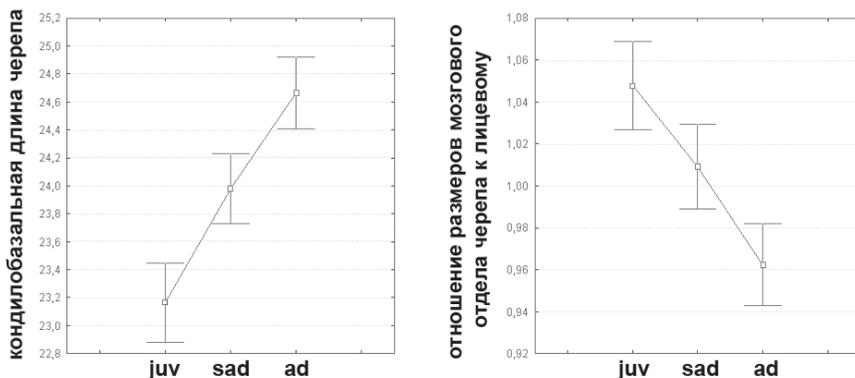


Рис. 2. Средние значения кондилобазальной длины черепа и отношения размеров двух отделов черепа в трех возрастных группах.

Анализ межпопуляционных различий был осложнен высоким уровнем возрастной изменчивости и различным соотношением возрастных групп в изученных популяциях. По каждому возрастному классу был проведен многомерный однофакторный дисперсионный анализ с фиксированным фактором «популяция». Были показаны значимые межпопуляционные различия по каждому возрастному классу (juvenis  $F(48, 24) = 7.7, p < 0.001$ ; subadultus  $F(72, 24) = 4.9, p < 0.001$ ; adultus  $F(48, 8) = 9.7, p = 0.001$ ). Интерпретация межпопуляционных различий на данном материале затруднена, так как в изучаемых популяциях в полной мере не представлены изучаемые возрастные группы. Дальнейшее изучение межпопуляционных различий возможно при увеличении выборок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изученных популяциях малой лесной мыши из Уральского региона линейные признаки краниального скелета и зубной системы в большей степени подвержены возрастной изменчивости. Исключение составляет признак 9, отражающий размер теменной кости, для которого возрастные различия оказались незначимы. Учитывая стабильность размера теменной кости при заметном увеличении общих размеров черепа в пределах изучаемых возрастных групп, можно предположить, что увеличение общих размеров черепа идет за счет увеличения лицевого отдела и затылочной части мозгового отдела черепа.

Изучение влияния полового диморфизма на линейные параметры краниального скелета показало, что для большинства признаков данный фактор незначим. Однако по трем признакам различия, связанные с половым диморфизмом, оказались значимыми. Учитывая высокий уровень возрастной изменчивости данных признаков в исследовании влиянием полового диморфизма на линейные параметры краниального скелета можно пренебречь.

Оценка особенностей межпопуляционных различий на данных выборках была затруднена различным соотношением возрастных групп. В пределах каждой возрастной группы были выявлены значимые межпопуляционные различия. Однако для выявления природы отмеченных межпопуляционных различий и вклада в них географической изменчивости требуется проведение дополнительных исследований с увеличением объема исследуемых выборок.

Учитывая высокий уровень возрастной изменчивости линейных характеристик краниального скелета, для решения вопросов, посвященных изучению различных аспектов внутривидовой изменчивости, а также видообразования, эволюции и экологии, необходимо учитывать возраст животных.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 07 – 04 – 96124) и Программы Президиума РАН «Биоразнообразию и динамика генофондов».

## ЛИТЕРАТУРА

- Загороднюк И.В. Идентификация восточноевропейских форм *Sylvaemus sylvaticus* (Rodentia) и их географическое распространение // Вестн. зоологии. 1993. Т. 27, № 6. С. 37 – 47.
- Колчева Н.Е. О видовой принадлежности лесной мыши Южного Урала // Экологические проблемы горных территорий: Мат. междунар. научн. конф., 18 – 20 июня 2002 г. / ИЭРиЖ УрО РАН; науч. ред. А.Г. Васильев. Екатеринбург: изд-во «Академкнига», 2002. С. 166 – 170.

- Колчева Н.Е. Заметки по морфологии и систематике лесной мыши, обитающей на Урале // Вестник ОГУ, 2006. Т. 4. С. 67 – 69.
- Лашкова Е.И., Дзевежин И.И., Межжерин С.В. Изменчивость нижней челюсти у лесных мышей *Sylvemus* (Muridae, Rodentia) фауны Украины // Вестн. зоологии, 2006. Т.40, № 4. С. 359 – 366.
- Межжерин С.В. Систематическая ревизия мышей рода *Apodemus* Kaup, 1829 (Rodentia, Muridae) // Вестн. зоологии, 1997. № 4. С. 29 – 41.
- Межжерин С.В., Загороднюк И.В. Новый вид мышей рода *Apodemus* (Rodentia, Muridae) // Вестн. зоологии, 1989. № 4. С. 55 – 59.

## ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВАЯ И ГОЛОЦЕНОВАЯ ИСТОРИЯ ФАУНЫ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ДОЛИНЫ РЕКИ ЧУСОВАЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

**Е.П. Изварин**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Исследование истории современных сообществ мелких млекопитающих невозможно без детального рассмотрения позднеплейстоценового и особенно голоценового этапов их развития. Представленные в литературе материалы по позднеплейстоценовым и голоценовым фаунам долины реки Чусовой выявляют основные моменты поздневалдайской и голоценовой истории современной таежной фауны грызунов, как для данной территории, так и для Среднего Урала в целом. Для характеристики позднеплейстоценовой фауны можно с уверенностью использовать только локальную фауну из грота Дыроватый Камень на р. Чусовой (Смирнов, Улитко, 1992). Основные этапы голоценовой истории фауны грызунов для данного района описаны по материалам из гротов Большой Глухой и Шайтанский (Смирнов, 1993, 1995). В связи с тем, что был изучен новый материал из пещеры Дыроватые ребра 5, необходимо определить место полученной фауны грызунов в общей схеме типологии поздневалдайских и голоценовых фаун мелких млекопитающих, составленной для северной части Среднего Урала, и выяснить время ее существования на исследуемой территории.

Цель работы: охарактеризовать развитие фауны грызунов долины реки Чусовой в течение позднего плейстоцена и голоцена на основании анализа новых материалов и литературных данных.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе представлен материал из отложений пещеры Дыроватые Ребра 5, которая находится на правом берегу реки Чусовая, в

5 км выше по течению от поселка Усть-Койва. Раскопки проводились Ю.Б. Сериковым и А.И. Улитко в 1998 г. В глубине пещеры, в 20 м от входа, был заложен раскоп площадью 1 м<sup>2</sup>. Представленный материал получен из слоя коричневого суглинка толщиной 0.5 м, залегавшего на глубине 0.2 м от поверхности, и нижележащего слоя светло-коричневой глины. Ранее нами была описана фауна мелких млекопитающих только из суглинистого слоя (Изварин, 2006). Материал из слоя светло-коричневой глины публикуется впервые. Для описания фауны мелких млекопитающих использовались только сохранившиеся щечные зубы, общее количество которых составило 1743 (таблица).

Из мелких млекопитающих в работе рассматривались грызуны (отр. Rodentia Bowdich, 1821) и пищуха (р. *Ochotona* Link, 1795). Подсчет доли каждого вида в выборках проводили по максимальному количеству одноименных коренных зубов. Цифровые градации и соответствующие им словесные оценки долей видов в фауне каждого слоя даны по методике А.Г. Малеевой (1983).

Виды мелких млекопитающих были условно сгруппированы в соответствии с зональной приуроченностью их современных потомков: тундровые — *Dicrostonyx* sp., *Lemmus sibiricus*; таежные — *Sciurus vulgaris*, *Sicista* sp., *Clethrionomys rufocanus*, *Cl. ex gr. rutilus-glareolus*, *Microtus agrestis*; степные — *Ochotona pusilla*, *Citellus major*, *Marmota bobak*, *Cricetulus migratorius*, *L. lagurus*; интразональные околородные — *Arvicola terrestris*, *M. oeconomus*; аazonальные луговые — *M. arvalis*. Узкочерепная полевка (*M. gregalis*) рассмотрена отдельно, поскольку на данный момент это полизональный вид.

Названия и характеристики ископаемых фаун грызунов (Фауна грота Дыроватый Камень на р. Чусовой, Чусовская, Верхнеглубая, Среднешайтанская и Верхнешайтанская) приведены по Н.Г. Смирнову (1995).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

К группе очень многочисленных видов отнесены узкочерепная полевка (42%) и копытный лемминг (34%). В группе многочисленных не отмечен ни один вид. К обычным видам отнесены серый хомячок (5%), экономка (4%), степная пеструшка (5%), темная полевка (2%) и лесные полевки (1.5%). Доли остатков водяной полевки, большого суслика, обыкновенной белки и мышовки не превысили 1%. В составе данной фауны заметно преобладают тундровые и степные виды (34 и 12% остатков соответственно). Количество остатков лесных, околородных и луговых видов мало и их суммарная доля не превышает 8% (рис. 1 и 2).

Таблица. Состав фауны мелких млекопитающих из отложений светло-коричневой глины пещеры Дыроватые Ребра-5

Вид	доля остатков, %
<i>Ochotona cf. pusilla</i>	1.3
<i>Sciurus vulgaris</i>	0.3
<i>Citellus major</i>	0.3
<i>Sicista</i> sp.	0.3
<i>Cricetulus migratorius</i>	4.6
<i>Clethrionomys rufocanus</i>	0.5
<i>Cl. ex gr. rutilus-glareolus</i>	1.0
<i>Lagurus lagurus</i>	4.6
<i>Dicrostonyx</i> sp.	34.3
Lemmini gen.	1.8
<i>Arvicola terrestris</i>	0.8
<i>Microtus agrestis</i> (M2/)	1.8
<i>M. ex gr. arvalis-agrestis</i> (M /1)	2.6
<i>M. gregalis</i>	41.8
<i>M. oeconomus</i>	4.1
Максимальное суммарное число одноименных зубов (100%)	388
Общее количество зубов	1743

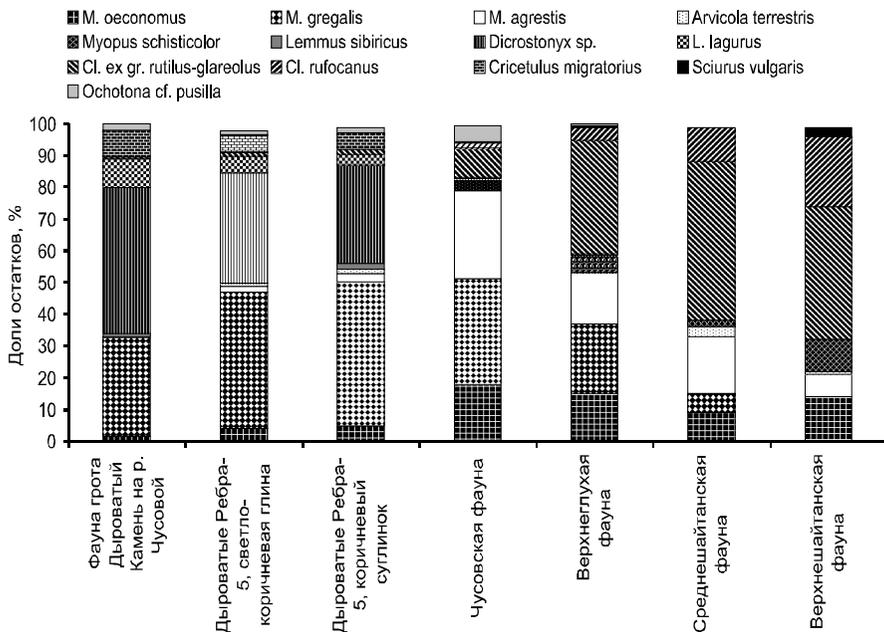


Рис. 1. Типологизация позднеплейстоценовых и голоценовых локальных фаун мелких млекопитающих долины р. Чусовой (представлены очень многочисленные, многочисленные и обычные виды).

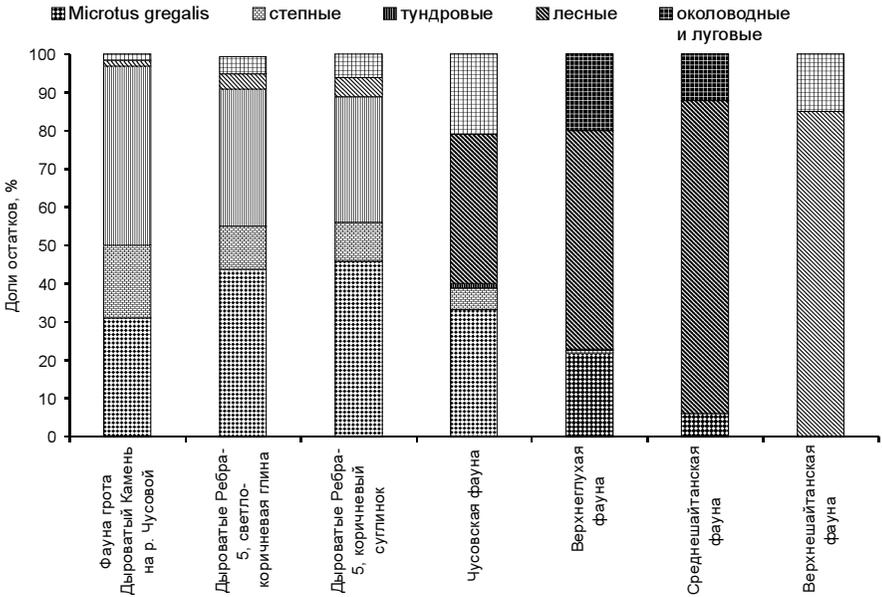


Рис. 2. Соотношение долей остатков видов мелких млекопитающих по зональной приуроченности в позднеплейстоценовых и голоценовых локальных фаунах долины р. Чусовой.

Подобный тип фаун грызунов с резким доминированием двух видов — узкочерепной полевки и копытного лемминга — был впервые описан Н.Г. Смирновым (1994, 1995), как «Фауна грота Дыроватый Камень на р. Чусовой» (см. рис. 1). Отложения этого грота датированы позднеледниковьем —  $12\ 820 \pm 60$  (СAMS-35894) и  $13\ 757 \pm 250$  (ИЭМЭЖ-1140). Следовательно, наиболее вероятное время формирования изученных отложений пещеры Дыроватые Ребра-5 12.5 — 13.5 тыс. лет назад.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характерной чертой для фауны мелких млекопитающих долины р. Чусовой (как и всей северной части западного склона Среднего Урала в целом) в раннем дриасе и беллинге (фауна из грота Дыроватый Камень на р. Чусовой и пещеры Дыроватые Ребра-5) является доминирование копытного лемминга и узкочерепной полевки, доля остатков которых в сборах варьирует от 30 до 40%. В то время существенную роль играли виды, ныне обитающие в тундровой (копытный лемминг, сибирский лемминг) и в степной (степ-

ная пеструшка, серый хомячок) зонах. На общую долю остатков лесных видов в сборах приходится 1 – 5%.

В позднем дриасе и в пребореальное время (Чусовская фауна) среди мелких млекопитающих доминировала узкочерепная полевка (около 35%). Субдоминантами являлись темная полевка (до 30%) и экономка (около 20%). Тундровые виды практически исчезли из сообщества (доля остатков не превышает 0.5%), а доля степных сократилась в 2 – 3 раза (с 10 – 19 до 5 – 6%). Их место занимают лесные (около 40%) и околородные виды (около 20%).

В начале атлантического времени доминирующее положение заняли красная и рыжая полевки (более 30% остатков), а узкочерепная полевка (22%), темная полевка (16%) и экономка (15%) являлись субдоминантами. В целом доля остатков лесных видов очень заметно увеличилась (до 57%), а у околородных видов она осталась прежней (20%). Степные и тундровые виды не исчезли из сообщества — доля их остатков составляет 0.5%.

К началу позднего голоцена доля узкочерепной полевки в обществе грызунов сокращается до 6%. В отложениях позднеголоценового времени остатки этого вида уже не встречается и фауна грызунов в них представлена главным образом таежными видами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08 – 04 – 00663).

## ЛИТЕРАТУРА

- Изварин Е.П.* Новые материалы по фауне мелких млекопитающих позднего плейстоцена и раннего голоцена на западном склоне Среднего Урала // Экология в меняющемся мире: Материалы конф. молодых ученых, 24 – 28 апреля 2006 г. Екатеринбург, 2006. С. 82 – 83.
- Малеева А.Г.* К методике палеоэкологического анализа териофауны позднего кайнозоя // История и эволюция современной фауны грызунов СССР. М.: Наука, 1983. С. 146 – 178.
- Смирнов Н.Г.* Мелкие млекопитающие Среднего Урала в позднем плейстоцене и голоцене. Екатеринбург, 1993. 64 с.
- Смирнов Н.Г.* Грызуны Урала и прилегающих территорий в позднем плейстоцене и голоцене: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Свердловск, 1994. 63 с.
- Смирнов Н.Г.* Материалы к изучению исторической динамики разнообразия грызунов таежных районов Среднего Урала // Материалы по истории современной биоты Среднего Урала. Екатеринбург, 1995. С. 24 – 57.
- Смирнов Н.Г., Улитко А.И.* Фауна из позднеплейстоценового слоя пещеры Дыроватый камень на р. Чусовой // II Берсовские чтения. Екатеринбург, 1994. С. 28 – 30.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СЕМЕЙСТВА LYCOPODIACEAE НА ТЕРРИТОРИИ СЫЗРАНСКОГО РАЙОНА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

---

О.В. Калашникова

Самарский госуниверситет

Леса в Самарской области занимают не более 4% от всей территории. Из них хвойным лесам принадлежит 12%. Сосна в нашей области находится на границе своего ареала. В северо-западной части Сызранского района располагается один из основных сосновых массивов области — Рачейский бор с высоким разнообразием (648 видов) сосудистых растений, которые принадлежат к 323 родам, 85 семействам и 5 отделам. Большой интерес для флористов представляет сосновый лес с элементами флоры южной тайги в окрестностях с. Смолькино (Смолькинский бор), где растительные сообщества имеют высокую видовую насыщенность и достаточно большое количество видов являются редкими, исчезающими и занесенными в Красную книгу Самарской области. Одними из них является виды, принадлежащие к семейству Lycopodiaceae, а именно: *Lycopodium annotinum* L., *Lycopodium clavatum* L. и *Lycopodium complanatum* L. Плауны в таком сочетании в Заволжье и Предволжье больше нигде не встречаются. Это явление можно отметить только для нескольких областей Южного Урала и Волго-Камского края (Атлас..., 1980; Ареалы..., 1983; Плаксина, 1990; 1998; Плаксина и др., 1993; Atlas..., 1972 — 1999).

Самые первые находки плаунов в Рачейском бору сделаны экспедицией 1985 г. Самарского госуниверситета во главе с Т.И. Плаксиной (Плаксина и др., 1993; Плаксина, 1998; 2001). На данный момент установлены места произрастания плаунов в районе Большого Болота, в 1.5 км от с. Смолькино. Прилегающая к болоту местность представляет собой возвышенную равнину, расчлененную долинами рек, балками и оврагами. Болото окружено сырым мшистым сосновым лесом с пограничной полосой с участием березы, ольхи и ивняков.

В настоящее время численность популяций плаунов в бору значительно сократились. Так, 22 года назад Т.И. Плаксиной было отмечено одно местопроизрастание *Lycopodium annotinum* L. площадью около 2 га (Плаксина и др., 1993). В настоящее время площадь популяции не превышает 3 м<sup>2</sup>. В отличие от *L. annotinum*, *L. clavatum*, помимо Смолькинского леса в Самарской области, был

отмечен еще в двух местах, но в одном из них растение исчезло навсегда. Причина — хозяйственная деятельность (Плаксина и др., 1993; Плаксина, 1998; Сосудистые..., 2007). Удивительно, но несмотря на неблагоприятные условия, *L. complanatum* сохранился практически без потерь; скорее всего это связано с экологическими особенностями данного вида, который предпочитает более сухие местообитания, чем два других вида.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Ареалы лекарственных и родственных им растений СССР (Атлас) / Под ред. В.М. Шмидта. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. 208 с.
- Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М.: ГУГК, 1980. 340 с.
- Плаксина Т.И. Реликтовые, эндемичные, редкие и исчезающие растения Куйбышевской области // Природа Куйбышевской области. Куйбышев, 1990. С. 235–269.
- Плаксина Т.И. Редкие, исчезающие растения Самарской области. Самара: Изд-во «Самарский университет», 1998. 272 с.
- Плаксина Т.И. Конспект флоры Волго-Уральского региона. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2001. 388 с.
- Плаксина Т.И., Матвеев В.И., Саксонов С.В. и др. Критические заметки к флоре сосудистых растений правобережья Средней Волги // Флористические исследования в Поволжье и на Урале. Самара. 1993. С. 79–119.
- Сосудистые растения Самарской области: учебное пособие / под ред. А.А. Устиновой и Н.С. Ильиной. Самара: ООО ИПК «Содружество», 2007. 400 с.
- Atlas Florae Europae. Helsinki, 1972–1999. Vol. 1–12.

### **ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД АКТИВНОСТИ НАПОЧВЕННЫХ ПАУКОВ (ARANEI) СОСНОВЫХ ЛЕСОВ МАРИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ)**

**И.О. Камаев**

*Марийский госуниверситет, г. Йошкар-Ола*

Пауки относятся к числу доминирующих групп напочвенных беспозвоночных. Для них свойственно два пика активности: весенне-летний и летне-осенний (Есюнин, 2005). Исследование пауков-герпетобионтов в сосновых лесах Марийской низменности проводилось в 1982–1983 гг. без учета сезонного аспекта (Фатеров, 1984). Ранее нами был изучен летне-осенний период активности пауков для некоторых сосновых лесов данного района (Камаев, 2006).

Цель настоящей работы — характеристика населения пауков-герпетобионтов сосновых лесов Марийской низменности в весенне-летний период активности.

Исследование проводили в мае-июне 2007 г. в наиболее типичных биотопах Марийской низменности. Изучено шесть сообществ: сосняк брусничный, возраст 30 лет (С бр 30 лет); сосняк брусничный, возраст 90 лет (С бр 90 лет); сосняк лишайниково-мшистый, возраст 30 лет (С лм 30 лет); сосняк лишайниково-мшистый, возраст 90 лет (С лм 90 лет); сосняк смешанный (С см) — сообщество с выраженной мозаичностью; сосняк кустарничково-сфагновый (С к-сф). Напочвенных пауков отлавливали с помощью почвенных ловушек Барбера (пластиковые стаканы диаметром 88 мм), заполненных на одну треть 4%-ным формалином. На каждом участке устанавливали 10 ловушек на срок 7 дней. Учеты проводили в 3 тура. Показателем относительного обилия служила динамическая плотность или уловистость (экз./100 лов.-сут.). Всего собрано 3315 экз. пауков. Статистическая обработка данных проведена с помощью MS Excel, STATISTICA 5.5.

По результатам наших исследований фауна пауков герпетобия сосновых лесов Марийской низменности представлена 93 видами, принадлежащих 15 семействам. Обнаружены *Notioscopus sarcinatus* (O. Pickard-Cambridge, 1872), *Gnaphosa lugubris* (C.L. Koch, 1839), *Scotina palliardi* (L. Koch, 1881) и *Neon levis* (Simon, 1871) — новые виды для Республики Марий Эл (Матвеев и др., 2003). В семейственном спектре по числу видов преобладают представители Linyphiidae (30 видов), по относительному обилию — Lycosidae. Наибольшее число видов обнаружено в сосняке брусничном, 90 лет (53 вида), а наименьшее — в сосняке лишайниково-мшистом, 30 лет (33 вида). Подобная закономерность свойственна и для показателей среднесезонной уловистости: 373.3 экз./100 лов.-сут. в сосняке брусничном, 90 лет; в сосняке лишайниково-мшистом, 30 лет — 190.5.

Двухфакторный дисперсионный анализ обилия напочвенных пауков показал значимое влияние факторов «биотоп» ( $p < 6 \times 10^{-6}$ ) и «тур» ( $p < 10^{-7}$ ), а также взаимодействия этих факторов ( $p < 0.016$ ). Результаты представлены на рисунке. В начале мая (первый тур учетов) характерны низкие показатели динамической плотности пауков во всех сообществах. Во второй тур учетов наблюдался резкий всплеск активности пауков, при этом максимальные значения уловистости отмечены в сосняках брусничных и смешанном. В июне на указанных участках произошло снижение динамической плотности Aranei. Данная динамика связана с изменением обилия

преобладающего вида *Pardosa lugubris* (Walckenaer, 1802) во второй и третий туры учетов. Аналогичная тенденция свойственна видовому богатству напочвенных пауков. Видовое разнообразие пауков возрастает в конце мая (табл. 1). В целом, исследованные сообщества Агапеи монодоминантны, так как обилие большинства обнаруженных видов не превышает 5%.

Таблица 1. Основные характеристики населения напочвенных пауков в исследуемых сообществах в различные сроки учетов

Характеристики	Сообщества и тур учета					
	С бр 30 лет			С бр 90 лет		
	I	II	III	I	II	III
Динамическая плотность	78.6	737.1	248.6	82.9	724.3	312.9
Число видов	14	36	23	14	33	31
Индекс Маргалефа	3.3	5.6	4.18	3.2	5.2	5.6
Индекс Шеннона	1.9	1.5	1.3	1.7	1.9	2.0
	С лм 30 лет			С лм 90 лет		
Динамическая плотность	68.6	245.7	297.1	41.4	297.1	232.9
Число видов	13	18	24	10	33	26
Индекс Маргалефа	3.1	3.38	4.5	2.7	6.2	4.9
Индекс Шеннона	1.9	2.31	2.1	2.0	2.7	2.1
	С см			С к-сф		
Динамическая плотность	22.9	415.7	232.9	104.3	298.6	294.3
Число видов	7.0	28	22	12	18	27
Индекс Маргалефа	2.2	4.8	4.2	2.6	3.2	4.9
Индекс Шеннона	1.7	2.2	1.9	1.8	2.0	2.0

Для напочвенных пауков сосняков лишайниково-мшистых и кустарничково-сфагнового обилие также возрастало во второй тур учетов, но в июне выраженного спада активности не наблюдалось. В изученных сосняках лишайниково-мшистых во второй половине мая и в июне наряду с *Pardosa lugubris* многочислен *Alopecosa aculeata* (Clerck, 1758).

При сравнении полученных нами результатов с данными прежних лет (Фатеров, 1984), выявлена динамика структуры доминирования пауков. В 1982 г. в поврежденном огнем сосняке лишайниково-мшистом господствовал *Xerolycosa nemoralis*; в контроле доминировали *Pardosa lugubris*, *Alopecosa aculeata*, *Trochosa terricola*. В сосняках брусничных в контроле преобладал *Pardosa lugubris*, а на гари были обильны *Xerolycosa nemoralis* и *Alopecosa aculeata*. В настоящее время проявляется значительное сходство населения Агапеи герпетобия посадок сосны после пожара 1972 г. с коренными

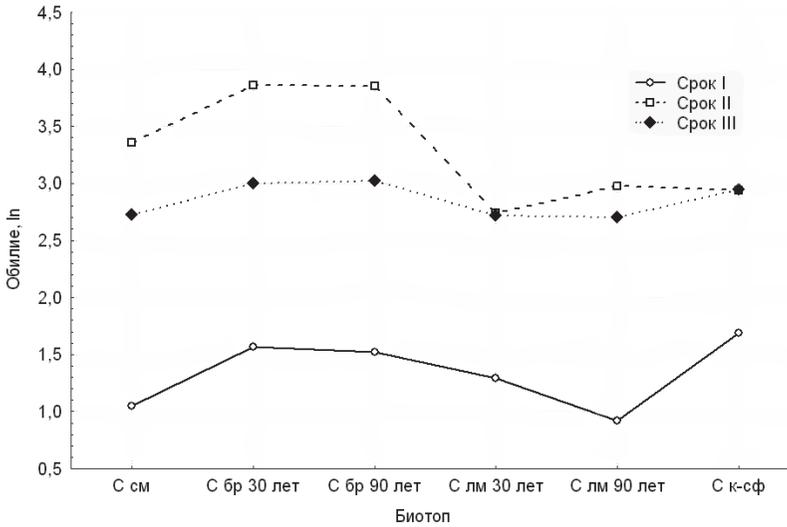


Рис. 1. Динамика обилия папочвенных пауков на исследуемых участках.

ассоциациями (сосняки 90 лет). В частности, *Xerolycosa nemoralis* в наших сборах относится к резидентным видам и встречается в ксерофитных сосняках лишайниково-мшистых.

В сосняке кустарничково-сфагновом отмечена последовательная смена доминантного комплекса папочвенных пауков. В начале мая преобладали *Trochosa spinipalpis* и *Pirata* sp. Во второй срок учетов высокая уловистость свойственна *Trochosa spinipalpis*, *Hugrolycosa rubrofasciata* и *Pardosa prativaga*. В июне супердоминировал *Pirata uliginosus*, а к числу доминантов принадлежали *Pardosa prativaga* и *Drassylus lutetianus*.

Для определения типа размещения *Aranei* выявляли статистически значимые различия между вычисляемым коэффициентом дисперсии и единицей с помощью критерия Стьюдента (Грейг-Смит, 1967). Представленные в табл. 2 данные свидетельствуют об агрегированном размещении населения пауков трех участков во все туры в сосняках брусничном 90 лет, лишайниково-мшистом 30 лет и кустарничково-сфагновом. В ряде случаев агрегированное размещение пауков в целом определяется *Pardosa lugubris* из-за его высокого обилия. На остальных участках размещение животных носит случайный характер.

Выражаю благодарность д.б.н., профессору Н.В. Глотову за консультации в области математической статистики. Особенно

признателен А.В. Танасевичу и К.Г. Михайлову за консультации при проверке определения видов.

Таблица 2. Среднее число пауков ( $M$ ) на 1 ловушку, дисперсия ( $S$ ) и коэффициент дисперсии ( $K$ ) в различные туры учетов

Показатели	Сообщества и тур учета					
	С бр 30 лет			С бр 90 лет		
	I	II	III	I	II	III
$M$	5.5±0.8	51.6±6.2	20.8±1.8	5.8±2.0	50.7±5.3	21.9±2.8
$S^2$	6.7	396.5	31.3	18.4	352.5	77.2
$K$	1.2	7.7*	1.5	3.2*	7.0*	3.5*
	С лм 30 лет			С лм 90 лет		
$M$	4.8±1.3	17.2±2.5	17.4±2.4	2.9±0.6	20.8±1.5	16.3±2.3
$S^2$	16.2	64.2	59.4	3.2	22.6	51.3
$K$	3.4*	3.7*	3.4*	1.1	1.1	3.2*
	С см			С к-сф		
$M$	5.3±1.8	29.1±1.5	16.3±1.8	7.3±0.7	20.9±3.0	20.6±2.7
$S^2$	31.5	23.7	32.0	23.3	89.0	71.6
$K$	5.9*	0.8	2.0	3.2*	4.3*	3.5*

Примечание: \* – различия статистически значимы, то есть размещение пауков носило агрегированный характер.

## ЛИТЕРАТУРА

- Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967. 360 с.
- Есюнин С.Л. Структура фауны и хорология пауков (Aranei) Урала и Приуралья: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2005. 43 с.
- Камаев И.О. Разнообразие и структура населения пауков герпетобия в культуре сосны обыкновенной // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Сб. матер. II Всерос. науч. конф. Йошкар-Ола, 2006. С. 379.
- Матвеев В.А., Краснобаев Ю.П., Бекмансурова Е.В. Фауна и экология пауков Республики Марий Эл. Самара, 2003. 87 с.
- Фатеров С.Я. Влияние лесных пожаров на видовой состав и численность пауков // Проблемы почвенной зоологии. Тез. докл. VIII Всес. совещ. Кн. 2. Ашхабад, 1984. С. 134 – 135.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФЕРМЕНТНЫХ СИСТЕМ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ ЗВЕЗДЧАТКИ ЗЛАКОВОЙ

Э.М. Каримуллина

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Генетическая изменчивость — один из важнейших факторов, определяющих адаптивные свойства организмов (Динамика..., 2004).

Анализ изменчивости ферментных систем служит удобным методом для изучения генетических процессов, происходящих в растительных популяциях. Ранее на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа) рассматривался полиморфизм изоферментов у травянистых видов растений *Crepis tectorum* L., *Centaurea scabiosa* L. и *Arabidopsis thaliana* L. (Кальченко и др., 1995; Шевченко и др., 1998; Лысенко и др., 2000), *Plantago major* L. и *Taraxacum officinale* S.L. (Позолотина и др., 2005; Ульянова, Позолотина, 2007). Для выявления различных путей адаптации к радиационному фактору необходимо вовлекать новые виды в исследования. Данная работа является частью комплексного анализа флоры ВУРСа.

Цель работы: изучить аллозимный полиморфизм в ценопопуляциях *Stellaria graminea* L., произрастающих на фоновых территориях и в условиях радионуклидного загрязнения.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Звездчатка злаковая (*Stellaria graminea* L.) — многолетнее травянистое растение. Распространена повсеместно. Вид диплоидный ( $2n=26$ ,  $x=13$ ), цветки обоеполые. Преобладает перекрестное опыление. Известны случаи самоопыления и апогамии (Horne, 1914).

Опытные площадки расположены в головной части ВУРСа в 4 км друг от друга; две сходные по почвенно-экологическим характеристикам контрольные площадки — вне зоны радионуклидного загрязнения. Ценопопуляция «Импактная-1» расположена на берегу оз. Бердениш (55°46' с.ш., 60°53' в.д.); «Импактная-2» — близ лежневой дороги, наиболее приближенной к эпицентру взрыва (55°45' с.ш., 60°50' в.д.). Ценопопуляция «Фоновая-1» произрастает в окрестностях н.п. Рассоха Свердловской области (56°41' с.ш., 61°02' в.д.); «Фоновая-2» — на южном берегу Белоярского водохранилища (56°47' с.ш., 61°18' в.д.).

Для аллозимного анализа собирали вегетативную массу с 50 растений, произрастающих на расстоянии не менее 2 м друг от друга. Для предотвращения потери энзимной активности свежие листья фиксировали в жидком азоте. Хранение материала производилось в кельвинаторе при температуре -70°C. Листья (50–100 мг) растирали в 600 мкл экстрагирующего буфера на холоде и центрифугировали в течение 5 мин при 13 000 об./мин. Электрофорез ферментных систем ADH (Е.С. 1.1.1.1), LAP (Е.С. 3.4.1.1), NADHDH (Е.С. 1.6.5.3), FDH (Е.С. 1.2.1.2), GOT (Е.С. 2.6.1.1), PGI (Е.С. 5.3.1.9), SKDH (Е.С. 1.1.1.25), PGM (Е.С. 5.4.2.2.), 6-PGD (Е.С. 1.1.1.44) прово-

дили в вертикальных камерах в 6.4%-ном полиакриламидном геле в трис-ЭДТА-боратной системе (Peacock et al., 1965). Гистохимическое окрашивание образцов осуществляли по стандартным методикам (Harris, Hopkinson, 1976).

Для исследуемых ген-ферментных локусов были рассчитаны значения основных показателей изменчивости. Для расчета ожидаемой гетерозиготности ( $H_e$ ) по каждому локусу использовали формулу  $H_e = 1 - \sum x_i^2$ , где  $x_i$  — частота  $i$ -го аллеля. Наблюдаемую гетерозиготность ( $H_o$ ) вычисляли отношением числа гетерозиготных растений к общему числу проанализированных по данному локусу растений. Показатель средней гетерозиготности (ожидаемой и наблюдаемой) вычисляли как:  $H = 1/L \sum H$ , где  $L$  — количество исследованных локусов. Показатель полиморфности ( $P$ ) рассчитывали отношением числа полиморфных локусов к общему числу исследованных локусов, а параметр среднего числа аллелей на локус ( $N_A$ ) — количества выявленных аллелей к общему числу исследованных локусов. Доля полиморфных локусов подсчитывалась по 99%-му критерию (частота наиболее распространенного аллеля не превышала 99%) и по 95%-му критерию. Показатель эффективного числа аллелей ( $n_e$ ) рассчитывали по формуле:  $n_e = 1/(1-H_e)$ . Для анализа структуры и степени подразделенности природных популяций пользовались коэффициентами  $F$ -статистики Райта и  $G$ -статистики Неи (Nei, 1973). Степень генетической близости между исследованными популяциями рассчитывалась по методу, предложенному Неи (Nei, 1978). Статистическая обработка данных проведена в программах BIOSYS-1 (Swofford, Selander, 1981) и STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., 2001).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Радиоэкологическая характеристика участков и расчет дозовых нагрузок. Уровни содержания и пространственное распределение радионуклидов в почвах ВУРСа подробно описаны в работе (Позолотина и др., 2007). Мощность экспозиционной дозы, измеренная с помощью дозиметра ДРГ-01Т, на фоновой территории составила 10–11 мкР/ч, а в импактной зоне варьировала в пределах 20–170 мкР/ч. При расчете дозовых нагрузок на зародыш и меристематические ткани звездчатки злаковой учитывали вклад внешнего гамма-излучения (радиационный фон от естественных и искусственных радионуклидов) и данные о концентрациях инкорпорированных в семена  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Значения последних включали в простую модель:  $M = q_1 L_{(\text{Sr}+\gamma)} + q_2 L_{(\text{Cs})}$ , где  $q_1$  и  $q_2$  — измеренные удельные активности каждого радионуклида в семенах,  $L$  — мощность

поглощенной дозы, сЗв/с, которую создает этот радионуклид внутри равномерно загрязненного объема при  $q_0 = 3.7 \times 10^4$  Бк/г (Горшков, 1967). Поглощенные корнями растений дозы рассчитали, используя ту же модель с использованием концентрации радионуклидов в 0–15 см слое почвы.

Дозовая нагрузка на зародыши за счет инкорпорированных в семенах радионуклидов в ценопопуляции «Импактная-2» на четыре порядка величин больше, чем на фоновой территории (0.025 мГр/мес.). Дозовые нагрузки на корни импактных растений различаются с контрольными на три порядка величин (табл. 1).

Таблица 1. Поглощенные дозы и их стандартные ошибки (мГр/мес.), рассчитанные для подземных органов и зародышей семян звездчатки злаковой

Ценопопуляция	Корни	Зародыши
Фоновая-1	0.025±0.006	0.004±0.001
Импактная-1	26.02±7.20	0.67±0.46
Импактная-2	65.47±16.30	10.8±3.02

Аллозимный полиморфизм ценопопуляций звездчатки злаковой. Из всех проанализированных у данного вида ферментных систем удовлетворительные результаты получены для восьми. Система PGM (фосфоглюкомутаза) имела две полиморфные зоны активности, сложные для интерпретации. Поэтому она была исключена из анализа. Фермент ADH (алкогольдегидрогеназа) был представлен одним мономорфным локусом. У полиморфных аллозимов нумерацию локусов начинали с наиболее анодно мигрирующего. Для популяций *S. graminea* полиморфными оказались следующие ферментные системы:

– LAP (лейцинаминопептидаза) — один локус (выявлено 2 аллеля).

– NADHDH (NADH-дегидрогеназа), 6-PGD (6-фосфоглюконатдегидрогеназа), SKDH (шикиматдегидрогеназа) и FDH (формилатдегидрогеназа) — один локус, имеющий 3 аллеля.

– GOT (глутаматоксалацетаттрансфераза) — четыре локуса, из которых два быстрых взаимодействуют (Got-1 и Got-2), образуя гетеродимер. Локус Got-3 имеет по меньшей мере 2 аллеля, но качество разделения не позволяет включить их в анализ. Локус Got-4 представлен 2 аллелями.

– PGI (фосфоглюкоизомераза) — два локуса: низкое качество разделения аллелей локуса Pgi-1 не позволило достоверно интерпретировать этот локус; у локуса Pgi-2 выявлено 5 аллелей.

Отметим, что фенотипы гетерозигот *Lap*, *Skdh* были двухполосными, что отражает мономерную структуру этих белков. Для гетерозигот *Pgi-2*, *Got-4* характерны трехполосными фенотипы, что свидетельствует об их димерной структуре.

Аллели обозначали по общепринятой номенклатуре (Айала, 1984). Наиболее часто встречающийся аллель локуса получал цифровой символ 100. Остальные аллели этого локуса обозначались в соответствии с электрофоретической подвижностью относительно фракций, кодируемых аллелем 100.

Преобладание одного аллеля у всех изученных популяций звездчатки было характерно для локусов *Nadhdh*, *Got-4*, *Pgi-2* и *6-Pgd* (табл. 2). Интересно, что аллели *Pgi-2*<sup>112</sup>, *Pgi-2*<sup>106</sup> и *Fdh*<sup>60</sup> не были обнаружены в импактных популяциях. Замену одного аллеля другим в системе PGI хронически облучаемых ценопопуляций Е.А. Лысенко с соавт. (2000) объясняет интенсификацией фотосинтетических процессов, так как это важный фермент фотосинтеза. *Fdh* играет важную роль в ответе на стрессовые воздействия в растениях, так как является наилучшим биокатализатором для систем регенерации NADH. Возможно, аллели *Pgi-2*<sup>112</sup>, *Pgi-2*<sup>106</sup> и *Fdh*<sup>60</sup> кодируют менее устойчивые к радиационному фактору формы ферментов. В популяции «Фоновая-1» частоты встречаемости аллелей *Pgi-2*<sup>106</sup> и *Pgi-2*<sup>112</sup> составили 10.4 и 8.3% соответственно. На втором контрольном участке аллель *Fdh*<sup>60</sup> встречался у 23.3% растений звездчатки. Поскольку эти аллели встречаются только в фоновых выборках, среднее число аллелей на полиморфные локусы ( $N_A = 2.5 \pm 0.46$ ) было выше по сравнению с импактными популяциями, но в пределах ошибки (табл. 3).

Анализ таблиц сопряженности выявил значимые различия по частоте встречаемости аллелей локуса *Fdh* между контрольными и импактными популяциями звездчатки. Импактные участки между собой не различались. По локусу *Pgi-2* все исследованные популяции различались между собой (см. табл. 2).

На основе частот аллелей ген-ферментных локусов были рассчитаны значения основных показателей генетической изменчивости вида (см. табл. 3). В полиморфном состоянии находится 62.5% локусов (при 95%-ном критерии оценки) и 78.1% (при 99%-ном критерии). Наивысшая изменчивость наблюдалась в популяции «Импактная-2», ближе всего произрастающей к эпицентру аварии. Среднее число аллелей на локус составило  $2.3 \pm 0.4$ . Наблюдаемая гетерозиготность ( $H_O$ ) внутри каждой популяции звездчатки значимо не различалась с ожидаемой ( $H_E$ ), что свидетельствует

Таблица 2. Частоты аллелей восьми полиморфных локусов в популяциях звездчатки злаковой и оценка значимости различий между выборками по  $\chi^2$

Локус	Аллель	Ценопопуляции				Результаты анализа таблиц сопряженности
		Фоновая-1 (1)	Фоновая-2 (2)	Импактная-1 (3)	Импактная-2 (4)	
Lap	100	0.559	0.385	0.554	0.521	$\chi^2_{12}(1) = 4.82; p=0.03^*$
	105	0.441	0.615	0.446	0.479	$\chi^2_{13}(1) = 0.001; p=0.96$
	N	34	48	46	47	$\chi^2_{14}(1) = 0.22; p=0.64$ $\chi^2_{23}(1) = 5.38; p=0.02^*$ $\chi^2_{24}(1) = 3.54; p=0.06$ $\chi^2_{34}(1) = 0.20; p=0.65$
Nadhdh	100	0.940	1.000	0.958	0.990	$\chi^2_{12}(2) = 0.04; p=0.98$
	106	0.030	0.000	0.042	0.010	$\chi^2_{13}(2) = 0.29; p=0.86$
	109	0.030	0.000	0.000	0.000	$\chi^2_{14}(2) = 4.01; p=0.14$
	N	50	48	48	48	$\chi^2_{23}(2) = 4.17; p=0.12$ $\chi^2_{24}(2) = 1.01; p=0.60$ $\chi^2_{34}(2) = 1.09; p=0.58$
Fdh	60	0.012	0.232	0.000	0.000	$\chi^2_{12}(2) = 37.44; p<0.001^*$
	80	0.000	0.163	0.156	0.219	$\chi^2_{13}(2) = 14.99; p<0.001^*$
	100	0.988	0.605	0.844	0.781	$\chi^2_{14}(2) = 21.26; p<0.001^*$
	N	41	43	48	48	$\chi^2_{23}(2) = 25.89; p<0.001^*$ $\chi^2_{24}(2) = 25.09; p<0.001^*$ $\chi^2_{34}(1) = 1.230; p=0.270$
Got-4	100	1.000	0.957	1.000	0.990	$\chi^2_{12}(1) = 4.34; p=0.04^*$
	115	0.000	0.043	0.000	0.010	$\chi^2_{14}(1) = 1.05; p=0.31$
	N	50	47	48	48	$\chi^2_{23}(1) = 4.17; p=0.04^*$ $\chi^2_{24}(1) = 1.91; p=0.17$ $\chi^2_{34}(1) = 1.01; p=0.32$
Pgi-2	85	0.146	0.053	0.125	0.010	$\chi^2_{12}(4) = 15.34; p=0.004^*$
	93	0.094	0.096	0.010	0.042	$\chi^2_{13}(4) = 30.24; p<0.001^*$
	100	0.573	0.798	0.865	0.948	$\chi^2_{14}(4) = 40.07; p<0.001^*$
	106	0.104	0.042	0.000	0.000	$\chi^2_{23}(4) = 14.67; p=0.005^*$
	N	48	47	48	48	$\chi^2_{24}(4) = 11.11; p=0.025^*$ $\chi^2_{34}(2) = 11.48; p=0.003^*$
Skdh	100	0.585	0.271	0.500	0.361	$\chi^2_{12}(2) = 19.4; p<0.001^*$
	104	0.340	0.573	0.448	0.511	$\chi^2_{13}(2) = 2.40; p=0.301$
	108	0.074	0.156	0.052	0.128	$\chi^2_{14}(2) = 9.47; p=0.008^*$
	N	47	48	48	47	$\chi^2_{23}(2) = 13.0; p=0.002^*$ $\chi^2_{24}(2) = 1.85; p=0.395$ $\chi^2_{34}(2) = 5.53; p=0.063$
6-Pgd	90	0.020	0.173	0.138	0.094	$\chi^2_{12}(2) = 17.9; p<0.001^*$
	95	0.184	0.062	0.160	0.073	$\chi^2_{13}(2) = 9.26; p=0.009^*$
	100	0.796	0.765	0.702	0.833	$\chi^2_{14}(2) = 9.30; p=0.009^*$
	N	49	49	47	48	$\chi^2_{23}(2) = 4.88; p=0.087$ $\chi^2_{24}(2) = 1.86; p=0.261$ $\chi^2_{34}(2) = 4.96; p=0.083$

Примечание: N – число исследованных растительных организмов, в скобках приведено число степеней свободы; \* – различия значимы.

Таблица 3. Значения основных показателей генетической изменчивости в ценопопуляциях *Stellaria graminea*

Ценопопуляция	$P_{95}, \%$	$P_{99}, \%$	$N$	$N_A$	$H_o$	$H_E^*$	$n_e$
Фоновая-1	62.5	75.0	50	2.50±0.46	0.311±0.118	0.269±0.094	1.37
Фоновая-2	62.5	75.0	49	2.50±0.46	0.220±0.073	0.305±0.086	1.44
Импактная-1	62.5	75.0	48	2.13±0.30	0.373±0.127	0.263±0.079	1.36
Импактная-2	62.5	87.5	48	2.25±0.25	0.288±0.116	0.236±0.083	1.31
Среднее	62.5	78.1	48.8	2.35±0.37	0.298±0.108	0.268±0.086	1.37

Примечание:  $P_{95}$  и  $P_{99}$  – доля полиморфных локусов при 95 %-ном и 99 %-ном критериях полиморфности;  $N$  – размер выборки;  $N_A$  – среднее число аллелей на локус; средняя наблюдаемая ( $H_o$ ) и средняя ожидаемая ( $H_E$ ) гетерозиготности;  $n_e$  – эффективное число аллелей; приведены стандартные ошибки; \* – несмещенная оценка.

об отсутствию барьеров для свободного скрещивания. Эффективное количество аллелей варьировало от 1.31 у ценопопуляции «Импактная-2» до 1.44 — у «Фоновая-2». К сожалению, мы не имеем возможности сравнить значения показателей изученных популяций с другими популяциями этого вида, так как подобный анализ звездчатки злаковой и других видов рода *Stellaria* ранее не проводился.

Показатель  $F_{IS}$ , характеризующий коэффициент инбридинга особи относительно популяции, указывает на 12.3%-ный избыток гетерозиготных генотипов. Полученный результат можно объяснить тем, что в способной к репродукции (для анализа собиралась вегетативная масса с достигших стадии цветения растений) части популяции обычно наблюдается небольшой избыток гетерозигот, поскольку инбредные особи элиминируются, как правило, на ранних стадиях онтогенеза (Bush, Smouse, 1992). Только 4.7% от выявленной генетической изменчивости приписывается межпопуляционной компоненте ( $F_{ST} = 0.047$ ), а 95.3% реализуется за счет внутривидовой изменчивости (табл. 4).

Таблица 4. Значения показателей  $F$ -статистики Райта

Локус	Показатели		
	$F_{IS}$	$F_{ST}$	$F_{IT}$
Lap	-0.6688	0.0207	-0.6343
Nadhdh	-0.0424	0.0183	-0.0233
Fdh	0.1089	0.1010	0.1989
Got-4	0.7925	0.0235	0.7974
Pgi-2	-0.0557	0.0757	0.0243
Skdh	0.1107	0.0407	0.1468
6-Pgd	-0.0757	0.0225	-0.0515
Среднее	-0.1229	0.0469	-0.0702

Генетические расстояния (Nei, 1978) рассчитывали для четырех популяций звездчатки на основании семи полиморфных локусов (рисунок). Анализ генетических расстояний свидетельствует о том, что хронически облучаемые популяции генетически близки друг к другу и образуют один кластер. Контрольные выборки общий кластер не образуют.

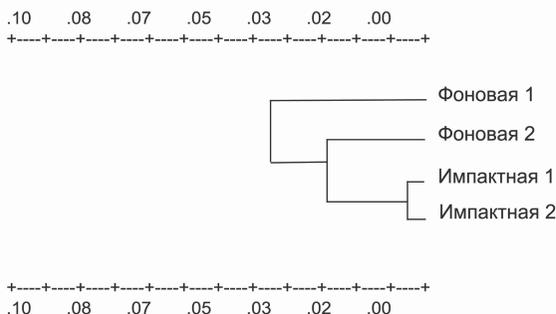


Рисунок. Дендрограмма генетических расстояний между популяциями звездчатки злаковой из зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа.

Таким образом, впервые была изучена аллозимная изменчивость популяций звездчатки злаковой (*Stellaria graminea* L.). Фоновые популяции характеризовались более высокой изменчивостью. Аллели Pgi-2<sup>112</sup> и Fdh<sup>60</sup> обнаружены у контрольных популяций и не встречались у растений с импактных площадок. PGI — важный фермент фотосинтеза. FDH — биокатализатор систем регенерации NADH, играющий важную роль в ответе на стрессовые воздействия в растениях. Можно предположить, что аллели Pgi-2<sup>106</sup>, Pgi-2<sup>112</sup> и Fdh<sup>60</sup> кодируют менее устойчивые к радиационному фактору формы ферментов.

У изученных растений наблюдался избыток гетерозигот и отсутствовали изоляционные барьеры внутри популяций. Выявленная генетическая изменчивость вида более чем на 90% реализуется за счет внутрипопуляционной изменчивости. Хронически облучаемые популяции звездчатки генетически ближе друг к другу, чем к фоновым выборкам.

Автор признателен д.б.н. В.Л. Семерикову за помощь в интерпретации первичных данных и дискуссии о применении аллозимного анализа в экологических исследованиях; С.А. Семериковой за консультации и ценные советы по оформлению данных генетичес-

ких исследований; к.б.н. А.Ю. Беляеву за информацию об особенностях изучения ферментных систем у травянистых растений. Автор благодарит д.б.н. В.Н. Позолотину за идею работы, постановку научной проблемы и помощь в сборе материала; к.б.н. Е.В. Антонову за курирование в течение всего процесса работы. Также автор благодарен своим друзьям: М. Модорову, О. Дуле, М. Полежаевой, Е. Ракову и Е. Мудрик за «трёпы» о проблемах естественной науки в целом и вышеизложенной работы в частности.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проекты № 07 – 04 – 96098 и № 07 – 05 – 00070), гранта для молодых ученых Президиума УрО РАН и Программы поддержки ведущих научных школ РФ (НШ – 1022.2008.4).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Айала Ф. Введение в молекулярную и эволюционную генетику. М., 1984. 230 с.
- Горшков Г.В. Проникающие излучения радиоактивных источников. Л.: Наука, 1967. 207 с.
- Динамика популяционных генофондов при антропогенных воздействиях / Под ред. Ю.П. Алтухова. М.: Наука, 2004. 619 с.
- Кальченко В.А., Рубанович А.В., Шевченко В.А. Генетические процессы в хронически облучаемых природных популяциях *Centaurea scabiosa* L., произрастающих на Восточно-Уральском радиоактивном следе // Радиационная биология. Радиоэкология. 1995. Т. 37. Вып. 5. С. 708 – 719.
- Лысенко Е.А., Абрамов В.И., Шевченко В.А. Влияние хронического облучения на генетическую структуру природных популяций *Arabidopsis thaliana* L. // Генетика растений. 2000. Т.36. № 9. С. 1241 – 1252.
- Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Михайловская Л.Н., Ульянова Е.В. Современные уровни радионуклидного загрязнения ВУРСа и биологические эффекты в локальных популяциях *Plantago major* L. // Экология, 2005. №5. С. 353 – 361.
- Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н. и др. Анализ современного состояния наземных экосистем на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа // Вопросы радиационной безопасности. Спецвыпуск «Восточно-Уральскому радиоактивному следу — 50 лет», 2007. С. 32 – 44.
- Ульянова Е.В., Позолотина В.Н. Клональная структура ценопопуляций одуванчика в условиях радионуклидного загрязнения на Урале // Радиационная биология. Радиоэкология. 2007. Т. 47. № 3. С. 349 – 354.
- Шевченко В.В., Гриних Л.И., Абрамов В.И. Цитогенетические эффекты в природных популяциях *Crepis tectorum* L., произрастающих в районе Восточно-Уральского радиоактивного следа // Радиационная биология. Радиоэкология. 1998. Т. 38. Вып. 3. С. 330 – 336.
- Bush R.M., Smouse P.E. Evidence for the adaptive significance of allozymes in forest trees // *New Forests*. 1992. № 6. P. 176 – 196.
- Harris H., Hopkinson D.A. Handbook of Enzyme Electrophoresis in human genetics. Amsterdam: North Holland Publ. Co., 1976.

- Horne A.S.* Variability in *Stellaria graminea* // *New Phyt.* 1914. Vol. 13. № 3. P. 73 – 82.
- Nei M.* Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals // *Genetics.* 1978. Vol. 89. P. 583 – 590.
- Nei M.* Analysis of gene diversity in subdivided populations // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 1973. Vol. 70. P. 3321 – 3323.
- Peacock A.C., Bunting S.C., Queen K.G.* Serum protein electrophoresis in acrylamide gel: patterns from normal human subjects // *Science.* 1965. Vol. 147. P. 1451 – 1453.
- Swofford D.L., Selander R.B.* BIOSYS-1; A Fortran program for the comprehensive analysis of electrophoretic data in population genetics and systematics // *J. Heredity.* 1981. Vol. 72. P. 281 — 283.
- StatSoft Inc. STATISTICA (data analysis software system) // [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com), 2001.

## ВЫБОР МЕСТООБИТАНИЯ ДАУРСКОЙ ПИЩУХОЙ В ЮГО-ЗАПАДНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ

**Т.В. Кислощаева, Л.В. Руднева, А.А. Дагдунова**

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ*

В работе исследованы экологические факторы, определяющие выбор местообитания у даурской пищухи в Юго-Западном Забайкалье. На 235 площадках размером 10x10 м оценивали экспозицию, крутизну склона, ландшафтный уровень, плотность, каменистость и механический состав почвы, наличие депрессий рельефа, крупных камней, высокой густой растительности, соотношение открытых / закрытых участков и количество норных отверстий. Анализ проводили с помощью системы общих линейных моделей, критерия Манна-Уитни и однофакторного дисперсионного анализа в программе Statistica 6.0 (StatSoft Inc., 2001).

Показано, что на плотность норных отверстий влияет экспозиция площадки, совместно — механический состав и плотность почвы. Наивысшая плотность нор отмечена на склонах, ориентированных на юго-восток. Мы полагаем, что температурные условия здесь наиболее благоприятны для зверьков как в летнее время за счет меньшего нагревания, так и зимой за счет наибольшего прогрева почвы. Плотность нор выше в суглинистой, чем в супесчаной и песчаной почвах. Именно такой гранулометрический состав почвы позволяет, по-видимому, даурской пищухе, являющейся облигатным норником, создавать сложные норы. Показано, что участки с высокой густой растительностью не оказывают влияния на наличие в них норных отверстий даурской пищухи, но существует тенденция расположения норных отверстий зверьков в депрессиях рельефа. Последние не

только имеют свой микроклимат, благоприятный для проживания зверьков, но и обеспечивают лучшие защитные условия для пищи.

## **ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ БАКТЕРИЙ РОДА *SALMONELLA* В ОБЛАСТЯХ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**

---

**Н.В. Копылов**

*Курганский госуниверситет*

Известно, что встречаемость одних и тех же видов бактерий неодинакова в различных регионах. Это зависит от вида бактерий, биологических свойств микроорганизмов, от климатических и других условий в регионе. В отношении бактерий-возбудителей заболеваний человека необходимо также учитывать социальные условия и состояние показателей иммунитета у населения. Цель работы: оценить распространение бактерий рода *Salmonella* на территории Уральского Федерального округа. Работа выполнена на основе анализа архивных материалов и данных литературы за период 2002 – 2006 гг.

На основании проведенной работы были сделаны выводы. Частота встречаемости различных групп сальмонелл в областях Уральского Федерального округа различна. Из всех групп сальмонелл группа *D* наиболее часто выделяется в Уральском Федеральном округе. Показатели сальмонелл группы *B* и *C* примерно во всех областях, за исключением Курганской области, в последние 2 года снижаются. В Курганской области частота выделения сальмонелл выросла в обеих группах.

## **АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТОКСИГЕННЫХ ШТАММОВ *CORYNEBACTERIUM DIPHTHERIAE* В КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

---

**А.В. Копылова**

*Курганский госуниверситет*

Несмотря на успехи, достигнутые в борьбе с возбудителем дифтерии, и детальное изучение свойств микроорганизма, дифтерийная палочка циркулирует в человеческой популяции, вызывая вспышки заболевания. Яркий пример — вспышка дифтерии в 90-е гг.

XX в. Пик частоты встречаемости *C. diphtheriae* пришелся на 1994 г. и составил по РФ 29.92 на 100 тыс. населения. Было установлено, что увеличение частоты встречаемости дифтерийной палочки связано с накоплением неиммунных лиц в разных слоях населения и отсутствием антитоксической защиты к превалирующему биовару возбудителя *gravis*, который сменил наиболее распространенный в предшествующем цикле биовар *mitis*.

Установлено, что в Курганской области пик частоты встречаемости *C. diphtheriae* приходился не на 1994 г., а на 1995 г. и составил 18.5 на 100 тыс. населения, что в 1.6 раза ниже, чем в РФ. С 1996 г. наблюдался резкий спад частоты встречаемости токсигенных форм дифтерии и в данный момент частота встречаемости носит спорадический характер. Распространение и персистенция токсигенных штаммов *C. diphtheriae* среди человеческой популяции связаны как со свойствами самого микроорганизма, так и иммунной толерантностью населения.

## ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБНОГО ПЕЙЗАЖА ПРИ САМООЧИЩЕНИИ ПОЧВ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

П.В. Кочубей, И.А. Сморкалов

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Цель работы — изучить внутрисезонную динамику численности различных групп микроорганизмов, участвующих в деградации углеводов (аэробных хемогетеротрофных бактерий, мицелиальных нефтеокисляющих грибов и анаэробных фотогетеротрофных бактерий) и определить скорость биодеградации нефтепродукта (на примере дизельного топлива) в разных типах почв.

Для этого в лесной почве и на торфяно-болотистой почве были заложены две экспериментальные и две контрольные площадки (по 0.25 м<sup>2</sup> каждая). На каждую экспериментальную площадку было нанесено по 5 литров дизельного топлива, контролем служили площадки без нефтяного загрязнения. Пробы почв с площадок отбирали в трехкратной повторности с глубины 0—10 см методом «конверта»: с пяти точек на площадке брали по 3—5 г почвы и перемешивали. В почвенных образцах концентрации углеводов определяли методом инфракрасной спектromетрии на приборе КН-2. Результаты выражали в пересчете на 1 г абсолютно-сухой почвы (110° С, 4 ч.).

Определение количества аэробных хемогетеротрофных бактерий и нефтеокисляющих мицелиальных грибов проводили посевом

почвенных суспензий в чашки Петри на стандартные агаризованные среды, количество анаэробных фотогетеротрофных бактерий определяли методом глубинного посева. Исследования проводили в период с 5 июня по 8 сентября 2007 г. с отбором проб каждые 5–7 дней.

В начале июня на площадках с лесной почвой количество аэробных нефтеокисляющих бактерий составило  $5.4 \times 10^4$  кл./г абс. сух. почвы, а к концу июля достигло своего максимума ( $28.5 \times 10^4$  кл./г абс. сух. почвы). Начиная со второй декады августа, наблюдали снижение численности аэробных нефтеокисляющих бактерий до контрольного уровня. На торфяно-болотистой почве число клеток анаэробных бактерий возросло с  $0.89 \times 10^4$  кл./гр. абс. сух. почвы (начало эксперимента), до максимальных значений  $35.64 \times 10^4$  кл./г абс. сух. почвы (конец июня), после чего в августе отмечали уменьшение их численности. В конце эксперимента на торфяно-болотистой почве, в отличие от лесной, наблюдалось появление и стабильный рост численности нефтеокисляющих грибов до  $48.1 \times 10^4$  кл./г абс. сух. почвы. На исследованных видах почв, загрязненных дизельным топливом, только в конце эксперимента были обнаружены единичные клетки фототрофных бактерий. За время наблюдения концентрация углеводов (%) на площадках заложенных в лесной почве уменьшилась с  $8.4 \pm 1.8$  до  $1.54 \pm 0.09$ , а на торфяном болоте с  $7.0 \pm 1.1$  до  $1.3 \pm 0.05$ .

Таким образом, на обоих видах исследованных почв после экспериментального загрязнения дизельным топливом обнаружен рост аэробных нефтеокисляющих бактерий, причем сезонное изменение их численности имеет параболический характер. Мицелиальные нефтеокисляющие грибы обнаружены только в торфяно-болотистой почве, с увеличением их численности в конце сезона. Значение коэффициента корреляции Спирмена между биодegradацией углеводов нефти в торфяно-болотистой почве и в лесной почве составило 0.89 ( $p = 0.005$ ), что свидетельствует о сходном характере восстановления почвы на торфяном болоте и в лесной зоне.

## **СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА**

**Ю.В. Крашанинина, М.В. Чибиряк**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Ионизирующее излучение является мощным эволюционным фактором, поэтому радиоэкологические исследования приобрета-

ют огромное теоретическое значение (Ильенко, 1974). В настоящее время на первый план выходят исследования отдаленных последствий влияния хронического облучения на сообщества млекопитающих и механизмов их радиоадаптации.

Целью нашей работы является исследование населения мелких млекопитающих территории Восточно-Уральского государственного заповедника. Для достижения поставленной цели было произведено многолетнее изучение экологических особенностей структуры населения сообществ мелких млекопитающих, обитающих на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа), на разных фазах динамики численности.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал был собран во второй половине августа 2003 – 2007 гг. в Челябинской области (Каслинский район) на трех участках: в окрестностях поселка Метлино (контроль) и на двух участках зоны ВУРСа (район старой лежневой дороги — Лежневка и оз. Б. Игиш). Первый импактный участок — Лежневка — расположен в головной части ВУРСа. Уровень радионуклидного загрязнения по  $^{90}\text{Sr}$  — 1000 Ки/км<sup>2</sup>. Представлен разреженным березняком паркового типа с включениями сосны и небольшими куртинками ивы и подростом березы (Ильенко, Покаржевский, 1972). Второй участок — Б. Игиш — расположен средней части ВУРСа, на северном заболоченном берегу озера Большой Игиш, на территории ранее снесенной деревни Игиш. Уровень загрязнения — 60 Ки/км<sup>2</sup>. Растительность представлена сосной, березой, тополем, сорно-бурьянными видами. Объединенный контроль — окрестности пос. Метлино, берег оз. Кожакуль. Отмечены сосново-березовые массивы с зарослями сорно-бурьянной растительности. Лежневка отстоит от контрольных территорий на 10 – 15 км, Б. Игиш — на 40 км.

Общий объем выборки составляет более 2000 особей грызунов и насекомых. За пять лет отработано около 14,5 тыс. ловушко-суток (л.-с.). Описан видовой состав сообщества микромаммалей, особенности динамики их численности. Изучали связь частоты встречаемости видов с видовым составом, фазой динамики численности и местом отлова при помощи лог-линейного анализа в программе STATISTICA 5.5. Для оценки биоразнообразия использовали статистические индексы: видового богатства Маргалефа, разнообразия Шеннона и Животовского, выравнимости Пилелу, доминирования Симпсона и Бергера-Паркера (Мэгарран, 1992; Лебедева и др., 1999). Сходство вариантов населения живот-

ных определяли по коэффициенту Чекановского-Съеренсена ( $I_{cs}$ ) для количественных показателей в форме  $b$ , не чувствительному к разным размерам выборок (Песенко, 1982).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

За рассматриваемый период удалось пронаблюдать ярко выраженный трехлетний цикл спада и подъема численности, характерный для цикломорфных животных. 2003 и 2006 гг. были годами пика численности, 2004 и 2007 гг. — годами депрессии, 2005 г. — годом подъема общей численности мелких млекопитающих. Размах колебаний и общая численность в контроле выше, чем на Лежневке. Изменение динамики общей численности мелких млекопитающих совпадает на контрольных территориях и Лежневке (рис. 1). Динамика численности отдельных видов не всегда совпадает с изменением общей численности мелких млекопитающих (табл. 1).

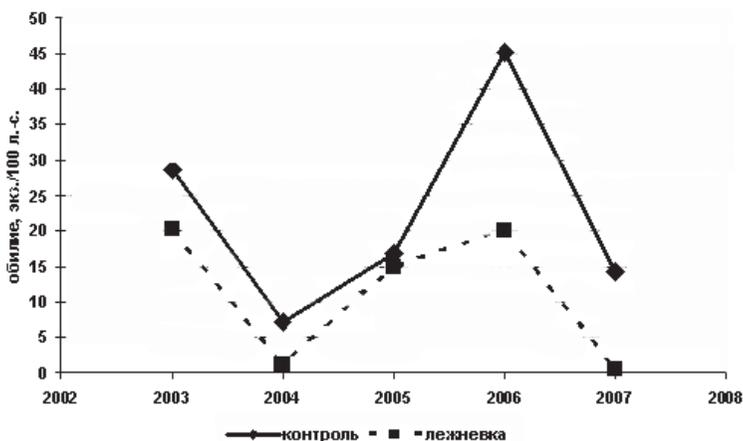


Рис. 1. Динамика общей численности мелких млекопитающих.

Оценки значимости различий структуры населения на контрольной и опытных территориях проведена с использованием критерия  $\chi^2$  для парных случаев (табл. 2). При сравнении выборок с контрольной территории и Лежневки выявлено, что структура населения мелких млекопитающих различается в годы с высокой численностью (2003, 2005, 2006 гг.) и не различается в годы депрессии (2004 и 2007 гг.). Структура населения на оз. Б. Игиш и Лежневке не различаются, тогда как при сравнении с контрольными выборками структура населения отличается в 2005 г., и не отличается в 2006 г.

Таблица 1. Численность животных, отловленных на контрольной и импактных территориях; в числителе — абсолютное (экз.), а знаменателе — относительное обилие (экз./100 л.с.)

Вид	Год и место учета											
	2003		2004		2005			2006			2007	
	контроль	Лежневка	контроль	Лежневка	контроль	Лежневка	Б. Игиш	контроль	Лежневка	Б. Игиш	контроль	Лежневка
<i>Sylvaemus uralensis</i>	69 (7.11)	19 (1.27)	43 (2.95)	5 (0.56)	60 (4.80)	25 (1.64)	12 (6.06)	15 (1.93)	9 (0.46)	39 (7.99)	69 (4.79)	6 (0.28)
<i>Apodemus agrarius</i>	52 (5.36)	3 (0.20)	2 (0.14)	-	18 (1.44)	16 (1.05)	3 1.52	42 (5.41)	10 (0.51)	8 (1.64)	41 (2.85)	2 (0.09)
<i>Clethrionomys rutilus</i>	35 (3.61)	35 (2.33)	24 (1.65)	2 (0.22)	37 (2.96)	6 (0.39)	1 (0.51)	166 (21.39)	39 (1.98)	25 (5.12)	77 (5.35)	2 (0.09)
<i>Microtus agrestis</i>	14 (1.44)	195 (13.00)	7 (0.48)	2 (0.22)	31 (2.48)	100 (6.56)	-	3 (0.39)	120 (6.09)	7 (1.43)	1 (0.07)	-
<i>Microtus oeconomus</i>	58 (5.98)	9 (0.60)	20 (1.37)	1 (0.11)	8 (0.64)	1 (0.07)	5 (2.53)	8 (1.03)	-	46 (9.43)	2 (0.14)	-
<i>Microtus arvalis</i>	18 (1.86)	3 (0.20)	1 (0.07)	-	1 (0.08)	44 (2.89)	1 (0.51)	8 (1.03)	68 (3.45)	10 (2.05)	-	-
<i>Microtus gregalis</i>	-	-	-	-	1 (0.08)	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sorex araneus</i>	31 (3.20)	38 (2.53)	6 (0.41)	1 (0.11)	54 (4.32)	33 (2.17)	15 (7.58)	108 (13.92)	144 (7.31)	36 (7.38)	13 (0.90)	-
<i>Neomys fodiens</i>	1 (0.10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sicista betulina</i>	-	-	1 (0.07)	-	-	1 (0.07)	1 (0.51)	-	5 (0.25)	2 (0.41)	-	-
<i>Mus musculus</i>	-	-	-	-	-	1 (0.07)	-	-	-	-	-	-
<i>Micromys minutus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 (0.21)	-
Всего экз.	278	302	104	11	210	227	38	350	395	173	206	10

При рассмотрении популяционных циклов разных видов, постоянно встречающихся на обеих территориях (контроль и Лежневка), по совпадению фаз динамики численности можно условно выделить три группы видов. Виды, фазы численности которых совпадают с динамикой общей численности мелких млекопитающих на контрольных и опытных участках (красная полевка и обыкновенная бурозубка) (рис. 2–3). Виды, фазы численности которых совпадают с общей численностью животных, но не совпадают на фоновых и импактных территориях (полевая мышь и пашенная полевка) (рис. 4–5). Виды, фазы численности которых не совпадают с общей численностью мелких млекопитающих, но хорошо совпадают на контрольной и опытных территориях. Малая лес-

Таблица 2. Оценка однородности структуры населения

Показатель	Год учета и сравниваемые участки																		
	2003		2004		2005		2006		2007		2005		2006		2006				
	контроль	Лежневка	контроль	Лежневка	контроль	Лежневка	контроль	Лежневка	контроль	Лежневка	контроль	Б. Игиш	Лежневка	Б. Игиш	контроль	Б. Игиш	Лежневка	Б. Игиш	
$\chi^2$	275.36	0.03	98.75	245.89	3.41	8.13	34.82	258.22	121.41										
$p$	<<0.001	>0.05	<<0.001	<<0.001	>0.05	>0.05	<<0.001	<<0.001	<<0.001										
d.f.	6	2	5	5	2	4	4	6	5										

ная мышь демонстрирует двухлетний популяционный цикл (рис. 6); фазы динамики численности полевки-экономки сдвинуты относительно общей численности животных (рис. 7).

Структура видов-доминантов и субдоминантов на контрольном участке довольно устойчива, к ним относятся малая лесная мышь, красная полевка, полевая мышь, полевка-экономка и обыкновенная бурозубка. На территории Лежневки постоянным видом-доминантом является пашенная полевка, за исключением годов депрессии, когда резкое сокращение ее численности привело к смене вида-доминанта. Численность субдоминантов, обитающих на Лежневке, подвержена резким флуктуациям: в разные годы к ним относятся разные виды.

При исследовании частот встречаемости видов при помощи лог-линейного анализа, с использованием критерия  $\chi^2$  (максимального правдоподобия частной и маргинальной связи), установлено значимое взаимодействие между различными факторами (видовой состав сообщества, фаза динамики численности и место отлова животных) (табл. 3). Максимальный вклад в распределение частот встречаемости отдельных видов вносит фактор «видовой состав» исследуемых сообществ. При взаимодействии разных факторов максимальный вклад отмечается в комплексе «видовой состав — место отлова». Это означает, что видовая структура сообщества зависит от условий окружающей среды, то есть наличия повышенного радиационного фона, микростадиальных особенностей местообитаний и т.д.

В ходе исследования взаимосвязи частот встречаемости видов с видовым составом, фазой динамики численности и местом отлова при помощи лог-линейного анализа показано четкое разделение контрольной выборки от Лежневки по первой канонической оси, которая, таким образом, характеризует действие радиационного фактора на сообщества мелких млекопитающих (рис. 8). Также по

Таблица 3. Частные и маргинальные связи между факторами

Факторы и их взаимодействия	Степени свободы	Частная связь		Маргинальная связь	
		$\chi^2$	$p$	$\chi^2$	$p$
Видовой состав	11	2263.5	<<0.001	2263.5	<<0.001
Фаза численности	4	803.6	<<0.001	803.5	<<0.001
Место отлова	2	665.7	<<0.001	665.5	<<0.001
Видовой состав: фаза численности	44	561.4	<<0.001	642.8	<<0.001
Видовой состав: место отлова	22	834.2	<<0.001	915.6	<<0.001
Фаза численности: место отлова	8	265.7	<<0.001	347.2	<<0.001
Все факторы	88			270.8	<<0.001

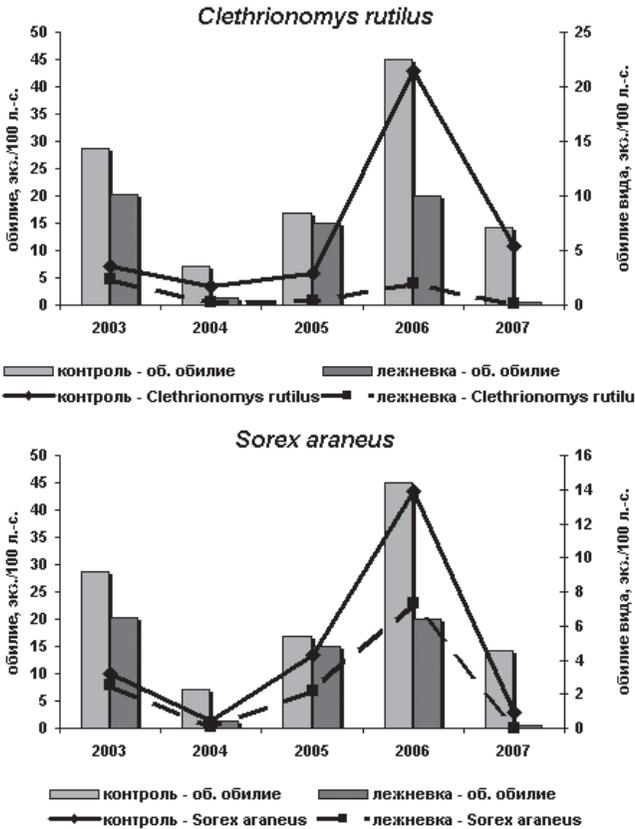


Рис. 2–3. Первая группа видов (совпадают с динамикой общей численности мелких млекопитающих и между контрольными и опытными участками).

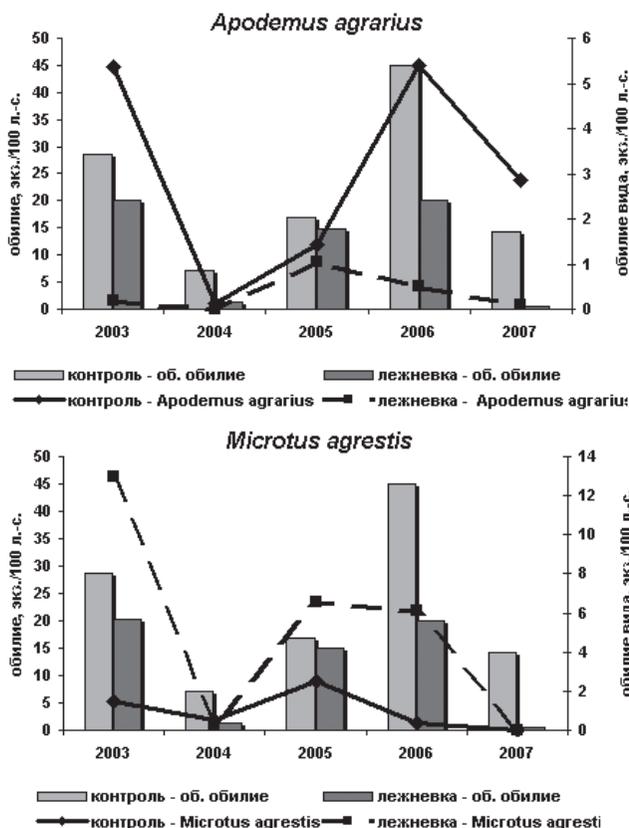


Рис. 4–5. Вторая группа видов (совпадают с общей численностью животных, но не совпадают между контрольными и опытными участками).

первой канонической оси виды мелких млекопитающих распределяются по приуроченности к контролю и импакту. Вторая каноническая ось отражает взаимосвязь между общей численностью мелких млекопитающих и фазами динамики численности отдельных видов-доминантов. В годы депрессии численности структура сообществ микромаммалий в районе лежневой дороги и в контроле сближаются. Выборки с участка на оз. Б. Игиш показывают высокое сходство с контролем, по-видимому, это обусловлено близкими микростациональными условиями среды обитания.

Соотношение частот встречаемости отдельных видов определяет положение выборок в пространстве канонических осей. Характер расположения контрольных выборок 2003 и 2004 гг. по

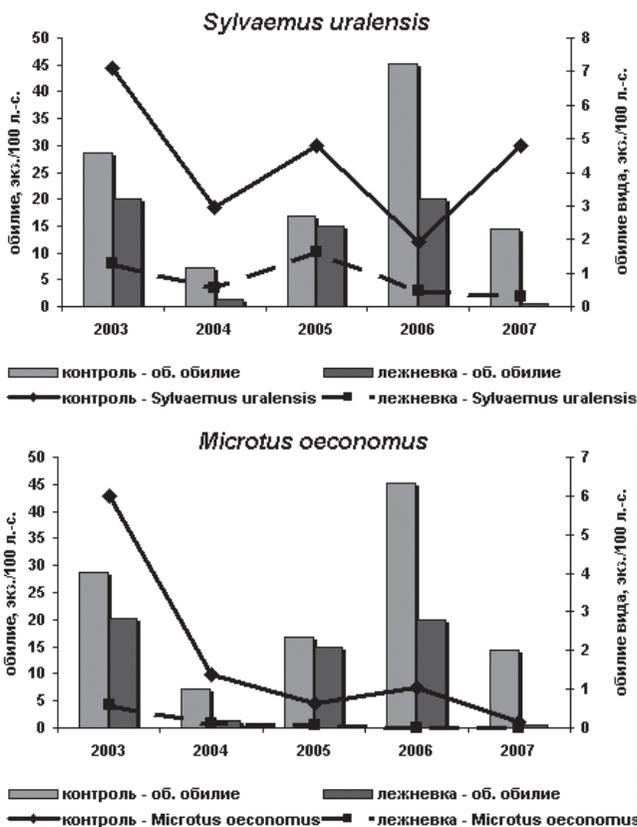


Рис. 6–7. Третья группа видов (не совпадают с общей численностью мелких млекопитающих, но хорошо совпадают между контрольными и опытными участками).

второй канонической оси обусловлен высокой численностью полевки-экономки. Положение выборки 2006 г. определено абсолютным доминированием красной полевки. На Лежневке абсолютное доминирование пашенной полевки в годы высокой численности мелких млекопитающих (2003 и 2005–2006 гг.) и резкое снижение ее численности в годы депрессии (2004 и 2007 гг.) обуславливают различие в положении выборок этих лет. Сходство выборок в контроле и на Лежневке в 2006 г. обусловлено высокой численностью бурозубок на обоих участках. Расположение выборок с участка оз. Б. Игиш определено сходством видового состава с контрольными выборками 2003 и 2004 гг., высоким обилием малой лесной мыши и полевки-экономки.



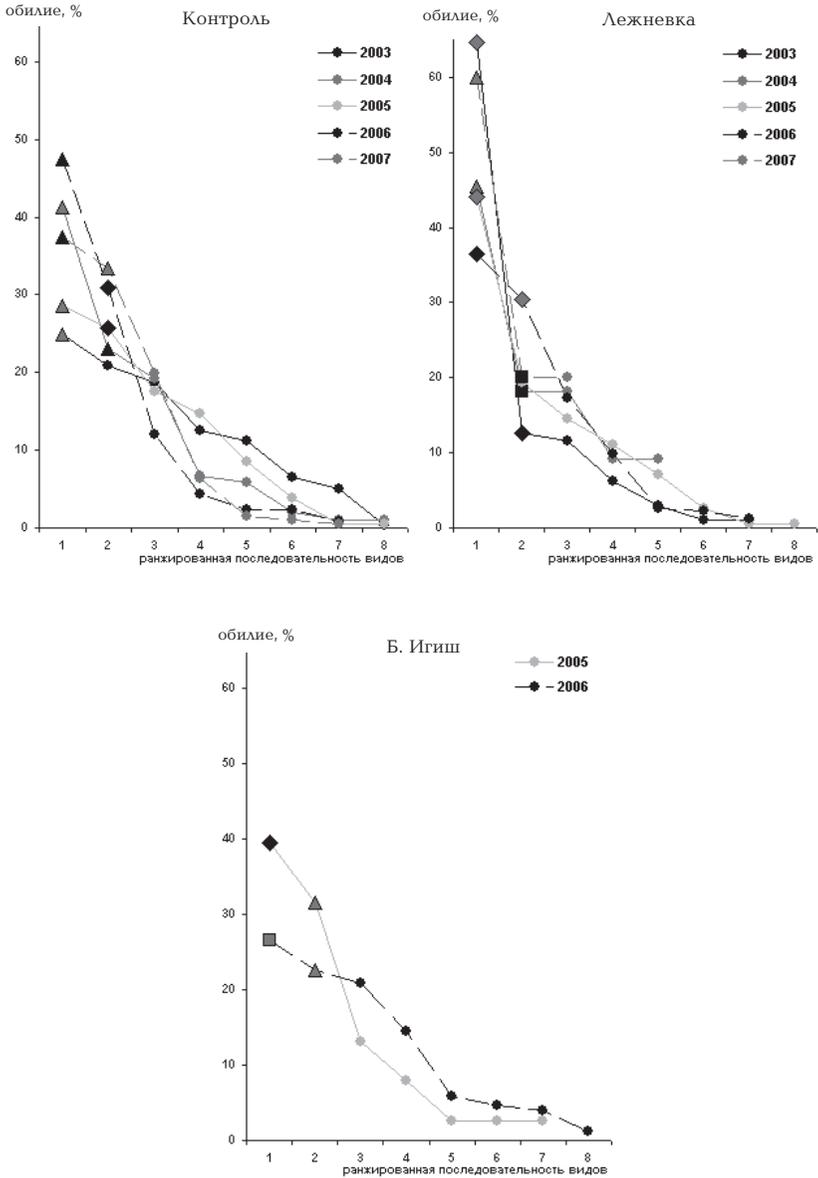


Рис. 9. Ранговое распределение по обилию видов на контрольной и импактной территориях. (▲— *Clethrionomys rutilus*; ▲— *Sylvaemus uralensis*; ◆— *Sorex araneus*; ◆— *Microtus agrestis*; ■— *Apodemus agrarius*; ■— *Microtus oeconomus*).



Рис. 10. Соотношение числа видов, обилия и индексов видового богатства, выравненности и доминирования на исследованных участках.

ториях в годы с низкой численностью, но в целом, за исследуемый период, имеют общие тенденции (рис. 10).

Изменение значений показателя видового богатства (индекс Маргалефа) в контроле и на оз. Б. Игиш соответствуют изменению обилия мелких млекопитающих на этих территориях, то есть видовое богатство возрастает с увеличением обилия животных. На Лежневке эта закономерность также прослеживается, кроме года депрессии численности (2007 г.), так как индекс чувствителен к исходному размеру выборки. Индексы неоднородности, основанные на оценке относительного обилия видов, одновременно учитывают и выравненность, и видовое разнообразие. На контрольной территории в годы депрессии численности разнообразие (индекс Шеннона) снижается относительно периодов высокой численности. Пик численности в 2006 г. обусловлен абсолютным доминированием красной полевки, поэтому показатель разнообразия невысок. На территории Лежневки в год депрессии численности животных (2004 г.) разнообразие повышается. Во второй год депрессии (2007 г.) разнообразие резко падает. На участке оз. Б. Игиш индекс Шеннона имеет более высокое значение во второй год отлова животных. Это, возможно, связано не столько с увеличением числа видов, сколько с различиями в ловчих усилиях. Выравненность видов (индекс Пиелу) в контроле и на Б. Игише стабильна. На Лежневке в годы пика и подъема численности выравненность снижается при высоком обилии вида-доминанта (пашенная полевка). Примененный нами индекс разнообразия Животовского является зависимым от изменения обилия редких видов: чем больше видов, представленных единичными особями, тем ниже разнообразие. Эта

закономерность наблюдается в изменении значений индекса в рассматриваемых выборках. Изменение индексов доминирования отдельных видов (индексы Симпсона и Бергера-Паркера) показывают увеличение разнообразия в те годы, когда нет ярко выраженного доминирующего вида.

Сходство вариантов населения животных определяли по коэффициенту Чекановского-Съеренсена ( $I_{cs}$ ) для количественных показателей в форме  $b$ , не чувствительному к разным размерам выборок (Песенко, 1982). Значимость различий оценивалась при помощи программы BIODIV. Сообщества мелких млекопитающих на фоновой и импактной территориях хорошо различаются в периоды высокой численности, но имеют высокое сходство в период депрессии (2004, 2007 гг.). Население мелких млекопитающих в районе оз. Б. Игиш является переходным между контролем и Лежневкой (рис. 11).

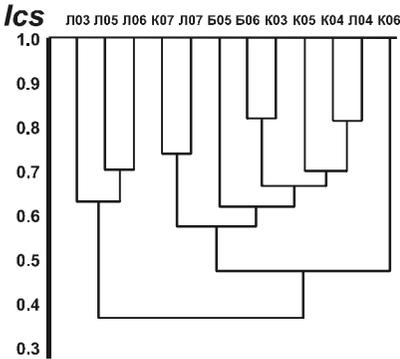


Рис. 11. Дендрограмма сходства сообществ мелких млекопитающих, населяющих контрольную и опытные территории ВУРСа.

В результате анализа структуры сообществ мелких млекопитающих, обитающих на радиационно-загрязненных и контрольной территориях, можно сделать следующие выводы:

Динамика общей численности населения мелких млекопитающих и численности отдельных видов в разные годы в целом совпадают на контрольной и импактных территориях.

Различия в видовом составе отражают скорее биотопические особенности контрольной и импактных участков, нежели влияние радиационного фактора.

Изменение индексов разнообразия имеют различный характер на фоновом участке и в условиях радионуклидного загрязнения в годы с низкой численностью, но в целом за исследуемый период имеют общие тенденции.

Сообщества мелких млекопитающих на территории контроля и Лежневки хорошо различаются в периоды высокой численности, но имеют высокое сходство в период депрессии (2004 и 2007 гг.). Население мелких млекопитающих, обитающих в средней части ВУРСа (район оз. Б. Игиш), по видовому составу и структуре сообществ является переходным между населением контрольных территорий и территорий головной части ВУРСа (Лежневка).

Постоянно низкая численность животных, обитающих на радиационно-загрязненной территории, по сравнению с контролем, по-видимому, отражает действие радиационного фактора.

Структура населения животных, обитающих на радиационной территории, чувствительна к влиянию внешних факторов, но при этом достаточно устойчива.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 07 – 04 – 96096) и Программы развития ведущих научных школ (НШ – 1022.2008.4).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Ильенко А.И.* Концентрирование животными радиоизотопов и их влияние на популяцию. М.: Наука, 1974. С. 169.
- Ильенко А.И., Покаржевский А.Д.* Влияние биоценологических различий на концентрирование стронция-90 мелкими млекопитающими // Зоологический журнал. 1972. Т 51. № 8. С. 1219 – 1224.
- Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Кривоуцкий Д.А.* Биоразнообразие и методы его оценки: Учебное пособие. М.: Моск. Ун-т, 1999. 95 с.
- Мэгарран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.
- Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.

### **ИЗУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ**

**О.В. Крашенинникова, М.А. Коромылова, Н.В. Чукина**

*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург*

Высшие водные растения, как и другие гидробионты, при загрязнении водной среды испытывают действие химических веществ, которые часто вызывают окислительный стресс. В клетках живых организмов функционирует многоуровневая

система антиоксидантной защиты, включающая ферменты и низкомолекулярные вещества: аскорбат, глутатион, флавоноиды и т.д.

Цель работы — исследовать компоненты системы антиоксидантной защиты в листьях высших водных растений (гидрофитов) из водотоков с различным уровнем антропогенного воздействия. Исследованы погруженные и плавающие гидрофиты (*Potamogeton alpinus* Balb., *Potamogeton perfoliatus* L., *Potamogeton crispus* L., *Elodea canadensis* Rich., *Ceratophyllum demersum* L., *Batrachium trichophyllum* Bosch., *Lemna gibba* L., *Sagittaria sagittifolia* L.) из водотоков Свердловской области с различной степенью антропогенной нагрузки (р. Пышма, Исеть, Чусовая и т.д.). Анализ поглотительной способности гидрофитов по отношению к тяжелым металлам показал, что наибольшими значениями коэффициентов биологического накопления металлов отличались *Elodea canadensis*, *Potamogeton perfoliatus*, *Ceratophyllum demersum*, *Batrachium trichophyllum*, *Lemna gibba*.

Для исследованных видов обнаружена четкая картина: активность каталазы и содержание каротиноидов в листьях гидрофитов возрастали при повышении антропогенного воздействия на водоток. Прослеживалась тенденция увеличения активности фермента супероксиддисмутазы в листьях *Potamogeton alpinus* и *P. perfoliatus* с повышением антропогенной нагрузки на водную экосистему.

Изучение активности гваяколпероксидазы и содержания низкомолекулярных антиоксидантов (пролина, аскорбиновой кислоты, флавоноидов и глутатиона) не выявило подобных закономерностей. Содержание в листьях аскорбиновой кислоты у *Ceratophyllum demersum* и *Lemna gibba* было существенно выше по сравнению с другими видами. У *Ceratophyllum demersum* было зафиксировано также максимальное количество глутатиона. Наибольшим накоплением в листьях пролина характерны для *Lemna gibba*. Повышенное его количество было обнаружено также в листьях *Batrachium trichophyllum*, *C. demersum*, *Elodea canadensis*. Эти же виды гидрофитов отличались и более высокой активностью фермента супероксиддисмутазы. У большинства видов гидрофитов наблюдался высокий уровень содержания флавоноидов. Максимальное их количество обнаружено у *Ceratophyllum demersum* и *Batrachium trichophyllum*.

Таким образом, у большинства исследованных видов гидрофитов активность каталазы и содержание каротиноидов возрастали с увеличением антропогенной нагрузки на водные экосистемы. Это свидетельствует о возможности активизации биохимических защитных механизмов при действии стрессоров химической природы. Для видов с максимальной аккумулирующей способностью харак-

терны повышенная активность супероксиддисмутазы и высокое содержание в листьях низкомолекулярных антиоксидантов. Очевидно, эффективная работа антиоксидантной системы способствует повышению устойчивости растений к действию тяжелых металлов.

## УНИКАЛЬНАЯ ФЛОРА СТЕПНЫХ ХОЛМОВ ОКОЛО СЕЛА БЕСЕДИНО (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Т.А. Кудашкина, О.В. Рыжкова

*Самарский госуниверситет*

На территории Оренбургской области есть природные объекты, нуждающиеся в охране. Одним из них является система холмов, расположенная в Пономаревском районе на правом берегу р. Зерекла, впадающей в р. Большой Кинель, в 4 км на северо-восток от села Беседино.

На склонах, в основном южных, и вершинах холмов, где повсеместно обнажаются породы татарского и небольшие участки казанского ярусов верхнепермской системы, получила развитие каменистая степь — редкий незональный тип растительности. Флора этого комплекса холмов содержит 38 видов эндемиков (27.14% от общего состава флоры холмов) (Плаксина, 2001). На изучаемой территории отмечено большое количество редких, исчезающих видов растений — 44 вида (31.21% от общего состава флоры). Ряд видов представляет большой научный интерес. В Красную Книгу РСФСР (1988) входит 8 видов. Из них 2 представителя — включены в Красную Книгу СССР (1984): тонконог жестколистный (*Koeleria sclerophylla* P. Smirn.) и шаровница точечная (*Globularia punctata* Lapeyr.). В Красной книге Оренбургской области (1998) находятся 8 видов.

Вышеизложенный материал с учетом геологического сложения древних пород дает основание для присвоения этой местности статуса «Памятник природы регионального значения».

### ЛИТЕРАТУРА

- Красная книга Оренбургской области. Оренбург: Оренбургское кн. изд-во, 1998. С. 131 – 175.
- Красная книга РСФСР (растения). М.: Росагропромиздат, 1988. 590 с.
- Красная книга СССР: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. Т.2. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 480 с.
- Плаксина Т.И. Конспект флоры Волго-Уральского региона. Самара: Самарский университет, 2001. 388 с.

# МАССА НАДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ ДРЕВОСТОЯ В ЕЛЬНИКЕ ЧЕРНИЧНО-СФАГНОВОМ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

---

М.А. Кузнецов

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

На Европейском Северо-Востоке еловые леса являются доминирующими и выполняют важные биосферные функции. В условиях средней тайги они представлены насаждениями зеленомошной, долгомошной и сфагновой группами типов. На территории Республики Коми в подзоне средней тайги ельники произрастают на площади 6.74 млн. га, из них 49% занимают заболоченные типы сообществ (Бобкова, 2006). Цель работы — оценка массы отдельных органов деревьев и древостоя ельника на болотно-подзолистых почвах.

Исследования проводили в подзоне средней тайги на территории Ляльского лесозоологического стационара в ельнике чернично-сфагновом (62°17'с.ш., 50°40'в.д). Древостой ельника чернично-сфагнового V класса бонитета, смешанный по составу, разновозрастный. Запас древесины составляет 200 м<sup>3</sup>/га.

Массу надземных органов ели определяли методом модельных деревьев (Уткин, 1975). В конце июля — начале августа было проанализировано 14 модельных деревьев ели и три березы разных ступеней толщины. Была проанализирована пригодность регрессионных уравнений разного вида для оценки зависимости массы отдельных органов деревьев от диаметра ствола. Во всех случаях связь массы отдельных компонентов дерева с диаметром лучше всего описывается степенным уравнением, значения коэффициентов регрессии и  $R^2$  приведены в таблице. Отмечена тесная связь между массой хвои, ветвей, стволовой древесины, коры и диаметром ствола. Связь общей фитомассы надземных органов деревьев ели с диаметром выражается уравнением  $y = 0.0824x^{2.5328}$ ,  $R^2 = 0.9794$ . На основе приведенных нами регрессионных уравнений и данных перечетов деревьев определена масса надземных органов древостоя.

В ельнике чернично-сфагновом подзоны средней тайги, развивающемся на торфянисто-подзолисто-глеевой почве, общая масса надземных органов древостоя составляет 139.64 т/га абсолютно сухого вещества. Из них ель формирует 94.7%; береза — 3.3; сосна — 1.8; пихта — 0.2% массы. Основная часть органической массы древостоя (79.8%) приходится на стволовую древесину. Стволовая кора составляет 9.8%; ветви — 11.2%; хвоя (листья) — 9.2% от общей массы древостоя.

Таблица. Параметры зависимости массы отдельных органов ( $y$ ) деревьев ели от их диаметра ( $x$ ):  $y=ax^b$

Фракция фитомассы	коэффициенты		$R^2$	Погрешность уравнения	
	$a$	$b$		абсолютная	относительная
Древесина стволовая	0.041	2.635	0.976	16.82	0.13
Кора стволовая	0.003	2.758	0.898	3.60	0.30
Ветви	0.013	2.361	0.929	0.94	0.15
Хвоя	0.024	2.196	0.896	1.14	0.13

Древостой ельника чернично-сфагнового накапливает фитомассы в 1.2 – 1.5 раза меньше, чем ельник черничный (Бобкова, 1987; Забоева, 1975).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 07 – 04 – 00104).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов Европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
- Бобкова К.С. Еловые леса средней подзоны тайги // Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. СПб.: Наука, 2006. С. 99 – 159.
- Забоева И.В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 344 с.
- Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты) // Итоги науки и техники. Сер. «Лесоведение и лесоводство». М.: ВНИИТИ, 1975. Т. 1. С. 9 – 190.

## ПОГРАНИЧНЫЕ УКРЕПЛЕНИЯ РУССКОГО ГОСУДАРСТВА В ЛЕСОСТЕПНОМ ЗАУРАЛЬЕ

**А.Я. Кунгурцев**

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Для решения фундаментального вопроса развития почв во времени определённую перспективу представляют различные археологические объекты. В связи с этим производится специальный подбор памятников (возраст, расположение на местности, предназначение). Почвенные образцы исследуются по стандартным методикам. Изучены почвы валов и прилегающих территорий археологических памятников: Язевский, Черемисский, Савин вал (фон) и валы Прыговского и Мехонского городищ, расположенных на территории Курганской области. Растительный покров

фоновой и антропогенно-нарушенных территорий имеет близкий видовой состав и представлен характерными видами лесных и степных сообществ с гнездовым расположением лесной растительности. Формирование растительных сообществ происходит по зональному типу. Почвообразовательный процесс на антропогенно-нарушенных территориях идёт на песчаных и легко суглинистых почвах. Исключение — Черемиский вал (глины лёгкие и средние).  $pH$  среды слабокислая или близка к нейтральной. Наиболее подкислены почвы участков с усечённым почвенным профилем  $pH(H_2O) = 4.9 - 6.6$ ;  $pH(KCl) = 4.0 - 5.7$ . Значения суммы обменных оснований, гидролитической кислотности, содержание биофильных элементов и общего углерода на выровненных участках и в почвах рвов резко убывает с глубиной. В почвах валов данные показатели имеют бимодальный характер распределения. Наибольшие запасы гумуса в 20-ти см слое наблюдаются в почвах рвов 180 – 294 т/га (высокое и очень высокое), далее следуют почвы насыпей и погребённые почвы — 46 – 198 т/га (низкое и высокое). Выровненные участки — 13 – 60 т/га (низкий и очень низкий). Фон — 65 т/га (низкий). Развитие почвенного покрова на антропогенно-нарушенных территориях происходит по чернозёмному типу почвообразования, но значения основных физико-химических показателей ещё не соответствуют значениям фоновых почв.

## МОРФОСТРУКТУРА ДРЕВОСТОЯ И РОСТ ДЕРЕВЬЕВ КОРЕННОГО СОСНЯКА БРУСНИЧНОГО СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

И.Н. Кутявин

Сыктывкарский лесной институт

Сосновые леса на территории Республики Коми занимают 7.1 млн га. Они сформированы *Pinus sylvestris*. Исследования выполнены в средней подзоне тайги на территории Печоро-Ильчского государственного биосферного заповедника. Работа проводилась в старовозрастном сосняке брусничном. Древостой сосняка IV класса бонитета, полнота — 0.6, имеет состав 10С. Распределение деревьев сосны по естественным ступеням толщины близко к нормальному. Отмечается довольно тесная связь ( $R^2 = 0.86$ ) между эталонным и фактическим распределениями деревьев по диаметру. В древостое присутствуют деревья трех поколений (180, 260 и 320 лет), что связано с неоднократными низовыми пожарами. Выявлена довольно тесная связь ( $R^2 = 0.77$ ) между диаметром и высотой

деревьев. Связь между диаметром и возрастом, а также высотой с возрастом положительная, но очень слабая.

Динамика роста деревьев сосны по диаметру описывается логарифмической кривой при ( $R^2 = 0.92$ ). Она близка к кривой, построенной для сосновых древостоев IV класса бонитета. У деревьев первого и второго поколения, имеющих возраст 260–340 лет, наиболее интенсивный прирост по диаметру отмечается в возрасте 80–110 лет, тогда как у деревьев третьего поколения (140–240 лет) — в возрасте 20–30 и 90–100 лет, что, видимо, объясняется биологическими особенностями сосны. Следует также отметить, что за последние 150 лет у деревьев разных поколений обнаружена сходная динамика прироста древесины. Анализ динамики роста деревьев сосны в связи с изменениями среднесуточной температуры воздуха, приведенного для Европейского Северо-Востока, показывает, что основные тренды динамики температуры и роста деревьев сосны имеют одинаковое направления.

## АНАЛИЗ ЗАЛЕЖНОЙ ФЛОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТУВЫ

М.М. Куулар, А.В. Ооржак

*Тувинский госуниверситет, г. Кызыл*

Специального изучения флоры и растительности залежных земель Тывы еще не проводилось. В ходе полевых исследований нами начаты комплексные работы по залежным экосистемам. Маршруты 2003–2004 гг. охватили Дзун-Хемчикский и Улуг-Хемский кожууны, а 2005–2007 гг. — Пий-Хемский, Кызылский и Тандынский районы республики. Залежные сукцессии изучались нами на черноземах и темнокаштановых почвах. В связи с этим необходимы специальные исследования особенностей зарастания заброшенной пашни, видового состава растительности, стадий зацеplинения и их длительности, возможности восстановления плодородия почвы при зарастании залежей и перспективы их использования в качестве кормовых угодий.

Список растений описанных и изученных нами залежных фитосистемах в Центрально-Тувинской котловине включает 110 видов сосудистых растений, относящихся к 27 семействам и 80 родам. В Центральной Тыве численно преобладают травянистые многолетние растения (57%). Второй группой по количеству видов жизненных форм являются однолетние (22%), двулетние (9%) и однодвулетние (6.4%) травянистые растения. В экологических спектрах господствующие позиции занимают ксерофиты (50/46%), мезоксе-

рофиты (31/29%), ксеропетрофиты (8/6%). Анализ результатов исследований залежных экосистем Тувы позволит обосновать новую концепцию экологического земледелия для аридных и континентальных районов Внутренней Азии.

## СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ИЗ СЕМЕЙСТВА ОРХИДНЫХ В ИЛЬМЕНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

**С.А. Лесина**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

К числу основных проблем современности относится сохранение биологического разнообразия. Почти все виды растений, принадлежащие к семейству Орхидных, занесены в Красные книги РСФСР, Челябинской области, Среднего Урала, Республики Башкортостан. Распространение многих из них изучено слабо в связи с большой сложностью обнаружения растений в нецветущем состоянии. Для этого необходимо знать фенологические ритмы развития орхидей.

Исследования проводились в 2000, 2006, 2007 гг. в Ильменском государственном заповеднике (ИГЗ). Изучение ценопопуляций проводилось на постоянных пробных площадях, заложенных в характерных местообитаниях. На охраняемой территории произрастает 21 вид орхидей. Объектами исследования стали 10 видов, относящихся по классификации И.В. Татаренко (1996) к разным жизненным формам. Длиннокорневищный травянистый многолетник *Cypripedium guttatum* Sw.; короткокорневищные: *Cypripedium calceolus* L., *C. ventricosum* Sw., *C. macranthon* Sw., *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess., *E. helleborine* (L.) Crantz, *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Goodyera repens* (L.) R. Br.; тубероидные многолетники: *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br., *Neottianthe cucullata* (L.) Schlecht, *Orchis ustulata* L., *Platanthera bifolia* (L.) Rich. У каждого вида отмечали сроки наступления фенологических стадий: начало вегетации, бутонизацию, цветение, плодоношение, диссеминацию (таблица).

Появление и скорость развития весенних и раннелетних видов орхидей находится в прямой зависимости от метеорологических и эдафических условий. Сроки наступления фенологических фаз позднелетних видов не зависят от внешних условий. Наименьший период вегетации — у бесхлорофильного корневищного многолетника *Neottia nidus-avis*, наибольший — у вечнозеленого корневищного многолетника *Goodyera repens* и вегетативного однолетника со

Таблица. Средние даты наступления фенологических фаз орхидей в ИГЗ

Вид	Появление ростков	Бутионизация	Начало цветения	Конец цветения	Диссеминация	Период вегетации
<i>Cypripedium guttatum</i>	25.05	05.06	10.06	25.06	19.09	140
<i>Cypripedium calceolus</i>	15.05	30.05	6.06	19.06	19.09	150
<i>Cypripedium macranthon</i>	15.05	30.05	5.06	18.06	19.09	150
<i>Cypripedium ventricosum</i>	15.05	30.05	5.06	18.06	19.09	150
<i>Epipactis atrorubens</i>	15.05	1.07	10.07	21.07	20.08	120
<i>Epipactis helleborine</i>	15.05	1.07	10.07	21.07	20.08	120
<i>Gymnadenia conopsea</i>	10.05	15.06	20.06	1.07	20.08	120
<i>Goodyera repens</i>	20.04	10.07	15.07	10.08	15.09	360
<i>Neottia nidus-avis</i>	24.05	10.06	12.06	12.07	20.08	100
<i>Neottianthe cucullata</i>	20.06	10.07	15.07	16.08	19.09	120
<i>Orchis ustulata</i>	10.05	28.06	1.07	10.07	20.08	120
<i>Platanthera bifolia</i>	10.05	15.06	20.06	1.07	10.09	160

стеблевым тубероидом *Platanthera bifolia* (см. таблицу). Причем период вегетации всех возрастных стадий у этих видов одинаковый.

В роду *Cypripedium* дольше всего вегетируют генеративные особи, сенильные растения засыхают в середине августа. Проростки появляются только в начале июля и отмирают в конце октября. Существенных различий в сроках вегетации растений разных возрастных стадий у остальных родов не наблюдали. *Orchis ustulata* при неблагоприятных климатических условиях не образует генеративных побегов.

#### ЛИТЕРАТУРА

Татаренко И.В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны. М.: Аргус, 1996. 207 с.

### БИОАКУСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРИКОВ ЭКСТРЕННОГО ПРОБУЖДЕНИЯ ОТ ЗИМНЕГО СНА У *EPITESICUS NILSSONII* И *PLECOTUS AURITUS*

М.А. Манюкин

Пензенский государственный педагогический университет

Целью работы являлось описание криков экстренного пробуждения от зимнего сна представителей двух видов рукокрылых:

*Eptesicus nilssonii* (Keyserling, Blasius, 1839) и *Plecotus auritus* (Linnaeus, 1758). В задачи работы входило описание звуковых сигналов по ряду качественных и количественных параметров, оценка внутривидовой изменчивости и половой специфичности сигналов. Работа проводилась в искусственных подземельях, расположенных в окрестностях с. Ширяево Ставропольского р-на Самарской обл. (Жигулёвский заповедник). Сбор материала проводился в ноябре 2005 и 2006 гг. Звуковые сигналы зверьков записывались в момент пробуждения, которое провоцировалось путём лёгкого прикосновения к их телу.

Временной и спектрографической анализ данных показали, что звуки, характерные для изучаемых видов, имеют ряд особенностей. Всего изучен 241 сигнал *Pl. auritus*: 131 — от самок, 110 — от самцов. Анализ половой специфичности параметров звуков с использованием критерия Вилкоксона показал наличие половых различий по продолжительности ( $p < 0.001$ ) и скважности ( $p < 0.05$ ) звуков. Среднестатистическая продолжительность сигнала у самцов составляет  $0.94 \pm 0.39$  с ( $CV = 41.4\%$ ), у самок —  $0.70 \pm 0.36$  с ( $CV = 50.8\%$ ). Период следования сигнала у самцов —  $2.13 \pm 0.72$  с ( $CV = 33.5\%$ ), самок —  $1.93 \pm 0.80$  с ( $CV = 41.4\%$ ). Скважность сигнала самцов —  $2.55 \pm 0.87$  с ( $CV = 34.3\%$ ), самок —  $3.53 \pm 2.63$  с ( $CV = 74.5\%$ ). Сигналы у особей этого вида имеют дискретную структуру, т.е. состоят из отдельных импульсов, отделённых друг от друга паузами (92.7% у самцов, 78.6% у самок). В 70.9% сигналов самцов и в 52.7% сигналов самок встречается дополнительный частотный компонент (одиночная гармоническая сильно модулированная по частоте (от 10 до 14 кГц) полоса с различной продолжительностью (от 0.05 до 1.2 с)).

Для *E. nilssonii* (всего изучено 190 сигналов: 60 — от самок, 130 — от самцов) характерны непрерывные сигналы в режиме детерминированного хаоса. Сигнал начинается коротким (1 — 5% общей продолжительности) относительно громким участком (амплитуда в 1.5 — 2.5 раза больше, чем в последующей части звука). Звук незначительно модулирован по частоте. Сигналы имеют половую специфичность по продолжительности ( $p < 0.001$ ) и периоду следования ( $p < 0.001$ ).

Среднестатистическая продолжительность сигнала у самцов составляет  $1.71 \pm 0.39$  с ( $CV = 22\%$ ), самок —  $2.00 \pm 0.64$  с ( $CV = 31.8\%$ ). Период следования сигнала самцов —  $3.10 \pm 0.76$  с ( $CV = 24.5\%$ ), самок —  $3.52 \pm 0.88$  с ( $CV = 25.1\%$ ). Скважность сигнала самцов —  $1.85 \pm 0.28$  с ( $CV = 15.2\%$ ), самок —  $2.10 \pm 1.42$  с ( $CV = 67.9\%$ ). Доля дискретизированных сигналов составила 8.5% у самцов и 20% у самок. Допол-

нительный частотный компонент для звуков *E. nilssonii*, в отличие от звуков *Pl. auritus*, не характерен.

Данная работа является первым этапом на пути детального биоакустического описания слышимых звуков, издаваемых рукокрылыми, зимующими на территории Жигулёвского заповедника с целью изучения степени дифференциации видов и поиска надёжных различий у видов-двойников.

## ЭКОЛОГИЯ АМФИБИЙ ПРИРОДНОГО ПАРКА «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ»

**А.В. Матковский**

*Сургутский госуниверситет*

Исследования проводили на территории природного парка «Сибирские Увалы», в окрестностях баз «Брусовая» (июль 2003 г.) и «Глубокий Сабун» (июль 2004 г., июнь — август 2006 г., май — сентябрь 2007 г.). Для изучения отдельных сторон экологии земноводных использовали стандартные методы (Динесман, Калецкая, 1952; Банников, Денисова, 1956; Кузякин, 1962; Охотина, Костенко, 1974; Гаранин, Панченко, 1987; Щербак, 1989; Доннели, 2003; Шеффер, Элфорд, 2003).

Всего на изученной территории обитает три вида земноводных. Обыкновенная жаба (*Bufo bufo*) — обычна, остромордая лягушка (*Rana arvalis*) — редка, сибирский углозуб (*Salamandrella keyserlingii*) — очень редок. Период активности у обыкновенной жабы длится приблизительно 109 дней, у остромордой лягушки — около 100 дней. Сезонный пик численности амфибий приходится на первую половину августа. Обыкновенная жаба наиболее активна во второй час ночи, остромордая лягушка — в первый. Дневная активность отмечена у обоих видов. Сеголетки активны в течение суток. *B. bufo* населяет увлажнённые, нередко облесенные местообитания. В период высокой влагообеспеченности многочисленна на верховых кустарничковых торфяных болотах. *R. arvalis* предпочитает хорошо увлажненные или сравнительно заболоченные местообитания. *S. keyserlingii* встречается в пойменных, хорошо увлажненных биотопах. В популяции обыкновенной жабы преобладают сеголетки (64.0%), на долю молодых приходится всего лишь 4.7%, половозрелых — 31.3%. Среди молодых особей соотношение полов (самцы/самки) равно 1:2. Среди взрослых соотношение полов сдвинуто в сторону самцов и составляет 1:1.3 (самки/самцы). В структуре

популяции остромордой лягушки доля сеголеток (22.4%) уступает и молодым (48.0%), и взрослым (29.6%), что определяется, на наш взгляд, одновременностью размножения и элиминирующим воздействием температурного фактора, особенно на ранние стадии онтогенеза. Соотношение полов (самки/самцы) у молодых и взрослых особей остромордой лягушки равно 1:1. Фоновый вид изученной территории (*B. bufo*) приступает к размножению в первой декаде июня. На нерестилищах встречаемость самцов, не участвующих в спаривании, в 7 раз превышает количество особей, принимающих участие в размножении. Икра откладывается в сжатые сроки, эмбриогенез длится 8 дней. Средние размеры размножающихся самцов 54–73 мм, самок — 77–82 мм. Средняя плодовитость —  $3255 \pm 16$  (1600–4780) икринок. Длина икранных шнуров в среднем составляет 726 см. Развитие личинок 33 дня, выклев головастиков приходится на вторую декаду июня. Выход сеголеток происходит в середине июля.

По характеру потребления пищи все земноводные изученной территории — зоофаги. Обыкновенная жаба является мирмекофагом. В её питании преобладают герпетобионты, субдоминантное значение в период размножения занимают гидробионты. В рационе остромордой лягушки также преобладают герпетобионты (личинки чешуекрылых, наземные пауки). Диета сибирского углозуба представлена в основном малоподвижными беспозвоночными — наземными моллюсками и личинками чешуекрылых. Канныализм у всех трех видов амфибий на данной территории не отмечен.

## ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЭПИФИТНОГО ЛИШАЙНИКА *LOBARIA PULMONARIA* НА УРАЛЕ

### В.С. Микрюков

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург,  
Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург*

По сравнению с животными и сосудистыми растениями, популяционные исследования лишайников не так популярны. Основной причиной этого может быть наше слабое понимание их места в биоте, а также неопределенность в отношении лишайников терминов популяционной биологии.

Тем не менее, изучение популяционной структуры является очень важной задачей, поскольку позволяет оценить жизнеспособность популяций и предсказать судьбу вида в данных условиях. Это

особенно актуально для редких видов и видов, находящихся под угрозой исчезновения, поскольку способствует выявлению «слабых звеньев» в их жизненном цикле и необходимо для разработки стратегии их охраны (Scheidegger et al., 2002). Исследования численности и структуры популяций лишайников в разных экологических условиях также могут пролить свет и на популяционные механизмы устойчивости и чувствительности лишайников к техногенным нагрузкам (Михайлова, 2004; 2005). Однако, как эволюционные, так и флороохранные задачи требуют изучения структуры вида и его популяционного разнообразия на протяжении всего ареала.

Для последующего сохранения находящихся под угрозой видов (особенно с маленькими и изолированными популяциями) наиболее часто оценивается генетическая изменчивость популяций. В общем случае предполагается, что высокая генетическая изменчивость поддерживает жизнеспособность видов и увеличивает вероятность выживания популяций.

Объектом данного исследования является эпифитный лишайник *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. Данный вид имеет сокращающуюся численность, и занесен в красную книгу России. Более того, он находится под угрозой исчезновения в большинстве стран Центральной Европы. Плачевное состояние его популяций — следствие атмосферного загрязнения, разрушения условий обитания, а так же связано с особенностями его размножения и длительностью жизненного цикла.

Цель работы — изучить популяционную структуру *L. pulmonaria* с помощью маркеров генетического разнообразия (микросателлитов). Задачи исследования: оценка распространения и состояния популяций лишайника на Урале, анализ генетической изменчивости популяций и оценка их репродуктивного потенциала.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

**Район исследования.** Исследования проводились в Свердловской и Челябинской области, в республиках Коми и Башкортостан (табл. 1). Отбор образцов осуществлялся в трех точках для каждой популяции. Самыми северными точками сбора являются национальный парк Югыд-Ва и Печоро-Илычский заповедник. На Северном Урале образцы собирались начиная от устья р. Ахтыл, по р. Лозьве, а также недалеко от ГПЗ «Денежкин Камень» (оз. Нижнее). На Среднем Урале *L. pulmonaria* обнаружен не был. В Челябинской области лишайник был собран вблизи вершины Нургуш, на р. Карагайке и р. Юрюзани, а также в районе горы Иремель

(Южный Урал, граница Челябинской области и Республики Башкортостан, Белорецкий район). В Башкирии материал получен из Южно-Уральского государственного природного заповедника, неподалеку от рек Тюльма и Селеук (Ишимбайский район).

Таблица 1. Район исследования

Местонахождение	Порядковый номер популяции	Широта	Долгота
Республика Коми			
Югыд-Ва	1	64° 18.884' N	59° 04.524' E
Печоро-Ильинский зап.	2	62° 25.813' N	58° 30.534' E
Северный Урал			
р. Лозьва	3	61° 49.094' N	59° 53.302' E
оз. Елесинское	4	61° 25.913' N	60° 07.899' E
оз. Нижнее	5	60° 28.877' N	59° 58.255' E
Иремель			
гора Иремель	6	54° 33.395' N	58° 49.342' E
Южный Урал			
р. Тюльма	7	54° 17.713' N	57° 37.685' E
р. Селеук	8	53° 20.657' N	56° 31.897' E

Примечание: популяции упорядочены в соответствии с их широтным расположением

**Методика отбора проб.** В каждой популяции с 20 деревьев отбирали по 3 таллома *L. pulmonaria* (по одному с трёх сторон ствола, где это было возможно). Сначала сбор производился с 10 ближайших деревьев (расстояние между ними не превышало 50 метров), остальные 10 деревьев были удалены от центральной точки на 100 и более метров. Для каждого дерева фиксировались следующие показатели: GPS-координаты (с точностью около 5 м), высота над уровнем моря, вид форофита, диаметр дерева, его жизнеспособность и положение в древостое, освещенность местообитания, размер колонии *L. pulmonaria*. Для каждого собранного образца (всего 752 талломов) регистрировались его местоположение на стволе (высота и экспозиция), а также стадия развития: стерильная (без репродуктивных структур), соредиозная, изидиоидно-соредиозная, фертильная (с апотециями).

**Молекулярный анализ.** Молекулярный анализ производился в лаборатории Федерального Института Исследования Леса, Ландшафта и Снега (WSL, Бирменсдорф, Швейцария) в 2007 г. Перед выделением ДНК таллом лишайника очищался от посторонних элементов (фрагментов коры, хвои, мхов, других лишайников, паразитических грибов и др.), некротических пятен и разрушен-

ных участков таллома. Для того чтобы происходило выделение только гаплоидной ДНК гриба, использовались только фрагменты вегетативных частей таллома лишайника (без апотециев). Экстракция из апикальной псевдомеристемы таллома (массой образца ? 0.050 г) осуществлялась с помощью набора DNeasy (Qiagen).

Два динуклеотидных микросателлитных локуса (*LPu03*, *LPu15*) и один локус с длиной повтора девять пар оснований (*LPu09*) были амплифицированы в соответствии с протоколом (Walser, 2003). Используемые праймеры являются мико-специфичными, и не позволяют амплифицировать ДНК других организмов. Электрофорез продуктов ПЦР осуществлялся с помощью автоматического секвенатора ABI-3100-*Avant* (Applied Biosystems), размер аллелей сравнивался со стандартом ROX-500 (Applied Biosystems) в ПО GeneMapper v. 3.7 (Applied Biosystems). Образцы с пропущенными данными (хотя бы одному локусу) или с множественными аллелями исключены из анализа, исследовано 734 образца.

**Статистический анализ.** Оценка количества популяций ( $K$ ) осуществлялась с помощью метода Байесовской (Bayes) кластеризации в программе STRUCTURE v. 2.2.3 (Pritchard *et al.*, 2000). Для значений  $K$  от 1 до 10 проведено по три независимых симуляции с  $10^6$  итераций, после «периода разогрева» в 300 000 итераций. Метод позволяет по данным о распространенности аллелей выделить оптимальное число наиболее различимых «групп» аллелей.

В качестве мер генетической изменчивости в программе GenAlEx v.6.1 (Peakall *et al.*, 2006) рассчитаны следующие показатели: число и частота наблюдаемых аллелей (для каждого локуса в целом и по популяциям), среднее эффективное число аллелей, информационный индекс Шеннона, несмещенная оценка ожидаемой гетерозиготности по всем локусам. Для каждой популяции определено количество мультилокусных генотипов (генет и рамет).

Генетическую дифференциацию между популяциями (без повторных генотипов, то есть только для генет) оценивали с помощью иерархического разбиения генетической дисперсии (AMOVA), с использованием нескольких мер генетического расстояния (коэффициенты  $F_{ST}$  и  $R_{ST}$ ). В качестве дополнительного показателя дифференциации и оценки миграционных потоков генов вычислены частоты частных (*private*) аллелей.

Для оценки зависимости коэффициентов генетической дифференциации популяций от географического расстояния использован критерий Мантеля с  $10^5$  пермутаций, реализованный в ПО PASSaGe v. 2.0.6.17b (Rosenberg, 2008).

Для расчета коэффициента пространственной автокорреляции ( $r$ ) — меры генетического сходства (по всем локусам) между всеми парами индивидуумов, расстояние между которыми находится в пределах определенного класса географических расстояний (Smouse et al., 1999) использовали матрицы генетических и географических расстояний между объектами. Матрицы были составлены без повторяющихся генотипов в субпопуляциях. Доверительный интервал (95%) для гипотезы о случайном распределении генотипов в популяции рассчитан с помощью 999 рандомизаций индивидуумов независимо от их принадлежности к классу расстояний (если оценки оказываются внутри данного интервала, то гипотеза принимается). Доверительные погрешности для каждого класса так же рассчитаны с помощью бутстрепа (999 выборок).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По трем исследованным локусам было обнаружено 66 аллелей, 50 из которых относятся к наиболее полиморфному локусу (*Lpu09*). Наименее изменчивым является локус *Lpu03*, для которого характерно всего три аллеля. В изученных популяциях популяционно-специфичные аллели (то есть те, которые встречаются только в определенной выборке индивидов и ни в какой другой) были обнаружены только для двух локусов (табл. 2). Средняя частота частных аллелей составила 0.99%.

Таблица 2. Распределение аллелей в популяциях

Популяция \ Локус	N / N <sub>частн</sub>		
	<i>Lpu03</i>	<i>Lpu09</i>	<i>Lpu15</i>
Коми	2	27 / 3	4 / 0
Средний Урал	3	39 / 6	8 / 2
Иремель	3	32 / 2	6 / 0
Южный Урал	3	36 / 2	11 / 4
Итого:	3	50	13

Примечание: N — общее число аллелей, N<sub>частн</sub> — число частных аллелей на популяцию.

В соответствии с результатами анализа генетической структуры *L. pulmonaria* на Урале, данным лучше подходит модель с числом популяций равным 3 или 4. Поэтому для последующего анализа все индивидуумы были сгруппированы в соответствии с их географическим положением в 8 субпопуляций, принадлежащим четырем популяциям (рис. 1).

Для разных географических областей характерны разные соотношения частот аллелей. В целом, можно отметить, что на севе-

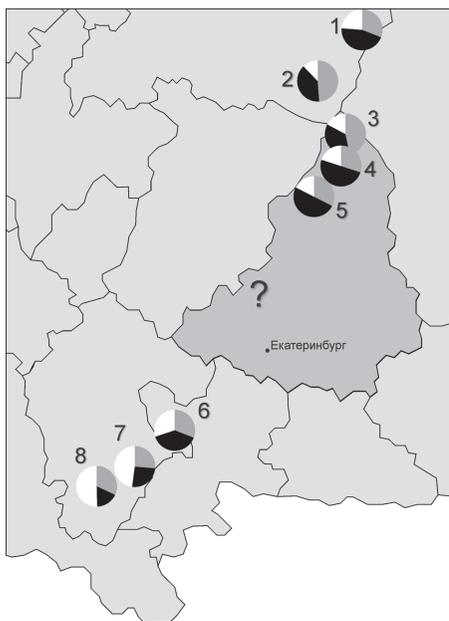


Рис. 1. Карта района исследования. В кругах разными цветами ( $K=3$ ) показана доля особей, принадлежащих к одному из трех генетических кластеров (ДНК-групп).

Условные обозначения:

- 1 — Национальный парк Югыд-Ва,  
 2 — Печоро-Ильчский заповедник,  
 3 — р. Лозьва,  
 4 — оз. Елесинское,  
 5 — оз. Нижнее,  
 6 — гора Ирмель,  
 7 — р. Тюльма,  
 8 — р. Селеук,  
 ? — *L. pulmonaria* на Среднем Урале не обнаружена.

ре исследуемого района преобладает «черный» генотип, в то время как на юге — «белый». Доля «серого» генотипа остается относительно постоянной. Для всех изученных популяций характерны приблизительно одинаковые показатели генетической изменчивости (табл. 3). Наибольшая изменчивость выявлена в популяции с Северного Урала.

Таблица 3. Основные показатели генетической изменчивости популяций *L. pulmonaria*

Популяция	$N_a$	$N_e$	$I$	$uH$
Коми	11.00 ± 8.02	5.68 ± 3.95	1.41 ± 0.76	0.60 ± 0.17
Средний Урал	16.67 ± 11.26	8.35 ± 6.36	1.67 ± 0.81	0.65 ± 0.15
Ирмель	13.67 ± 9.21	7.51 ± 5.62	1.59 ± 0.79	0.63 ± 0.16
Южный Урал	16.33 ± 9.61	6.89 ± 4.55	1.77 ± 0.70	0.69 ± 0.13

Примечание:  $N_a$  — количество различных аллелей,  $N_e$  — среднее эффективное число аллелей,  $I$  — информационный индекс Шеннона,  $uH$  — несмещенная генетическая изменчивость популяций. Приведены значения ошибок средних.

Из 734 проанализированных образцов было обнаружено 185 (25.2%) различных мультилокусных генотипов (генет) (табл. 4). Одинаковые генотипы (раметы) могут быть результатом вегетативного размножения или самооплодотворения гомоталличных видов

Таблица 4. Генотипическая изменчивость популяций *L. pulmonaria*

Популяция	Показатели			
	N	M	% <sub>клон</sub>	F
1	42	30	29	13
2	41	27	34	3
3	180	94	48	16
4	40	31	23	4
5	40	28	30	0
6	122	58	52	7
7	144	67	53	6
8	125	49	61	0
Итого	734	185	75	49

Примечание: N — общее количество собранных образцов, M — количество различных генотипов, %<sub>клон</sub> — доля клонов, F — количество фертильных образцов.

лишайников, а также случайным результатом половой репродукции. Высокая доля общих генотипов в популяциях при неполовом типе размножения может быть объяснена распространением вегетативных пропагул на большие расстояния. С другой стороны, индивидуумы с одинаковыми мультилокусными генотипами могли возникнуть и независимо в результате полового процесса.

Полученные данные согласуются с предположением о гетероталличности *L. pulmonaria* (Zoller et al., 1999). С увеличением количества генотипов в популяции возрастает вероятность образования плодовых тел. Наблюдаемая генетическая изменчивость выше в тех популяциях, где гриб размножается половым путем. Таким образом, мы можем ожидать отсутствия апотециев в одногенотипных популяциях. Это также означает, что вероятность совместимости талломов и последующего образования апотециев в популяциях с малым количеством генотипов низка по сравнению с популяциями, содержащими большее число генотипов.

Оценка степени дифференциации популяций ( $F_{ST}$  и  $R_{ST}$ ) показала, что на межпопуляционные различия приходится примерно от 2 до 10% (в зависимости от типа группировки популяций) всего разнообразия по исследованным локусам. Полученные величины коэффициентов инбридинга (табл. 5) различны между популяциями, и принимают малые значения (максимальное значение  $F_{ST}$  достигает 0.1, а  $R_{ST}$  — 0.307).

Между значениями генетической дифференциации (по всем локусам) и географическим расстоянием была обнаружена положительная корреляция средней силы (результаты простого теста Мантеля  $r(R_{ST}) = 0.630$ ,  $p < 0.006$ ;  $r(F_{ST}) = 0.461$ ,  $p < 0.05$ ) (рис. 2). Это

Таблица 5. Значения индексов фиксации (по всем локусам) для популяций

Популяция	Коми	Средний Урал	Ирмель	Южный Урал
Коми		0	0.022	0.151*
Средний Урал	0.042*		0.044*	0.207*
Ирмель	0.006*	0.028*		0.043*
Южный Урал	0.042*	0.015*	0.026*	

Примечание: пог диагональю — значения  $F_{ST}$ , над диагональю —  $R_{ST}$ . Звездочками отмечены статистически значимые значения ( $p < 0.05$ ).

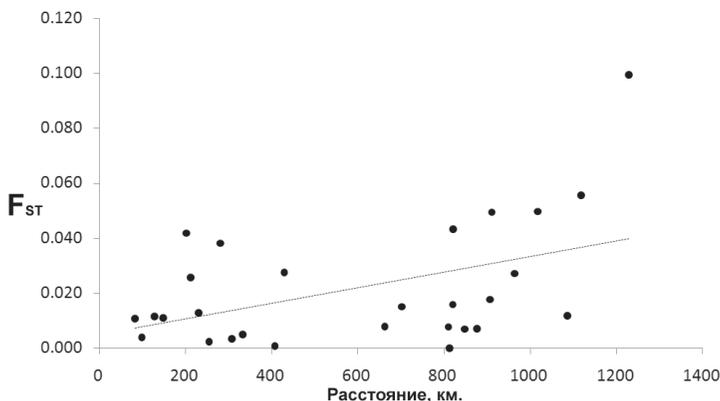


Рис. 2. Зависимость значений линейаризированного коэффициента  $F_{ST}$  (по всем локусам) от географического расстояния между популяциями.

указывает на то, что большую часть наблюдаемой изменчивости можно объяснить действием географической изоляции.

При анализе пространственных автокорреляций в исследуемых популяциях не было обнаружено никаких особенностей распределения генетической структуры (рис. 3), все значения попадают в область принятия нулевой гипотезы (о случайном распределении генотипов в популяции). На это же указывают и значения критерия Мантеля: для северных популяций  $r = 0.026$  ( $p > 0.05$ ), для южных — 0.01 ( $p > 0.05$ ).

Таким образом, в результате исследования *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. были обнаружены высокий уровень внутривидовой изменчивости и низкий — межвидовой. Невысокая генетическая дифференциация между отдельными районами (более 90% общей изменчивости приходится на изменчивость самих индивидуумов в пределах популяции) и наличие общих мультилокусных генотипов, предполагает сильный поток генов между популяциями.

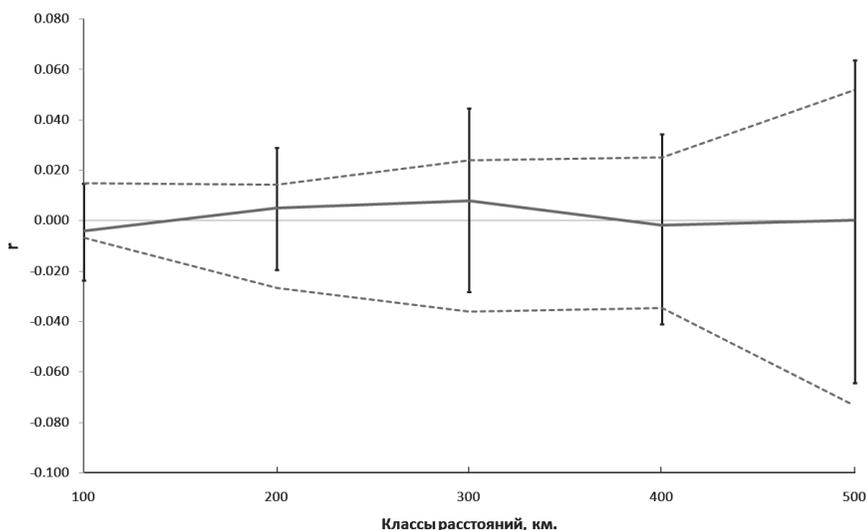


Рис. 3. Пространственная автокорреляция для северных популяций (Коми и Северный Урал,  $n = 210$ ). На коррелограмме представлены пять равных классов расстояний (лаг-дистанция составляет 100 километров). Толстая линия — коэффициент автокорреляции ( $r$ ), пунктир — 95 %-ный доверительный интервал для  $r$ , для каждого класса расстояний приведены значения доверительных погрешностей.

В ходе исследования обнаружены небольшие популяции (на Южном Урале), состоящие из нескольких талломов, которые изолированы друг от друга и от других популяций. Предполагается, что такие маленькие популяции являются более чувствительными к случайным изменениям условий среды и уязвимыми вследствие потери генетической изменчивости. Кроме того, в соседних популяциях Южного Урала наблюдается ограниченность распространения вегетативных диаспор и почти полное отсутствие полового размножения.

Несмотря на отсутствие *Lobaria* на Среднем Урале, очевидно, что в данном районе исследования в прошлом не было каких-либо сильных ограничений потока генов. Тем не менее, вследствие антропогенной нагрузки в настоящее время наблюдается значительное снижение репродуктивного потенциала многих популяций, а также их полное исчезновение.

Для сохранения *L. pulmonaria* особое внимание должно быть уделено популяциям, размножающимся половым путем, нежели популяциям с исключительно бесполом размножением (Zoller et al., 1999). Вероятно, при отсутствии внешнего вмешательства и

катастрофических событий такие популяции будут способны к дальнейшему росту и колонизации новых субстратов (Михайлова, 2005). В первые пять лет после колонизации нового форофита *L. pulmonaria* характеризуется достаточно медленным темпом роста, а ее жизненный цикл достигает 25 лет (Scheidegger et al., 1998). Этот факт подчеркивает необходимость своевременного принятия мер по сохранению данного вида.

Автор глубоко признателен к.б.н. И.Н. Михайловой, к.б.н. М.Р. Трубиной, д.б.н. Е.Л. Воробейчику (ИЭРиЖ УрО РАН) и профессору К. Шейдеггеру (Федеральный институт исследования леса, ландшафта и снега, Швейцария) за всестороннюю помощь и обсуждение результатов, а также И. Видмеру, К. Корнехо и Ф. Дальгранде за поддержку и активное содействие в лабораторной работе, к.б.н. Т.Н. Пыстиной (Институт биологии Коми научного центра УрО РАН) за предоставленный материал.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы развития ведущих научных школ (НШ – 1022.2008.4).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Михайлова И.Н. Анализ субпопуляционных структур эпифитных лишайников (на примере *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.) // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2005. № 1. Вып. 9. С. 124 – 134.
- Михайлова И.Н. Популяционная биология лишайников: проблемы и перспективы // Мат-лы VII Всерос. популяц. сем. «Методы популяционной биологии», Сыктывкар, 2004. № 2. С. 96 – 101.
- Peakall R., Smouse P. E. GenAlEx 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // Mol. Ecol. Notes. 2006. Vol. 6. № 1. P. 288 – 295.
- Pritchard J. K., Stephens M., Donnelly P. Inference of population structure using multilocus genotype data // Genetics. 2000. Vol. 155. № 2. P. 945 – 959.
- Rosenberg M.S. PASSAGE 2: Pattern Analysis, Spatial Statistics and Geographic Exegesis // Cent. Evol. Funct. Genom. & Sch. of Life Scien., Arizona State University, 2008.
- Scheidegger C., Goward T. Monitoring lichens for conservation: Red Lists and conservation action plans. Kluwer Academic Publishers: Netherlands, 2002. 163 – 182 p.
- Scheidegger C., Frey B., Walser J.C. Reintroduction and augmentation of populations of the endangered *Lobaria pulmonaria*: Methods and Concepts // Lobarion lichens as indicators of the primeval forests of the Eastern Carpathians (Darwin International Workshop). Kostrino, Ukraine, 1998. P. 33 – 52.
- Walser J. C., Sperisen C., Soliva M., Scheidegger C. Fungus-specific microsatellite primers of lichens: application for the assessment of genetic variation on different spatial scales in *Lobaria pulmonaria* // Fungal Genetics and Biology. 2003. Vol. 40. № 1. P. 72 – 82.
- Zoller S., Lutzoni F., Scheidegger C. Genetic variation within and among populations of the threatened lichen *Lobaria pulmonaria* in Switzerland and implications for its conservation // Mol. Ecol. 1999. Vol. 8. № 12. P. 2049 – 2059.

## НАСЕЛЕНИЕ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ОЛЕНЬИ РУЧЬИ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОТЛОВОВ КОНУСАМИ И ЖИВОЛОВУШКАМИ

---

М.В. Модоров\*, Н.О. Садыкова\*, С.В. Собенин\*\*

\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

\*\*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Изучение биоты особо охраняемых природных территорий создает основу для исследований естественной динамики экосистем. Корректное использование полученных данных возможно лишь при унификации методики сбора материала. В случае отловов мелких млекопитающих такой унификации нет. Существует несколько типов ловушек (конуса, ловушки с приманкой, например, давилки и живоловушки); различаются и приманки (овес, растительное масло, кедровые орешки). Целью работы является сравнение результатов применения двух методов учета мышевидных грызунов в природном парке «Оленьи ручьи»: отлова живоловушками и конусами, вкопанными в землю.

Зверьков отлавливали на левом берегу р. Серги с 2004 по 2007 гг. (Садыкова, Максимова, 2007; собственные неопубликованные данные). В данном сообщении проанализированы результаты 2007 г.

Линии конусов вкапывали на 3-х участках: 1) на границе пойменного леса и разнотравного пойменного луга (20 кон./сут. с 14 по 23 июля); 2) на границе суходольного луга и смешанного сосново-березового леса, расположенных на плакорном участке, на расстоянии 500 м от реки (20 кон./сут. с 14 по 23 июля); 3) в прибрежных зарослях кустарников (4 кон./сут. с 16 по 23 июля). Более подробно методика отлова конусами была описана ранее (Садыкова, 2005). Линии живоловушек устанавливали в пойме в 200–500 м от первой линии конусов с 13 июля по 16 августа. В качестве приманки использовали шарики из муки, пропитанные нерафинированным растительным маслом. Отработано более 1000 лов.-сут. на пяти ловчих линиях: 4) прибрежные травяно-кустарниковые заросли (ива, черемуха, крапива); 5) граница между прибрежными травяно-кустарниковыми зарослями и разнотравным пойменным лугом; 6) разнотравный пойменный луг; 7) прибрежные заросли кустарников (продолжение линии № 3); 8) кроме того, ловушки устанавливали в пойме ручья, удаленного от линий основных отловов на 3 км, в травяно-кустарниковых зарослях. Для сравнения выборок между собой использован анализ таблиц сопряженности.

Фаунистический список грызунов и их доли в отловах на каждой линии представлены в таблице.

Таблица. Видовой состав населения грызунов и доли (%) видов

Виды	Номер линии							
	конуса			живоловушки				
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Apodemus uralensis</i>	1.3	3.8		37.5	11.4		4.2	31.4
<i>Apodemus agrarius</i>					5.7			
<i>Clethrionomys glareolus</i>	7.6	1.9	30.0	47.5	51.4	42.5	66.7	57.2
<i>Clethrionomys rufocanus</i>	1.3	3.8						
<i>Clethrionomys rutilus</i>	2.5	5.8		10.0	8.6	3.0	20.8	5.7
<i>Microtus agrestis</i>	13.9	7.7	10.0		2.9	30.3		
<i>Microtus arvalis</i>	24.1	19.2						
<i>Microtus oeconomus</i>	44.2	30.9	20.0	5.0	20.0	24.2	8.3	5.7
<i>Sicista betulina</i>	5.1	26.9	40.0					
Всего грызунов, экз.	79	52	10	80	35	33	24	35

В отловы попали 9 видов мышевидных грызунов, типичных для данного региона. Пять видов, ареал которых включает юго-восток Свердловской области, не встречены: *Micromys minutus* (единичные особи отмечены в отловах конусами в 2006 г.), *Arvicola terrestris*, *Mus musculus*, *Rattus norvegicus*, *Myopus schisticolor*. Костные остатки этих видов обнаружены в современных отложениях гнездовых ниш филинов, что свидетельствует об их присутствии на территории парка (Садыкова, 2005).

Фаунистические списки, полученные двумя методами отлова, различаются на четыре вида. Живоловушками были добыты *A. agrarius* (2 самца), отсутствующие в четырех летних отловах конусами. Только в конусы отловлены *M. arvalis*, *C. rufocanus*, *S. betulina*. Обыкновенная полевка попадалась в живоловушку в 2006 г. (1 особь). Красно-серые полевки отмечены впервые за 4 года исследований (Садыкова, Максимова, 2007), что может свидетельствовать о пике численности их популяции в 2007 г. Лесная мышовка присутствовала в отловах конусами на протяжении всех туров отловов. В 2005 г. она преобладала среди грызунов. Однако ни одной особи мышовки за время отловов живоловушками не отмечено. Сравнивая результаты учетов грызунов, добытых на линиях конусов (№ 3) и живоловушек (№ 7), расположенных в непосредственной близости друг от друга, можно утверждать, что полученные различия связаны именно с избирательностью методов учета, а не с неучтенными нами особенностями местообитаний.

Наиболее корректное сравнение двух методов можно осуществить в том случае, если обрабатывать их на одном и том же уча-

стке. Однако, наши отловы живоловушками, установленными 27 – 29 июля у заборчиков с закрытыми конусами, не привели к поимке зверьков (отработано 40 лов.-сут.). Данный феномен можно было бы объяснить выловом населения грызунов за 10 дней работы линии конусов (Лукьянов, 1993), однако кривая вылова зверьков за эти 10 дней не демонстрирует постепенного снижения уловов (рисунок). Кривые вылова на участках № 1 и № 2 коррелируют между собой ( $r=0.82$ ,  $p<0.01$ ), что, возможно, отражает влияние погодных условий на величину суточного вылова.

Установка небольшой линии конусов в качестве продолжения линии живоловшек (№ 3 и № 7) показала, что население грызунов, выявляемое этими методами различно ( $\chi^2=17.01$ ,  $df=5$ ,  $p<0.01$ ). Более 85% выборки собранной живоловушками составили полевки р. *Clethrionomys*, тогда как в сборах конусами преобладали лесные мышовки (40%).

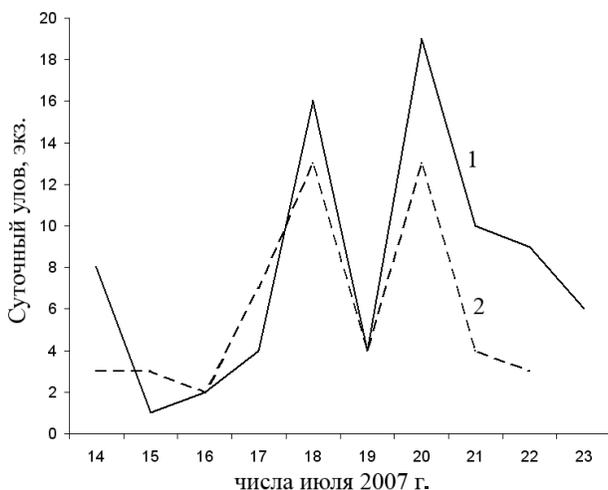


Рисунок. Кривые вылова грызунов конусами в пойме р. Серги (№ 1) и на плакорном участке (№ 2).

При сравнении данных по учетам конусами на участках № 1 и № 2 за 2007 г., показаны значимые различия между ними ( $\chi^2=18.34$ ,  $df=7$ ,  $p=0.01$ ), наиболее весомый вклад в значение  $\chi^2$  вносят два вида: *S. betulina* и *M.oeconotus*. Лесные мышовки чаще попадались на плакорном участке (№ 2), а экономки — на пойменном (№ 1). Доли остальных видов мало различаются между участками. Анализ таблиц сопряженности по данным отловов на участках №1 и № 2 за 2005 и

2006 г. (Садыкова, Максимова, 2007), не выявил различий между этими участками ( $\chi^2_{2005} = 3.19$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.36$ ;  $\chi^2_{2006} = 7.07$ ,  $df = 6$ ,  $p = 0.31$ ).

Показано сходство выборок с участков № 4 и № 8 ( $\chi^2 = 1.24$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.74$ ), удаленных друг от друга на 3 км, но расположенных в сходных биотопах. В то же время при сравнении участков №№ 4–6, граничащих друг с другом (наибольшее удаление между ловушками на трех участках не превышает 300 м), но различающихся биотопически, выявляется уникальность населения на каждой территории (см. таблицу). В ряду «пойменные травяно-кустарниковые заросли» — «граница пойменных зарослей и луга» — «луг» снижается доля мышей (с 38 до 0%) и повышается доля полевок р. *Microtus* (с 5 до 55%), тогда как доля полевок рода *Clethrionomys* остается почти неизменной (45–60%).

Для сравнения характеристик населения грызунов, полученных разными методами, мы выбрали линии, расположенные в сходных биотопах: №1, № 5 и № 6. Анализ таблиц сопряженности показал высокую значимость различий между участками ( $\chi^2_{1-5} = 51.72$ ,  $df = 8$ ,  $p < 0.01$ ;  $\chi^2_{1-6} = 32.05$ ,  $df = 7$ ,  $p < 0.01$ ), основной вклад в значения  $\chi^2$  вносит обилие полевок разных родов, а не мышей и лесной мышовки. Серых полевок больше в отловах конусами — 82% (против 23–55% при отлове живоловушками). Доля лесных полевок в отловах конусами составляет 11%, а при отлове живоловушками — 45–60%.

Таким образом, выбор метода отлова грызунов может повлиять как на полученный видовой список, так и на показатели обилия конкретных видов и родов. Живоловушки с используемой нами приманкой не привлекают лесную мышовку. Индексы обилия полевок рода *Microtus* при отловах конусами выше, нежели при работе с живоловушками, тогда как для полевок р. *Clethrionomys* наблюдается обратная закономерность.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы развития ведущих научных школ (НШ – 1022.2008.4) и Программы Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов».

#### ЛИТЕРАТУРА

- Лукьянов О.А. Анализ процессов миграции в популяциях мелких млекопитающих // Экология, 1993. № 1. С. 47–62.
- Садыкова Н.О. Локальная фауна грызунов природного парка «Оленьи Ручьи» // Экология: от генов до экосистем. Екатеринбург: «Академкнига», 2005. С. 249–254.
- Садыкова Н.О., Максимова Е.Г. Население мелких млекопитающих природного парка «Оленьи ручьи» (Средний Урал) // Экология в современном мире: взгляд научной молодежи. Улан-Удэ: Изд-во ГУЗ РЦМП МЗ РБ, 2007. С. 96–97.

## ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОСНЫ, ОТРАЖАЮЩИХ СВЯЗЬ ИЗМЕРЯЕМЫХ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С НАСЛЕДСТВЕННОСТЬЮ

---

**А.А. Монтиле**

*Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург*

Проблема поиска связи измеряемых параметров сосны с наследственностью (генотипом) является важной с точки зрения возможного применения результатов в селекции растений для выявления и отбора генетических форм, обладающих наибольшей скоростью роста и высокой биологической продуктивностью. Основная цель разработки математического подхода к описанию особенностей роста различных генетических форм сосны обыкновенной заключается в выявлении характеристик, позволяющих зафиксировать индивидуальные различия семей деревьев, на основе анализа линейных приростов боковых побегов за ряд лет.

В качестве объекта исследования использовали сравнительные культуры сосны обыкновенной в возрасте 10 лет, созданные из семян плюсовых деревьев и растущие на одном участке в относительно одинаковых почвенных и микроклиматических условиях. Было обследовано 3 семьи полусибсов от плюсовых деревьев с номером регистрации по госреестру 11, 1 и 52 (далее 1 – 11, 2 – 1 и 3 – 52). У каждого дерева выбирали 3 ветки с ориентациями: юг, юго-восток, восток в возрасте 6 лет и измеряли приросты боковых побегов по длине за 4 последних года (с 2001 по 2004 гг.). Дополнительно было выбрано еще три семьи, у каждого дерева измерялись приросты одного бокового побега и осевые приросты.

Была обнаружена тесная связь между приростами боковых побегов за два следующих друг за другом года, как для каждой семьи в отдельности, так и для всех семей, взятых вместе. Например, для семьи 2 – 1 коэффициент корреляции между приростами за 2001 и 2002 гг. равен 0.88 (между приростами за 2001 и 2003 гг. — 0.72, а между 2001 и 2004 гг. — 0.47). Однако использование стандартных методов кластерного и дискриминантного анализов для разделения семей по приростам за 4 года не дало желаемого результата. Выделяемые кластеры не соответствуют разбиению деревьев ни по какому содержательному основанию (семьи, ориентации боковых побегов).

При визуальной обработке выборок с априорным графическим выделением представителей различных семей (в пространстве при-

ростов за любые два следующих друг за другом года) были зафиксированы вытянутые в линию, значительно пересекающиеся, но не совпадающие полностью группировки объектов, относящихся к каждой из них. Если построить линейную регрессию, характеризующую указанную зависимость, то в пределах одного двухгодичного промежутка времени коэффициенты наклона для разных семей различны. Таким образом, разбивая возрастной период, за который имеются измерения на пары следующих друг за другом лет, можно сопоставлять и различать семьи, сравнивая коэффициенты наклона (таблица). При этом характеристикой, соответствующей конкретной наследственностью, является динамика изменений приростов боковых побегов по длине, а не сама величина приростов.

*Таблица. Значения в корреляции (R) и наклона регрессионных прямых (b) приростов боковых побегов (всех ориентаций) за последующие годы для 3 семей*

Годы	Семья					
	1-11		2-1		3-52	
	R	b	R	b	R	b
2001-2002	0.63	0.448	0.88	0.870	0.81	0.827
2002-2003	0.75	0.606	0.85	0.754	0.76	0.754
2003-2004	0.77	0.892	0.67	0.734	0.79	0.837
Число деревьев (ветвей)	29 (87)		24 (72)		28 (84)	

Отметим, что для второй группы семей зависимости между величинами приростов веток и осевых приростов за каждый год были незначимы. Учитывая существенную корреляцию между приростами как боковых побегов, так и ствола (по отдельности), можно сделать предположение о различной функциональной зависимости боковых и осевых приростов от условий текущего и предыдущего годов.

## ПЕТРОФИТНЫЕ СООБЩЕСТВА РЕКИ СЫСЕРТИ — УНИКАЛЬНЫЙ БОТАНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС СРЕДНЕГО УРАЛА

**В.В. Мориллов**

*Уральский госуниверситет*

Одним из направлений работ в области сохранения биологического разнообразия становится выявление и сохранение уникальных природных комплексов.

Целью данной работы было рассмотрение петрофитных сообществ среднего течения р. Сысерти в качестве уникального ботанического комплекса Среднего Урала. В исследованных сообществах встречаются 100 видов сосудистых растений, из которых 35 — виды, жестко связанные с петрофитными сообществами (*Allium rubens*, *Polypodium vulgare*). Также здесь встречаются виды, занесенные в Красную книгу РСФСР (1988) (*Neottianthe cucullata*) и Красную книгу Среднего Урала (1996) (*Epipactis atrorubens*, *Pulsatilla flavescens*).

Многие виды, входящие в состав петрофитных сообществ, находятся на границе своего ареала, например, европейские виды (*Silene noctiflora* и *Vincetoxicum albowianum*) находятся на восточной границе; сибирские виды (*Atragene sibirica*, *Seseli ledebourii*) — на западной; а лесостепные (*Centaurea sibirica*, *Galium verum*) и степные (*Helictotrichon desertorum*, *Allium rubens*) — на северной. В рассматриваемых сообществах отмечены скально-горностепные эндемики Среднего Урала (*Silene baschkirorum*, *Seseli krylovii*). В составе данных сообществ встречаются растения, обладающие полезными свойствами, например, лекарственные (*Origanum vulgare*), пищевые (*Fragaria viridis*) и декоративные (*Trollius europaeus*).

Таким образом, петрофитные сообщества среднего течения р. Сысерти следует рассматривать в качестве уникального ботанического комплекса, вносящего важный вклад во флористическое разнообразие растительного мира Урала.

## ХОРОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФАУНЫ МАКРОЧЕШУЕКРЫЛЫХ НИЖЕГОРОДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

А.Р. Мосягина

Нижегородский госуниверситет

Для понимания механизмов формирования фауны макрочешуекрылых Нижегородского Заволжья необходимо оценить долю участия видов с различным распространением в фауне изучаемой территории. С этой целью был проведён ареалогический анализ фауны.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом послужили собственные сборы 2003–2006 гг., проводившиеся на различных участках Нижегородского Заволжья.

Для анализа закономерностей распространения отдельных видов и пространственной структуры сообщества исследования проводились в следующих точках (рис. 1): *Рекшино* — Борский район,

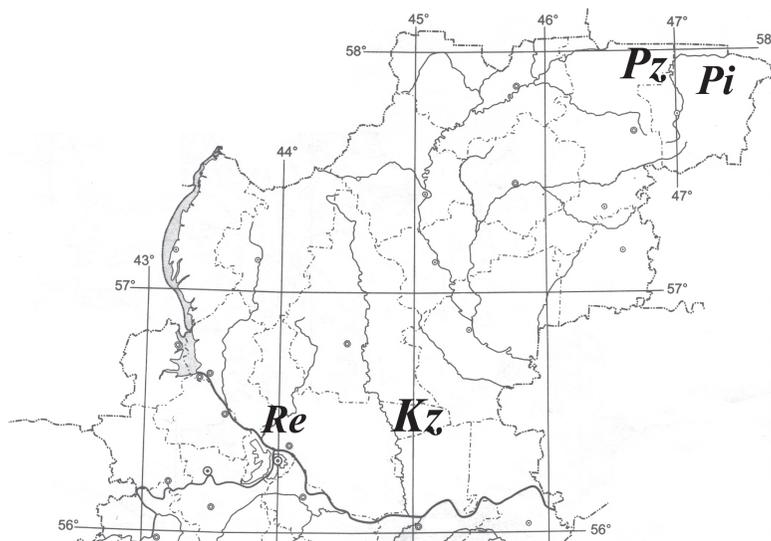


Рис. 1. Пункты сборов чешуекрылых на территории Нижегородского Заволжья. Re — Рекшино, Kz — Керженский заповедник, Pz — Пижемский заказник, Pi — станция Пижма.

дачные участки вблизи пос. Рекшино  $56^{\circ}26'$  с.ш. и  $43^{\circ}58'$  в.д. (24.06 — 21.09.2005 г.); Керженский заповедник — Борский, Семеновский и Воскресенский районы, ГПБЗ «Керженский» в пределах  $56^{\circ}23' - 56^{\circ}30'$  с.ш. и  $44^{\circ}47' - 45^{\circ}16'$  в.д. (2003 — 2006 гг.); Пижемский заказник — Тоншаевский район, Пижемский заказник в пределах  $57^{\circ}55' - 57^{\circ}57'$  с.ш. и  $46^{\circ}57' - 46^{\circ}58'$  в.д. (6 — 9.08.2005 г.); станция Пижма — Тоншаевский район, ст. Пижма,  $57^{\circ}51'$  с.ш. и  $47^{\circ}05'$  в.д. (9 — 10.08.2005 г., 24 — 25.06.2006 г.). Технологически работа представляла собой комбинацию полевых исследований, последующей камеральной обработки собранного материала, а также статистической обработки полученных данных.

Сборы чешуекрылых с сумеречной и ночной активностью осуществлялись с помощью ламп ДРЛ мощностью 300 и 500 Вт. В полевых условиях в качестве источника света применялась автомобильная фара, мощностью 12 Вт, с АКБ «Fire Ball», емкостью 60 Ah. Определение чешуекрылых проводилось с помощью ряда определителей (Мержеевская, 1978; Определитель..., 1978), а также по атласам бабочек (Гофман, 1897; Ламперт, 1913; Koch, 1984; Skinner, 1998).

В качестве индекса различия выборок был выбран индекс Чекановского — Сьеренсена для количественных данных (Oksanen, 2007);

$$d_{jk} = \frac{A + B - 2J}{A + B},$$

где  $A = \sum_{i=1}^N x_{ij}$  — общее число особей на участке  $A$ ,  $B = \sum_{i=1}^N x_{ik}$  — общее число особей на участке  $B$ ,  $J = \sum_{i=1}^N \min(x_{ij}, x_{jk})$  — сумма наименьших из двух обилий видов, встречающихся на обоих участках.

Для оценки различий между выборками использован кластерный анализ. Использован метод невзвешенного попарного среднего (UPGMA), при котором для слияния близлежащих кластеров используется среднее из расстояний между элементами кластеров. Расчеты проводились с использованием статистической среды R пакета Vegan (Oksanen, 2007).

*Условия обитания фауны.* Нижегородское Заволжье лежит в лесной зоне, которая тянется в виде полосы шириной 2000 км от Атлантического до Тихого океана в Северном полушарии. Лесное Заволжье занимает всю левобережную часть и составляет почти половину территории Нижегородской области. В ландшафтах Заволжья ярко выражены природные особенности лесной зоны. На севере заволжские лесные низины переходят за пределами области в приподнятую тайгу Северных увалов (Природа..., 1974). Для сравнения видового состава нами были изучены следующие биотопы.

1) Ольшаник приручьевого, расположен на южной границе поселка Рустай. Окружен суходольным лугом, в южной части переходит в сосняк беломошник, характерной особенностью является высокая влажность и затененность. Древостой состоит из ольхи клейкой с примесью березы, липы, подлесок — из черемухи, рябины, калины, смородины черной. Покров травяного яруса 90%. Характерны пырей ползучий, щавель кислый, осока пузырчатая, грушанка, седмичник, дербенник, лапчатка гусиная, мята, а также крапива двудомная, очиток едкий, сабельник болотный, калужница болотная, таволга вязолистная, сныть.

2) Суходольный луг, расположен вблизи ольшаника приручьевого, с краев зарастает березняком. Сомкнутость травянистого яруса 70%. Характерные виды: крестовник, татарник, ястребинка волосистая, очиток едкий, гвоздика травянка, короставник, манжетка, будра, полевица.

3) Ивняк на берегу Керженца примыкает к заливному лугу. Сомкнутость кроны — 0.7, в подросте — береза, дуб, сосна. Наиболее обильные виды в травянистом ярусе — очиток пурпурный, полынь горькая, сабельник болотный, щавель кислый, иван-чай,

пижма, белокопытник, таволга вязолистная, наумбургия, череда трехраздельная, мята перечная.

4) Плодовый сад, расположен на территории садоводческого товарищества, содержит культурные растения, характерные для садовых участков: крестоцветные, зонтичные, розоцветные и др. Садоводческий участок окружен вторичным средневозрастным березняком.

5) Смешанный лес, окруженный болотом, расположен в низине. Древостой образуют сосны, липа, береза (сомкнутость 0.8). Подлесок составляют рябина, крушина, малина, черемуха. Сомкнутость травянисто-кустарничкового яруса — 0.5. Преобладающие виды — брусника, грушанка, черника, кислица.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В основу зоогеографического анализа положена схема биогеографического деления Палеарктики А.Ф. Емельянова (1974), которая сочетает в себе поясно-секторный и региональный подходы, а также является довольно гибкой и основывается на сильных сторонах предшествующих схем ботанико-географического и зоогеографического разделения Палеарктики.

Территория Нижегородского Заволжья полностью лежит в пределах западно-субконтинентального сектора на границе эвбореального и суббореального поясов Евразии в Зырянской провинции Западноевросибирской подобласти Евросибирской таёжной области. Климатические факторы определяют лишь потенциальные ареалы, которые могут изменяться под воздействием исторических причин. При этом чем меньшую часть составляет фактический ареал от потенциального, тем большее значение в распространении вида имеют исторические факторы и менее значительны биогеографические закономерности, которые связывают ареалы с современными условиями (Старобогатов, 1970). Региональный подход позволяет обнаружить особенности фауны, обусловленные действием исторических причин на формирование фауны данной территории.

Проведённый анализ (табл. 1) позволил установить, что основное ядро лепидоптерофауны составляют широко распространённые виды гиадийской группы (291 вид, 63.4%). Доля видов, имеющих узкие ареалы, — всего 4.6%.

Также довольно значительна доля видов палеарктической группы (144 вида, 31.4%), среди которой преобладают виды с транспалеарктическим (66 видов, 14.4%) и западнопалеарктическим (37 видов, 8.1%, включая западнопалеарктическое южное) распространением.

Таблица 1. Распределение видов макрочешуекрылых фауны Нижегородского Заволжья по типам и группам ареалов

Группа, подгруппа и тип ареала	Количество видов	
	видов	%
I. МУЛЬТИРЕГИОНАЛЬНАЯ ГРУППА	8	1.7
1. Голарктическо-ориентальный	2	0.4
2. Палеарктическо-палеотропическо-ориентально-австралийский	1	0.2
3. Палеарктическо-палеотропический	1	0.2
4. Палеарктическо-ориентальный	4	0.9
II. ГОЛАРКТИЧЕСКАЯ ГРУППА	16	3.5
5. Голарктический	16	3.5
III. ПАЛЕАРКТИЧЕСКАЯ ГРУППА	144	31.4
III А. Сплошных ареалов		
6. Транспалеарктический	66	14.4
7. Западнопалеарктический	32	7.0
8. Западнопалеарктический южный	5	1.1
9. Паневропейский	18	3.9
10. Гесперийско-западногиадийский	6	1.3
11. Гесперийско-европейский	5	1.1
III Б. Дизъюнктивных ареалов		
12. Западнопалеарктическо-стенопейский дизъюнктивный	10	2.2
13. Паневропейско-стенопейский дизъюнктивный	1	0.2
14. Паневропейско-восточноохотский дизъюнктивный	1	0.2
IV. ГИАДИЙСКАЯ ГРУППА	291	63.4
IV А. Широких ареалов		
15. Пангиадийский	83	18.1
16. Гиадийский эвриконтинентальный	13	2.8
17. Северногиадийский	2	0.4
18. Западногиадийский	28	6.1
19. Западногиадийский южный	1	0.2
20. Панатлантическо-эвконтинентально-гиадийский	117	25.5
21. Панатлантическо-гиадийский	19	4.1
22. Европейско-евросибирско-стенопейский	5	1.1
23. Европейско-евросибирский	1	0.2
24. Евросибирско-стенопейский	1	0.2
IV Б. Узких ареалов		
25. Европейский неморальный	7	1.5
26. Средневосточноевропейский неморальный	1	0.2
27. Евросибирский	9	2.0
28. Западноевросибирский	1	0.2
29. Западноевросибирский европейский	1	0.2
IV В. Дизъюнктивных ареалов		
30. Западногиадийско-стенопейский дизъюнктивный	2	0.4
ВСЕГО ВИДОВ	459	100

Таким образом, в формировании фауны Macrolepidoptera Нижегородского Заволжья основная роль принадлежит гиадийским формообразовательным центрам. Значительная доля видов широким распространением (373 вида, 81.3%) показывает наиболее полное покрытие ими своих потенциальных ареалов, которые определяются климатическими факторами. Следовательно, в распространении бабочек значительную роль играют именно климатические факторы по сравнению с историческими, что может быть обусловлено их большей мобильностью по сравнению с другими листоядными насекомыми (Ануфриев, Кирилова, 1998).

Для вскрытия закономерностей распространения видов проведен сравнительный анализ их биотопической приуроченности. В модельных биотопах было прослежено как бабочки расселяются в пространстве, что играет определяющую роль в их распространении: кормовые растения, степень изолированности или другие причины. Для сравнения были взяты несколько точек. Две первых точки расположены на расстоянии около 1.5 км в ГПБЗ «Керженском» (одна — на границе ольшаника с суходольным лугом; другая — на стыке биотопов «пойменный луг», «пойменная дубрава» и «ивняк на берегу р. Керженец»). Три другие точки: плодовый сад вблизи пос. Рекшино (Re), станция Пижма (Pi), лесные биотопы Пижемского заказника (Pz) (рис. 1). Были проанализированы списки видов бабочек, пойманных в соответствующих точках, а также жизненные формы и биотопическая приуроченность кормовых растений этих бабочек.

Как видно из кластерной дендрограммы (рис. 2) все учеты, сделанные в заповеднике «Керженском», сгруппировались по сезонному и биотопическому признакам. Для бабочек, летающих в период август — сентябрь, получили характерное разделение по биотопам — кластер *G* и кластер *J*. Кластерный анализ показывает, что учеты разделяются по двум факторам: во-первых, по сезонам, а, во-вторых, по биотопической приуроченности бабочек.

При сравнительном анализе списков видов Noctuidae конца августа, прилетевших на свет в ивняке на берегу Керженца ( $F_2$ ) и в ольшанике ( $F_1$ ) (кластеры *G* и *J* на рис. 2), оказалось, что для видов, встретившихся только в ольшанике, характерно преобладание хортобионтов (их 11 из 13 видов), основная часть питаются злаками, произрастающих в суходольных лугах. Из 13 видов, встретившихся только у Керженца, оказалось 7 видов хортобионтов, но они питаются на растениях леса, заливных лугов и пойм рек. Для 11 видов, встретившихся на обоих обследованных участках, характерно питание лесными видами растений. Сходная закономерность

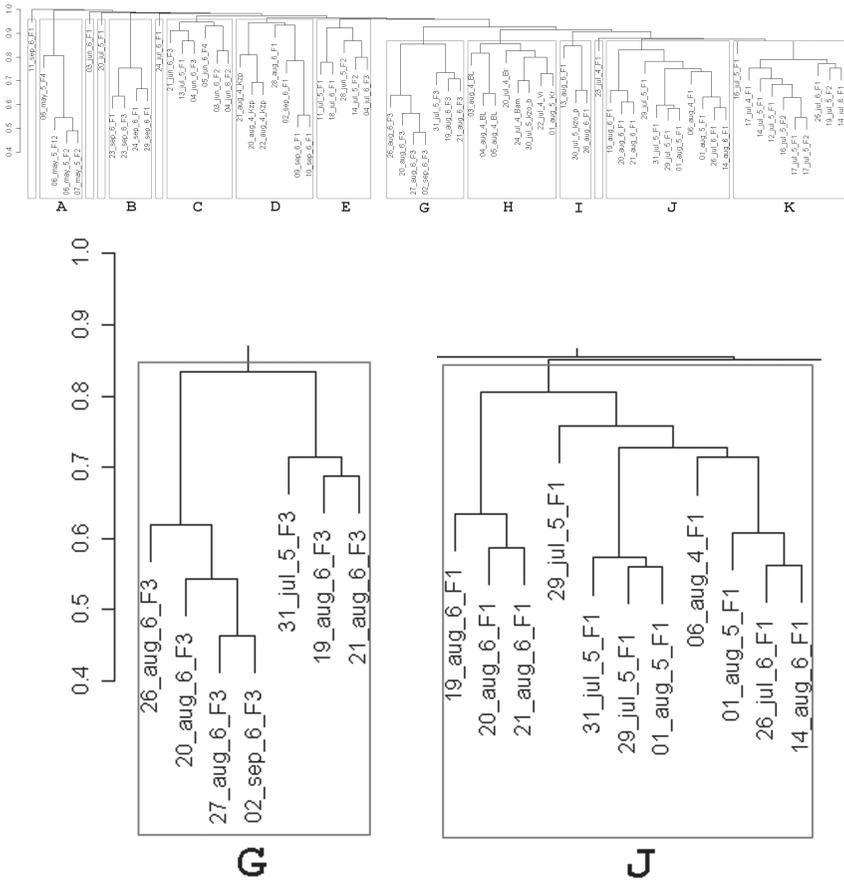


Рис. 2. На верхнем рисунке — кластерная дендрогорамма различий учетов в Керженском заповеднике, на нижнем — крупнее показаны кластеры G и J (на рисунке обозначена дата и точка учета — F<sub>1</sub> — ольшаник, окруженный суходольными лугами; F<sub>3</sub> — ивняк на берегу Керженца, окр. п. Рустай).

прослеживается и для пядениц. Расстояние между указанными биотопами равно 1.4 км. Таким образом, хотя бабочки обладают мобильностью, они не улетают далеко за пределы тех биотопов, где произрастают кормовые растения гусениц, то есть для бабочек характерна биотопическая приуроченность. За счет же мобильности наблюдается некоторая размытость границ определенных сообществ.

При сравнении списков видов бабочек, пойманных на станции Пижма и в Рекшино в начале лета (конец июня), оказалось, что для обеих этих точек характерно 18 общих видов, что составляет 24% от

Таблица 2. Распределение кормовых растений гусениц по биотопической приуроченности (для июньских видов)

Сообщества	Пижма		Рекшино	
	Число видов	%	Число видов	%
луговые	16	26	16	18
лесные и полулесные	22	35	27	31
садовые	3	5	9	10
сорные	13	21	22	25
степные	6	10	4	5
водные	2	3	5	6
Всего	62	100	87	100

всех видов, собранных в июне в Рекшино и Пижме. Кроме того, и для Рекшино и для Пижмы характерна большая доля полифагов (по 75%), тогда как для всего списка бабочек Нижегородского Заволжья доля полифагов составляет 56%. В Рекшино сбор бабочек проводился на территории садоводческого товарищества, а в Пижме — на железнодорожной станции в центре поселка, которую окружают частные жилые дома с садами и огородами. Однако, анализ списка кормовых растений гусениц бабочек, пойманных в Рекшино и Пижме, показал довольно низкое количество видов, гусеницы которых развиваются на садовых растениях (9 видов, в том числе 9 — в Рекшино, 1 — в Пижме). Более того, для Пижмы характерна большая доля растений, входящих в рацион гусениц, с приуроченностью к естественным ландшафтам (61% — луговые, лесные и полулесные виды — для Пижмы и 49% — для Рекшино), тогда как для Рекшино выше доля видов, приуроченных к антропогенным ландшафтам (садовые и сорные растения, табл. 2). Это может быть связано с тем, что длительность интенсивной антропогенной нагрузки в Рекшино по крайней мере на 30–50 лет больше, чем в Пижме.

Сравнение списка видов, полученных в августе на станции Пижма и в Пижемском заказнике, выявило только два общих вида (*Hepialus sylvinus* (Linnaeus, 1761) и *Timandra griseata* Petersen, 1902). При этом в обеих точках найдено практически одинаковое количество видов (по 20) и экземпляров (48 в Пижме и 49 в Пижемском заказнике). На станции основная доля выявленных видов является хортобионтами (15 видов), один вид — тамнохамехортобионт и только 4 вида связаны с деревьями. В Пижемском заказнике встретилось только 4 вида хортобионтов, два из которых были встречены также и на станции, а один (*Polypogon tentacularius* (Linnaeus, 1758)) был встречен на станции Пижма в начале лета. Тогда как «чистых» дендробионотов оказалось 5 видов (2 вида — дендробионты ли-

ственных: *Catocala adultera* Menetries, 1856 и *C. fraxini* (Linnaeus, 1758); 2 вида — дендробионты хвойных: *Cosmotriche lobulina* (Denis et Schiffermüller, 1775) и *Hylaea fasciaria* (Linnaeus, 1758); один вид — *Lymantria monacha* (Linnaeus, 1758), гусеница которого питается и на хвойных, и на лиственных деревьях). 7 видов обладают смешанной трофикой (дендро-, тамно- и хамебионты), кроме того, встретилось 3 вида лишенобионтов и 1 вид альгобионтов, которые также связаны с лесными экосистемами. То есть на станции обитают преимущественно луговые виды, а в Пижемском заказнике — лесные. Таким образом, для ночных макрочешуекрылых характерна строгая приуроченность к биотопам. Для бабочек при всей их мобильности расстояние в 15 километров (между станцией и заказником) является расстоянием, разделяющим два биотопа.

При сравнении списков видов бабочек, пойманных на станции Пижма и в Рекшино в августе, оказалось, что доля полифагов составляет 65 и 64% соответственно, что ниже, чем в июне, но выше, чем это характерно для всей фауны в целом, тогда как для Пижемского заказника доля полифагов оказалась 56% (как для всей фауны в целом). Большая доля полифагов среди бабочек, пойманных на станции Пижма и в Рекшино может быть связана с антропогенной нарушенностью этих территорий. Указанные экосистемы испытывают трансформацию, выживают те виды, которые имеют широкий трофический спектр. Такое изменение в соотношении видов и трофических групп отмечается и для других систематических групп животных, обитающих на антропогенно-нарушенных территориях (Вершинин и др., 2006).

Таким образом, в распространении бабочек более значительную роль играют именно климатические факторы по сравнению с историческими, что может быть обусловлено их большей мобильностью по сравнению с другими листоядными насекомыми. Ночным макрочешуекрылым характерна биотопическая приуроченность — сходные биотопы, расположенные дальше друг от друга (250 км) имеют более сходный видовой состав, чем различные биотопы, расположенные относительно недалеко друг от друга, которые практически не перекрываются по видам. Ночные бабочки как правило не улетают далеко за пределы тех биотопов, где произрастают кормовые растения гусениц.

Автор выражает благодарность за помощь в определении материала с.н.с. Зоологического музея МГУ, к.б.н. Свиридову А.В. (г. Москва), Косареву Ю.Б. (г. Нижний Новгород), н.с. ЗИНА РАН, к.б.н. Мионову В.Г. и к.б.н. Матову А.Ю. (г. Санкт-Петербург).

## ЛИТЕРАТУРА

- Ануфриев Г.А., Кириллова В.И. Цикадовые (Homoptera, Cicadina) Чувашской Республики: опыт анализа фауны. Чебоксары, 1998. 176 с.
- Вершинин В.Л., Середюк С.Д., Черноусова Н.Ф. и др. Пути адаптациогенеза наземной фауны к условиям техногенных ландшафтов. Екатеринбург, 2006. 184 с.
- Гофман Э. Атлас бабочек Европы и отчасти Русско-Азиатских владений. Обработ. и доп. применительно к русской фауне Н.А. Холодковский. Спб., 1897. 357 с.
- Емельянов А.Ф. Предложения по классификации и номенклатуре ареалов // Энтомолог. обозр. 1974. Т. 53, вып. 3. С. 497 — 522.
- Ламперт К. Атлас бабочек и гусениц Европы и отчасти Русско-Азиатских владений. СПб., 1913. 486 с.
- Мержеевская О.И. Совки (Noctuidae) Белоруссии. Минск, 1971. 448 с.
- Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 4. Чешуекрылые. Ч. 1. Л., 1978. 710 с.
- Природа Горьковской области. Горький, 1974. 416 с.
- Старобогатов Я.И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоёмов земного шара. Л., 1970. 372 с.
- Koch M. Wir bestimmen Schmetterlinge. Neumann Verlag. Leipzig, Radebeul, 1984. 792 S.
- Oksanen J. Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cc.oulu.fi/~jarioksa/opetus/metodi/vegantutor.pdf>
- Skinner B. Color identification guide to moths of the British Isles. London, 1998. 276 p.

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ПО ДАННЫМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ

Е.А. Мудрик\*, Д.В. Политов\*, М.М. Белоконь\*, С.Н. Привалихин\*\*

\*Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, г. Москва

\*\*Донецкий ботанический сад НАН Украины, г. Донецк

Ель — один из главных лесообразователей бореальных лесов, а также одна из наиболее ценных древесных пород в лесной промышленности. Генетическая изменчивость, свойственная популяциям, — необходимое условие для устойчивого развития лесных экосистем, а также основа для селекционного процесса при создании эффективных искусственных насаждений. Проблемы исследования генетической изменчивости успешно решаются с помощью молекулярных маркеров. Для елей комплекса *Picea abies* — *P. obovata* на территории России и Украины такие исследования были осуществлены с помощью изоферментов (Политов, Крутовский, 1998; Привалихин, 2008; Krutovskii, Bergmann, 1995). Однако

для адекватной количественной оценки генетического разнообразия специфика этих маркеров требует использования большого количества локусов (19–20), среди которых только отдельные обладают дифференцирующими свойствами. В последние годы для решения расширяющегося круга теоретических и прикладных задач популяционной генетики все активнее используются молекулярные маркеры нового поколения — высокополиморфные микросателлитные локусы.

В нашей работе впервые была отработана и применена методика использования микросателлитных маркеров в анализе генетической изменчивости и уровня дифференциации ели европейской из Украинских Карпат и комплекса елей *Picea abies* — *P. obovata* из российской части ареала. Было проанализировано 289 образцов ели из 8 выборок: ель европейская из Украинских Карпат (Осмолада, Быстрица 700 (низ) и 1400 (верх) м н.у.м., Синевир, Раховская); гибридные формы европейской и сибирской елей (Мурманская и Тверская выборки); ель сибирская из Саян (выборка Ручей). Отработка методики заключалась в подборе условий выделения ДНК из хвои и семян, подборе ПЦР-праймеров и режимов ПЦР-амплификации фрагментов ДНК, условий электрофоретического разделения ПЦР-продуктов в полиакриламидном геле и адекватной интерпретации генотипов. Статистическую обработку полученных данных осуществляли в программе GenAlEx 6.1 (Peakall, Smouse, 2006).

В результате тестирования 21 праймера для последующего анализа нами были отобраны 4 микросателлитных локуса — *UAPgAG105*, *UAPsTG25*, *UAPgAG150*, *EATC2C06*. Три из них были высокоизменчивы, для них идентифицировано от 10 до 16 аллелей. Пример электрофореграммы, представляющей изменчивость микросателлитного локуса и кодирующих его аллелей, представлен на рис. 1. Мотивы, длины полученных фрагментов ДНК, оптимальные режимы ПЦР-амплификации, количество аллелей в локусах приведены в таблице.

Карпатские популяции ели европейской характеризовались более высоким аллельным разнообразием (среднее число аллелей ( $A$ ), составило 6.0–8.0) и уровнем ожидаемой гетерозиготности ( $H_E = 0.565 \pm 0.075$  —  $0.628 \pm 0.065$ ) по сравнению с гибридной и сибирской елью ( $A = 4.25$ – $4.75$ ,  $H_E = 0.463 \pm 0.133$  —  $0.523 \pm 0.093$ ). Наименее генетически разнообразны Мурманская и Саянская выборки, что, по-видимому, вызвано их изолированностью и специфическими природно-климатическими условиями произрастания.

Анализ состава аллелей по каждому локусу выявил особенности изучаемых выборок, связанные с их географическим располо-

Таблица. Характеристика микросателлитных локусов, отобранных для анализа генетической изменчивости ели комплекса *Picea abies* — *P. obovata*

Локус	Мотив	t °C отжига	Кол-во циклов	Размер фрагментов	Число аллелей	Источник литературы
<i>UAPsTG25</i>	(TG) <sub>27</sub>	52.5	25	100-122	16	Hodgetts et al., 2001
<i>UAPgAG150</i>	(AG) <sub>19</sub>	55	25	144-166	13	Hodgetts et al., 2001
<i>EATC2C06</i>	(CAT) <sub>7</sub>	60	27	139-169	10	Scotti et al., 2002
<i>UAPgAG105</i>	(AG) <sub>11</sub>	53	25	158-164	5	Hodgetts et al., 2001

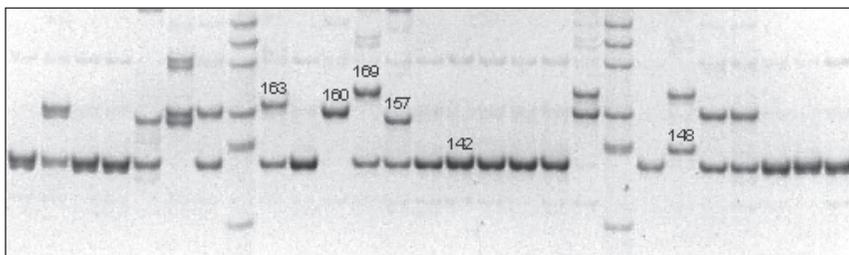


Рис. 1. Электрофореграмма микросателлитного локуса *EATC2C06* у *Picea abies*; 142, 148, 157, 160, 163, 169 — обозначение аллелей по длине фрагмента ДНК.

жением: наличие определенного набора аллелей для карпатских популяций и их отсутствие у гибридной и сибирской елей, специфические аллели, имеющиеся только в Саянской или Мурманской популяциях, а также разные аллели в качестве основных (наиболее частых) в отдельных выборках по определенным локусам. Значения генетических дистанций Неи ( $D_N$ ), рассчитанные на основании частот аллелей, указывают на максимальную генетическую удаленность Саянской и Мурманской популяций от карпатских ( $D_N = 0.235 - 0.397$ ) и промежуточное положение Тверской ( $D_N$  с карпатскими варьирует от 0.098 до 0.146). В пределах карпатских выборок генетическая дифференциация незначительна ( $D_N$  в пределах 0.018 – 0.055). Генетическая подразделенность ели по микросателлитным локусам была невысокой ( $F_{ST} = 0.097$ ), а генетическая дифференциация изученных выборок полностью соответствовала их географическому расположению (рис. 2) и полученным ранее изоферментным данным (Политов, Крутовский, 1998; Привалихин, 2008; Krutovskii, Bergmann, 1995).

Таким образом, использование четырех микросателлитных локусов позволило нам впервые получить оценки уровня генетическо-



Рис. 2. Ординация выборок елей комплекса *Picea abies* — *P. obovata* по результатам анализа главных компонент. Выборки: С — Синеувир, Рх — Раховская, Бв — Быстрица (верх), Бн — Быстрица (низ), Осм — Осмолода, Р — Ручей, Тв — Тверская, М — Мурманская.

го разнообразия и дифференциации ели комплекса *Picea abies* — *P. obovata* из разных частей ареала по данным маркерам. Выявление диагностических локусов, маркирующих выборки из разных регионов, чрезвычайно важно как для анализа генетической дифференциации популяций на всем их ареале, так и в практическом плане, например, для дополнения к традиционным подходам лесосеменного районирования.

Работа поддержана грантом РФФИ «Мобильность молодых ученых СНГ» (проект № 07–04–90902), частично финансировалась в рамках госконтракта с ФГУ «Лесоинфотека» (№ Р–4К–08/19).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Полишов Д.В., Крутовский К.В. Клинальная изменчивость и интрогрессивная гибридизация в популяциях европейской и сибирской елей // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. Р. 78–89.
- Привалихин С.Н. Популяционно-генетическое разнообразие ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в Украинских Карпатах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 2008. 21 с.
- Hodgetts R.B., Aleksiuik M.A., Brown A. et al. Development of microsatellite markers for white spruce (*Picea glauca*) and related species // Theor. Appl. Genet. 2001. Vol. 102. P. 1252–1258.
- Krutovskii K.V., Bergmann F. Introgressive hybridization and phylogenetic relationships between Norway, *Picea abies* (L.) Karst, and Siberian, *Picea obovata* Ledeb, spruce species studied by isozyme loci // Heredity. 1995. Vol. 74. P. 464–480.
- Peakall R., Smouse P.E. GenAlex 6: Genetic Analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // Mol. Ec. Notes. 2006. Vol. 6. P. 288–295.
- Scotti I., Magni F., Pagila G.P., Morgante M. Trinucleotide microsatellites in Norway spruce (*Picea abies*): their features and development of molecular markers // Theor. Appl. Genet. 2002. Vol. 106. P. 40–50.

## ФИТОИНДИКАЦИЯ РЕКИ ИСЕТЬ В ЧЕРТЕ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

---

И.Е. Мысин, А.Р. Тухбатуллин

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Проведена оценка уровня сапробности воды реки Исети в черте г. Екатеринбурга по видовому составу фитопланктона. Исследованы Визовский и Нижнеисетский пруды. Пробы воды отбирались с поверхности водоема вблизи берега 16.09.2007 г., затем фиксировались и отстаивались. В качестве фиксатора использовали раствор Люголя. В капле определяли видовой состав и частоту встречаемости водорослей. Для определения индекса сапробности использована система Пантле-Бука, модифицированная В. Сладечеком (1967).

В планктоне обоих прудов выявлены представители четырех отделов: Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta и Euglenophyta. Наиболее массово встречались сине-зеленые водоросли; к этому отделу относится вид-доминант обоих прудов — *Oscillatoria limosa*. В Визовском пруду из индикаторных организмов преобладали  $\beta$ -мезасапробы и представители переходной зоны от  $\beta$  к  $\alpha$ . В Нижнеисетском пруду также преобладают  $\beta$ -мезасапробы, часто встречаются  $\alpha$ -мезасапробы и переходные виды от  $\beta$  к  $\alpha$  зоне и от 0 к  $\beta$  зоне. На основании данных по качественному и количественному составу фитопланктона были рассчитаны индексы сапробности воды для изученных водоемов. Для Визовского пруда среднее значение сапробности воды равно 2.00, а для Нижнеисетского пруда — 1.99.

Таким образом, вода во всех изученных нами пробах относится к переходной зоне между  $\alpha$ - и  $\beta$ -мезасапробной с тенденцией к смещению в сторону к  $\beta$ -мезасапробной зоне. Рассчитанные значения сапробности изученных прудов соответствуют III классу загрязненности вод (умеренно загрязненные) по классификации, принятой в системе Гидробиологической службы РФ по контролю поверхностных вод.

## ФЛОРА ОЗЕРА НИЖНЕЕ БЕЛОЕ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

---

Б.Б. Найданов

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ

В 2007 г. было осуществлено флористическое исследование оз. Нижнее Белое, которое располагается в бессточной котловине.

Длина озера достигает 500 м, а ширина — 300 м. Берега пологие, почвы тяжелого гранулометрического состава (глинистые и суглинистые), на поверхности имеется соляная корка до 3 см. По гидрохимическим показателям озеро соленое и относится к содовому типу засоления.

Выявлена флора водных и прибрежно-водных растений. По предварительным данным среди погруженных укореняющихся растений встречается *Potamogeton pectinatus* L. Этот вид мы обнаружили на глубине 30–50 см, где он образует чистые сообщества с проективным покрытием до 50%. В притоках также встречается *Potamogeton pectinatus* с *Myriophyllum sibiricum* Ком.; они совместно образуют сообщество с проективным покрытием до 90%. В зоне подтопления из гелофитов встречается *Bolboschoenus planiculmis* (Fr. Schmidt) Egor. По мере удаления от уреза воды на влажных участках встречается *Triglochin palustre* L., *Blysmus rufus* (Hudson) Link., *Typha laxmannii* Lepech., *Scirpus hyppolyti* V. Krecz., *Halerpestes salsuginosa* (Pallas ex Georgi) Greene, *H. sarmentosa* (Adam) Ком. В местах выхода подземных грунтовых вод тростник формирует чистые сообщества высотой до 2 м. На более сухих участках встречаются представители галофитной флоры; в основном, это представители семейства *Chenopodiaceae*. Из них часто встречается *Suaeda corniculata* subsp. *mongolica* Lomon. et Freitag, *Suaeda sibirica* Lomon. et Freitag, *Chenopodium glaucum* L., реже встречаются *Salsola collina* Pallas, *Kochia densiflora* Turcz., *Chenopodium aristatum* L. Из злаковых встречается *Puccinellia tenuiflora* (Griseb.) Scribner et Merr., из сложноцветных — *Saussurea amara* (L.) DC., *Taraxacum sumneviczii* Schischk.

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ КРАНИАЛЬНЫХ И ДЕНТАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ У *ALOPEX LAGOPUS* И *VULPES VULPES*

**О.Г. Нанова**

*Зоологический музей МГУ, г. Москва*

Основная цель анализа корреляций между характеристиками сложного морфологического образования — выяснение его внутренней структуры, наличия устойчивых взаимосвязей между его элементами (Терентьев, 1959; Ростова, 2002; Olson, Miller, 1958). Структура связей признаков зубов млекопитающих (Gould, Garwood, 1969; Gingerich, 1977; Gingerich, Winkler, 1979; Pengilly, 1984; Szuma, 2000; Dayan et al., 2002) и в меньшей степени черепа (Мина, Клевезаль,

1976; Россоломо, Павлинов, 1976; Ростова, 2002; Goswami, 2006), являются популярными объектами исследований.

Несмотря на обширность литературы, касающейся корреляционной структуры признаков черепа и зубной системы, изменчивости корреляций и методам оценки их значимости внимания уделено мало. Методы оценки надежности выделяемых корреляционных плеяд (Терентьев, 1959) разработаны недостаточно.

Необходимость устранения подобных методических пробелов очевидна, поскольку на основе анализа корреляций обсуждаются такие фундаментальные биологические проблемы как морфогенез. Результаты корреляционного анализа дают основания для выделения факторов, детерминирующих морфологическую структуру объектов. Например, на зубах широко обсуждается концепция морфогенетических полей, или в более упрощенном виде «правило ближайшего соседа» (Kurten, 1953; Van Valen, 1962, 1965; Gingerich, Winkler, 1979; Pengilly, 1984), а также степени связей между функционально значимыми признаками (Kurten, 1953; Szuma, 2000; Dayan et al., 2002). Кроме того, в палеонтологических исследованиях размерные характеристики зубов используются в качестве показателей общих размеров тела млекопитающих. Однако общие закономерности корреляций элементов зубного ряда с размерами черепа, а значит и тела, не ясны.

Цель настоящей работы: проанализировать изменчивость структуры корреляций признаков черепа и зубной системы песца *Alopex lagopus* и лисицы *Vulpes vulpes*. Нами использован иерархический метод представления структуры связей, что позволило дать оценку надежности выделяемых корреляционных плеяд.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Корреляционную структуру метрических признаков черепа изучали на следующих выборках: песец — Чукотка (самцов — 40; самок — 38), Архангельская область (37; 39), о. Беринга (40; 40); лисица — Чукотка (40; 40), Приморье (40; 40), Московская область (40; 40), Туркмения (40; 31). В каждой выборке в равном объеме представлены экземпляры двух возрастных групп — сеголетки и взрослые. Анализ корреляционной структуры зубов проводили только на сеголетках, так как было показано, что их корреляционная структура существенно нарушается из-за стирания (Павлинов и др., 2008). Череп характеризовали с помощью 32 (рис. 1), зубы — 23 (рис. 2) метрических признаков.

Анализ структуры корреляций проводили для каждого вида отдельно. В качестве методической основы использован разрабо-

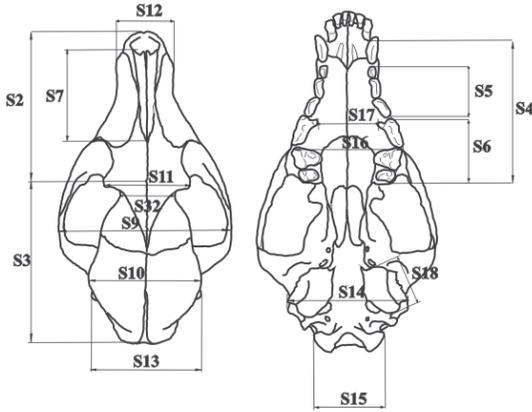


Рис. 1. Промеры черепа.

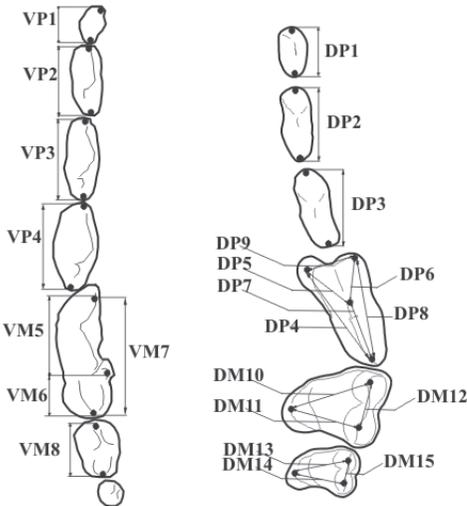
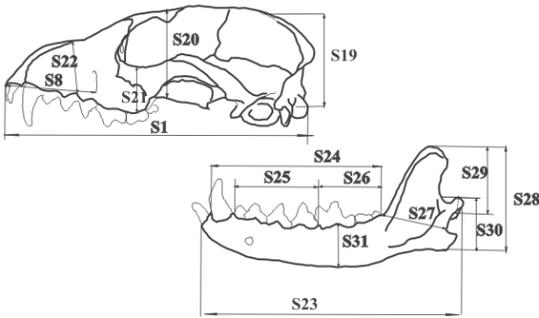


Рис. 2. Промеры зубов.

Для идентификации зубов использованы следующие обозначения:

V — нижний,  
D — верхний,  
M — моляр,  
P — премоляр;

для верхнего и нижнего зубных рядов принята независимая нумерация промеров, начиная с первого премоляра.

таннный Н.С. Ростовской (2002) эвристический подход к сравнительному исследованию структур разнообразия, являющийся синтезом разных методов сравнения корреляционных матриц.

Для оценки связи между признаками зубов и общими размерами черепа (кондилобазальная длина черепа, длина нижней челюсти) рассчитывали корреляции Пирсона. Затем для всех признаков зубов были вычислены множественные и частные корреляции. Эти же вычисления провели и для признаков черепа. Для нормализации распределений коэффициентов корреляции использовали  $z$ -преобразование  $z = 0.5 \ln[(1+r)/(1-r)]$  (Van Valen, 1965; Ростова, 1999). Все вычисления проводили отдельно в каждой половозрастной группе. Корреляционные матрицы попарно сравнивали с помощью коэффициента кофенетической корреляции  $R_{\text{COPI}}$ . Сходство матриц оценивали с помощью критерия Мантеля.

Для оценки соотношения разных форм изменчивости корреляций применяли анализ компонент дисперсии, в котором эти формы рассматривали в качестве факторов, корреляции каждой пары признаков — как зависимые переменные (Pavlinov et al., 1993). Использовали метод максимального правдоподобия для иерархического плана, где каждый последующий фактор вложен в предыдущий: вид, география, пол, возраст.

Для выявления и графического представления структуры корреляций между признаками применяли кластерный анализ на матрице дистанций  $1 - |r|$ . Близость признаков на дендрограмме рассматривали как свидетельство их тесной связи (Van Valen, 1965; Россоломо, Павлинов, 1977; Pengilly, 1984). Выделенные группы наиболее коррелированных между собой признаков, вслед за П.В. Терентьевым (1959), обозначали как корреляционные плеяды.

Для оценки устойчивости структуры дендрограмм, получаемых в результате кластерного анализа, использовали метод подвыборки («subsampling», Hartland et al., 1998). С этой целью случайным образом генерировали по 100 подвыборок, составляющих половину от исходной выборки. Затем по совокупности всех дендрограмм строили консенсусные деревья. Количественной оценкой устойчивости кластеров (корреляционных плеяд) служила доля дендрограмм в каждой совокупности всех подвыборок, на которых выделены соответствующие кластеры (аналог стандартной бутстреп поддержки). Такую процедуру проводили для каждого из двух видов, отдельно по краниальным и отдельно по дентальным признакам.

Все стандартные вычисления проводили с помощью пакета статистических программ Statistica (StatSoft Inc., 2001). Оригиналь-

ный алгоритм, написанный на языке STATISTICA Visual Basic, был использован для ресемплинга (бутстрепа).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Связь между признаками черепа и зубов.** Уровень связи между признаками зубов и общими размерами черепа (кондилобазальной длиной, длиной нижней челюсти) низкий. Значение коэффициентов корреляции между промерами зубов и промерами черепа изменяется для песца от  $-0.19$  до  $0.46$ , для лисицы — от  $0.07$  до  $0.71$ . Этот результат, на первый взгляд, противоречит данным предыдущих авторов (Kurten, 1953; Gingerich, 1977; Damuth, MacFadden, 1990; Dayan et al., 2002; Meiri et al., 2005), обнаруживших высокий уровень корреляции между общими размерами черепа и размерами зубов у млекопитающих. Подобное несоответствие объясняется разницей в диапазонах размерной изменчивости. Указанные авторы работали с видами, сильно различающимися по размеру. В пределах же одного вида или видов одной размерной группы, как в нашем случае, подобная закономерность существенно слабее. Это обстоятельство необходимо учитывать при реконструкции размеров животного по его зубам, что часто приходится делать палеонтологам (Kurten, 1967; Gingerich et al., 1982; Gingerich, 1985). Возможно по размеру зуба определить к какому размерному классу животное принадлежало, но вариации внутри одного размерного класса обнаружить нельзя. Отсутствие связи между признаками черепа и зубов обусловило дальнейший отдельный анализ структуры их корреляционной изменчивости.

**Сравнение групп по структуре связей.** При сравнении внутригрупповых корреляционных матриц по их структуре значения  $R_{\text{СОРН}}$  оказались во всех случаях достаточно низкими, хотя критерий Мантеля подтверждает их статистическую значимость. Коэффициенты  $R_{\text{СОРН}}$  при сравнении корреляционных матриц признаков зубов песца изменяются от  $0.44$  до  $0.61$ , для зубов лисицы — от  $0.23$  до  $0.57$ . При сравнении корреляционных матриц признаков черепа значения  $R_{\text{СОРН}}$  для черепа песца составляют  $0.24 - 0.63$ , для черепа лисицы —  $0.16 - 0.70$ . Резко выделяющихся групп по структуре связей обнаружить не удалось. Поэтому выделение корреляционных плеяд мы проводили для каждого вида на всей выборке в совокупности.

**Соотношение форм изменчивости.** Объясненная доля дисперсии коэффициентов корреляций для зубов несколько выше, чем для черепов ( $52.85$  и  $33.5\%$  соответственно). Изменчивость связей в черепе выше, чем в зубной системе. Вместе с тем, соотношения

долей учтенных форм изменчивости дентальных и краниальных признаков сходны. Наибольший вклад в общее разнообразие вносит географическая изменчивость, что не удалось обнаружить с помощью критерия Мантеля. Так, доля географических изменчивости для зубной системы составляет 34.99%, для черепа — 21.95%. Другие формы изменчивости вносят меньший вклад: межвидовые — 8.48% и 4.91% соответственно, половые — 9.38 и 3.22%. Доля возрастной изменчивости корреляций признаков черепа составляет 3.42%.

**Корреляционная структура зубной системы.** Мы рассматривали основные типы связей между зубами — по смежности и по вертикали (билатеральные связи в настоящей статье не рассматриваются, их исследование у песца описано в статье И.Я. Павлинова с соавт., 2008).

Структура связей между зубами сходна у песца и лисицы. Одни и те же блоки выделяются у обоих видов. Основные различия связаны с преобладанием связей по вертикали у лисицы и связей по смежности у песца. У песца (рис. 3а) нижние премоляры (за исключением первого) и моляры (за исключением тригониды первого моляра) составляют отдельные подгруппы в общей плеяде нижних зубов. В верхнем зубном ряду выделяется блок из малых премоляров. Верхние моляры не образуют единой корреляционной плеяды, а обособлены друг от друга и промеров премолярной группы. Каждый верхний моляр представляет собой единое корреляционное целое. В отличие от верхних моляров, хищнические зубы (верхний четвертый премоляр и нижний первый моляр), несмотря на анатомическую целостность, не составляют корреляционного целого: разные промеры хищнических зубов обособлены друг от друга в структуре дендрограммы.

При удалении части корреляции с общим размером с помощью анализа частных корреляций структура этих связей несколько изменяется, хотя сохраняются основные блоки. Принципиальное отличие от структуры парных корреляций состоит в усилении вертикальных связей: все промеры малых премоляров верхнего и нижнего рядов составляют единую корреляционную плеяду. Промеры нижних моляров группируются с промерами второго верхнего моляра.

При таком рассмотрении хищнические зубы по-прежнему не представляют единого корреляционного целого, при этом выявляются следующие особенности. Появляется плеяда из длины метастилия верхнего хищнического зуба и тригониды нижнего хищнического зуба. Ширина переднего края верхнего четвертого моляра в этом случае группируется с плеядой малых премоляров, что является типичной связью по смежности.

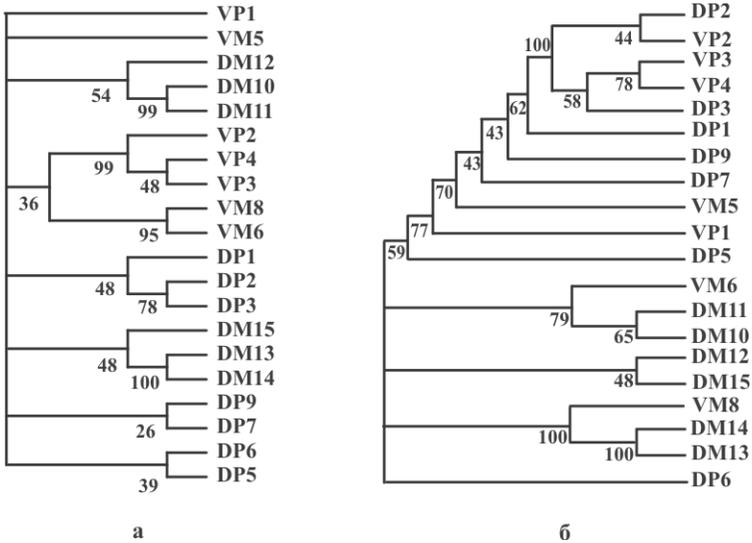
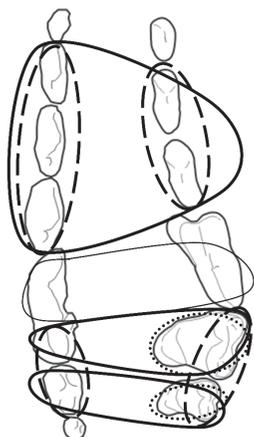


Рис. 3. Дендрограммы, воспроизводящие структуру корреляций признаков зубов: а) песца, б) лисицы.

У лисицы, в отличие от песца, усилены связи по вертикали (рис. 3б), но промеры малых премоляров и моляров также составляют разные корреляционные плеяды. Все промеры верхних и нижних премоляров объединены в единую корреляционную плеяду. Промеры моляров составляют несколько отдельных плеяд. Противоположные промеры верхних и нижних моляров объединены попарно. Промеры хищнических зубов в целом слабо коррелированы друг с другом. Структура частных корреляций у лисицы аналогична структуре парных.

На рис. 4 показана обобщающая схема корреляционной структуры зубов для двух исследованных видов. Можно выделить несколько основных корреляционных плеяд. Во-первых, это премолярная плеяда. Связи между малыми премолярами одного зубного ряда соответствуют «правилу ближайшего соседа» (Kurten, 1953; Van Valen, 1962; 1965). Сильные связи между неокклюдирующими верхними и нижними малыми премолярами обсуждались многими авторами (Gingerich, Winkler, 1979; Pengilly, 1984). Эти корреляции не поддаются прямой функциональной интерпретации. Считать их складывающимися в результате механического (прямого) взаимодействия между зубами также нельзя, скорее здесь имеют место эпигенетические механизмы (Jernvall, Jung, 2000).



*Рис. 4. Основные корреляционные плеяды признаков зубов: сплошная линия — связи по вертикали (более тонкой линией показана неустойчивая связь между режущими частями хищнических зубов), пунктирная линия — связи по смежности, точечная линия — связи внутри зуба.*

Во-вторых, высокий уровень корреляций между функционально-взаимозависимыми признаками имеет место в области моляров. Промеры окклюдирующих давящих поверхностей моляров скоррелированы между собой. Так, отдельные корреляционные плеяды составляют промеры первого верхнего моляра и талонида первого нижнего моляра, промеры второго верхнего и второго нижнего моляров.

Интересным образом на нижних молярах проявляется правило ближайшего соседа. Давящая поверхность первого нижнего моляра (талонид) связана с соседним вторым моляром, но не с тригонином первого моляра. Таким образом, первый нижний моляр, несмотря на свою анатомическую целостность, не представляет собой единого корреляционного целого, а распадается на две части, имеющие разные функции: режущий тригонид и давящий талонид. Верхний хищнический зуб также не является единым корреляционным целым. Существует связь между режущими поверхностями верхнего и нижнего хищнических зубов, но она гораздо менее устойчива, чем между давящими поверхностями. В отличие от хищнических зубов верхние моляры представляют собой корреляционное целое, что отражает их функционирование как целостных структур.

**Корреляционная структура черепа.** Основные плеяды, которые удается выделить, сходны у песца и лисицы, и выглядят следующим образом (рис. 5). Для лисицы это плеяда основных продольных промеров — кондилобазальной длины и длины нижней челюсти с длинами лицевой части и зубных рядов. В отдельную плеяду выделяют длины верхнего и нижнего молярных рядов, что было



ваниях: вариации размеров тела животных, относящихся к одному размерному классу, не могут быть надежно восстановлены по различиям в размерах их зубов.

2) Вследствие разной зависимости от общих размеров, исключение размерного фактора существенно изменяет корреляционную структуру признаков черепа, тогда как корреляционная структура зубных рядов остаётся почти без изменений.

3) Общий характер изменчивости корреляций сходен для денальных и краниальных признаков. Наибольший вклад в эту изменчивость вносит географический фактор.

4) В данном исследовании выявлена структурированность связей зубной системы. Одни связи между зубами обусловлены их функциональной нагрузкой (корреляции между верхними и нижними молярами), другие — взаимодействиями между ближайшими зубами при их формировании (корреляции между малыми премолярами одного ряда). Причины других связей — тесных корреляций между неокклюдирующими верхними и нижними малыми премолярами — не ясны. Степень интегрированности сложных зубов, то есть степень корреляционной целостности, зависит от их функции, хотя каждый из зубов закладывается и формируется как анатомическое целое. Верхний и нижний хищнические зубы не являются единым корреляционным целым, поскольку разные их части функционируют по-разному. Напротив, каждый верхний моляр представляет собой корреляционное целое.

5) Использованный нами метод не позволил выявить блочность структуры в черепе. Мы предполагаем, что это связано со ее сложностью и сильным влиянием ростового фактора на многие отделы черепа.

Автор выражает благодарность научному руководителю д.б.н. И.Я. Павлинову за помощь при выполнении работы и неоднократную правку данного текста, А.А. Лисовскому за создание оригинальной программы на языке Visual Basic, значительно облегчающей обработку данных, В.С. Лебедеву за обсуждение полученных результатов.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ (проект № 06 – 04 – 49134).

#### ЛИТЕРАТУРА

Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных (анализ на уровне организма). М.: Наука. 1976, 291 с.

Павлинов И.Я., Нанова О.Г., Лисовский А.А. Корреляционная структура щёчных зубов песца (*Alopex lagopus*) // Зоол. журн., 2008. Т. 87. Вып. 7. С. 1 – 14.

- Россолимо О.А., Павлинов И.Я. Географическая изменчивость коррелятивных связей признаков черепа у млекопитающих // Бюлл. МОИП. Отд. биол., 1976. Т. 81. Вып. 6. С. 16 – 31.
- Россолимо О.А., Павлинов И.Я. К методике сравнительного изучения географической изменчивости млекопитающих. Корреляционный анализ сходства географической изменчивости признаков и видов // Зоол. журн., 1977. Т. 56. Вып. 3. С. 450 – 458.
- Ростова Н.С. Изменчивость системы корреляций морфологических признаков. 1. Естественные популяции *Leucanthemum vulgare* (Asteraceae) // Бот. журн., 1999. Т. 84. Вып. 11. С. 50 – 66.
- Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость // Тр. СПб. общ. естествоисп., 2002. Т. 94. Сер. 1. 306 с.
- Терентьев П.В. Метод корреляционных плеяд // Вестн. Лен. Ун-та, 1959. Вып. 9. С. 137 – 141.
- Damuth J.D., MacFadden B.J. Body Size in Mammalian Paleobiology: Estimation and Biological. Cambridge University Press, 1990. 409 pp.
- Dayan T., Wool D., Simberloff D. Variation and covariation of skulls and teeth: modern carnivores and the interpretation of fossil mammals // Paleobiology, 2002. Vol. 28. № 4. P. 508 – 526.
- Gingerich P.D. Correlation of tooth size and body size in living hominoid primates, with a note on relative brain size in *Aegyptopithecus* and *Proconsul* // Amer. J. Physical Anthropol., 1977. Vol. 47. №3. P. 395 – 398.
- Gingerich P.D. Species in the fossil record: concepts, trends and transition // Paleobiology, 1985. Vol. 11. P. 27 – 41.
- Gingerich P.D., Smith B.H., Rosenberg K. Allometric scaling in the dentition of primates and predictions of body weight and fossils // Amer. J. Phys. Anthropol. 1982. Vol. 58. № 3. P. 81 – 100.
- Gingerich P.D., Winkler D.A. Patterns of variation and correlation in the dentition of the red fox (*Vulpes vulpes*) // J. Mammalogy. 1979. Vol. 60. № 4. P. 691 – 704.
- Gould S.J., Garwood R.A. Levels of integration in mammalian dentitions: an analysis of correlations in *Nesophontes micrus* (Insectivora) and *Oryzomys couesi* (Rodentia) // Evolution. 1969. Vol. 23. P. 276 – 300.
- Goswami A. Morphological integration in the carnivoran skull // Evolution. 2006. Vol. 60. №1. P. 169 – 183.
- Hartland E.L., Robins–Browne R.M., Sherman M. Efficiency and robustness in subsampling for dependent data // J. Stat. Plan. Infer., 1998. Vol. 75. № 1. P. 133 – 146.
- Jernvall J., Jung H.-S. Genotype, phenotype, and developmental biology of molar tooth characters // Yearbook of phys. anthrop., 2000. Vol. 43. P. 171-190.
- Kurten B. On the variation and population dynamics of fossil and recent mammal population // Acta zool. fennica. 1953. Vol. 76. P. 1 – 122.
- Kurten B. Some quantitative approaches to dental microevolution // J. of Dental Research. 1967. Vol. 46. P. 817-828.
- Meiri S., Dayan T., Simberloff D. Variability and correlations in carnivore crania and dentition // Funct. ecol. 2005. Vol. 19. № 2. P. 337 – 343.

- Olson E.C., Miller R.L.* Morphological Integration. Chicago, 1958. 318 p.
- Pavlinov I.Ja., Puzachenko A.Yu., Shenbrot G.I., Rossolimo O.L.* Comparing various forms of morphological diversity by means of dispersion analysis (exemplified by studying measurable morphological traits variation in three rodent genera, Mammalia) // *Jour. of Gen. Biology*, 1993. Т. 54. № 3. P. 324 – 328.
- Pengilly D.* Developmental versus functional explanations for patterns of variability and correlation in the dentitions of foxes // *J. Mammalogy*. 1984. Vol. 65. № 1. P. 34 – 43.
- StatSoft Inc. 2001. STATISTICA (data analysis software system), version 6. URL [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Szuma E.* Variation and correlation patterns in the dentition of the red fox from Poland // *Ann. Zool. Fennici*. 2000. Vol. 37. P. 113 – 127.
- Van Valen.* Growth fields in the dentition of *Peromyscus* // *Evolution*. 1962. Vol. 16. P. 272 – 277.
- Van Valen.* The study of morphological integration // *Evolution*. 1965. Vol. 19. P. 347 – 349.

## **ХАРАКТЕРИСТИКА НИЖНИХ ЯРУСОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ ЛЕСОПИРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

---

**М.С. Новикова**

*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург*

Одним из факторов коренных изменений естественной динамики сообществ в бореальной зоне являются пожары. Изучение механизмов смен сообществ на территориях ООПТ дает возможность точнее оценивать последствия пожаров, прогнозировать скорость и степень восстановления сообществ. Цель данной работы — охарактеризовать видовое разнообразие и структуру нижних ярусов растительности в ходе пирогенной сукцессии в разных типах сосновых лесов.

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА**

Ильменский государственный заповедник (ИГЗ) является модельным полигоном, на котором можно изучать направленность процессов изменения растительности под воздействием естественных и антропогенных факторов (Горчаковский и др., 2005). В качестве «нулевой точки» для сравнения в настоящей работе использовались ПП, не подверженные воздействию пожаров более 50 лет.

В 2005–2007 гг. заложены и описаны 6 топоэкологических профилей, включающие по три (400 м<sup>2</sup>) пробные площади (ПП) в сериях сосняков I–III групп типов лесорастительных условий (ТЛУ). Характе-

ристика травостоя осуществлялась на учетных площадках (100 м<sup>2</sup>). Определение парциальной активности (ПА) производилась по 7-бальной шкале на основе экспертной оценки сочетания баллов проективного покрытия и константности вида в данном типе экотопов (Хитун, 2002). Ранее показано, что в стрессирующих условиях на первый план выступают свойства экотопа, а не биотопа. Характеристика экологического пространства (увлажнение и богатство почв) оценивалась по шкалам Д.Н. Цыганова (1983) и Л.Г. Раменского и др. (1956).

Выделяя лесную ценофлору (ЦФ), исходили из представлений о конкретной флоре. Для оценки флористического разнообразия использованы формальные критерии. Гамма-разнообразие — в объеме ценофлор по группам ТЛУ — выявлялась вся ценофлора, которая включает мохообразные и сосудистые растения по фракциям (травянистые, кустарниковые и древесные виды). Альфа-разнообразие — число видов в одном описании на площадке 100 м<sup>2</sup> — определялось среднее число видов в конкретных сообществах и пределы варьирования показателя. Сходство сообществ по видовому составу оценивали с помощью коэффициента Жаккара ( $K_j$ ). Для определения достоверности различий экологических условий на ПП в трех ТЛУ использовали дисперсионный анализ в программе Statistica 5.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Характеристика экологического пространства и флористическое разнообразие сообществ.** Анализ флористических описаний ПП выявил следующее. Диапазон изменения фактора  $Tg$  для сосновых лесов во всех группах ТЛУ по шкале Л.Г. Раменского составляет 8–14 (при среднем значении 11.8) — довольно богатые почвы. Экологическая амплитуда показателя  $H$  равна 57–96 (80.6). Характеристика условий местообитаний сообществ с доминированием сосны по Д.Н. Цыганову:  $Tg$  — 5.1–6.4 (среднее 5.7) — небогатые почвы;  $H$  — 11.7–12.9 (среднее 12.4). Выявлены значимые различия между экологическими параметрами ПП, установленными по Д.Н. Цыганову (табл. 1), и недостоверные — по Л.Г. Раменскому, что, вероятно, связано с большой амплитудой колебаний бальных оценок в последнем случае. Установлено увеличение значений увлажнения и почвенного богатства от вершины к основанию склона (от ТЛУ I к ТЛУ III).

Анализ флористического разнообразия на ПП по группам ТЛУ показывает возрастание показателей  $\alpha_n$  и  $\alpha_{TK-M}$  и диапазонов их варьирования от вершины склона к основанию (табл. 2). Изме-

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа экологических показателей в трех типах лесорастительных условий

Параметр	Статистические показатели				
	$\lambda$ Уилкса	Rao's R	df1	df2	p
Влажность $\times$ трофность (по Д.Н. Цыганову)	0.3076	5.621	4	28	0.0019
Влажность $\times$ трофность (по Л.Г. Раменскому)	0.8829	0.450	4	28	0.7718

Таблица 2. Флористическое разнообразие сообществ на пробных площадях лесопирологического мониторинга

Показатели	Типы лесорастительных условий		
	I	II	III
ОПП, %	30-80	60-100	60-100
Альфа-разнообразие			
$\alpha_n$	31.8 (24-45)	29 (25-31)	36 (21-57)
$\alpha_{п-м}$	27.2 (20-40)	24.8 (21-28)	31.3 (20-51)
Гамма-разнообразие			
Общее	82	72	82
Мхи	14	9	7
Травянистые	60	53	65
Кустарниковые	4	6	4
Древесные	4	4	6

Примечание: ОПП – общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса;  $\alpha_n$  – среднее число видов на ПП нижних ярусов (по группам ТЛУ), включая подлесок, подрост, кустарники, травяно-кустарничковый и моховый яруса;  $\alpha_{п-м}$  – среднее число видов на ПП травяно-кустарничкового и мохового ярусов.

нения гамма-разнообразия ЦФ неоднозначны: закономерно уменьшается число видов мохообразных от ТЛУ I к ТЛУ III в связи с увеличением ОПП трав и кустарничков; возрастает число травянистых и древесных видов. Анализ матрицы мер сходства ЦФ (табл. 3) позволяет сделать вывод, что наибольшее сходство видового состава нижних ярусов наблюдается для ТЛУ I и ТЛУ II.

Предполагается, что при приближении к климаксовому состоянию в лесных сообществах за счет увеличения количества ярусов и восстановления их целостности возрастает число видов. При этом на завершающих стадиях возрастает конкуренция, вследствие которой происходит незначительное понижение видового богатства. Установлено, что фитоценозы, имеющие более длительный период восстановления, характеризуются большими значениями альфа-разнообразия (табл. 4). Анализ изменения числа видов по стадиям сукцессии показал возрастание этого параметра для верхних и нижних частей склона.

Таблица 3. Матрица абсолютных и относительных мер видового сходства ценофлор

Тип лесорастительных условий	Тип лесорастительных условий		
	I	II	III
I	70 (78)	52 (60)	48 (55)
II	65.8 (65.9)	61 (73)	46 (55)
III	50.5 (51.9)	52.3 (54.5)	73 (83)

Примечания: над диагональю — абсолютные меры сходства (число видов травяно-кустарничкового и мохового ярусов; в скобках — число видов с учетом подлеска, подроста и кустарников), под диагональю — относительные меры сходства ( $K_j$ ), по диагонали — количество видов в ЦФ.

Таблица 4. Характеристика альфа-разнообразия сообществ на пробных площадях лесопирологического мониторинга

Длительность сукцессии, лет	Тип лесорастительных условий			Общее число видов
	I	II	III	
1	20 (24)	25 (30)	17 (21)	28 (34)
2	26 (30)	21 (27)	20 (25)	32 (39)
13	29 (33)	26 (31)	28 (32)	52 (57)
32	40 (45)	26 (31)	35 (41)	73 (82)
32	28 (33)	28 (25)	51 (57)	
50	20 (26)	23 (30)	33 (40)	51 (62)

Примечание: в скобках — число видов с учетом подлеска, подроста и кустарников.

**Характеристика экологической и ценотической структуры травяно-кустарничкового яруса сообществ.** Во всех рассматриваемых градиентах (при ранжировании фитоценозов по группам ТЛУ и по стадиям сукцессии) преобладают мезофиты. При этом их роль в сложении сообществ возрастает от вершин склонов к основанию, а роль ксеромезофитов, наоборот, убывает. Для фитоценозов начальных этапов сукцессии характерно присутствие представителей разных экотипов. На последних стадиях происходит нивелирование условий в связи с восстановлением контроля верхним ярусом над фитосредой, и, соответственно, наблюдается уменьшение разнообразия экологической структуры изученных сообществ. Во всех ТЛУ и во всех временных сменах господствуют лесные ценотипы. Присутствие сорных видов является показателем нарушения среды. Больше всего данных растений встречено на ПП, находящихся на начальных этапах восстановления лесных сообществ и в фитоценозах, расположенных у основания склонов, прилегающих к водоемам.

**Парциальная активность видов.** Изучение парциальной активности видов нижних ярусов в ходе пирогенной сукцессии выявило растения, вносящие максимальный вклад в процессы самовосстановления сосновых лесов: 1) среднеактивные виды — *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth (ПА = 5), *Rubus saxatilis* L. (5); 2) низкоактивные — *Rubus idaeus* L. (4), *Vaccinium vitis-idaea* L. (4), *Fragaria vesca* L. (4) *Galium boreale* L. (4), *Sanguisorba officinalis* L. (4), *Orthilia secunda* (L.) Hause. (4), *Luzula pilosa* (L.) Willd. (3), *Chamerion angustifolium* (L.) Scop. (3). Следует отметить, что в большинстве своем они формируют характерное ядро «сопряженных видов» бореальной зоны. Выявлено уменьшение ПА у ксеромезофитов от ТЛУ I — ТЛУ III, например, *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Genista tinctoria* L., *Veronica spicata* L., *Vincetoxicum hirundinaria* Medik. и увеличение активности у видов, типичных обитателей сосновых лесов крупнотравных (*Lilium pilosiusculum* (Freyn) Miscz., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Viola mirabilis* L.).

#### ВЫВОДЫ

1) Экологический оптимум изученных фитоценозов соответствует свежелесолуговому увлажнению; уровень минерального питания характеризуется как «небогатые почвы». 2) Достоверно изменение увлажнения и почвенного богатства от вершины к основанию склона (ТЛУ I — ТЛУ III), при этом наиболее резко отличаются по экологическим характеристикам крайние части градиента. 3) Установлено возрастание показателей  $\alpha_n$  и  $\alpha_{\text{тк-м}}$  и диапазонов их варьирования от ТЛУ I к ТЛУ III; растительные группировки, имеющие более длительный период восстановления после пожара, характеризуются большими значениями альфа-разнообразия. 4) Во всех фитоценозах господствуют мезофиты и лесные виды; сообщества, относящиеся к третьей группе лесорастительных условий, содержат меньшее число ксеромезофитов. 5) Преобладание бореальных видов на завершающих стадиях показывает, что направленность послепожарного формирования живого напочвенного покрова сосняков предопределяет структурная организация нижних ярусов исходного типа леса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Горчаковский П.А., Золотарева Н.В., Коротева Е.В., Подгаевская Е.Н. Фиторазнообразие Ильменского заповедника в системе охраны и мониторинга. Екатеринбург, 2005. 192 с.
- Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956. 471 с.

- Хитун О.В. Внутриландшафтная структура флоры низовьев р. Тиникяха: (Сев. гипоаркт. тундры, Гыданский п-ов) // Ботан. журн., 2002. Т. 87. № 8. С. 1 – 23.
- Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 198 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ТКАНЕЙ МЕДИЦИНСКИХ ПИЯВОК *HIRUDO MEDICINALIS* ДВУХ ПОДВИДОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ

Е.С. Нохрина\*, Н.Т. Казиев\*\*, А.А. Ковальчук\*\*\*, А.В. Черная\*\*

\*Областная гетская клиническая больница №1, г. Екатеринбург

\*\*ООО «Гирудомед-Юг», Краснодарский край

\*\*\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Для лечебных целей медицинскую пиявку уже более пятидесяти лет выращивают в контролируемых условиях на биофабриках. Однако для искусственного разведения изначально используют пиявок-маток из природных популяций. В связи с ростом спроса на медицинскую пиявку происходит и более интенсивный ее отлов из естественных водоемов. Сравнительные исследования физиологического состояния медицинской пиявки из природных популяций и выращенных в искусственных условиях на биофабрике сегодня чрезвычайно актуальны. Цель работы — изучить микроэлементный (МЭ) и аминокислотный (АК) состав тканей медицинских пиявок двух подвидов из природных популяций.

Анализировали половозрелые особи медицинской пиявки из различных географических популяций: аптечные *Hirudo medicinalis officinalis*, отловленные в р. Челбасс (Краснодарский край) и лечебные *Hirudo medicinalis medicinalis* из оз. Глубокое (Луганский Национальный заповедник). Содержание меди, цинка, марганца, железа, кадмия, свинца и никеля в тканях пиявок и в донных отложениях исследовали методом атомной абсорбции на спектрофотометре ААС-3. Анализ аминокислотного состава тканей пиявок оценивали методом ионообменной хроматографии с помощью автоматического анализатора аминокислот ААА-339. Для статистического анализа использованы стандартные методы математической статистики в программах Statistica и Excel 2000. Различия между сравниваемыми выборками значимы при  $p < 0.05$ .

Показано, что в донных отложениях исследованных водоемов содержание всех изучаемых МЭ не превышает фоновых значений.

Исключение составляют высокие концентрации кадмия в оз. Глубоком ( $1.65 \pm 0.03$  мкг/г) и в р. Челбасс ( $1.45 \pm 0.02$  мкг/г). При этом концентрации меди, цинка, марганца, железа, кадмия и никеля в донных отложениях реки Челбасс значимо ниже, чем в озере Глубоком.

Медицинские пиявки проявляют высокую аккумулятивную активность и накапливают в своих тканях значительные количества ксенобиотиков: кадмия и свинца. Содержание практически всех изучаемых МЭ в тканях лечебных медицинских пиявок из Луганской области значимо выше, чем концентрации этих металлов у краснодарских аптечных пиявок.

Известно, что избыток токсичных МЭ в тканях может вызывать признаки отравления, сопровождающиеся снижением активности и биосинтеза ферментов, и реактивное участие аминокислотного пула в процессах детоксикации становится определяющим в коррекции микроэлементного статуса организма.

Общий фонд АК у лечебных пиявок увеличен за счет глутаминовой и аспарагиновой кислот. Показана корреляционная зависимость между повышенной концентрацией МЭ и возросшей суммарной концентрацией свободных аминокислот в тканях лечебной пиявки. Повышенное содержание свободных аминокислот способствуют связыванию в комплексную, нетоксичную форму большего количества ионов тяжелых металлов.

## **СТРУКТУРА МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МЕХАНИЗМАХ РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ *CLETHRIONOMYS RUTILUS* И *APODEMUS (S.) URALENSIS***

**Н.А. Орехова, Л.Н. Расина**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Структура метаболических процессов у разных видов, длительное время обитающих в среде с повышенным радиационным фоном, позволяет характеризовать как общие закономерности формирования биологических эффектов, так и особенности механизмов радиорезистентности, обуславливающие адаптацию организма и популяции в целом. Важно учитывать и прогнозировать подобные физиологические нарушения с перспективой их фармакологической коррекции (Ильенко, Крапивко, 1989; Захаров и др., 2000; Любашевский и др., 2002; Расина, Орехова, 2003; Кудяшева и др., 2004; Зайнуллин, Таскаев, 2005; Расина, Орехова, 2007).

С этой целью проведен анализ метаболических реакций и механизмов радиорезистентности у двух видов мелких млекопитающих — красной полевки (*Clethrionomus rutilus*) и малой лесной мыши (*Apodemus* (S.) *uralensis*), обитающих на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа. Виды различаются по образу жизни, ареалу распространения, радиорезистентности и концентрациям  $^{90}\text{Sr}$  в костной ткани (Ильенко, Крапивко, 1989; Громов, Ербаева, 1995; Григоркина, 2004; Стариченко, 2004).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Эксперимент проведен на животных, отловленных в течение 2002 – 2007 гг. в головной части ВУРСа с плотностью загрязнения почвы по  $^{90}\text{Sr}$  в пределах 6740 – 16690 кБк/м<sup>2</sup> (182 – 451 Ки/км<sup>2</sup>) и сопредельной с ней территории, принятой в качестве контроля — 44 кБк/м<sup>2</sup> (Позолотина и др., 2005). Исследовали самцов и самок осенних выборок второго типа онтогенеза — сеголетов, не созревающих и не размножающихся в год рождения, являющихся однородными по функциональному статусу (Оленев, 2004).

Метаболический гомеостаз изучали по уровню липидного обмена, учитывая концентрацию общих липидов (Кейтс, 1975) и вторичных продуктов их перекисного окисления (ПОЛ) — малонового диальдегида (МДА) в печени, надпочечниках и плазме периферической крови (Современные методы..., 1961); углеводного обмена, путем определения содержания гликогена печени (Асатиани, 1956); белкового обмена, включающего анализ концентраций общего белка, нуклеиновых кислот в печени и селезенке (Спирин, 1958); антиоксидантной защиты, посредством определения общей пероксидазной активности эритроцитов и содержания церулоплазмينا плазмы периферической крови (Биохимические методы..., 1969).

Уровень энергопродукции в тканях рассчитывали на основании концентрации митохондриального (МХ) белка (Bradford, 1976) и активности цитохромоксидазы (Современные методы..., 1961) в митохондриях печени, головного мозга, миокарда.

Статистическая обработка данных проведена с использованием пакетов прикладных программ STATISTICA. Характер распределения определяли с помощью теста Колмогорова-Смирнова (Вольф, 1966). При логнормальном распределении применяли логарифмирование показателей. Значимость различий между выборками оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Биохимические характеристики метаболических процессов у животных из контрольной и радиационно-загрязненной территорий приведены в таблице. По всем показателям для животных региона ВУРСа, за исключением концентрации липидов в плазме крови красной полевки, установлены значимые (различия с контролем  $p < 0.05$ ).

Механизмы радиорезистентности малой лесной мыши базируются на преимущественном использовании липидных резервов для энергообеспечения функциональной активности клеток, что выражается в увеличении концентрации общих липидов и продуктов их перекисного окисления в тканях печени, надпочечников, плазмы крови при незначительном расходе гликогена печени. Мобилизация липидных резервов в организме обусловлена ростом окислительной энергообразующей функции митохондрий в результате увеличения активности цитохромоксидазы. Это отражает проявление стресс-реакции, лежащей в основе реализации активных адаптивно-компенсаторных процессов, направленных на поддержание более высокого уровня энергетического гомеостаза и, как следствие, повышенного режима функционирования клеток. При этом снижение концентрации митохондриальных белков, несмотря на повышенную белок-синтезирующую активность клеток — увеличение отношения РНК/ДНК, можно рассматривать как проявление стадии клеточной дизадаптации, что означает снижение резервных возможностей клеток к длительной гиперфункции, сложившейся под воздействием среды, и недостаточность восстановительных процессов (Онищенко, 1991). Нарушение сбалансированности окислительных и восстановительных составляющих гомеостаза выражается также в подавлении процессов клеточной регенерации (уменьшение соотношения ДНК / белок) и антиоксидантной защиты клеток и тканей (снижение общей пероксидазной активности эритроцитов и содержания церулоплазмينا).

У красной полевки, напротив, снижение использования липидных резервов для энергообеспечения функциональной активности клеток в условиях ВУРСа сопряжено с ограничением окислительной энергообразующей функции митохондрий, что приводит к липидной инфильтрации органов. Это указывает на включение стресс-лимитирующих механизмов регуляции гомеостаза, лежащих в основе реализации гипобиотической стратегии приспособления к радиационной среде с минимизацией энергозатрат на поддержание функций (Кулинский, Ольховский, 1992). Такой меха-

Таблица. Характеристики метаболических процессов у малой лесной мыши и красной полевки из контрольной и хронически облучаемой популяций

Показатели	Ткань	Малая лесная мышь		Красная полевка	
		контроль	ВУРС	контроль	ВУРС
Концентрация общих липидов, мг/г белка	печень	98.4 ± 3.1	145.1 ± 3.1	82.5 ± 3.5	99.3 ± 3.0
Концентрация МДА, нМоль/г белка	надпочечники	1096 ± 32	1438 ± 45	1242 ± 49	1342 ± 47
	плазма крови*	1.5 ± 0.02	1.6 ± 0.02	1.6 ± 0.036	1.5 ± 0.03
Содержание гликогена, мг/г массы тела	печень	84.4 ± 3.7	147.5 ± 3.1	157.7 ± 15.9	86.6 ± 6.9
	надпочечники*	3.4 ± 0.04	3.6 ± 0.08	3.4 ± 0.044	3.3 ± 0.06
Отношение ДНК/белок, мг/г	печень*	0.6 ± 0.004	0.6 ± 0.002	0.4 ± 0.009	0.4 ± 0.01
	селезенка*	37.4 ± 0.50	33.0 ± 0.46	15.5 ± 0.28	16.7 ± 0.13
Отношение РНК/ДНК, мг/г	печень	1.9 ± 0.009	1.8 ± 0.008	1.8 ± 0.009	2.1 ± 0.01
	селезенка*	360.8 ± 7.6	484.6 ± 1.1	849.0 ± 20.0	990.6 ± 15.7
Пероксидная активность, мкКат/мл крови	печень	2.46 ± 0.02	2.6 ± 0.03	2.5 ± 0.035	1.9 ± 0.05
	эритроциты	3.55 ± 0.03	2.8 ± 0.05	2.4 ± 0.037	3.4 ± 0.06
Содержание церулоплазмينا, усл.ед.	плазма крови	5.34 ± 0.17	2.6 ± 0.26	4.8 ± 0.35	8.5 ± 0.4
	печень	42.5 ± 1.0	36.1 ± 0.83	9.9 ± 0.63	13.9 ± 0.6
Концентрация МХ белка, мг/г сух. массы	миокард	35.4 ± 1.1	26.6 ± 1.6	34.1 ± 0.9	43.5 ± 1.2
	головной мозг	24.8 ± 0.5	21.5 ± 0.28	8.7 ± 0.25	10.8 ± 0.4
Активность цитохром-оксидазы, пКат/мг МХ белка	печень	143.7 ± 14.1	229.7 ± 16.3	746.2 ± 10.7	581.0 ± 12.9
	миокард	1043 ± 89.6	2118 ± 88.6	1554 ± 56.5	690.9 ± 99.1
	головной мозг	361.6 ± 13.5	510.1 ± 7.6	1472 ± 26.6	1156 ± 31.8

Примечание: в таблице приведены значения среднего и стандартные ошибки;

\* данные логарифмированы

низм создает благоприятные условия для увеличения потока метаболических резервов, направленных на восстановительные и пластические процессы, что выражается в более высоком уровне функционирования антиоксидантных систем и процессов клеточной регенерации, обуславливающих рост численности клеточных и субклеточных структур как результата тканевого уровня адаптации.

Адаптационная стратегия организма двух видов к длительному радиационному воздействию обусловлена, прежде всего, исходными резервными возможностями функциональной активации клеток при дополнительных нагрузках: у малой лесной мыши — высоким потенциалом вследствие более высокого уровня углеводных резервов и тканевых липидов при более низком уровне клеточного окислительного метаболизма, относительно красной полевки.

Общая закономерность метаболических эффектов у двух видов мелких млекопитающих на территории ВУРСа (малой лесной мыши и красной полевки) выражается в росте энергозатрат, обеспечивающих жизнедеятельность организма в условиях длительного низкоинтенсивного радиационного воздействия. Различия в механизмах радиорезистентности заключаются в поддержании метаболического гомеостаза у малой лесной мыши путем активации окислительных процессов в клетках, повышающих уровень липидного обмена в организме. У красной полевки показано снижение окислительных процессов в клетках и компенсация на тканевом уровне путем за счет роста численности клеток. В результате у малой лесной мыши имеет место клеточная дезадаптация, выражающаяся в снижении концентрации митохондриальных белков и процессов клеточной регенерации, ведущая к ускорению темпов естественного старения. Недостаточность компенсации численности клеток и восстановления их структуры ставит под сомнение реализацию долговременного этапа адаптации, что означает снижение надежности функционирования гомеостатических систем.

У красной полевки механизмы радиорезистентности более оптимальны для формирования физиологической адаптации, поскольку не приводят к развитию стресс-обусловленного снижения клеточной регенерации. Включение тканевых механизмов компенсации клеточных функций указывает на развитие долговременного этапа адаптации как характеристики более надежного уровня приспособления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН «Фундаментальные науки — медицине».

**ДИСКРЕТНАЯ И НЕПРЕРЫВНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ  
МЕЛАНИНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРЫЛОВОГО РИСУНКА  
*PIERIS NAPI* И *P. RAPAE* (LEPIDOPTERA: PIERIDAE)  
НА СРЕДНЕМ И ЮЖНОМ УРАЛЕ**

---

Т.С. Ослина\*, А.О. Шкурихин\*, Е.Ю. Захарова\*\*

\*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

\*\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Впервые рисунок крыльев белянок (Lepidoptera: Pieridae) был исследован в 1894 г. при помощи метода сравнений и гомологизаций на обширном всецветном материале (Dixey, 1894). В дальнейшем Б.Н. Шванвич (1956) установил, что крыловой рисунок Pieridae соответствует общей схеме, которая была предложена для значительного большинства Rhopalocera. Обнаружено, что у представителей рода *Pieris* происходит сильная дегенерация основных элементов рисунка.

В настоящей работе мы рассматриваем изменчивость размеров крыла и меланиновых элементов рисунка двух видов огородных белянок: брюквенницы *Pieris napi* (Linnaeus, 1758) и репницы *P. rapae* (Linnaeus, 1758), обитающих на территории Среднего и Южного Урала. Для разных частей ареалов данных видов описано множество форм неясного таксономического ранга. Ситуация с комплексом видов (надвидом) *P. napi* до сих пор остается дискуссионной в связи со значительной географической, половой, сезонной и индивидуальной изменчивостью (Коршунов, Горбунов, 1995; Плющ и др., 2005; Львовский, Моргун, 2007; Gorbunov, 2001; Gorbunov, Kosterin, 2003). В настоящее время в литературе принято, что на территории Среднего и Южного Урала распространены номинативные подвиды.

Цель исследования — изучение изменчивости фенотипических признаков крылового рисунка двух видов белянок *P. napi* и *P. rapae* (Lepidoptera: Pieridae) на Среднем и Южном Урале.

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи: 1) разработать систему метрических признаков для оценки степени проявления меланинового рисунка на крыльях белянок рода *Pieris*; 2) изучить структуру фенотипических корреляций метрических признаков крыла; 3) изучить соотношение межвидовой, половой и географической компонент изменчивости *P. napi* и *P. rapae* на территории Среднего и Южного Урала.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор энтомологического материала проводили с июня по сентябрь 2007 г. на биостанции УрГУ (Свердловская обл., Сысертский р-н, окр. д. Фомино), в окрестностях г. Кувандык Оренбургской области и на территории Восточно-Уральского государственного заповедника (Челябинская обл., Каслинский р-н, окрестности пос. Метлино). Объемы выборок и сроки отлова представлены в таблице.

Таблица. Объем выборок в 2007 г. (экз.)

Место сбора	Дата сбора	<i>Pieris napi</i>		<i>Pieris rapae</i>	
		самцы	самки	самцы	самки
Свердл. обл., окр. д. Фомино	21.V – 4.IX	28	36	27	34
Оренбургск. обл., окр. г. Кувандык	15.VII – 23.VII	35	15	22	8
Восточно-Уральский государственный заповедник					
Берег оз. Бердениш	21.VI – 29.VI, 20.VIII – 29.VIII	35	35	–	–
Берег оз. Кожакуль		35	20	–	–
пос. Метлино		35	35	32	13
ЛЭП у пос. Метлино		24	17	–	–

Используя стандартную методику, всего было изготовлено 486 препаратов генитальных структур двух видов белянок, по которым было проведено определение видовой и половой принадлежности особей (Некрутенко, 1985, 1990; Gorbunov, 2001).

Измерения параметров крыльев и размеров элементов крылового рисунка проводили по электронным изображениям с помощью программы SIAMS Photolab 4.0.4.x-r4679. Для этого крылья оцифровывали на сканере Epson Perfection 2480 PHOTO при разрешении 2400 dpi с дорзальной и вентральной стороны.

В работе мы использовали 23 промера признаков переднего крыла (рис. 1). Промеры с 1 по 17 выполнены на дорзальной стороне крыла, промеры с 18 по 23 — на вентральной стороне крыла. Все анализируемые признаки были разделены на три группы: I группа — параметры длины и ширины крыла (признаки 1–6); II группа — параметры апикального затемнения (признаки 7–12); III группа — размеры пятен крылового рисунка (признаки 13–23). Все промеры были сделаны на левом переднем крыле.

Для всех измеренных величин были рассчитаны средние значения и ошибка среднего. Межвидовую, географическую и половую изменчивость двух видов белянок анализировали с помощью дискриминантного и многомерного дисперсионного анализа

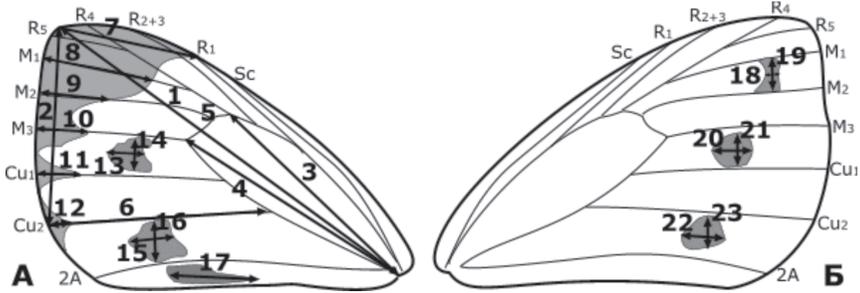


Рис. 1. Схема промеров анализируемых признаков переднего крыла *P. pari*:  
 А — дорзальная сторона, Б — вентральная сторона.

(MANOVA). В таком анализе независимыми факторами являются «вид», «пол» и «место отлова», а размеры — зависимыми. Для выяснения взаимосвязи признаков между собой были рассчитаны матрицы коэффициентов корреляции Пирсона ( $r$ ) и проиллюстрированы с помощью дендрограмм. Значимость различий по длине переднего крыла в пределах ареала проверяли с помощью парного критерия Манна-Уитни. Все расчеты выполнены с использованием программ Statistica 5.5 и Past 1.79.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По нашим данным для Среднего и Южного Урала средняя длина переднего крыла составляет: у самцов *P. pari* — 24.2 мм, самок — 23.0 мм; у *P. garae* — 24.4 и 23.7 мм соответственно. Таким образом, оба вида имеют сходные размеры, хотя репница несколько крупнее брюквенницы. Мы сравнили полученные результаты с литературными данными о размерах этих видов в разных частях ареала. Оказалось, что на всем протяжении ареала в Евразии репница крупнее брюквенницы и у обоих видов самцы крупнее самок. Величина индекса полового диморфизма, вычисляемого как отношение средней длины крыла самцов к средней длине крыла самок, на всей протяженности ареала больше 1.

Сравнение индексов полового диморфизма *P. pari* и *P. garae* в широтном градиенте (рис. 2) показало наличие слабых, но значимых различий между разными местообитаниями по индексу полового диморфизма у *P. pari* ( $p < 0.05$ ). У *P. garae* по данному показателю значимых различий не обнаружено.

В результате сравнения длин крыльев самцов и самок обоих видов с помощью критерия Манна-Уитни были обнаружены

следующие различия. Самцы *P. garae* из Фомино характеризуются большими размерами, по сравнению с самцами из Метлино ( $p < 0.01$ ) и Кувандыка ( $p < 0.0001$ ). Самки *P. garae* из Фомино крупнее самок из Метлино ( $p < 0.05$ ). Значимых различий между выборками самок *P. pari* из разных местообитаний не выявлено.

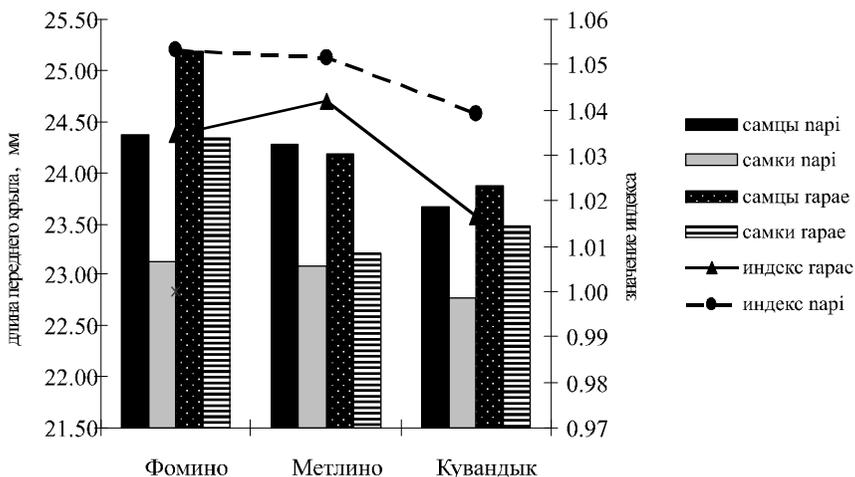
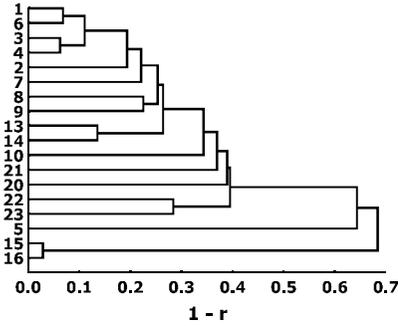


Рис. 2. Изменчивость длины крыла и индекса полового диморфизма *P. pari* и *P. garae* на Среднем и Южном Урале.

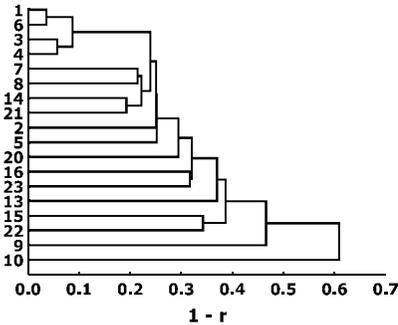
Таким образом, самцы *P. pari* и *P. garae* на Среднем Урале крупнее, чем на Южном Урале. У самок обоих видов значимых различий по длинам крыльев не выявлено, однако все же можно проследить некоторую тенденцию к уменьшению размеров с севера на юг.

Размеры крыльев самок *P. pari* в пределах изученной нами части ареала варьируют гораздо меньше, чем размеры крыльев самцов, что согласуется с правилом Ренча. Оценить особенности изменчивости размеров самок *P. garae* достаточно сложно из-за малого объема выборок с Южного Урала. В целом, можно предположить, что в пределах изученной нами части ареала размеры обоих видов изменяются в соответствии с правилами Ренча и Бергмана, что согласуется с литературными данными (Blanckenhorn et al., 2006).

Для выяснения связи признаков рассчитаны матрицы коэффициентов корреляции Пирсона ( $r$ ). Результаты кластерного анализа фенотипических корреляций представлены на рис. 3. У самцов и самок обоих видов обнаружена высокая степень корреляции между



А



Б

Рис. 3. Дендрограмма, воспроизводящая структуру корреляций метрических признаков (1–23) переднего крыла *P. pari*: А — самцы, Б — самки.

параметрами длины и ширины крыла (признаки I группы), причем ширина медиальной ячейки (пятый признак) в меньшей степени коррелировала с остальными размерными характеристиками крыла. У самцов *P. pari* довольно тесные связи между собой обнаруживают параметры апикального затемнения. Сильно связаны параметры первого пятна с дорзальной и первого и второго пятен с вентральной стороны. Относительно слабые корреляции параметров второго пятна дорзальной стороны и третьего пятна вентральной стороны, как между собой, так и с другими признаками объясняются, по-видимому, относительной редкостью встречаемости данных признаков у самцов брюквенницы.

Для самок *P. pari* (рис. 3, Б) сильно связанными с признаками I группы оказалось расстояние от начала затемнения на переднем крае крыла до вершины крыла и расстояние от начала затемнения вдоль жилки М1 до ее конца (7 и 8 признаки), в то время как все прочие признаки II группы образуют отдельный кластер, относительно слабо коррелированный с остальными признаками. Параметры пятен, кроме третьего пятна на вентральной стороне крыла, которое является достаточно редким признаком, обнаруживают между собой довольно высокую степень корреляций.

У самцов *P. gatae* параметры первого пятна на дорзальной стороне (13 и 14 признаки) оказались достаточно сильно коррелированы с параметрами апикального затемнения (признаки II группы). Тесно связаны между собой параметры пятен на вентральной стороне крыла. Длина и ширина второго пятна на дорзальной стороне

оказались слабо связаны с остальными признаками, поскольку данное пятно встречается у самцов *P. rapae* редко.

Для самок *P. rapae* характерны высокие значения коэффициентов корреляций между параметрами длины и ширины пятен на вентральной и дорзальной стороне. Так, 14 признаков в значительной степени скоррелирован с 21, 16 — с 23, 15 — с 22. Параметры апикального затемнения частично (7 и 8 признаки) коррелированы с признаками I группы, частично образуют кластер, слабо связанный с остальными признаками, что объясняется тем, что апикальное затемнение у самок репницы развито слабо, и признаки 9 и 10 называются достаточно редкими.

Для обоих видов можно отметить, что наибольшие значения коэффициентов корреляции наблюдаются между признаками длины и ширины крыла. Высоко коррелированы признаки апикального затемнения и размеры пятен, а также — пятен между собой, в случае, если проявление последних является стабильным признаком. Если пятно является редким признаком, его связь с остальными признаками крыла относительно мала.

Согласно большому числу работ (Некрутенко, 1990; Коршунов, 2002; Плющ и др., 2005; Gorbunov, 2001; и др.) белянки рода *Pieris* обладают весьма сходным крыловым рисунком. В большинстве случаев оказывается затруднительным идентифицировать видовую принадлежность особи, используя только рисунок крыльев, вследствие чего возникает необходимость идентификации их по генитальным структурам. Мы установили, что по комплексу метрических признаков существуют четкие видовые различия, которые заключаются в следующем. Во-первых, в пределах большей части Евразии репница крупнее брюквенницы. Во-вторых, апикальное затемнение сильнее развито у брюквенницы, оно доходит до жилки  $Cu_2$ , в то время как у репницы оно достигает только жилки  $M_3$ . В-третьих, у брюквенницы в ячейке  $M_1$ - $M_2$  с вентральной стороны крыла присутствует пятно, в то время как у репницы оно отсутствует.

Дискриминантный анализ изменчивости всех рассматриваемых нами признаков выявил значимые различия между полами как у *P. napi*, так и у *P. rapae* (рис. 4, 5). У самок обоих видов все параметры затемнения крыла выражены сильнее, при этом самцы характеризуются относительно более крупными размерами крыльев.

Обнаружен также ряд качественных отличий. Второе пятно на дорзальной стороне крыльев у самцов часто отсутствует, если оно есть, то мелкое и состоит из нескольких чешуек. У самок присутствует пятно вдоль анального края крыла, у самцов это пятно

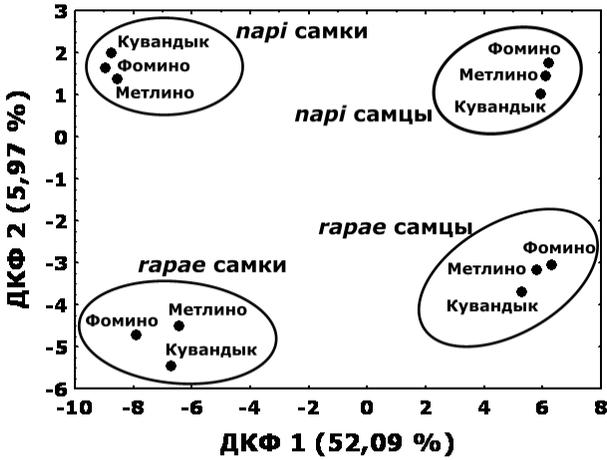


Рис. 4. Результаты дискриминантного анализа (центроиды) всех изученных признаков крыла.

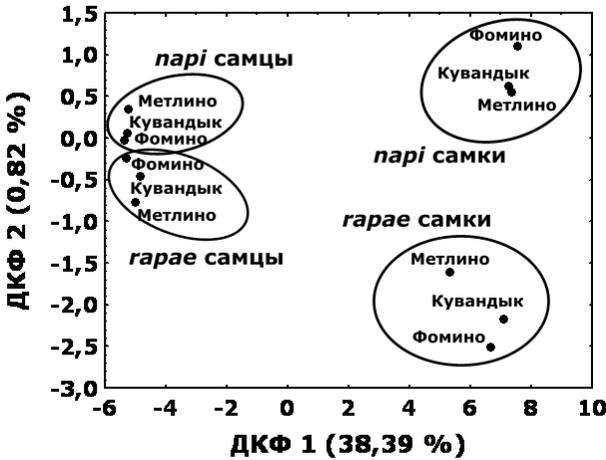


Рис. 5. Результаты дискриминантного анализа (центроиды) III группы признаков крыла — размеров пятен.

всегда отсутствует. Третье пятно (с вентральной стороны в ячейке M1-M2) у самок отсутствует или очень мелкое.

Результаты дискриминантного анализа изменчивости изучаемых фенотипических признаков показали, что различия между

выборками *P. napi* из различных местообитаний либо незначимы, либо носят случайный характер. Выборка самцов *P. rapae* из окр. Кувандыка значимо отличается от выборок из д. Метлино и д. Фомино, между последними, значимых различий не обнаружено. Самцы из окрестностей г. Кувандык характеризуются меньшими степенью апикального зачернения, размерами пятен на дорзальной стороне крыла и параметрами длины и ширины крыла. Значимых различий между выборками самок *P. rapae* из разных местообитаний не выявлено.

В ряде работ (Исаков, Громов, 1997; Болотов, 2002; Gorbunov, Kosterin, 2003; Komonen et al., 2004) показано, что бабочки рода *Pieris* способны мигрировать на довольно большие расстояния. Вероятно, со способностью белянок к дальним миграциям связан случайный и большей частью недостоверный характер различий между выборками *P. napi* из разных местообитаний Свердловской, Челябинской и Оренбургской областей. *P. rapae* — вид, в большей степени приуроченный к сельскохозяйственным ландшафтам, поэтому его способность к миграциям оказывается относительно ограниченной. Мы предполагаем, что обнаруженные значимые различия в степени проявления меланиновых элементов крылового рисунка между выборкой из окр. Кувандыка (наиболее удаленной от других точкой отлова) и остальными выборками объясняются большей оседлостью данного вида по сравнению с брюквенницей.

## ВЫВОДЫ

В ходе работы была разработана система 23 метрических признаков для оценки степени проявления меланинового рисунка на крыльях белянок рода *Pieris*. Первая (I) группа признаков включала промеры длины и ширины крыла. Вторая (II) группа признаков позволяет оценить степень развития апикального затемнения. Третья (III) группа признаков описывает размеры пятен рисунка на дорзальной и вентральной сторонах крыла.

На Среднем и Южном Урале *P. napi* и *P. rapae* имеют сходные размеры, хотя репница несколько крупнее брюквенницы, и у обоих видов самцы крупнее самок. Согласно нашим и литературным данным, величина индекса полового диморфизма на всей протяженности евразийской части ареала больше 1.

Анализ фенотипической структуры корреляций показал, что наиболее тесно между собой связаны параметры длины и ширины крыла (I группа признаков). Сильно связаны параметры апикаль-

ного затемнения и пятен (II и III группы признаков), а также пятен между собой, в случае, если проявление последних является стабильным признаком. Если пятно является редким, то степень корреляции его с остальными признаками крыла относительно слаба.

Анализ межвидовой изменчивости выявил наличие следующих дискретных отличий. Апикальное затемнение у *P. pari* доходит до жилки Cu<sub>2</sub>, у *P. rapae* — только до жилки M<sub>3</sub>. У *P. rapae* отсутствует пятно в ячейке M<sub>1</sub>-M<sub>2</sub> на вентральной стороне. Выборки самцов *P. rapae* из окрестности г. Кувандыка характеризуются меньшей степенью апикального затемнения по сравнению с самцами со Среднего Урала. У *P. pari* пятна крупнее, чем у *P. rapae*, а в ячейке M<sub>1</sub>-M<sub>2</sub> с вентральной стороны крыла присутствует пятно, которое всегда отсутствует у репницы. Самки обоих видов характеризуются большими размерами пятен по сравнению с самцами.

Выражаем признательность н.с. Ботанического сада УрО РАН, к.б.н. Л.А. Ивановой за помощь в освоении методов обработки изображений в пакете программ SIAMS Photolab, н.с. лаборатории экологических основ изменчивости и биоразнообразия животных ИЭРиЖ УрО РАН, к.б.н. М.В. Чибиряку за помощь в организации полевых работ, инженеру лаборатории биоценологических процессов ИЭРиЖ УрО РАН П.Ю. Горбунову за консультации по вопросам экологии и систематики изучаемых видов и предоставленную литературу, а также к.б.н. Т.К. Туновой, П.В. Рудоискателю и К. И. Фадееву за помощь в сборе материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 07 – 04 – 96096) и Программы развития ведущих научных школ РФ (проект НШ – 1022.2008.4).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Болотов И.Н.* Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera, Rhopalocera) Архангельска и его окрестностей // Зоол. журнал, 2002. Т. 81. № 4. С. 457 – 462.
- Исаков В.Н., Громов И.А.* Дневные бабочки (Lepidoptera, Rhopalocera) северо-запада Мурманской области // Энтомол. Обзор., 1997. LXXVI. № 1. С. 122 – 126.
- Коршунов Ю.П.* Булавоусые чешуекрылые Северной Азии. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2002. 424 с.
- Коршунов Ю.П., Горбунов П.Ю.* Дневные бабочки азиатской части России: Справочник. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1995. 202 с.
- Львовский А.Л., Моргун Д.В.* Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы. М.: Т-во научных изданий КМК, 2007. 443 с.
- Некрутенко Ю.П.* Булавоусые чешуекрылые Крыма. Киев: Наук. думка, 1985. 152 с.
- Некрутенко Ю.П.* Дневные бабочки Кавказа. Киев: Наук. думка, 1990. 216 с.

- Плющ И.Г., Моргун Д.В., Довгайло К.Е. и др. Дневные бабочки (Hesperioidea и Papilionoidea, Lepidoptera) Восточной Европы. CD определитель, база данных и пакет программ «Lysandra». Минск, 2005.
- Шванвич Б.Н. Рисунок бабочек белянок (Lepidoptera, Pieridae) // Энтомологический обзор, 1956. XXXV. № 2. С. 285–301.
- Blanckenhorn W.U., Stillwell R.C., Young K.A. et al. When Rensch meets Bergmann: does sexual size dimorphism change systematically with latitude? // Evolution. 2006. №10. Vol. 60. P. 2004–2011.
- Dixey F.A. On the phylogeny of the Pierinae // Trans. Ent. Soc. London. 1894. P. 248–334.
- Gorbunov P.Y. The butterflies of Russia: classification, genitalia, keys for identification (Lepidoptera: Hesperioidea and Papilionoidea). 2001. Ekaterinburg: Thesis, 320 p.
- Gorbunov P., Kosterin O. The butterflies (Hesperioidea and Papilionoidea) of North Asia (Asian part of Russia) in nature. Rodina & Fodio, Moscow, «Gallery Fund», Cheliabinsk, 2003.
- Komonen A., Grapputo A., Kaitala V. et al. The role of niche breadth, resource availability and range position on the life history of butterflies // Oikos. 2004. № 1. Vol. 105. P. 41–54.

## ЭКОЛОГИЯ ФОНОВЫХ ВИДОВ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ АНТРОПОГЕННОГО ЛАНДШАФТА (НА ПРИМЕРЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ ГОРОДА КУРГАНА)

---

**Н.В. Пантелеева**

*Курганский госуниверситет*

Наблюдения проводились в период с 2005 по 2007 гг. на искусственном водоеме садоводческого кооператива «Озерный», расположенного в 8 км от Курганской ТЭЦ. Водоем площадью 7.72 км<sup>2</sup> и длиной береговой линии 15.57 км (по данным космических снимков территории, обработанных с помощью программы Map Info 8.0) имеет открытое зеркало и берега, заросшие рогозом и тростником. Учет амфибий произведен на двух маршрутах длиной 200 м и шириной 4 м). Остромордая лягушка отмечена по северо-западному берегу водоема, занятого разнотравьем и используемого садоводами для выпаса скота и скашивания травы, а обыкновенная чесночница — с юго-западной стороны в 50 м от озера, где производится посадка картофеля и других сельскохозяйственных культур. У отловленных особей определена масса (г) и промеры тела (мм), установлен пол и объекты питания.

За период наблюдений отловлено 250 особей *Rana arvalis*, из них 94 — сеголетки, 71 — молодых и 85 — взрослых особей, среди последних 40 самцов и 45 самок. Появление первых сеголеток

регистрировали в 6.07.2005 г., 12.07.2006 и 12.07.2007 г. Активность *Rana arvalis* за три года составила в среднем 123 дня. Среди сеголеток наименьшее значение коэффициента вариации ( $CV$ ) характерно для длины тела (8.2%), наибольшее — для длины стопы (17.4%). Коэффициенты изменчивости массы тела, длины бедра, голени и пальцев составляют соответственно 12.3, 13.4, 11.4, 17.3%. Высокие изменчивость мы объясняем усиленным питанием и ростом сеголеток на протяжении летнего периода. У молодых особей показатели коэффициента вариации признаков в целом меньше, чем у сеголеток: наименьший коэффициент вариации отмечен у длины пальцев (5.2%), наибольший — у массы тела (10.7%). Коэффициенты изменчивости длины тела, бедра, голени и стопы равны соответственно 8.9, 6.6, 7.0, 8.1%. Среди взрослых особей наибольшая изменчивость — у показателя массы тела (17.5%). Это наибольшее значение коэффициента вариации у промеров среди всех возрастов. Наименьший — у показателя длины бедра (9.0%). Коэффициенты вариации промеров тела, голени, стопы, пальцев составляют соответственно: 9.3, 10.6, 10.9, 10.9%.

В 2005 г. на исследуемой территории обнаружены лишь единичные особи обыкновенной чесночницы, а в 2006 – 2007 гг. их численность значительно возросла. В течение трех лет наблюдений было отловлено 169 особей обыкновенной чесночницы, из них 74 молодых и 95 взрослых особей, среди последних 47 самок и 48 самцов. Активность за 2006 – 2007 гг. в среднем составила 133 дня. Среди молодых особей *Pelobates fuscus* Laug наименьший коэффициент вариации отмечен у показателей длины тела (4.8%), наибольший — у промеров голени (14.8%). Коэффициенты вариации у показателей массы тела, длины бедра, стопы и пальцев составили соответственно 12.1, 9.2, 12.2, 9.5%. У взрослых особей данного вида коэффициенты вариации морфометрических показателей в целом чуть больше, чем у молодых особей. Наименьшая изменчивость характерна для длины голени (14.8%), наибольшая — для показателей массы тела (23.4%). Коэффициенты вариации для длины тела, бедра, стопы и пальцев соответственно равны 16.5, 17.5, 16.7, 16.5%.

Погодные условия и измененные человеком местообитания влияют на жизнь земноводных. Наибольшее количество обоих видов отмечено в августе. Остромордая лягушка появляется на месяц позже первых особей обыкновенной чесночницы. Основными объектами питания изучаемых видов являются, в основном, насекомые, пауки, дождевые черви. Однако остромордая лягушка предпочитает жуков (41%) и клопов (19%), а обыкновенная чесночница —

муравьев (50%). Вероятно, появление в 2006 г. на территории садоводческого кооператива обыкновенной чесночницы связано с увеличением численности черных муравьев, являющихся нежелательными при возделывании сельскохозяйственных культур.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СЕМЬИ ОС *POLISTES NIMPHUS* (CHRIST.) (HYMENOPTERA, VESPIDAE) В ЛЕСОСТЕПНОМ ЗАУРАЛЬЕ

И.А. Пеканова

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Осы рода *Polistes* строят простые гнезда, которые представляют собой единственный сот без оболочки. Постройку гнезда может осуществлять как одна самка (гаплометроз), так и группа самок (плеометроз). Цель данной работы — изучить особенности развития расплода в сотах полистов в условиях лесостепного Зауралья.

В течение летнего периода 2006 — 2007 гг. нами наблюдалось поселение *P. nimphus* в укрытиях антропогенного происхождения в с. Сычево Кетовского района Курганской области. Осмотр и картирование гнезд проводилось по методу Е.О. Гречки и В.Е. Кипяткова (1983). Всего в 2006 г. под наблюдением находилось 26 семей, а в 2007 г. — 14.

Еженедельное составление гнездовых карт позволяет проследить прирост ячеек в каждом гнезде. Нарастание новых ячеек происходит концентрическими слоями. Фактически, сот полистов оказывается состоящим из двух частей — центральной, построенной основательницей, и периферической, которую в значительной мере строят рабочие.

Поскольку мы начинали составление гнездовых карт с момента окукливания первых личинок, можно считать первоначально зарисованный нами сот именно той частью гнезда, которую строит одна основательница. Дальнейший прирост гнезда идет со значительной скоростью после появления в семье рабочих особей в конце июня — начале июля. Максимальный прирост ячеек наблюдается в середине июля, когда на гнезде присутствует наибольшее количество рабочих. В дальнейшем прирост постепенно снижается к концу сезона.

Ячейки заполняются по мере их нарастания. Таким образом, в центральной части сота помещаются личинки старших возрастов и куколки, дальше от центра — личинки младших возрастов и яйца. После того как из куколок появляются имаго, ячейки могут использо-

ваться повторно. В успешных семьях центральные ячеек могут использоваться дважды, причем оба раза личинки успевают окуклиться и развиваться во взрослых особей. Отмечены попытки использовать центральные ячеек в третий раз, но развиваться такие особи не успевают и гибнут. Так же не успевают развиваться яйца и личинки в периферических ячейках сота, построенных при участии рабочих, либо часть этих ячеек не используется вовсе. Можно предположить, что эти «лишние» ячеек и расплод в них являются «резервом», востребованным в более теплые годы, когда семьи способны выращивать больше потомства. Гибель расплода происходит на всех стадиях развития, однако наиболее уязвимыми оказываются стадии яйца и личинок младших возрастов.

В 2007 г. отмечено снижение численности семей в поселении по сравнению с предыдущим годом. Из 26 наблюдаемых в 2006 г. семей выжило 7 (26.9%), а в 2007 г. из 14 — четыре (28.6%). Таким образом, успешно завершила свой жизненный цикл за оба года примерно одинаковая доля семей. В 2007 г. наблюдалось пять плеометротичных семей, четыре из которых успешно завершили жизненный цикл. Из гаплетотичных лишь 3 из 21 семьи завершили жизненный цикл. В 2007 г. плеометротичных семей под наблюдением не было. Можно предположить, что семьи с несколькими основательницами лучше обеспечены ресурсами, а, значит, быстрее растут и лучше выживают.

#### ЛИТЕРАТУРА

Гречка Е.О., Кипятков В.Е. Сезонный цикл развития и кастовая дифференциация у общественной осы *Polistes gallicus* L. (Hymenoptera, Vespidae) // Энтомологическое обозрение, 1983. Т. LXII. Вып. 3. С. 450—461.

### **ИСТОРИЯ РАССЕЛЕНИЯ КРАСНО-СЕРОЙ ПОЛЕВКИ (*MYODES RUFOCANUS*) В ПОСТПЛЕЙСТОЦЕНОВЫЙ ПЕРИОД ПО ДАННЫМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЦИТОХРОМА *b***

**Т.В. Петрова**

*Санкт-Петербургский госуниверситет*

Известно, что череда похолоданий-потеплений в плейстоцене приводила к периодическим перестройкам ландшафтов в северном полушарии, граница тундры смещалась на юг, нарушалась целостность лесной зоны. В период потепления лесные зоны Палеарктики и Неарктики восстанавливались, формировалась зональ-

ность, близкая к современной. Эти события не могли не отразиться на генетической структуре бореальных видов. Наступления ледников могли либо способствовать изоляции популяций в различных рефугиумах и формировать внутривидовую дифференциацию, либо, напротив, мешать дифференциации, вызывая периодические смещения видовых ареалов и перемешивание ранее изолированных популяций. На региональном уровне расселение популяций в постледниковый период могло сопровождаться значительной потерей генетического разнообразия благодаря последовательным «эффектам основателей» (Hewitt, 1996). Рассмотренные выше различные сценарии приведут к специфической генетической структуре современных популяций, что позволяет нам использовать молекулярно-генетические данные для их тестирования.

Красно-серая полевка (*Myodes rufocanus*, Sundevall 1846) – широкоареальный фоновый вид темнохвойной тайги, распространенный в горно-таежных районах северной Евразии от Скандинавии до крайнего северо-востока Сибири, Камчатки, Сахалина, северной Японии и горных районов центрального и южного Китая. (Громов, Поляков, 1977). Филогеографические исследования красно-серой полевки до сих пор проводились в основном на Японских островах и на Дальнем Востоке России (Suzuki et al., 1999; Iwasa et al., 2000), т.е. на незначительной части видового ареала. В данной работе мы проанализировали изменчивость нуклеотидных последовательностей митохондриального гена цитохрома *b* в выборках из различных точек практически по всему ареалу с целью: 1) выявить филогеографическую структуру вида и оценить вклад ряда факторов в ее формирование; 2) провести тестирование нескольких альтернативных сценариев путей расселения вида; 3) на основании анализа гаплотипической и нуклеотидной изменчивости проследить историю демографических параметров популяций.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Общее количество проанализированных экземпляров – 131 из 49 выборок по всему ареалу вида (табл. 1, рис. 1). Нуклеотидные последовательности от 91 экземпляра (31 выборка) были получены нами, остальные 40 (18 выборок) – взяты из Генбанка.

ДНК из мышц и печени, фиксированных в 96%-ном этаноле, выделялась по стандартным протоколам с использованием лизирующего буфера и протеиназы К, депротенинизацией фенол-хлороформом и осаждением 96%-ным этанолом (Sambrook et al., 1989). Для PCR нами были использованы специально

подобранные праймеры, специфичные к цитохрому *b* полевок и отжигающие продукт длиной 960 пн: UCBU – 5' ССАТСАААСАТСТСАТССТГАТГААА 3' – прямой, и два обратных: UCBL – 5' АСАТГААТТГГССГССААССАГТТГА 3', LM – 5' СААТТАТГССТГСТАТТГГТАТГ 3'. Реакции амплификации проводились в объеме 20 – 50 мкл. Реакционный микс состоял из PCR-буфера – 10 mM, MgCl<sub>2</sub> – 2.5 mM, dNTP – 1 mM, праймеры – 10 pM, Taq-полимераза (Helicon) – 1.5 mM, ДНК – 5 mM. Мы использовали следующий режим PCR: начальная денатурация при 95° С – 5 мин., 95° С – 30 с, отжиг 55° С – 45 с, элонгация 72° С – 1 мин. – 30 циклов, и конечная элонгация при 72° С – 5 мин. Продукты амплификации очищались с использованием наборов Qiagen и Omniplex согласно инструкциям производителей. Секвенирование проводилось с использованием тех же праймеров, что и для PCR, в обе стороны. Определение последовательностей нуклеотидов *cyt b* проводилось на автоматическом секвенаторе ABI 3130. Нуклеотидные последовательности выравнивали с помощью программы BioEdit 7.0.3 по алгоритму Clustal W.

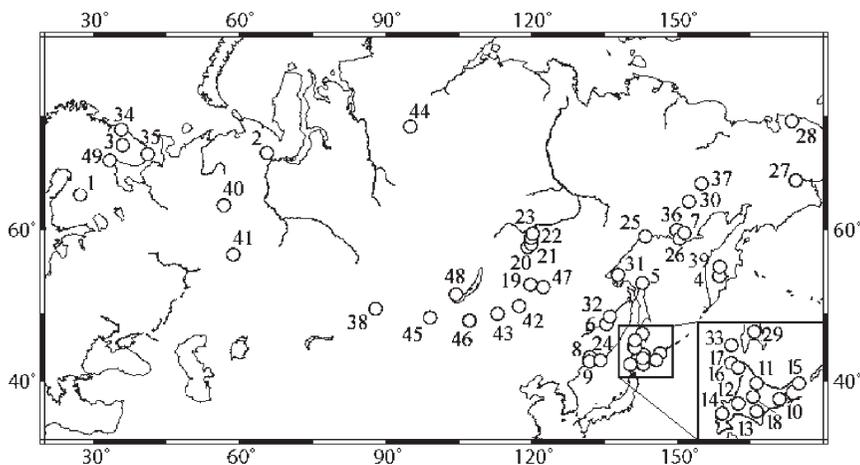


Рис. 1. Места сбора материала.

Филогенетические деревья были построены по алгоритмам ближайшего связывания (*NJ*), минимальной эволюции (*ME*) с использованием 2-х параметрической модели Кимуры и максимальной экономии (*MP*). В качестве внешней группы для укоренения деревьев были использованы сиквенсы ближайшего к *M. rufocanus*

Таблица 1. Количество проанализированного материала и обозначения гаплотипов. Номера на карте (рис. 1) соответствуют нумерации в табл. 1., N – число экземпляров

№	Гаплотип	Номера в ГенБанке	N	Местоположение
<i>Сиквенсы, взятые из Генбанка или в базе «Таксон»</i>				
1	Fin-1-4	AУ309413-14, F429814-15	4	Финляндия, оз. Килписьярви
2	Url-2	AF367072	1	Полярный Урал
3	Kol-6,7	AУ309415, AF272640	2	Кольский п-ов
4	Kam-1-3	AB031577-79	3	Камчатка п-ов
5	Sakh1-4	AB031573-76	4	Сахалин, Оха
6	Khab1	AF429816	1	Хабаровская область
7	Mag-1,2	AУ309412, AB031580	2	Магадан
8	Ussu1-6	AB031565-70	6	Уссурийский заповедник
9	Vlad1-2	AB031571-72	2	Владивосток
10	Tarak	AB031564	1	Япония, о. Тараку
11	Tak-1-3	AB031561-63	3	Япония, о. Хоккайдо, Такиноуе
12	Tobet	AB031560	1	Япония, о. Хоккайдо, Тобетсу
13	Nagan	AB031559	1	Япония, о. Хонсю, Наганума
14	Kuro1-2	AB031557-58	2	Япония, о. Хоккайдо, Куроматсунаи
15	Nem-1-2	AB031555-56	2	Япония, о. Хоккайдо, Немуро
16	Rebun	AB031554	1	Япония, о. Ребун
17	Rishi	AB031553	1	Япония, о. Рисири
18	Hok-1-3	AУ309416-18	3	Япония, о. Хоккайдо, Ишикари
	C.rex	AB031582		Сl. rex – о. Хоккайдо, Такиноуе
<i>Сиквенсы, полученные в настоящей работе</i>				
19	Chit-4-6	1063-1065	3	Читинская обл., р. Барангон
20	Jak-1,2,6-10	780, 782, 787, 783-786	7	Якутия, Олекминский р-н, р.Торго
21	Jak-3, 11-16	802, 797-800, 805, 806	7	Якутия, Олекминский р-н, устье р.Торго
22	Jak-4	808	1	Якутия, Олекминский р-н, устье р.Тяня 1
23	Jak-5	820	1	Якутия, Олекминский р-н, устье р.Тяня 2
24	Laz-1,2	864, 865	2	Лазовский зап-к
25	Okh-1-5	543, 879-882	5	Окрестности пос. Охотск
26	Vdo-1-5	889-893	5	Охотское море, о.Вдовушка
27	Chk-1	328	1	Чукотка п-ов, р.Танюер
28	Chk-2	924	1	Чукотка п-ов, р.Кэвеем
29	Sakh5-8	235, 921, 922, 920	4	Сахалин, б/с Сокол
30	Mag-4-7	527, 886-888	4	Магаданская обл, р.Эльген
31	Sha-1-7	516, 515, 517, 509, 897, 899, 513	7	Охотское море, о.Большой Шантар
32	Khab2-5	866-868, 870	4	Окрестности Хабаровска
33	Mon-1-3	91, 93, 241	3	Японское море, о.Монерон
34	Kol-1,2,5	673, 676, 710	3	Кольский п-ов, геофиз. станция РАН
35	Kol-3,4	677, 679	2	Кольский п-ов, р.Поной

Продолжение табл. 1

36	Sne-1-3	87, 89, 244	3	Магаданская обл., Снежная Долина
37	Mag-3	249	1	Магадан, Солнечный
38	Alt-1	42	1	Алтай, Улаганский р-он, р. Башкаус
39	Kam-4-8	531, 871, 873-875	5	Камчатка п-ов, Эссо
40	Komi1	358	1	Коми, Печоро-Илычский з-к
41	Url-1,3	480, 534	1	Свердловская обл., с. Шигаево
42	Chit1	59	1	Читинская обл., верховья р. Хер-Хира
43	Chit2-3	495, 496	2	Читинская обл., Акшинский р-н.
44	Put-1	497	1	П-ов Таймыр, плато Путорана
45	Mng-1	55	1	Монголия, Хубсугульский р-н.
46	Mng-2	570	1	Монголия, Зап. Хэнтей, верховья р. Ероо
47	Amur1	1078	1	Амурская обл., село Игнашино
48	Irk-1-5	1052-1056	5	Иркутская обл., с. Коты
49	Kan-1-6	1031, 1033-36, 1038	6	Мурманская обл., Кандалакшский зап-к

вида *M. rex*, взятого из Генбанка, и сиквенс *M. rutilus*, полученный в ходе настоящего исследования.

Значения дивергенции между нуклеотидными последовательностями гена *cyt b*, выраженные в процентах нуклеотидных замен на сайт, рассчитывали с помощью пакета программ MEGA v.3. Сеть гаплотипов была построена, используя метод медианного связывания в программе Network 4.5.0.0. Нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие, их стандартные отклонения и частота распределения парных различий между гаплотипами были вычислены при помощи программы DnaSP 4.50.1.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После выравнивания нуклеотидных последовательностей длины анализируемого фрагмента составила 817 п.н., из которых изменчивыми оказались 190, а информативными – 103. Соотношение транзиций к трансверсиям в среднем составило 11.9. Общая матрица из 131 последовательности красно-серой полевки содержала 94 гаплотипа.

Анализ межгрупповых и внутригрупповых генетических дистанций (табл. 2) показал, что островные группы (Японские о-ва и о. Сахалин) сильнее отличаются от остальных (3-5%), чем все другие

между собой (1 – 2%). Все группы характеризуются высоким гаплотипическим разнообразием (табл. 3), чуть ниже оно на европейской части ареала. Высокими показателями нуклеотидного разнообразия характеризуются выборки из Приморья и Японии.

Таблица 2. Внутригрупповые (по диагонали) и межгрупповые генетические дистанции красно-серой полевки

группы	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Европа	<b>0.008</b>							
2 Камчатка	0.01	<b>0.002</b>						
3 Сахалин	0.04	0.03	<b>0.007</b>					
4 Магадан	0.01	0.01	0.04	<b>0.006</b>				
5 Япония	0.03	0.03	0.04	0.04	<b>0.008</b>			
6 Приморье	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	<b>0.014</b>		
7 Прибайкалье	0.01	0.01	0.04	0.01	0.03	0.02	<b>0.007</b>	
8 Якутия	0.01	0.01	0.04	0.01	0.03	0.02	0.01	<b>0.006</b>

Таблица 3. Генетическая изменчивость в основных группах красно-серой полевки

Группы	Количество образцов	Количество гаплотипов	Нуклеотидное разнообразие (Pi ± SD(%))	Гаплотипическое разнообразие (Hd ± SD)
Европа	20	11	7.31 ± 2.27	0.842 ± 0.077
Европа*	17	9	2.05 ± 0.51	0.787 ± 0.101
Камчатка	8	6	2.19 ± 0.51	0.893 ± 0.111
Сахалин	11	10	6.77 ± 1.24	0.982 ± 0.046
Япония	15	14	8.11 ± 0.59	0.990 ± 0.028
Магадан-Хабаровск	32	20	4.93 ± 0.59	0.931 ± 0.034
Приморье	10	10	4.14 ± 3.12	1.000 ± 0.045
Прибайкалье	15	12	5.04 ± 1.31	0.943 ± 0.054
Якутия	16	11	5.99 ± 0.68	0.950 ± 0.036

Примечание: \* – из анализа исключены образцы *Fin-3,4* и *Url-2*.

Филогенетический анализ показал разделение гаплотипов красно-серой полевки на три клады (рис. 2). Клада образцов с Японских островов и клада, включающая 61 гаплотип, распространенный на территории от Финляндии до Чукотки и Монголии, обладают высокой бутстреп-поддержкой. Третья клада объединяет полевок из Южного Приморья и с о. Сахалин. Сложно объяснить попадание в эту группу образца с плато Путорана. В самой крупной кладе не видно четкой филогенетической структуры, но внутри нее выделяется группа гаплотипов из Магаданской, Хабаровской и Читинской областей и юго-восточной Якутии. Внутри нее также обособляется группа из трех образцов из Финляндии и Полярного Урала, отличающаяся большой длиной ветки.

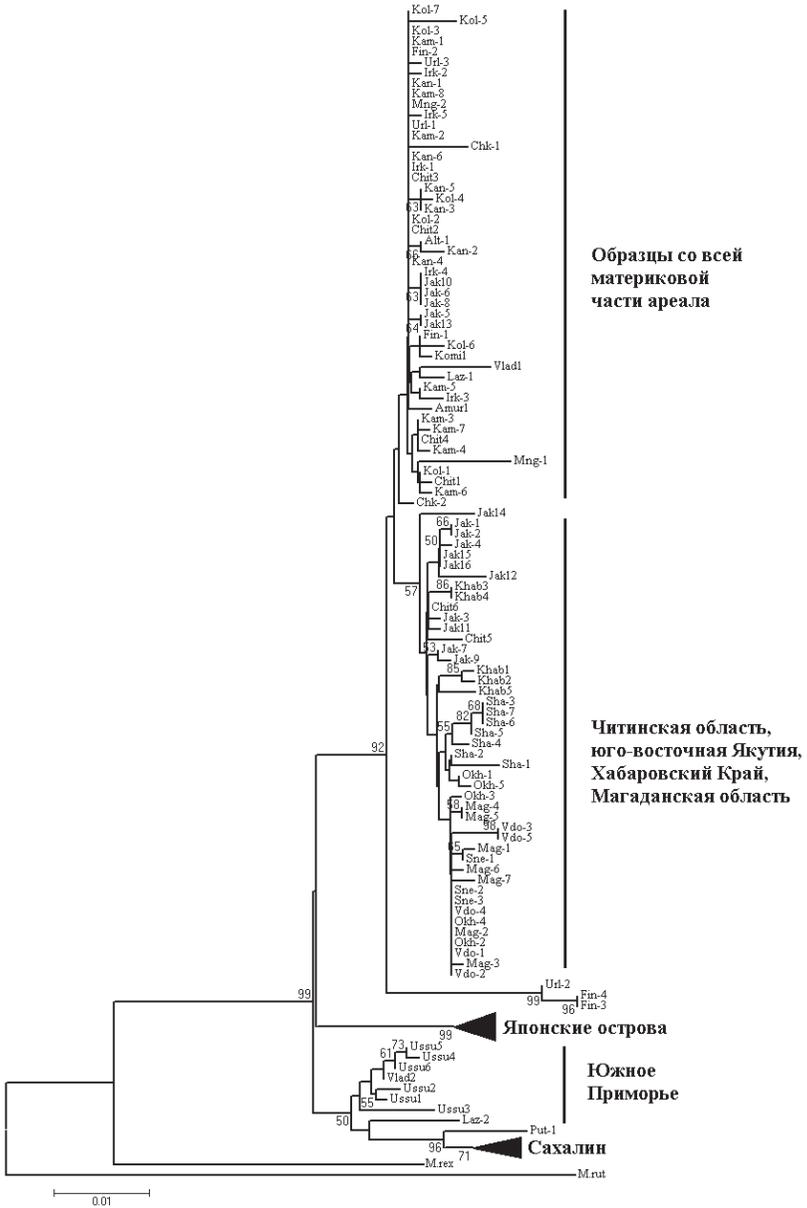


Рис. 2. Филогенетическое дерево красно-серой полевки, построенное методом ближайшего связывания, цифры у ветвей – бутстреп поддержка (2000 реплик, Kimura 2-parameter).

На медианной сети гаплотипов (рис. 3) два кластера имеют звездчатую структуру, что указывает на снижение эффективной численности популяции с последующей экспансией.

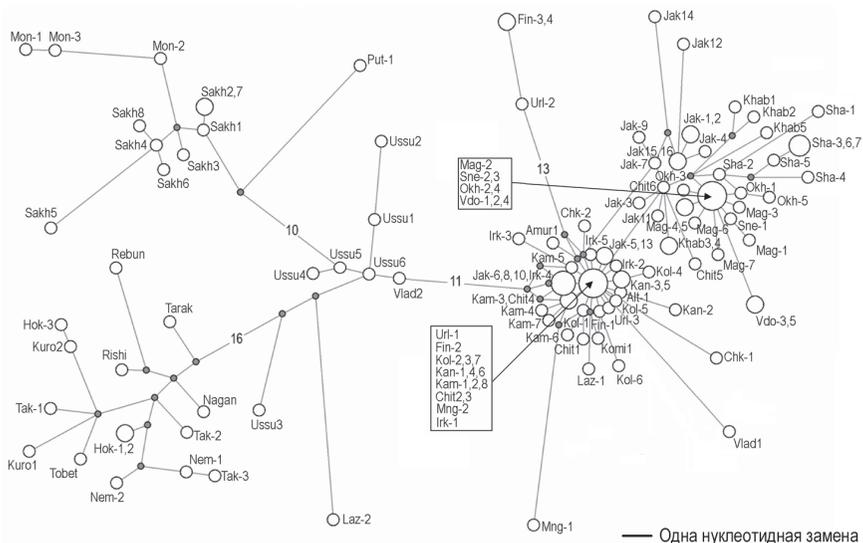


Рис. 3. Медианная сеть гаплотипов красно-серой полевки. Цифрами показано количество мутационных шагов между гаплотипами (все остальные ветви масштабированы). Обозначения гаплотипов – см. табл. 1.

Единый гаплотип встречается в популяциях Финляндии, Мурманской, Свердловской, Читинской и Иркутской областей, Монголии и Камчатки и занимает базальное положение на медианной сети, будучи центром звездообразной структуры. Второй, равный по численности кластер, включает только гаплотипы, встречающиеся в популяциях Магаданской области, Хабаровского края, Читинской области и юго-западной Якутии. Он тоже имеет звездчатую структуру, но гаплотипическое и нуклеотидное разнообразие здесь выше, что свидетельствует о более длительной изоляции. Предположительно, юго-западная Якутия и Читинская область являются переходной зоной между этими двумя группами гаплотипов.

Анализ медианной сети гаплотипов в совокупности с данными о попарных различиях между гаплотипами, анализом генетического разнообразия позволяет предполагать, что популяции красно-серой полевки, переживали максимумы плейстоценовых оледенений в юго-восточной Сибири. Численность в этот период заметно

сократилась, а большая часть Евразии была заселена с наступлением лесов в последнем межледниковье. Популяции красно-серой полевки северо-востока Сибири характеризуются наименьшим нуклеотидным разнообразием и одномодальным распределением на графике попарных различий (рис. 4), что согласуется с гипотезой недавнего заселения этих территорий и быстрого роста численности. Обширная территория Магаданской области, вероятно, была заселена из района Забайкалья, где в течение похолодания, связанного с последним максимумом оледенения, могли оставаться лесные рефугиумы. Наши данные согласуются с результатами В.Л. Семерикова и М.А. Полежаевой (2006), показавшими наличие рефугиумов сибирской лиственницы юго-восточнее Байкала, а лиственничники являются основным биотопом красно-серой полевки на восточной части ареала.

Вероятно, реликтовая группа средне-плейстоценовых популяций красно-серой полевки населяет сегодня Южное Приморье и не обнаруживает признаков резкого снижения или увеличения численности. Из всех исследованных регионов именно эта группа характеризуется наивысшим гаплотипическим и нуклеотидным разнообразием и резко многовершинной кривой распределения частот попарных различий (рис. 4 е). Эта группа, видимо, была предковой для популяций Японских островов и Сахалина, а, исходя из данных по генетическим дистанциям, можно сделать вывод, что Японские острова были заселены раньше, чем Сахалин.

На о. Сахалин и Японских островах неодинакова история генетических материнских линий. При заселении Японских островов, очевидно, имел место «эффект основателя»: и нуклеотидное, и гаплотипическое разнообразие достаточно высокие, а попарное распределение нуклеотидных различий имеет куполообразную форму (рис. 4 г), отражающее быстрый рост численности. При этом высокие показатели генетического разнообразия могут свидетельствовать о достаточно давнем заселении этой территории. Очень высокое нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие на Сахалине, а также многовершинная форма распределения частот попарных различий (рис. 4 в), свидетельствуют либо о неоднократном заселении различными основателями, либо о заселении в более позднее время, из-за чего еще не виден результат дрейфа генов. Обращает на себя внимание при этом то, что островные популяции сильнее отличаются от материковых, чем группы материковых популяций между собой (см. табл. 2), что можно объяснить дрейфом генов в отсутствие миграции с материка и перемешивания популяций.

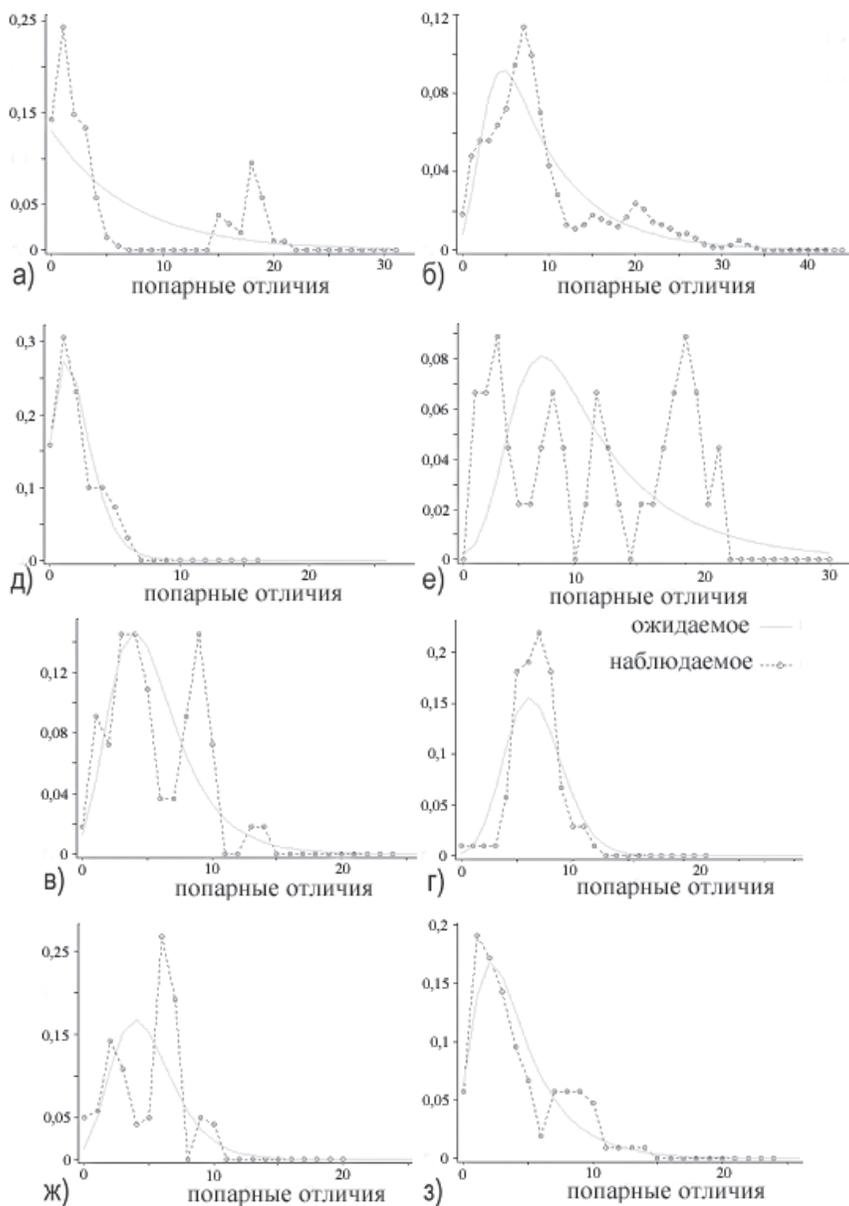


Рис. 4. Частота распределения попарных различий между гаплотипами: а) Европа, б) материковая Азия, в) Сахалин, г) Япония, д) Магаданская обл., е) Южное Приморье, ж) Якутия, з) Прибайкалье (Иркутская и Читинская области, запад Амурской области, Алтай и Монголия).

История происхождения вида и основной ареал связаны с азиатской частью Евразии, которая в значительно меньшей степени подвергалась покровным оледенениям, чем Европа. Согласно теории, в популяциях, населяющих недавно освобожденную от ледника территорию, ожидается меньшая генетическая изменчивость по сравнению с популяциями, обитавшими в бывших рефугиумах. Популяции северо-запада Евразии, действительно, характеризуются самым низким гаплотипическим разнообразием среди исследованных групп, однако, они, тем не менее, достаточно высокие (см. табл. 3). Хотя следует отметить, что при высоком показателе нуклеотидной изменчивости гаплотипическое разнообразие самое низкое среди исследованных групп, а попарное распределение нуклеотидных различий носит резко бимодальный характер (рис. 4 а). Эти факты согласуются с гипотезой о значительной потере генетического разнообразия при заселении ледниковых территорий благодаря последовательным событиям «эффектов основателей» и последующему росту численности. В данном случае можно предполагать, что было либо две последовательных волны заселения территории от Полярного Урала до Финляндии популяциями-основателями с низкой численностью и последующей их экспансией (два куполообразных пика). Либо эту территорию могли заселить одновременно популяции из изолированных ранее рефугиумов, которые могли располагаться восточнее Урала. Те три образца, которые резко отличаются от всех остальных (с Полярного Урала и из Финляндии), были взяты из Генбанка. У нас нет веских оснований исключать эти нуклеотидные последовательности из анализа, но, тем не менее, хочется обратить внимание на то, какими были бы результаты без учета этих трех образцов (см. табл. 2).

Анализ генетической изменчивости в центральной кладе, объединяющей полевок от Кольского п-ова до Чукотки и Монголии, показал слабую дифференциацию с высокими показателями нуклеотидного и гаплотипического разнообразия. Наличие двух доминирующих гаплотипов, встречающихся в популяциях Финляндии, Кольского п-ова, Карелии, Камчатки, Читинской и Свердловской областей, в Монголии и Якутии (первый) и в популяциях Якутии, Магаданской и Читинской областей (второй), говорит о высоком генетическом полиморфизме и резких колебаниях численности в предковых популяциях, во время климатических и ландшафтных перестроек плейстоцена, и в пользу сценария перемешивания популяций вследствие периодических смещений границ видového ареала.

Полученные нами данные по изменчивости *сyt b* хорошо согласуются с историей оледенений в разных регионах Евразии и с выдвинутыми ранее гипотезами о центре происхождения вида в Азии, где предковые формы известны с конца позднего плиоцена, приблизительно 2.5 млн лет (Громов, Поляков, 1977). В целом красно-серая полевка обладает очень слабо выраженной филогеографической структурой для вида со столь широким ареалом.

Автор приносит благодарность коллегам, оказавшим помощь в сборе материала: Лисовскому А.А., Оболенской Е.Н., Лебедеву В.С., Ракитину С.Б., Чибиряку М.Б., Щипанову Н.А., Докучаеву Н.Е., Шефтелеву Б.И., Голенищеву Ф.Н., Бойко Н.С.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 06 – 04 – 49294).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Громов И.М., Поляков И.Я. Полевки (Microtinae). В серии: Фауна СССР. Млекопитающие. Т. III. Вып. 8. Л.: Наука, 1977. 504 С.
- Семериков В.Л. Полежаева М.А. Исследование изменчивости митохондриальной ДНК лиственниц Дальнего Востока // Лесные экосистемы Северо-Восточной Азии и их динамика: Мат-лы междунар. конф. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 234 – 237.
- Hewitt G.M. Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation // Biological Journal of the Linnean Society. 1996. Vol. 58. P. 247 – 276.
- Iwasa M. A., Utsumi Y., Nakata K. et al. Geographic Patterns of Cytochrome b and Sry Gene Lineages in the Gray Red-Backed Vole *Clethrionomys rufocanus* from Far East Asia Including Sakhalin and Hokkaido // Zoological Science. 2000. Vol. 17. P. 477 – 484.
- Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. Molecular cloning: a laboratory manual. NY: Cold Spring Harbor laboratory press, 1989.
- Suzuki H., Iwasa M., Harada M. et al. Molecular phylogeny of red-backed voles in Far East Asia based on variation in ribosomal and mitochondrial DNA // Journal of Mammalogy. 1999. Vol. 80. P. 512 – 521.

### ИЗМЕНЕНИЕ ОБИЛИЯ МИКСОМИЦЕТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

**Б.С. Плотников**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Большая часть работ, посвященных изучению миксомицетов, представляет собой аннотированные списки видов для определенной территории (Котеленец, Барсукова, 2003; Ramon, 1986; Ukkola

et al., 2001; Novozhilov et al., 2007). Исследователи либо вообще не рассматривают показатели обилия данной группы, либо учитывают только количество обнаруженных колоний миксомицетов, то есть их встречаемость; но даже анализ встречаемости проводится редко. В единичных публикациях приведены материалы по количеству плодовых тел миксомицетов во влажных камерах. Работы, посвященные изучению обилия миксомицетов в полевых условиях, нам не известны. Отсутствие данных по обилию миксомицетов, вероятнее всего, связано с тем, что подсчет плодовых тел в полевых условиях трудоемок: преобладают малые размеры объектов, неудобное для подсчета расположение колоний, которые могут размещаться в щелях или под субстратом, колонии сложной формы.

Цели данной работы заключаются в следующем: 1) разработать метод количественной оценки обилия миксомицетов; 2) сравнить обилие миксомицетов на территориях с различным уровнем загрязнения и оценить необходимость учета количества спорофоров для экологических исследований. Проведение работы в градиенте загрязнения удобно тем, что реакция проявляется контрастно, что упрощает апробацию метода.

## РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в окрестностях Среднеуральского медеплавильного комбината (СУМЗ, г. Ревда Свердловской области). Завод функционирует с 1940 г. Основные ингредиенты выбросов — сернистый ангидрид (более 130 тыс. т/г на конец 1980-х годов) и полиметаллическая пыль с абсорбированными токсичными элементами, основные из которых Cu, Cd, Pb, Zn, As (Воробейчик, 2003). Сбор материала проводили на территориях, примыкающих к заводу с запада (направление против господствующих ветров), в четырех зонах нагрузки: фоновая (30 км от завода), буферная-2 (7 км), буферная-1 (4 км), импактная (1 км). Зоны нагрузки существенно различаются как по уровню загрязнения, так и по фитоценоотическим параметрам. Пробные площади заложены в ельниках-пихтарниках разных растительных ассоциаций на дерново-подзолистых почвах.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В каждой зоне заложены пробные площади размером 10x10 м (по три в буферной-1 и буферной-2 и по четыре — в импактной и фоновой). Сбор миксомицетов проводили с древесины и коры упавших разлагающихся стволов деревьев, а также со мхов и трутовых грибов, растущих на этих стволах. Учитывали все упавшие

стволы, находящиеся на площадях. Для каждого ствола отмечали присутствие видов миксомицетов и количество спорофоров. При небольшом количестве спорофоров (до 50 шт.) проводили тотальный подсчет. При большем количестве спорофоров колония визуально делилась на равные группы спорофоров, и подсчет проводили только для одной из них с дальнейшей экстраполяцией на всю колонию. Небольшая часть данных была получена по другой методике, которая оказалась менее удобной: размер колонии оценивался баллами от 1 до 5. Для расчетов использовали следующую шкалу: 1 балл — 5 спорофоров, 2 балла — 50 спорофоров, 3 балла — 200 спорофоров, 4 балла — 500 спорофоров, 5 баллов — 1200 спорофоров.

Все плодовые тела одного вида, найденные на одном стволе учитывали как одну «колонию». Для каждого ствола измеряли диаметры на двух концах и длину; площадь поверхности ствола рассчитывали по формуле усеченного конуса.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве показателя общего обилия миксомицетов мы рассматриваем количество спорофоров на единицу поверхности пробной площади (рис. 1). Максимальное значение наблюдается в зоне буферная-2, а минимальное — в импактной зоне (в 9.3 раз ниже, чем в буферной-2). Обилие в фоновой зоне ниже, чем в обеих буферных. Общее обилие — это результирующее нескольких составляющих: количества доступного субстрата, количества колоний миксомицетов и размера колоний миксомицетов.

Отметим, что при приближении к источнику загрязнения средняя площадь поверхности субстратов значительно уменьшается ( $F(3, 118) = 7.37$ , рис. 2). Это связано с тем, что стволы в импактной зоне более тонкие, чем в фоновой.

Однако из-за того, что количество субстратов на пробных площадях различается, соотношение зон по общему запасу субстрата не соответствует соотношению средних площадей субстратов. Площадь поверхности субстрата, которая приходится на единицу поверхности пробной площади, минимальна в импактной зоне, а максимальна — в буферной-1 (рис. 3).

Количество колоний на единицу поверхности субстрата существенно уменьшается при приближении к источнику загрязнения ( $F(3, 122) = 8.61$ , рис. 4) и достигает максимума в зоне буферная-2. Кроме того, обращает на себя внимание «провал» в фоновой зоне: количество колоний здесь ниже, чем в обеих буферных зонах. Разные порядки миксомицетов реагируют на загрязнение по-разному

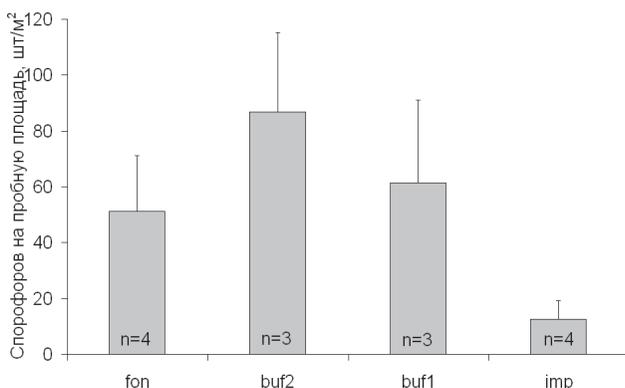


Рис. 1. Общее обилие миксомицетов на различных удалениях от источника загрязнения. Приведены средние значения и их ошибки, учетная единица — пробная площадь,  $n$  — количество учетных единиц. На этом и последующем рисунках обозначения: *fon* — фоновая зона, *buf2* — буферная-2 зона, *buf1* — буферная-1 зона, *imp* — импактная зона.

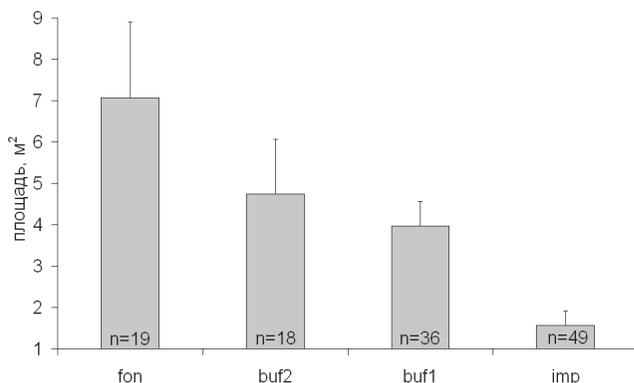


Рис. 2. Площадь поверхности субстрата на различных удалениях от СУМЗ. Обозначения — см. рис. 1.

(рис. 5). Особенно заметно уменьшение количества колоний порядка *Physarales* при приближении к источнику загрязнения, а также резкое увеличение обилия порядков *Liceales* и *Trichiales* в зоне буферная-2 и порядка *Stemonitales* в зоне буферная-1.

При приближении к СУМЗу происходит значимое уменьшение среднего размера колоний ( $F(3, 76) = 8.66$ , рис. 6). В зоне буферная-2 наблюдается резкое увеличение размера колоний, выпадающего их общего тренда изменений.

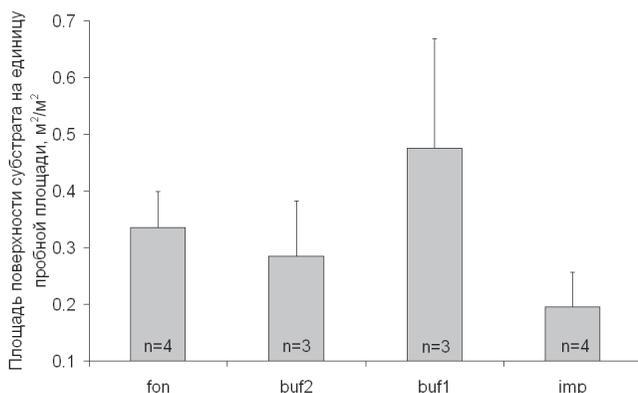


Рис. 3. Субстратная база на различных удалениях от источника загрязнения. Обозначения — см. рис. 1.

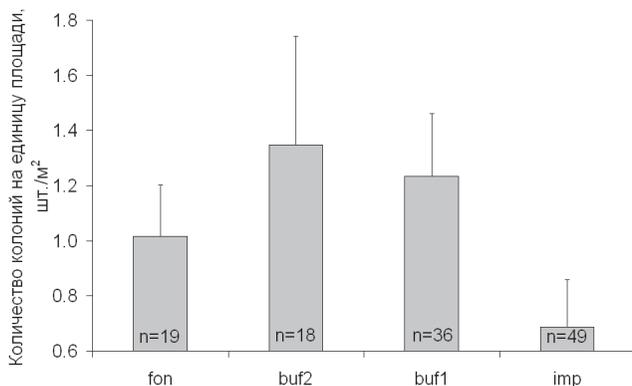


Рис. 4. Среднее количество колоний на единицу площади субстрата в различных зонах загрязнения. Обозначения — см. рис. 1.

Также значимо и изменение количества спорофоров на единицу площади субстрата ( $F(3, 118) = 4.28$ , рис. 7). Стоит отметить, что данный показатель изменяется в градиенте иначе, чем количество колоний на единицу площади субстрата (см. рис. 4). Как для количества колоний, так и для количества спорофоров, максимум и минимум наблюдаются в буферной-2 и импактной зонах соответственно. Однако количество колоний в буферной-1 зоне превышает значение для фоновой зоны, а для количества спорофоров наблюдается обратная картина.

Интересно рассмотреть вопрос о влиянии учета обилия на сходство разных зон нагрузки. Для этого были рассчитаны матрицы

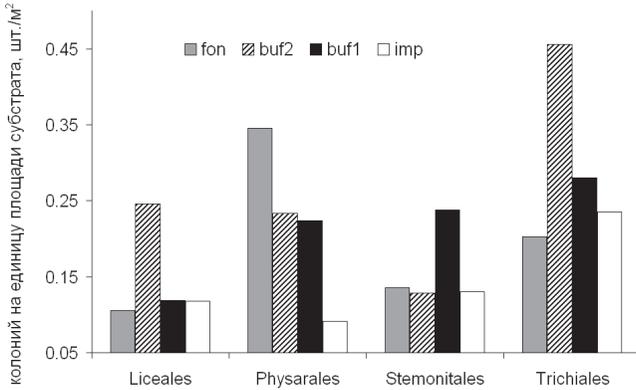


Рис. 5. Реакция различных порядков миксомицетов на техногенное загрязнение.

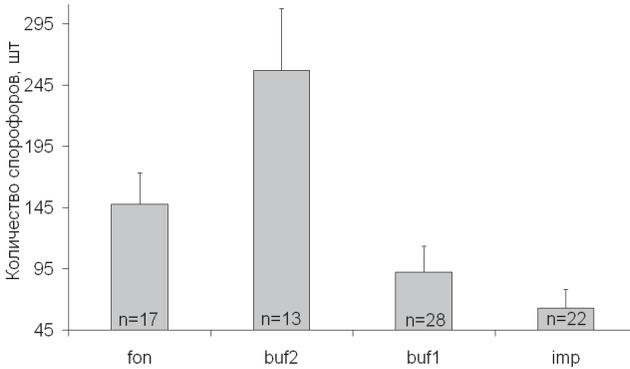


Рис. 6. Размер колоний миксомицетов на различных удалениях от источника загрязнения. Приведены средние значения и их ошибки, учетная единица — субстрат (субстраты, на которых не обнаружено миксомицетов, исключены), n — количество учетных единиц.

сходства для зон (индекс Чекановского-Съеренсена) как с учетом обилия, так и без учета (рис. 8), хотя абсолютные величины индексов меняются, общая конфигурация матриц остается неизменной.

Таким образом, в импактной зоне общее обилие резко снижается. Это происходит за счет всех компонентов обилия: уменьшается размер субстратов и, соответственно, их площадь поверхности, уменьшается количество колоний и их размер. Максимум общего обилия наблюдается в зоне буферная-2, что связано не с различиями в количестве доступного субстрата, а с увеличением количества колоний и их размеров.

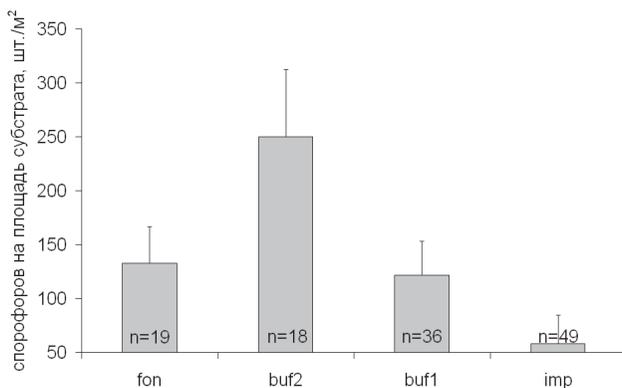


Рис. 7. Количество спорифоров миксомицетов на единицу площади субстрата на различных удалениях от источника загрязнения. Обозначения — см. рис. 6.

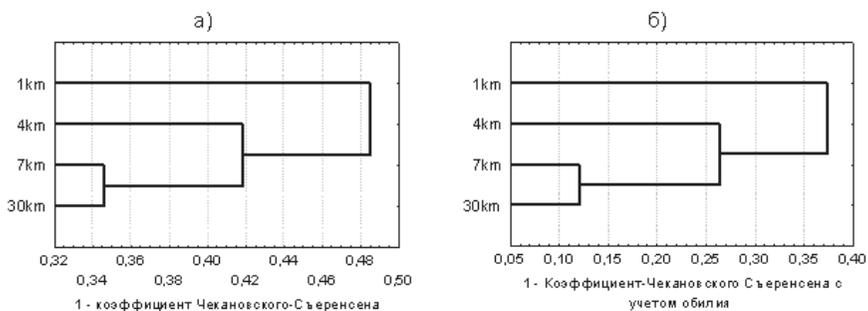


Рис. 8. Сходство зон по видовому составу миксомицетов без учета (а) и с учетом их обилия (б).

С помощью разработанной методики получена дополнительная информация о населении миксомицетов и его реакции на техногенное загрязнение. Хотя общие тренды для составляющих общего обилия сходны, не все они изменяются одинаково. Данная методика оказалась достаточно проста при выполнении и применима в полевых условиях.

Автор выражает благодарность д.б.н. Воробейчику Е.Л., к.б.н. Фефелову К.А. и Плотниковой М.Ю.

Работа завершена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 08 – 04 – 91766), программы развития ведущих научных школ (проект НШ-1022.2008.4) и программы Президиума РАН «Биоразнообразии и динамика генофондов».

## ЛИТЕРАТУРА

- Воробейчик Е.А. Реакция лесной подстилки и ее связь с почвенной биотой при токсическом загрязнении // Лесоведение. 2003. № 2. С. 32–42.
- Котеленец Н.Н., Барсукова Т.Н. Миксомицеты и миксомицетофильные жуки в Окском государственном биосферном заповеднике // Микология и фитопатология. Т. 37. 2003. Вып. 1. С. 50–53.
- Novozhilov Yu.K., Stephenson S.L., Overking M. et al. Studies of Frostfire myxomycetes including a description of a new species of *Diderma* // Mycol. Progress. 2007. Vol. 6. P. 45–51.
- Ramon E. Myxomycetes of Israel // Israel J. of Botany. 1986. Vol. 17. P. 207–211.
- Stephenson S.L. Distribution and ecology of Myxomycetes in temperate forests. I. Patterns of occurrence in the upland forests of southwestern Virginia // Can. J. of Botany. 1988. Vol. 66. P. 2187–2207.
- Ukkola T., Harkonen M., Zeng Z. Myxomycetes of Hunan Province, China. I // Ann. Bot. Fennici. 2001. Vol. 38. P. 305–328.
- Wrigley de Basanta D. Acid Deposition in Madrid and Corticolous Myxomycetes // Stapfia. 2000. Vol. 155. P. 113–120.

## ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТРАВНИКА *TRINGA TOTANUS*

**В.Е. Поляков**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Травник (*Tringa totanus*) — политипический вид с обширным ареалом. Область гнездования этого кулика простирается от Исландии на западе до Приморья и Курильских островов на востоке (Степанян, 2003; Cramp, Simmons, 1983). Травник населяет околоводные местообитания от южных тундр (на северо-западе ареала) до полупустынь, включая некоторые горы до высоты 4000 м н.у.м. (Дементьев, Гладков, 1951). Предпосылками географической изменчивости у этого вида служат широкий спектр условий обитания и значительная степень гнездового консерватизма и филопатрии (Жмуд, 1985; Thompson et al., 1986). В настоящее время исследователи признают 6 подвидов травника (Hale, 1971; Cramp, Simmons, 1983; Engelmoeg, Roselaar, 1998). Диагностическими признаками служат вариации в длине крыла, клюва, плюсны и хвоста, а также окраска и рисунок оперения верхней стороны тела. Для травника характерен полиморфизм по окраске дорсальной стороны тела. Выделяют две цветовые морфы: серую и бурую (Козлова, 1961; Степанян, 2003). Более подробный анализ окраски оперения позволил

выделить 5 морф (Hale, 1971). У травников в пределах Западной Европы. В азиатской части ареала окраска является основным диагностическим признаком при описании подвидов этого кулика. Соотношение цветowych морф у азиатских подвидов травника не указано. Подвидовая систематика этого вида осложнена с одной стороны полиморфизмом окраски, что требует анализа соотношения цветowych морф в разных частях ареала (Engelmoer, Roselaar, 1998), с другой — предполагаемыми обширными зонами гибридизации между территориальными группировками (Hale, 1971). Из-за недостатка коллекционного материала, используемого при анализе и описании подвидов, возникла спорная ситуация относительно диагностических признаков подвидов травника и границ их распространения в азиатской части ареала. Был проведен анализ географической изменчивости морфометрических признаков травника и на большом материале из Западной Европы уточнена подвидовая систематика в этой части ареала (Engelmoer, Roselaar, 1998). Однако авторы воздержались от рассмотрения таксономии этого вида на остальной части ареала из-за недостатка материала. По результатам этих исследований общие закономерности географической изменчивости размеров, выявленные с помощью дисперсионного анализа, сводятся к следующему. Наиболее крупные особи гнездятся на о. Исландия, в районе Уральских гор и в Юго-Западной Азии. Травники с наименьшими размерными характеристиками обитают на Скандинавском полуострове и на территории от Забайкалья до Сахалина. В остальных частях ареала преобладают особи средних размеров.

Необходимо отметить, что в работах зарубежных исследователей коллекционные материалы из музеев России использованы далеко не в полном объеме. Наименее изученным регионом оказалась азиатская часть ареала травника в границах бывшего СССР.

Молекулярно-генетические исследования популяционной структуры травников на севере Западной Европы (митохондриальная ДНК и AFLP-маркеры) показали достоверные различия между тремя подвидами. Однако слабая изменчивость мтДНК предположительно свидетельствует о том, что исследованные популяции прошли через «бутылочное горлышко» во время ледникового периода (Ottvall et al., 2005).

В связи с вышеизложенным, цель настоящего исследования — анализ географической изменчивости морфометрических признаков травника в Восточной Европе и в азиатской части ареала, а также оценке степени морфологических различий между террито-

риальными группировками травника для использования в подвижной систематике.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы травники из коллекции Зоологического музея МГУ, г. Москва (сборы 1856 – 2007 гг.), а также собственные сборы автора с территории лесостепного Зауралья (2007 г.). Экземпляры из множества локалитетов были сгруппированы в 8 выборок на основе физико-географического районирования. Например, все травники из Восточной Европы вошли в одну выборку. В западной Сибири, несмотря на географическую близость мест добычи, травники с равнинных и горных территорий были отнесены к разным выборкам. При этом стремились максимально увеличить число экземпляров в выборке. Таким образом, объем выборок варьировал от 8 до 30 экземпляров. Территориальное размещение исследуемых группировок травника представлено на рис. 1.

Проанализировано 140 экземпляров травников. Поскольку виду свойствен половой диморфизм в размерах (Engelmoer, Roselaar, 1998), самцов и самок анализировали отдельно друг от друга. В общей выборке численно преобладали самцы — 93 экз., поэтому при анализе больше внимание уделено этой группе. Анализировали тушки предположительно гнездящихся травников — особей во взрослом наряде, добытых в период с 23 марта по 15 августа, но большинство птиц добыто в мае-июне (в период размножения на большей части ареала). Промеры брали согласно предыдущей работе по систематике травника (Hale, 1971). Измеряли 4 признака: длину крыла (полностью расправленного вдоль линейки), длину клюва (от кончика до границы оперения на лбу), длину цевки (от сустава до последней широкой чешуйки над третьим пальцем), длину хвоста (по центральным рулевым перьям). Длину крыла измеряли с точностью до 1 мм. Длину клюва, цевки и хвоста — с точностью до 0.1 мм. Длину крыла и цевки измеряли на каждой конечности, и фиксировали наибольшее значение этих признаков. Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft Inc., 2001).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Значения морфометрических признаков в выборках из разных регионов (табл. 1) сильно перекрываются, признаки значительно варьируют внутри выборок. В некоторых выборках присутствует половая изменчивость. Средние значения длины крыла са-

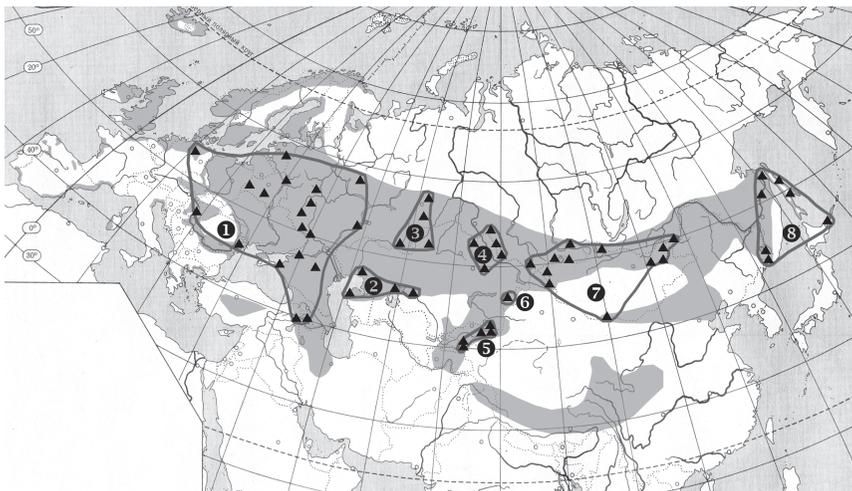


Рис. 1. Карта-схема размещения сравниваемых выборок травника. Затемнённая область — гнездовой ареал (Степанян, 2003; Станр, Simmons, 1983). Треугольники — места сбора материала, объединение в выборки показано линиями. Цифрами обозначены выборки: 1 — Восточная Европа; 2 — западный Казахстан; 3 — Южный Урал и Зауралье; 4 — равнины юга Западной Сибири; 5 — Тянь-Шань, Памир; 6 — Оз. Сасыкколь, восточный Казахстан; 7 — горы юга Западной и Средней Сибири; 8 — Дальний Восток.

мок больше, чем самцов во всех выборках, кроме травников с равнины Западной Сибири. У самцов из Восточной Европы, Урала и Зауралья, а также с оз. Сасыкколь более длинная цевка, но короткий хвост. Самцы с территории Западного Казахстана и гор Западной и Средней Сибири отличаются от самок короткой цевкой и длинным хвостом. У самцов из Тянь-Шаня, Памира и Дальнего Востока цевка и хвост короче, чем у самок.

Для оценки географической изменчивости травника провели дискриминантный анализ. По координатам центроидов построили график (рис. 2). Первая ось графика совпадает с расположением выборок травника по географической широте. Наибольший вклад в изменчивость по этой оси вносит длина цевки ( $r=0.80$ ), чуть меньший — длина хвоста ( $r=0.60$ ) и крыла ( $r=0.57$ ). Вторая ось отражает меридиональное расположение выборок. С этой осью связаны длина крыла ( $r=0.72$ ) и хвоста ( $r=0.45$ ). Две оси воспроизводят 97% изменчивости исследованных признаков травника. Четыре выборки травников из Восточной Европы, западного Казахстана, Урала и Зауралья, а также равнин юга Западной Сибири сходны по мор-

Таблица 1. Морфометрические признаки 8 выборок травников

Признак	Места сбора травников							
	Восточная Европа	западный Казахстан	Южный Урал и Зауралье	равнины юга Западной Сибири	Тянь-Шань, Памир	оз. Сасыкколь, восточный Казахстан	горы юга Западной и Средней Сибири	Дальний Восток
Объем выборки	19	5	11	7	14	3	13	21
длина крыла	158.4±0.76 (153 – 166)	156.6±1.44 (154 – 162)	159.0±0.54 (156 – 163)	158.0±1.36 (151 – 162)	161.4±1.16 (150 – 167)	163.0±0.58 (162 – 164)	155.2±0.82 (150 – 161)	152.1±0.54 (146 – 156)
длина клюва	42.1±0.77 (38.7 – 45.0)	41.8±0.78 (39.3 – 44.0)	41.9±0.55 (39.0 – 44.3)	42.5±0.39 (41.0 – 44.0)	43.0±0.49 (40.0 – 45.6)	42.9±1.10 (41.8 – 44.0)	41.8±0.45 (39.8 – 45.0)	40.4±0.29 (38.0 – 43.0)
длина цевки	51.3±0.45 (47.5 – 56.0)	51.8±0.90 (49.5 – 55.0)	52.1±0.65 (49.0 – 56.0)	51.3±0.55 (49.0 – 53.7)	48.4±0.47 (44.7 – 51.0)	50.2±0.17 (50.0 – 50.5)	48.2±0.60 (43.0 – 51.0)	45.5±0.45 (41.7 – 48.0)
длина хвоста	61.5±0.54 (57.0 – 64.5)	61.3±0.86 (59.3 – 64.0)	61.7±0.43 (60.5 – 65.4)	60.7±0.93 (56.0 – 63.0)	62.6±0.75 (57.0 – 67.0)	61.8±1.92 (58.0 – 64.3)	59.1±0.69 (55.0 – 63.0)	56.5±0.37 (53.7 – 60.0)
Объем выборки	11	3	6	3	7	6	6	5
длина крыла	161.8±0.80 (158 – 166)	157.6±0.66 (157 – 159)	160.5±1.40 (154 – 164)	158.0±1.73 (155 – 161)	167.1±1.53 (161 – 171)	166.0±1.88 (161 – 174)	157.3±1.98 (151 – 164)	155.4±1.99 (150 – 161)
длина клюва	42.2±0.80 (38.0 – 45.0)	42.1±0.15 (42.0 – 42.3)	43.6±0.66 (42.0 – 46.1)	44.1±0.46 (43.4 – 45.0)	43.9±0.50 (42.0 – 46.3)	43.3±0.45 (42.0 – 44.3)	42.6±0.59 (41.3 – 44.5)	40.7±0.88 (38.7 – 43.6)
длина цевки	51.2±0.95 (45.0 – 55.3)	53.2±0.15 (53.0 – 53.5)	49.6±0.81 (47.0 – 52.2)	51.3±1.02 (49.7 – 53.2)	50.2±0.40 (49.0 – 52.0)	49.9±0.63 (48.5 – 52.0)	49.5±0.53 (48.0 – 51.5)	45.7±1.23 (43.0 – 49.0)
длина хвоста	63.2±0.67 (60.0 – 68.0)	60.7±0.33 (60.0 – 61.0)	63.1±0.73 (60.0 – 65.0)	59.6±0.95 (57.8 – 61.0)	64.0±0.77 (61.5 – 67.5)	62.6±0.49 (61.0 – 64.0)	57.8±0.81 (54.5 – 60.3)	59.4±1.17 (56.0 – 62.0)

Примечание:  $M \pm m$  – среднее и ошибка среднего, в скобках приведены минимальные и максимальные значения признаков.

фологическим характеристикам, и могут быть объединены в одну группировку. Следующая группировка включает птиц из Тянь-Шаня, с Памира и оз. Сасыкколь, расположенного на востоке Казахстана между горами Джунгарский Алатау и хребтом Тарбагатай. Обособленное положение занимают выборки из горных территорий Западной и Средней Сибири, а также с Дальнего Востока.

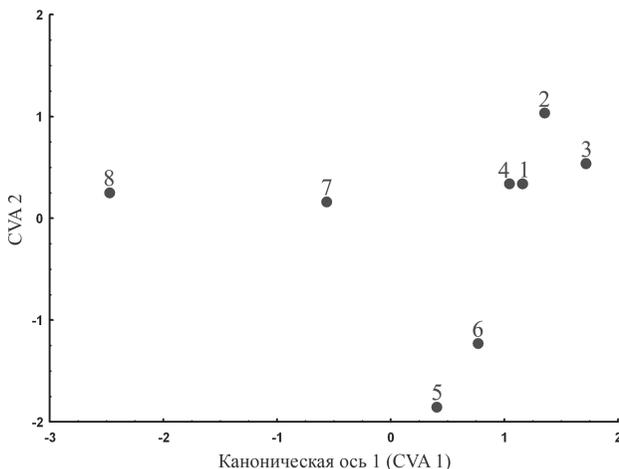


Рис. 2. Результаты дискриминантного анализа 93 самцов травника из 8 выборок по 4 морфометрическим признакам. Обозначения — см. рис. 1.

Обобщенные расстояния Махаланобиса (табл. 2) также свидетельствуют в пользу приведенного выше разделения 8 выборок на 4 группировки. Некоторые сомнения возникают по поводу выборки с оз. Сасыкколь в восточной части Казахстана. Самцы из этой выборки не отличаются от самцов из остальных выборок. Возможно, это связано с наименьшим количеством экземпляров в этой серии (3). Самки из этого района, которых больше в выборке (6) не отличаются только от самок с Урала и Зауралья и из Тянь-Шаня и Памира. Однако по обобщенным расстояниям Махаланобиса самцы и самки с оз. Сасыкколь наиболее близки к птицам из Тянь-Шаня и Памира.

Таким образом, по морфометрическим признакам исследуемые выборки травников представляют 4 группировки предположительно подвидового ранга. Используя описания подвидов и границ их распространения из работы В. Хэйла (1971), эти группировки можно обозначить следующими названиями. Травники из Восточной Европы, западного Казахстана, Урала и Зауралья и

Таблица 2. Результаты дискриминантного анализа 8 выборок травника. Выше диагонали представлены обобщенные расстояния Махаланобиса, отражающие различия между выборками по 4 признакам, ниже — уровень значимости различий

Выборка	Места сбора травников							горы юга Западной и Средней Сибири	Дальний Восток
	Восточная Европа	западный Казахстан	Южный Урал и Зауралье	равнины юга Западной Сибири	Тянь-Шань, Памир	оз. Сасыкколь, восточный Казахстан	горы юга Западной и Средней Сибири		
Самцы, df1: df2: 4; 77									
Восточная Европа	—	0.62	0.54	0.19	5.93	5.52	3.38	14.51	
Западный Казахстан	n.s.	—	0.73	1.02	10.15	9.42	5.03	16.88	
Южный Урал и Зауралье	n.s.	n.s.	—	0.81	8.36	6.24	6.25	19.44	
Равнины юга Западной Сибири	n.s.	n.s.	n.s.	—	5.99	4.57	2.99	13.78	
Тянь-Шань, Памир	***	***	***	***	—	3.49	5.62	14.03	
Оз. Сасыкколь, восточный Казахстан	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	—	6.76	16.14	
Горы юга Западной и Средней Сибири	***	**	***	*	***	n.s.	—	4.16	
Дальний Восток	***	***	***	***	***	**	***	—	
Самки, df1: df2: 4; 32									
Восточная Европа	—	5.51	2.94	4.64	7.18	5.89	11.71	11.08	
Западный Казахстан	n.s.	—	14.04	7.19	23.69	20.63	13.70	19.45	
Южный Урал и Зауралье	n.s.	*	—	5.66	4.22	4.21	13.72	10.37	
Равнины юга Западной Сибири	n.s.	n.s.	n.s.	—	12.75	9.19	3.70	8.77	
Тянь-Шань, Памир	**	**	n.s.	**	—	0.99	22.14	19.41	
Оз. Сасыкколь, восточный Казахстан	*	*	n.s.	*	n.s.	—	15.01	13.48	
Горы юга Западной и Средней Сибири	***	n.s.	***	n.s.	***	***	—	4.75	
Дальний Восток	***	*	**	*	***	***	n.s.	—	

Примечание: \* —  $p < 0.05$ ; \*\* —  $p < 0.01$ ; \*\*\* —  $p < 0.001$ ; n.s. — незначимо.

с равнинной части Западной Сибири относятся к номинативному подвиду *T. totanus totanus* (Linnaeus, 1758). Экземпляры с оз. Сасыкколь, из Тянь-Шаня и Памира предположительно — к подвиду *T. totanus eurhinus* (Oberholser, 1900). Птиц из горных районов юга Западной и Средней Сибири можно классифицировать как *T. totanus terrignotae* (Meinertzhagen, 1926). К подвиду *T. totanus ussuriensis* (Бутурлин, 1934) следует относить только травников с Дальнего Востока. В упомянутой выше работе В. Хейла популяции травников из азиатской части ареала в границах бывшего СССР указаны как подвид *ussuriensis* (Hale, 1971), на основании предполагаемого клинального увеличения размеров с востока на запад и из-за преобладания темно-коричневой окрасочной морфы у травников с данной территории.

Одним из спорных вопросов в подвидовой систематике является степень различий между популяциями, достаточная для выделения их в разные подвиды (Майр, 1971). Принять решение особенно сложно, когда изменчивость одних таксономических признаков, в данном случае морфометрических, не совпадает с другими, в частности, с окраской. Для придания описанным в настоящей работе 4-м группировкам травника подвидового статуса необходим дальнейший анализ и привлечение дополнительного материала. Требуют уточнения границы распространения подвидов этого кулика. Выборку можно увеличить за счет травников из коллекции Зоологического Института РАН (г. Санкт-Петербург), которая в середине XX века насчитывала 150 экземпляров (Козлова, 1961). В качестве диагностических признаков необходимо использовать общий тон окраски и характер рисунка оперения верхней стороны тела. Материал из азиатской части ареала травника не позволил В. Хэйлу (1971) выявить соотношение окрасочных морф. Однако спектр морф в разных частях ареала этого вида можно показать, используя коллекции Зоомузея МГУ и Зоологического Института РАН.

Выделенные в настоящей работе четыре группировки травников характеризуются следующими различиями морфометрических признаков (рис. 3). Группировка *T. totanus totanus*, (Восточная Европа, Западный Казахстан, Урал и Зауралье и юг Западной Сибири) отличаются от остальных более длинной цевкой. *T. t. eurhinus* (Тянь-Шань, Памир, оз. Сасыкколь) отличается более длинными крыльями, клювом, хвостом и короткой цевкой. *T. t. terrignotae* (горы юга Западной и Средней Сибири) выделяется мелкими по сравнению с номинативным подвидом размерами, за исключением длины клюва. *T. t. ussuriensis* (Дальний Восток) характеризуется минимальными

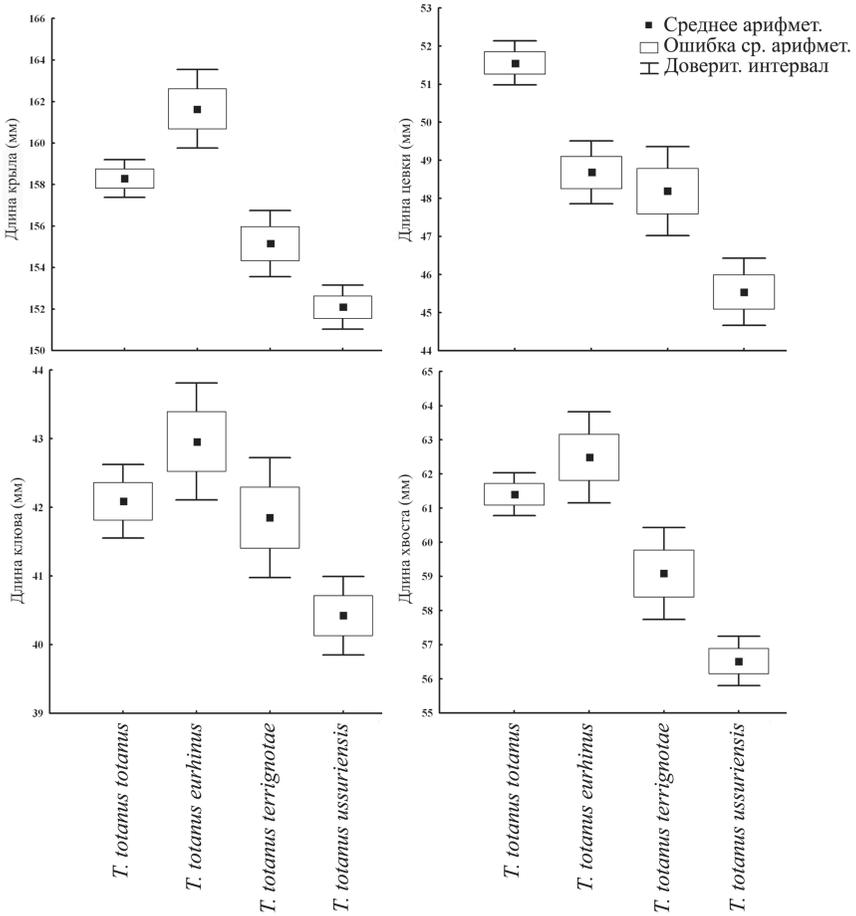


Рис. 3. Морфометрические признаки самцов травника из четырех группировок подвигового ранга.

значениями всех признаков. Возможно, дальневосточные травники сходны по размерам с птицами, гнездящимися на севере Скандинавии. Последние кулики отличаются наименьшими в Западной Европе размерами (Engelmoer, Roselaar, 1998).

Различия в размерах между группировками травников могут быть обусловлены несколькими причинами. Если учесть, что морфометрические признаки травников напрямую связаны с массой тела (Ottvall et al., 2005), можно предположить следующее. Во-первых, мелким птицам необходимо чаще делать остановки для попол-

нения жировых запасов во время миграций по сравнению с более крупными особями. У наиболее крупных травников из горных регионов Центральной Азии, вероятно, нет возможности делать такие остановки в период миграций. Кроме того, у популяций из этого региона одни из самых протяженных путей миграций среди травников (Hale, 1973). В то же время, мелкие травники с Дальнего Востока и севера Скандинавии имеют возможность делать остановки. Маршруты миграций этих популяций проходят через побережья морей бассейна Тихого и Атлантического океанов. Примечательно, что популяция о. Исландия отличается крупными размерами крыла и цевки, но коротким клювом (Engelmoer, Roselaar, 1998). Различия в размерах могут быть связаны с природными условиями на местах размножения. Согласно правилу Бергмана (Реймерс, 1994), в более холодных, суровых частях гнездового ареала птицы должны быть более крупными. Показано, что наиболее крупные травники гнездятся в горах Центральной Азии и в Исландии. Дальний Восток и Север Скандинавии характеризуются более мягким, теплым климатом, в этих регионах обитают травники наиболее мелких размеров.

Итак, на основании анализа 140 экземпляров травника из 8 выборок по 4-м признакам выделены 4 группировки предположительно подвидового ранга, характеризующиеся морфологическими различиями и обитающие в различных ландшафтно-климатических условиях. Для более обоснованной ревизии подвидовой систематики необходимо увеличить общую выборку за счет коллекции Зоологического Института РАН, а также путем сбора новых экземпляров травников с юга Западной и Средней Сибири в пределах России и из Казахстана.

Выражаю благодарность научному руководителю д.б.н. В.К. Рябицеву за обсуждение статьи и полезные комментарии. Глубоко признателен заведующему орнитологическим сектором Зоомузея МГУ П.С. Томковичу, а также Я.А. Редькину за помощь в работе с коллекцией травников. Благодарю сотрудников ИЭРиЖ УрО РАН: к.б.н. А.В. Гилева за помощь в проведении статистического анализа, д.б.н., профессора А.Г. Васильева и к.б.н. Н.В. Синева за рекомендации в ходе работы над рукописью.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Дементьев Г.П., Гладков Н.С. Птицы Советского Союза. М: Сов. наука, 1951. Т. 3. 685 с.  
Жмуг М.Е. Население травника в гнездовой период: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Кишинев, 1985. 23 с.

- Козлова Е.В. Ржанкообразные // Фауна СССР. Птицы. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. Т. 2. Вып. 1. Ч. 2. 502 с.
- Майр Э. Принципы зоологической систематики: пер. с англ. / Под ред. Гептнера В.Г. М.: Мир, 1971. 456 с.
- Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. 367 с.
- Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: ИКЦ Академкнига, 2003. 808 с.
- Crampt S., Simmons K.E.L. The birds of the Western Palearctic. Oxford: Oxford University Press, 1983. Vol. 3. 913 p.
- Engelmoer M., Roselaar C.S. Redshank / Geographical variation in waders. Dordrecht: Kluwer academic publishers, 1998. P. 226 – 243.
- Hale W.G. A revision of the taxonomy of the Redshank *Tringa totanus* // Zool. J. Linn. Soc. 1971. Vol. 50. № 3. P. 199 – 268.
- Hale W.G. The distribution of the redshank *Tringa totanus* in the winter range // Zool. J. Linn. Soc. 1973. Vol. 53. № 3. P. 177 – 236.
- Ottvall R., Höglund J., Bensch S., Larsson K. Population differentiation in the redshank (*Tringa totanus*) as revealed by mitochondrial DNA and amplified fragment length polymorphism markers // Conserv. Genet. 2005. Vol. 6. P. 321 – 331.
- Thompson D.B.A., Thompson P.S., Nethersole-Thompson D. Fidelity and philopatry in breeding redshanks (*Tringa totanus*) and greenshanks (*T. nebularia*) // Acta XIX Congressus internationalis ornithologici. Ottawa, Canada, 1986. Vol. 1. P. 563 – 574.

## ОБЗОР КОЛЛЕКЦИИ ЖУКОВ-КАРАПУЗИКОВ (COLEOPTERA, HISTERIDAE) ФОНДОВ КАФЕДРЫ ЗООЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ ПЕНЗЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

**И.Г. Пронина**

*Пензенский государственный педагогический университет*

Одним из значимых направлений в энтомологии является изучение биоразнообразия. Актуальными являются работы по инвентаризации видов, в том числе исследования группы жесткокрылых — семейства Histeridae. В Среднем Поволжье на сегодняшний момент известно 75 видов карапузиков. На территории Пензенской области анализ этой группы не проводился, в то время как многолетний материал был накоплен. Цель настоящей работы: изучить видовое богатство жуков-карапузиков, представленных в фондовой коллекции кафедры зоологии ПГПУ.

Было изучено 90 экз. хистерид. Жуков идентифицировали с помощью определительных таблиц О.Л. Крыжановского и А.Н. Рейхардта (1976). В коллекции определено 15 видов карапузиков из 3 родов. Среди них многочисленны *Hister impressus* F. (32%); *H. duodecimstriatus* Schrnk. (18%), *Saprinus semistriatus* Scr. (17%). Реже (менее 10%) встречались *H. bipustulatus* Ol., *H. funestus* Er., *H. stercorarius* Hbst., *H. striola* C. Sahlb., *H. ventralis* Mars., *S. rugifer* Pk., *S. tenuistrius* Mars. Остальные 5 видов (*H. carbonarius* Ill., *H. purpurascens* Motsch., *H. quadrinotatus* Scr., *Pachylister inaequalis* Ol., *S. planiusculus* Motsch.) — единичны. Немногие виды являются эврибионтами, остальные приурочены к открытым и лесным биотопам. Будучи хищниками, они добывают пищу в разных средах. В нашей коллекции видов жуки-копрофилы (47%) преобладают над некрофилами и зоофилами (27%), дендрофилами и детритофилами (20%). Можно предположить, что собранные в коллекции виды отражают фактическое состояние распределения жуков-карапузиков на территории области.

#### ЛИТЕРАТУРА

Крыжановский О.Л., Рейхардт А.Н. Жуки надсемейства Histeroidea (семейства Sphaeritidae, Histeridae, Synteliidae) // Фауна СССР. Т. 5. Вып. 4. Л.: Наука, 1976. 435 с.

### АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ИЛЬМЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (НА ПРИМЕРЕ КЛЮЧЕВОГО УЧАСТКА)

**Л.А. Пустовалова (Иванова)**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Растительный мир Ильменского государственного заповедника (ИГЗ) своеобразен. Флора его насчитывает 954 вида сосудистых растений со значительной долей эндемиков и реликтов (2.5 и 5% соответственно). Ценоотическое разнообразие здесь представлено лесными, луговыми, степными и болотными сообществами. Несмотря на то, что ООПТ исключены из хозяйственной деятельности человека, они также подверглись процессу антропогенной трансформации. Так растительный покров ИГЗ претерпел изменения в период, предшествующий заповеданию. Внутри резервата ведется научно-исследовательская деятельность, расположены кордоны лесной охраны. В связи с этим возникает необходимость

оценки современного уровня антропогенной трансформации растительного покрова ИГЗ, что и стало целью настоящей работы.

Для оценки состояния растительного покрова ИГЗ (ключевой участок) создана фитоэкологическая карта. При этом использован индекс антропогенной деградации территориальных комплексов (ТК), который характеризует отношение площади трансформированной растительности — производной ( $S_s$ ) и культивируемой ( $S_c$ ) — к общей площади ТК ( $S$ ) и определяется по формуле  $J_d = (S_s + S_c) / S \times 100$  (Горчаковский и др., 2000). Для фитоэкологической дифференциации ключевого участка ИГЗ предложен ТК топологического уровня. Выделение ТК осуществлялось на ландшафтной основе, их характеристика представлена нами ранее (Иванова, 2007). Также использован индекс антропогенной трансформации на уровне типологических подразделений, который показывает отношение площади трансформированной растительности производной ( $S_s$ ) и культивируемой ( $S_c$ ) к площади коренной растительности ( $S_p$ ) и определяется как  $J_t = (S_s + S_c) / S_p$  (Горчаковский и др., 2000). Для широко распространенных сообществ подсчитан индекс синантропизации (отношение числа синантропных видов к общему числу видов в сообществе). Уровни синантропизации (I-IV) соответствуют предложенным П.Л. Горчаковским (1999). Критериями уникальности растительных сообществ служат: высокая доля эндемичных и реликтовых растений в сообществе и площадь менее 1% от площади всего участка (Фамелис и др., 1984).

В результате картометрического анализа выявлена неоднородность ключевого участка по степени антропогенной трансформации в рамках ТК (рис. 1).

Наиболее трансформирован Северо-Ильменский ТК. Высокий  $J_d$  определен значительной трансформацией южно-таежных и подтаежных лесов (рис. 2). Площадь производных среди последних в 1.2 раза больше коренных. Основной антропогенный фактор — рубки до 1936 г. Растительность восстанавливается. Индекс синантропизации распространенных сообществ невысок (I уровень) (рис. 3). Учитывая плохую возобновимость лиственницы в этом районе, уникальные остепненные лиственничные редколесья с участием реликтов (Иванова, 2008) могут исчезнуть совсем.

Растительность южной части хребта изменена в меньшей степени, однако площадь коренных южно-таежных лесов лишь в 1.5 раза больше производных. Антропогенный фактор тот же, что в Северо-Ильменском ТК. В смешанных лесах отмечен обильный подрост сосны, идет восстановление. Большинство сообществ

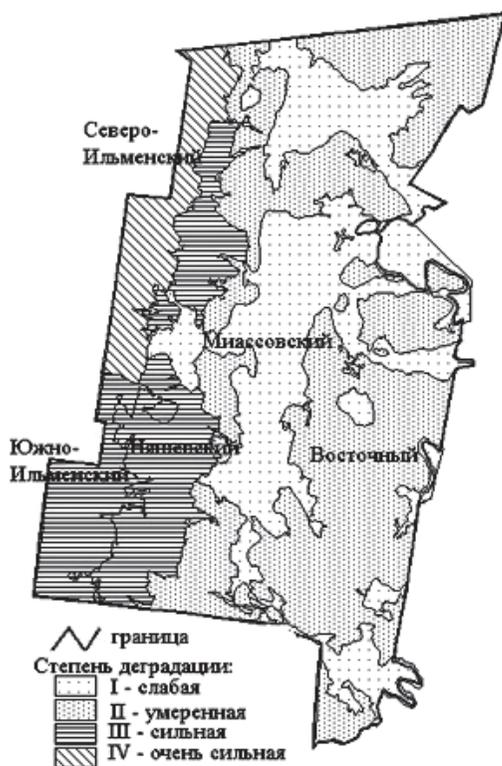


Рис. 1. Антропогенная трансформация растительности на уровне ТК: I — слабая ( $J_d < 10\%$ ); II — умеренная (10–33%); III — сильная (34–45%); IV — очень сильная ( $J_d > 45\%$ ).

характеризуются I уровнем синантропизации. В этом ТК сосредоточена большая часть уникальных сообществ. Няшевский ТК значительно трансформирован. Резко различаются очень сильно измененные южно-таежные леса и практически неизмененные мелколиственные леса, болота, прибрежно-водная растительность. Преобладающие растительные сообщества отнесены к I уровню синантропизации. Уникальных сообществ здесь нет. В Восточном ТК трансформация умеренная. Площадь сосновых лесов вейниково-кустарничково-зеленомошных составляет 28% от площади всего комплекса и достаточна для восстановления коренной растительности. Однако площадь производных степных сообществ, имеющих индекс синантропизации 10%, в 3 раза превышает площадь коренных. Фактор нарушения — выпас. На этих площадках отмечены реликты *Centaurea sibirica* и *Thalictrum foetidum*. В этом же ТК находятся наиболее синантропизированные сообщества кордонов и полевой базы, а также разнотравно-злаковые и бобово-разнотравные луга (сенокосные) II уровня

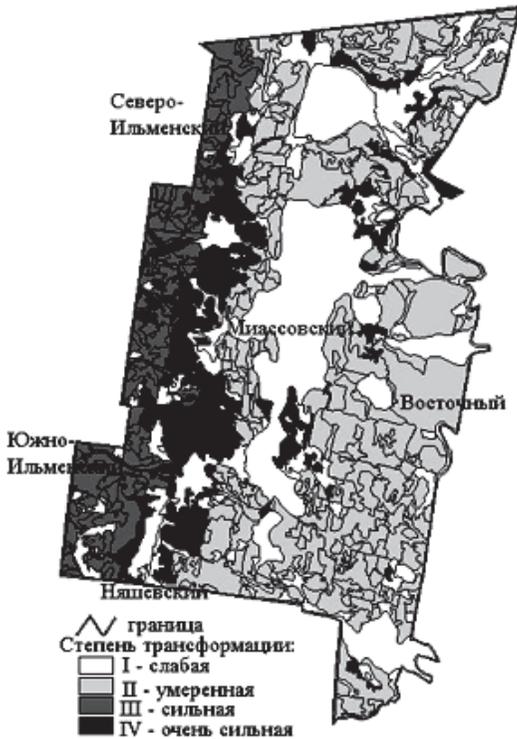


Рис. 2. Трансформация на уровне типологических подразделений:  
 I — слабая ( $Jt < 0.2$ );  
 II — умеренная ( $0.2-0.5$ );  
 III — сильная ( $0.6-1$ );  
 IV — очень сильная ( $Jt > 1$ ).

синантропизации. Уникальные сообщества — сосновые редколесья бруснично-лишайниковые.

Миассовский ТК трансформирован незначительно. Хотя преобладают березовые леса, это леса из *Betula pubescens* осоковые, которые мы относим к коренным. Небольшие фрагменты южно-таежных лесов трансформированы наиболее сильно, в них площадь производных в 2 раза больше площади коренных, при этом индекс синантропизации березовых лесов широколиственных составляет 12%. Уровень синантропизации остальных сообществ небольшой. Уникальные степные сообщества Змеиных горок отнесены к этому ТК.

В заключение отметим, что фитоэкологическая карта позволяет производить оценку состояния растительности на локальном уровне в особо охраняемых территориях. Индекс антропогенной деградации территориальных комплексов отразил историю хозяйственного освоения района, а индекс антропогенной трансформации в рамках типологических подразделений выявил факторы, влияющие на растительность. Учитывая статус изученного участка, выделены уникальные растительные сообщества.

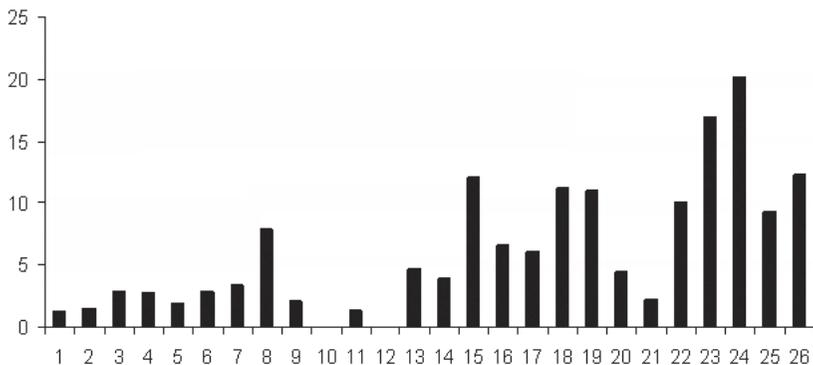


Рис. 3. Индекс синантропизации (средний) изученных сообществ:

- 1 — лиственничные редколесья; сосновые леса; 2 — остепненные, 3 — бруснично-лишайниковые, 4 — кустарничково-зеленомошные, 5 — вейниково-зеленомошные, 6 — разнотравно-вейниковые, 7 — орляковые, 8 — широколиственные, 9 — с липой, 10 — кустарничково-сфагновые; 11 — липово-березовые леса; 12 — липовые леса; березовые леса; 13 — разнотравно-злаковые, 14 — орляковые, 15 — широколиственные, 16 — осоковые; осиновые леса; 17 — орляковые, 18 — широколиственные; 19 — сероольховые мелколесья; 20 — черноольховые леса; луга; 21 — остепненные, 22 — клубнично-злаковые, 23 — разнотравно-злаковые, 24 — бобово-разнотравные, 25 — ключевые, 26 — крупнотравные.

Автор благодарит с.н.с. лаборатории фитомониторинга и охраны растительного мира с гербарием ИЭРиЖ Уро РАН, к.б.н. Н.Н. Никонову за ценные рекомендации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Горчаковский П.Л. Антропогенная трансформация и восстановление продуктивности луговых фитоценозов. Екатеринбург: Екатеринбург, 1999. 156 с.
- Горчаковский П.Л., Никонова Н.Н., Фамелис Т.В. Фитоэкологическая карта как средство оценки состояния и антропогенной трансформации растительного покрова // Экология, 2000. № 6. С. 411 — 418.
- Иванова Л.А. Опыт создания фитоэкологической карты ключевого участка Ильменского заповедника // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2007. № 75. Ч. 1. С. 139 — 142.
- Иванова Л.А. Отображение уникальных растительных сообществ на фитоэкологической карте заповедной территории // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения: Матер. междунар. науч. конф. Пенза, 2008. Ч. I. С. 222 — 225.
- Фамелис Т.В., Никонова Н.Н., Шарафутдинов М.И. Охрана высокогорной растительности Северного Урала // Общие проблемы охраны растительности: матер. Всесоюзн. совещания «Охрана растительного мира северных регионов». Сыктывкар, 1984. Т. 1. С. 78 — 81.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОСАТЕЛЛИТНОЙ ДНК У РЫЖИХ ПОЛЕВОК СРЕДНЕГО УРАЛА В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

---

С.Б. Ракин\*, М.В. Фокин\*\*

\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

\*\*Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург

За последние десятилетия молекулярно-генетические методы широко вошли в практику классических популяционно-экологических исследований. Существует огромное разнообразие методов анализа первичной структуры ДНК и множество их комбинаций. Среди этих методов в последнее время особое внимание уделяется анализу микросателлитной ДНК. Микросателлитная ДНК (микросателлиты) или STR-локусы (от англ. «short tandem repeats») — это особый класс ДНК-маркеров. Они представляют собой фрагменты ДНК с большим количеством — до сотни и более — тандемно повторяющихся идентичных «мотивов», обычно называемых «повторами»: короткими последовательностями из нескольких (как обычно принято считать — от 1 до 6) пар нуклеотидов. Аллели микросателлитного локуса отличаются друг от друга длиной, в основном за счет разного числа содержащихся в них повторов. Микросателлиты встречаются в большом количестве в геномах всех эукариот. Они распределены по всему геному и локализованы как в некодирующих, так и в кодирующих (хотя и реже) участках генома (Li et al., 2002). Микросателлитные локусы высокополиморфны, например, у рыжей полевки из Центральной Финляндии в 66 исследованных локусах число аллелей варьировало от 6 до 38 на локус (Rikalainen et al., 2008). По всей видимости, такая высокая вариабельность микросателлитов объясняется их более высокими темпами мутирования по сравнению с мутабельностью остальной геномной ДНК. Так, если частота возникновения точковых мутаций у эукариот составляет порядка  $10^{-9}$  —  $10^{-8}$  на нуклеотид и  $10^{-6}$  на ген, то для изменения числа повторов она гораздо выше: от  $10^{-6}$  до  $10^{-2}$  (Животовский, 2006; Ellegren, 2000; Schlötterer, 2000). Все это делает микросателлитные локусы эффективными маркерами для изучения генетических и демографических процессов в популяциях млекопитающих. В большинстве работ эти процессы исследуются в связи с пространственной организацией популяций и циклическими колебаниями численности грызунов (Gerlach, Musolf, 2000; Ehrlich et al., 2001; Berthier et al., 2006; Redeker et al., 2006). В гораздо

меньшей степени изучена изменчивость микросателлитной ДНК млекопитающих и других позвоночных животных под влиянием техногенного загрязнения среды. При загрязнении мутагенами можно ожидать как увеличения генетического разнообразия (за счет мутаций *de novo*), так и его снижения — в результате дифференциальной элиминации генотипов, неконкурентноспособных в жестких условиях среды. Сложность проблемы подтверждает неоднозначность данных, полученных при изучении изменчивости микросателлитной ДНК у разных видов позвоночных животных, обитающих в условиях техногенного стресса (Ellegren et al., 1997; Slebos et al., 2004; Berckmoes et al., 2005; Furitsu et al., 2005; Maes, 2005).

В настоящей работе в связи с проблемой генетической дифференциации популяций грызунов на сплошном ареале была изучена изменчивость микросателлитной ДНК у рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) из четырех локалитетов Среднего Урала, три из которых находятся под техногенным влиянием разной силы. Его источником является медеплавильное производство, в составе выбросов которого присутствует целый ряд мутагенов (в первую очередь, тяжелые металлы).

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Отлов животных проводили в 2006 году в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗа) в импактной (1–6 км на запад от СУМЗа, содержание тяжелых металлов в подстилке превышает региональные уровни в 3–66 раз) и в периферийной (20–30 км на запад от СУМЗа, концентрации поллютантов в подстилке выше региональной нормы в среднем в два раза) зонах. В импактной зоне СУМЗа регистрируется резкое сокращение запаса древостоя, травяной ярус либо практически отсутствует, либо состоит из хвоща и злаков, сильно развит моховой покров. Произошла частичная эрозия почвы. В периферийной зоне состояние экосистемы по большинству показателей соответствует региональной норме (Воробейчик и др., 1994; Мухачева, Лукьянов, 1997; Безель и др., 2007). В качестве референтной группы были использованы полевки из окрестностей с. Шигаево (елово-пихтово-березовый лес), условия обитания которых вполне благоприятны для рыжих полевок (Гилева и др., 2006). Висимский государственный биосферный заповедник в начале рассматривался как контрольный локалитет. Однако повышенная частота хромосомных повреждений у грызунов в его юго-восточной части, где проводили отлов, и превышение регионального уровня содержания

кобальта и кадмия в печени животных (Полявина, 2005), связанное, вероятно, с влиянием Кировоградского медеплавильного завода (расстояние 10 – 12 км), не позволяют рассматривать указанный участок территории заповедника как референтный по отношению к зонам влияния СУМЗа. У полевок была проанализирована изменчивость 5 микросателлитных локусов (*MSCg4*, *MSCg9*, *MSCg15*, *MSCg20*, *LIST-3-003*), состоящих из динуклеотидных повторов (Gockel et al., 1997; Barker et al., 2005). ДНК выделяли из мышечной ткани грызунов методом солевой экстракции. Амплификацию микросателлитной ДНК проводили в соответствии с рекомендациями Gockel et al. (1997), размер аллелей определяли в денатурирующем полиакриламидном геле на автоматическом гелевом секвенаторе ALFexpress-II (Amersham Biosciences) при помощи программы Alfin Fragment Analyser 1.03. Данные обрабатывали с использованием пакетов программ Arlequin 2.00 и 3.11, Fstat 2.9.3.2, Micro-Checker 2.2.2., Genepop on the Web, GenAlEx 6, Popgene 1.31., Microsatellite Tools for Excel. Основную часть параметров оценивали с помощью разных методов в двух-трех пакетах программ. В данной работе приведены оценки, совпадающие при использовании минимум двух методов. Вероятности вычисляли на основании  $10^7$  рандомизаций (Хромов-Борисов и др., 2004). Статистический анализ не выявил неравновесия по сцеплению и показал отсутствие нуль-аллелей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все изученные локусы оказались высокополиморфными — от 11 аллелей в *MSCg9* до 19 — в *LIST-3-003*. Частоты генотипов по отдельным локусам не отклонялись значимо от равновесия Харди-Вайнберга (вероятности определяли с применением процедуры Бонферрони). Средняя гетерозиготность во всех популяциях (табл. 1) высока и близка к значениям, наблюдающимся у других видов грызунов (Ehrich et al., 2001; Verckmoes et al., 2005). Вычисленный по всем локусам показатель инбредности *Fis* оказался статистически значимым лишь в импактной популяции.

По всей видимости, на импактной зоне СУМЗа родственные скрещивания более вероятны из-за пониженной плотности грызунов. Индекс Гарза-Вильямсона (отношение числа аллелей к диапазону их размеров) был сходным во всех популяциях и далеким как от 0, так и от 1. Значения этого индекса свидетельствуют о сохранении генетического разнообразия в изученных популяциях, Williamson, 2001), ожидаемый после фазы депрессии, предше-

Таблица 1. Показатели генетического разнообразия (усредненные по пяти микросателлитным локусам) в четырех популяциях рыжей полевки

Показатели	Локалитет			
	СУМЗ		Висимский заповедник	Референтная зона (с. Шигаево)
	импактная зона	периферийная зона		
Число животных	16	34	26	28
$H_E^*$	0.838	0.840	0.809	0.827
$H_O$	0.736	0.818	0.777	0.807
$F_{IS}$	0.124**	0.027	0.040	0.024
Среднее число аллелей на локус	9.40	11.60	9.00	9.80
Аллельное разнообразие	9.40	9.37	7.92	8.36
Число (доля, %) приватных аллелей	1 (2.13)	9 (15.52)	3 (6.67)	3 (6.12)
Число (доля, %) уникальных аллелей	1 (2.13)	5 (8.62)	3 (6.67)	1 (2.04)
Индекс Гарза–Вильямсона ( $\pm$ s.e.)	0.416 $\pm$ 0.084	0.450 $\pm$ 0.099	0.411 $\pm$ 0.139	0.369 $\pm$ 0.044

Примечание:  $H_E^*$  – средняя ожидаемая гетерозиготность;  $H_O$  – средняя наблюдаемая гетерозиготность; \*\*  $p=0.007$ .

ствовавшей отлову животных. Показатель аллельного разнообразия (allelic richness), учитывающий размеры выборок, был несколько выше у животных из района СУМЗа. Число и доля приватных аллелей (т.е. присутствующих лишь в одной популяции) были наибольшими в периферийной зоне СУМЗа. Такова же ситуация и в случае уникальных аллелей (т.е. присутствующих лишь в одной популяции в единственном экземпляре). Как приватные, так и уникальные аллели были обнаружены во всех изученных локусах. Размеры аллелей варьировали от 112 до 138 пар нуклеотидов в локусе *MSCg4*, от 160 до 180 — в случае *MSCg9*, от 111 до 137 — в *MSCg15*, от 122 до 164 — в *MSCg20* и от 186 до 246 — в *LIST-3-003*.

Особого внимания заслуживает полиморфизм по четности/нечетности числа пар нуклеотидов в локусе *LIST-3-003*, обнаруженный во всех четырех изученных популяциях. Во всех популяциях преобладали аллели с четным числом пар нуклеотидов (65—

81%), а остальные аллельные варианты были представлены нечетным числом пар оснований. Можно предположить, что эта ситуация возникла в результате мутации — инсерции или делеции нечетного числа нуклеотидных пар — широко распространившейся на территории Среднего Урала. Нужно подчеркнуть, что в английских популяциях рыжей полевки, для которой был разработан праймер *LIST-3-003*, наблюдались только аллельные варианты с четным числом пар нуклеотидов (Barker et al., 2005). Внутрипопуляционная изменчивость по четности числа нуклеотидных пар не была описана и для других локусов микросателлитной ДНК у *C. glareolus* из Западной Европы (Gockel et al., 1997; Redeker et al., 2006).

Таблица 2. Оценки генетической дифференциации *Fst* и *Fst* популяций рыжей полевки по пяти микросателлитным локусам (по диагоналию — *p*-значения)

А) *Fst*-статистика

Локалитет		СУМЗ		Висимский заповедник	Референтная зона (с.Шигаево)
		импактная зона	периферийная зона		
СУМЗ	импактная зона	-	0.0183	0.0251	0.0600
	периферийная зона	0.0122	-	0.0179	0.0315
Висимский заповедник		0.0097	0.0028	-	0.0371
Референтная зона (с. Шигаево)		0.0000	0.0000	0.0001	-

Б) *Rst*-статистика

Локалитет		СУМЗ		Висимский заповедник	Референтная зона (п.Шигаево)
		импактная зона	периферийная зона		
СУМЗ	импактная зона	-	0.0029	0.0097	0.0323
	периферийная зона	0.3468	-	-0.0111	0.0510
Висимский заповедник		0.2762	0.8222	-	0.0844
Референтная зона (с. Шигаево)		0.0614	0.0129	0.0028	-

Межпопуляционная генетическая дифференциация была оценена как без учета (AMOVA,  $F_{st}$ ), так и с учетом числа повторов (AMOVA,  $F_{st}$ ) в аллелях. Уровни межпопуляционной дифференциации были невысоки: определяемая ею доля генетической дисперсии составляла 2.95% ( $p < 0.0001$ ) и 2.72% ( $p = 0.087$ ) соответственно.

Если размеры аллелей не учитываются ( $F_{st}$ ), изученные популяции значимо различаются по генетической структуре во всех вариантах сравнений (таблица 2 А). Выборки из района влияния СУМЗа значительно ближе друг к другу, чем к животным из с. Шигаево. Висимская популяция также значительно удалена от референтной группы (с. Шигаево). При использовании  $R_{st}$  (таблица 2 Б) значимая дифференциация регистрируется лишь при сравнении референтной зоны с периферийной и с Висимским заповедником в основном за счет локуса *MSCg20*. Таким образом, судя по значениям статистик  $F_{st}$  и  $R_{st}$ , исследованные популяции обнаруживают весьма умеренную степень генетической дифференциации.

Наиболее четкие различия по показателям генетического разнообразия наблюдаются между животными из референтной зоны (с. Шигаево), испытывающими лишь глобальное техногенное воздействие, и полевыми из зон влияния медеплавильной промышленности. В организмах последних было обнаружено повышенное содержание мутагенных поллютантов, способных повысить уровень внутрипопуляционного генетического разнообразия. Однако тенденция к такому повышению обнаружена, в первую очередь, в периферийной зоне СУМЗа, где степень мутагенного загрязнения ниже, чем на импактной территории. Это противоречие, связанное, возможно, с недостаточным объемом выборки с импактного участка, требует дальнейшего исследования. Вместе с тем различия в генетической структуре сравниваемых популяций могут быть результатом, как техногенного стресса, так и изоляции расстоянием, — дистанция между популяцией из Шигаево и обеими зонами в районе СУМЗа составляет 80–95 км, а место отлова в Висимском заповеднике удалено от остальных локалитетов примерно на 60 км.

Авторы искренне признательны за всестороннюю помощь и поддержку сотрудникам группы популяционной цитогенетики ИЭРиЖ УрО РАН и лаборатории молекулярной систематики ЗИН РАН. Благодарим к.б.н. М.И. Чепракова, к.б.н. С.В. Мухачеву и к.б.н. Ю.А. Давыдову за помощь в сборе полевого материала.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 08–04–00638) и Программы поддержки ведущих научных школ (НШ–1022.2008.4).

## ЛИТЕРАТУРА

- Безель В.С., Куценогий К.П., Мухачева С.В. и др. Элементный состав рационов и тканей мелких млекопитающих различных трофических уровней как биоиндикатор химического загрязнения окружающей среды // Химия в интересах устойчивого развития, 2007. Т. 15. С. 33–42.
- Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. 280 с.
- Гилева Э.А., Ракишин С.Б., Чепраков М.И. Геномная нестабильность у рыжей полевки: популяционно – экологические аспекты // Экология. 2006. № 4. С. 301 – 307.
- Животовский Л.А. Микросателлитная изменчивость в популяциях человека и методы её изучения // Вестник ВОГиС, 2006. Т. 10. С. 74 – 96.
- Мухачева С.В., Лукьянов О.А. Миграционная подвижность населения рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*, Schreber 1780) в градиенте техногенных факторов // Экология, 1997. №1. С. 35 – 41.
- Полявина О.В. Хромосомная нестабильность и иммуногематологические показатели у грызунов, обитающих на территориях с повышенным содержанием тяжелых металлов в природных средах // Экология: от генов до экосистем: Материалы конф. молодых ученых, 25 – 29 апреля 2005 г. Екатеринбург: Изд-во «Академкнига», 2005. С. 226 – 237.
- Хромов-Борисов Н.Н., Лаззаротто Г. Б., Куст Т.Б.Л. Биометрические задачи в популяционных исследованиях // Методы популяционной биологии: М-лы VII Всероссийского популяц. семинара. Сыктывкар, 2004. Ч. 2. С. 62 – 86.
- Barker F.S., Helyar S.J., Kemp S.J. Highly polymorphic microsatellite loci in the bank vole (*Clethrionomys glareolus*) // Molecular Ecology Notes. 2005. Vol. 5. № 2. P. 311 – 313.
- Berckmoes V., Scheirs J., Jordaens K. et al. Effects of environmental pollution on microsatellite DNA diversity in wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) populations // Environmental Toxicology and Chemistry. 2005. Vol. 24. № 11. P. 2898 – 2907.
- Berthier K. Migration and recovery of the genetic diversity during the increasing density phase in cyclic vole populations // Molecular Ecology. 2006. Vol.15. № 9. P. 2665 – 2676.
- Ehrich D., Jorde P.E., Krebs C.J. et al. Spatial structure of lemming populations (*Dicrostonyx groenlandicus*) fluctuating in density // Molecular Ecology. 2001. Vol. 10. № 2. P. 481 – 495.
- Ellegren H. Microsatellite mutations in the germline: implications for evolutionary inference // Trends in genetics. 2000. Vol. 16. № 12. P. 551 – 558.
- Ellegren H., Lindgren G., Primmer C.R. et al. Fitness loss and germline mutations in barn swallows breeding in Chernobyl // Nature. 1997. Vol. 389. P. 393 – 396.
- Furitsu K., Ryo H., Yeliseeva K.G. et al. Microsatellite mutations show no increases in the children of the Chernobyl liquidators // Mutat. Res. 2005. Vol. 581. P. 69 – 82
- Garza J.C., Williamson E.G. Detection of reduction in population size using data from microsatellite loci // Molecular Ecology. 2001. Vol. 10. № 2. P. 305 – 318.
- Gerlach G., Musolf K. Fragmentation of landscape as a cause for genetic subdivision in bank voles // Conservation biology. 2000. Vol. 14. № 4. P. 1066 – 1074.

- Gockel J., Harr B., Schlötterer C. et al. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Apodemus flavicollis* (Rodentia, Muridae) and *Clethrionomys glareolus* (Rodentia, Cricetidae) // *Molecular Ecology*. 1997. Vol. 6. № 6. P. 597–599.
- Li Y., Korol A.B., Fahima T. et al. Microsatellites: genomic distribution, putative functions, and mutational mechanisms: a review // *Molecular Ecology*. 2002. Vol. 11. № 12. P. 2453–2465.
- Maes G.E., Raeymaekers J.A.M., Pampoulie C. et al. The catadromous European eel *Anguilla anguilla* (L.) as a model for freshwater evolutionary ecotoxicology: relationship between heavy metal bioaccumulation, condition and genetic variability // *Aquatic Toxicology*. 2005. Vol. 73. № 1. P. 99–114.
- Redeker S., Andersen L. W., Pertoldi C. et al. Genetic structure, habitat fragmentation and bottlenecks in Danish bank voles (*Clethrionomys glareolus*) // *Mammalian Biology*. 2006. Vol. 71. № 3. P. 144–158.
- Rikalainen K., Grapputo A., Knott E. et al. A large panel of novel microsatellite markers for the bank vole (*Myodes glareolus*) // *Molecular Ecology Resources*. 2008. <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/120735423/PDFSTART>.
- Schlötterer C. Evolutionary dynamics of microsatellite DNA // *Chromosoma*. 2000. V. 109. P. 365–371. [Erratum in: *Chromosoma*. 2001. Vol. 109. P. 571].
- Slebos R.J.C., Little R.E., Umbach D.M. et al. Mini- and microsatellite mutations in children from Chernobyl accident cleanup workers // *Mutat. Res*. 2004. Vol. 559. P. 143–151.

## РАСТИТЕЛЬНОСТЬ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЗОЛОТВАЛОВ: ЧЕРЕЗ 15, 35 И 45 ЛЕТ

Е.А. Раков

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

С ростом индустриализации происходит увеличение территорий, которые под воздействием человеческой деятельности оказались отчуждёнными от массива естественных экосистем. Промышленные отвалы в начале своего существования представляют собой техногенные пустоши. Однако с течением времени площади техногенных ландшафтов начинают зарастать — растения осваивают новые экотопы, постепенно изменяя среду обитания, в основном, субстрат.

Цель работы: охарактеризовать различия в растительном покрове трёх золотвалов. Настоящая работа проведена на золотвалах Нижнетуринской ГРЭС (НТГРЭС), которая работает на высококалорийном топливе (угле). Вблизи НТГРЭС расположено три золотвала: отвал № 1 — 45 лет, рекультивирован; отвал № 2 — 35 лет, частично рекультивирован; отвал № 3 — действующий, подвержен

самозарастанию. Выполнено 12 геоботанических описаний ( $100 \text{ м}^2$ ): три — на отвале № 1, шесть — на отвале № 2, три — на отвале № 3. На каждой площади была заложена серия из 15 раункиеровских площадок ( $0.25 \text{ м}^2$ ). На них учитывались проективное покрытие вида (ПП), глазомерно (%) и обилие по шкале Друде в пересчёте на экспертную оценку числового значения (Чибрик, Елькин, 1991).

Парциальные флоры золоотвалов имеют в составе 59 видов сосудистых растений (отвал № 1), 85 видов (№ 2) и 45 видов (№ 3). Коэффициенты сходства Чекановского-Съёренсена представлены в таблице.

Таблица. Коэффициенты индекса Чекановского-Съёренсена для отвалов НТПРЭС

	Отвал №2	Отвал №3
Отвал №1	0.69	0.33
Отвал №2		0.54

На самом молодом отвале (№ 3) оценки среднего проективного покрытия (ПП,%) составляют  $89.33 \pm 8.33$ . На отвале в 35 лет (№ 2) ПП<sub>ср</sub> составляет  $54.06 \pm 29.26$ . На самом старом отвале (45 лет) —  $41.89 \pm 20.76$ .

Значения оценок обилия на золоотвалах таковы: на золоотвале № 1 —  $26.99 \pm 2.94$ ; на отвале № 2 —  $10.28 \pm 1.56$ ; и на третьем золоотвале (15 лет) —  $15.12 \pm 2.04$ . Следует заметить, что фитоценозы промышленных отвалов, существуя во времени, постепенно усложняют свою структуру. Это даёт возможность фитоценозам приобрести некоторую устойчивость к изменениям условий среды.

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА ИНГРЕДИЕНТОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НА *LUMBRICUS RUBELLUS* (HOFFMEISTER, 1843) В УСЛОВИЯХ ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЯ

**И.С. Резниченко, Е.В. Голованова**

*Омский государственный педагогический университет*

Материалом для настоящей работы послужили исследования, проведённые с декабря 2007 г. по март 2008 г. Для эксперимента использовались полипропиленовые сосуды объёмом 2 л. В каждую ёмкость помещались по 10 половозрелых и 5 неполовозрелых особей *L. rubellus* (всего 120 червей). В качестве субстрата использовались сборные пробы почвы и листовой подстилки с трёх площадок

в пятикилометровой зоне от Среднеуральского медеплавильного завода и с трех площадок, расположенных на расстоянии 30 км от источника эмиссии. Опыт проводился в пятикратной повторности. Результаты фиксировались каждые 7 дней. Изучались следующие показатели: выживаемость, продуктивность, возрастной спектр, выход неполовозрелых особей из коконов, вертикальное распределение, активность. Для проверки принадлежности выборок к разным генеральным совокупностям использовался критерий хи-квадрат для сравнения нескольких совокупностей данных (Зайцев, 1991).

Показано, что присутствие поллютантов в субстрате способствовало гибели малого красного выползка. Перед этим фиксировалась высокая разовая продуктивность люмбрицид. В контрольном варианте наблюдалась 87%-ная выживаемость дождевых червей к концу исследований. В загрязнённых почвах период созревания коконов сократился с четырёх недель до двух. Количество вышедших из коконов червей не менялось и составило 1 особ./кокон. На контроле наблюдался стационарный тип возрастной структуры, на загрязненной почве — регрессивный. К концу эксперимента популяция была представлена преимущественно половозрелыми особями. Присутствие загрязняющих веществ в субстрате способствовало уменьшению подвижности дождевых червей и их перемещению в нижние слои почвы.

## ИНТРОГРЕССИЯ мтДНК В ЗОНЕ СИМПАТРИИ ДВУХ ВИДОВ ЛЕСНЫХ ПОЛЕВОК (*CLETHRIONOMYS*)

Е.Н. Родченкова

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург

В настоящее время получены многочисленные данные о межвидовой гибридизации у млекопитающих. Теперь уже не редкость, что между «хорошими» видами может происходить гибридизация, в результате которой образуются стерильные самцы и фертильные самки. У таких широкоареальных видов, как рыжая (*Clethrionomys glareolus* Schreber) и красная (*Cl. rutilus* Pallas) полевки на территории Скандинавии (Tegelstrom, 1987) впервые была зафиксирована интрогрессия митохондриальной ДНК (мтДНК) от красной полевки к рыжей. В дальнейшем близость гаплотипов *Cl. glareolus* из отдельных географических точек к гаплотипам *Cl. rutilus* была подтверждена в ряде работ (Dekonenko et al., 2003; Deffontaine et al., 2005; Потапов и др., 2007). Тем не менее, все еще остаются откры-

тыми следующие вопросы: во-первых, географическое распространение особей рыжей полевки с гаплотипами красной на территории России; во-вторых, возможное место и время гибридизации двух видов и, в-третьих, осуществляется ли гибридизация в настоящее время или мы имеем дело с интрогрессией мтДНК в результате только древней гибридизации. В данном исследовании сделана попытка, ответить на эти вопросы.

Рыжие (*Cl. glareolus*) и красные полевки (*Cl. rutilus*) — это широкоареальные политипические виды, имеющие значительную зону симпатрии на европейской части России. Эти виды обособились от общего предка достаточно недавно, они обладают большим сходством в морфологии, поведении, одинаковым хромосомным набором. В пределах зоны перекрывания виды могут взаимодействовать по-разному: от более-менее четкого разграничения занимаемых биотопов до сосуществования в одних и тех же местах. Зона симпатрии этих видов образовалась постепенно, по мере расселения полевок, в частности, продвижения ареала рыжей полевки на восток, а красной на запад.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проанализировано 430 экз. рыжей и 39 экз. красной полевки из 63 географических точек Европейской части России. Неполные последовательности (967 п.н.) гена *сyt. b* были получены для 99 экземпляров *Cl. glareolus* из 56 точек и 39 *Cl. rutilus* из тех же мест обитания (рис. 1). Номера точек на карте: Архангельская обл. (1–7), Белгородская обл. (8), Владимирская обл. (9), Калининградская обл. (10), республика Карелия (11–20), республика Коми (21–24), Ленинградская обл. (25–35), Вологодская обл. (36), Мурманская обл. (37–40, 58), Новгородская обл. (41), Оренбургская обл. (42), Псковская обл. (43–45), Саратовская обл. (46), Свердловская обл. (47–52), Тверская обл. (53), Московская обл. (54), Томская обл. (55–56), Телецкое озеро (57). По ядерному гену *LCAT* исследовано 22 последовательности (598 п.н. после выравнивания) полевок обоих видов и 3 лабораторных гибрида  $F_1$ , предоставленные О.В. Осиповой.

Для выявления экземпляров рыжей полевки с интрогрессированной мтДНК был применен метод ПЦР-типирования. ПЦР для амплификации частичной последовательности гена *сyt. b* проводили с использованием трех специфических праймеров (прямого и двух обратных), при подборе которых учитывались значительные различия в последовательностях этого гена между «типичными» *Cl. rutilus* и *Cl. glareolus*. В результате ПЦР получены продукты,

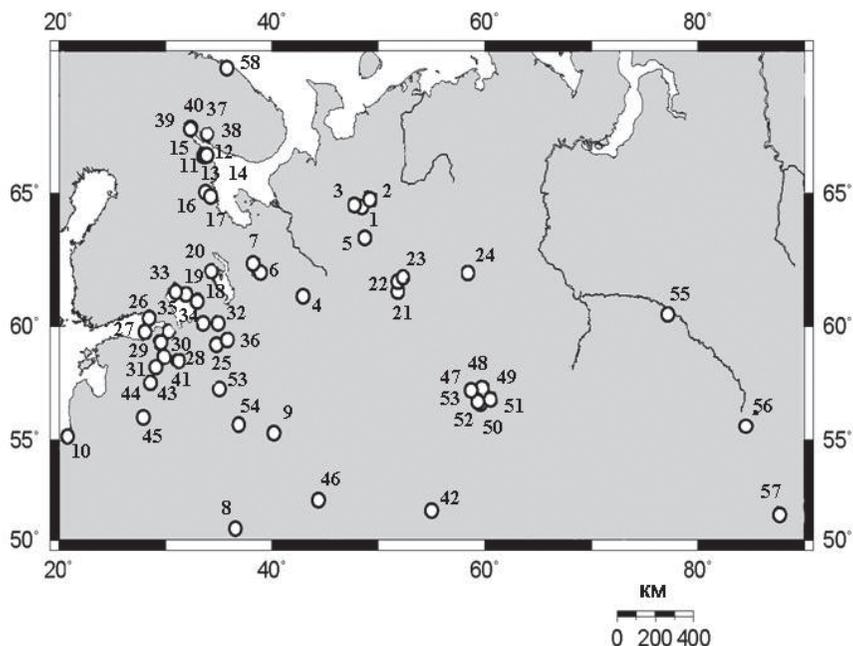


Рис. 1. Места сбора материала: *Cl. glareolus*: 1–57; *Cl. rutilus*: 2, 3, 4, 18, 21, 23, 24, 47–52, 55–56; *Cl. rufocanus*: 58. Обозначения в тексте.

специфические для красной и рыжей полевки, хорошо различающиеся по длине (п.н.) и легко визуализируемые на агарозном геле (рис. 2). Таким образом, этот метод позволил быстро исследовать весь имеющийся материал, и выявить среди рыжих полевок гаплотипы особей, близких к красным, не прибегая к более дорогой и трудоемкой процедуре секвенирования.

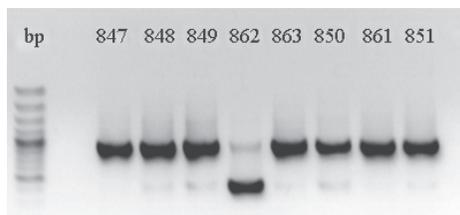


Рис. 2. Электрофорез на агарозном геле результатов ПЦР-типирования. ВР — маркер молекулярного веса — 100 бп, номера: 847, 848, 849, 863, 850, 861, 851 — рыжие полевки близкие к красным полевым; 862 — рыжая полевка с нормальным митотипом.

Филогенетическая реконструкция выполнена по алгоритму ближайшего связывания (NJ) с использованием 2-х параметрической модели Кимуры в пакете программы MEGA v.3. В качестве статистического теста применялся метод бутстрепа с использованием 1500 псевдореплик. Сеть гаплотипов построена методом медианного связывания (Median Joining) в программе Network 4.2.0.1. Нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие и их стандартные отклонения ( $\pm SD$ ) вычислены при помощи программы DnaSP 4.10.9.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среди 90 нуклеотидных последовательностей цит. *b Cl. glareolus* выявлено 58 гаплотипов. Частичная последовательность гена *cyt. b* длиной в 866 п.н. (после выравнивания) содержала 113 переменных сайтов (из которых 87 были информативными).

Реконструкция филогенетических отношений между гаплотипами *Cl. glareolus* методом ближайшего соседа (NJ) показала, что часть гаплотипов *Cl. glareolus* попала в один кластер с *Cl. rutilus*, большинство же *Cl. glareolus* образовали отдельный кластер. Генетическая дистанция (2-х параметрическая модель Кимуры) между этими двумя кластерами — 7.9%, бутстреп поддержка — 100%.

Медианная сеть гаплотипов (рис. 3) демонстрирует, что на территории европейской части России у нормальных рыжих полевков доминирует один гаплотип, от которого в виде лучей отходят другие гаплотипы, так называемая «звездчатая» структура. Этот гаплотип обнаружен у полевков из Ленинградской, Архангельской, Свердловской и Томской областей, у полевков с Алтая. Второй кластер, образованный рыжими и красными полевками, также имеет звездчатую структуру. Единый доминирующий гаплотип обнаружен среди красных полевков, другой — у рыжих с гаплотипом, близким к красным. Доминирующий гаплотип у рыжих полевков с заимствованным гаплотипом обнаружен в Ленинградской, Архангельской и Оренбургской областях.

Сравнение нуклеотидного и гаплотипического разнообразия в популяциях полевков из разных географических регионов (таблица) показало значительное снижение нуклеотидной изменчивости в направлениях с востока на запад и с юга на север. Группа рыжих полевков с митохондриальным геномом *Cl. rutilus* отличается самым низким нуклеотидным разнообразием, несмотря на то, что в нее входят полевки из разных географических регионов. Среди «чистых» рыжих полевков самым низким нуклеотидным и максимальным гаплотипическим разнообразием отличаются полевки с северо-запада

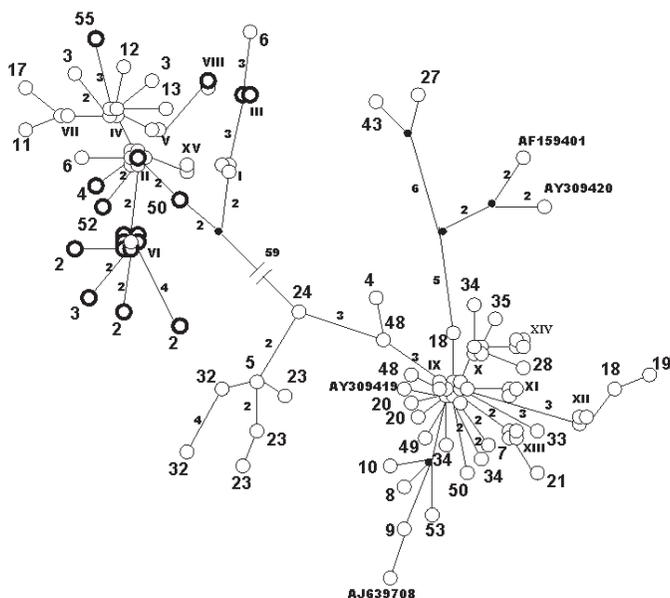


Рис. 3. Мегаанная сеть гаплотипов *Cl. glareolus* и *Cl. rutilus*. Цифрами на линиях обозначено количество нуклеотидных замен. Номера гаплотипов соответствуют точкам сбора (рис. 1). Образцы *Cl. rutilus* отмечены более темной линией. Перекрывающиеся кружки соответствуют идентичности гаплотипов: I — 51, 50, 49; II — 42, 26, AF3151, 6, 16, 16; III — 21, 21; IV — 2, 1, 38, 39; V — 40, 37; VI — 23, 49, 49, 50, 51, 47, 52; VII — 14, 15; VIII — 18, 18; IX — 41, 24, 5, 5; 26, 26, 55, 56, 55, 57, 57; X — 25, 43, 44, 20; XI — 52, 52, 52; XII — 18, 20, 20; XIII — 22, 5, 23, 23; XIV — 29, 30, 31, 36.

России. Эти данные позволяют говорить о быстром освоении этой территории предковой популяцией с низкой численностью (эффект основателя) и ее экспоненциальном росте. В целом же для всех полевков характерно не высокое гаплотипическое разнообразие.

ПЦР-типирование всего объема материала по рыжим полевымкам показало, что 100%-ная встречаемость *Cl. glareolus* с митохондриальным геномом другого вида наблюдается в Мурманской области, на островах и побережье Белого моря (рис. 4). В Архангельской, Свердловской, Оренбургской областях частота встречаемости таких полевок достаточно низкая. Центральная территория Европейской России представлена популяциями *Cl. glareolus* без примеси особей с гаплотипами *Cl. rutilus*. Единичные находки особей с гаплотипами другого вида отмечены на острове Малом Березовом в Финском заливе и в окрестностях Петрозаводска.

Таблица. Генетическое разнообразие *Cl. glareolus*: количество образцов ( $n$ ), количество гаплотипов ( $HT$ ), гаплотипическое ( $h$ ) и нуклеотидное ( $p$ ) разнообразие.

Популяции	Показатели			
	$n$	$HT$	$h (\pm SD)$	$\pi (\pm SD\%)$
1	60	38	0.97±0.01	0.60±0.03
2	17	10	0.92±0.03	0.46±0.03
3	27	19	0.95±0.03	0.61±0.02
4	16	12	0.96±0.01	0.37±0.02
5	30	16	0.94±0.02	0.32±0.04
6	39	27	0.95±0.02	0.43±0.04

Примечание: 1. все рыжие полевки (за исключением полевок с заимствованным гаплотипом); 2. юго-западная часть Европейской России (южнее 60 с.ш.); 3. северо-восток и Средний Урал (Республика Коми, Архангельская, Вологодская и Свердловская обл.); 4. Северо-запад Европейской России (Ленинградской обл. и Карелия); 5. рыжие полевки с заимствованным гаплотипом; 6. красные полевки из зоны симпатрии.

В ходе исследования зоны симпатрии видов выявлено 30 особей рыжих полевок с заимствованным гаплотипом. Гаплотипы этих полевок сравнивались с гаплотипами красных. Всего было исследовано 12 географических точек в зоне симпатрии видов, где были пойманы оба вида и только в одной из них (в Свердловской области в Висимском заповеднике), было обнаружено совпадение гаплотипов рыжей и красной полевок. Сравнительный анализ гаплотипов показал, что они отличаются на 5–9 замен, что свидетельствует о древней гибридизации с последующей интрогрессией. Однако найденное совпадение гаплотипов потребовало дальнейшего исследования с применением ядерных генов. Анализ последовательностей ядерного гена *LCAT* показал, что рыжая полевка из Висимского заповедника Свердловской области гибрид  $F_1$ . Она, также как и лабораторные гибриды, является гетерозиготой по ядерному гену.

Таким образом, рыжие полевки с митотипом красных распространены на южном Урале (Оренбургская, Челябинская области), на северо-западе (Архангельская область), где они малочисленны. В основном в этих регионах доминируют нормальные рыжие полевки. До побережья Белого моря (г. Кемь) встречаются смешанные популяции рыжих полевок, в северной Карелии и Финляндии присутствуют популяции, состоящие только из рыжих полевок с заимствованным гаплотипом (см. рис. 4). Этот факт можно объяснить тем, что, вероятно, при заселении северной Карелии имел место эффект «горлышка бутылки», т.е. эти территории были за-

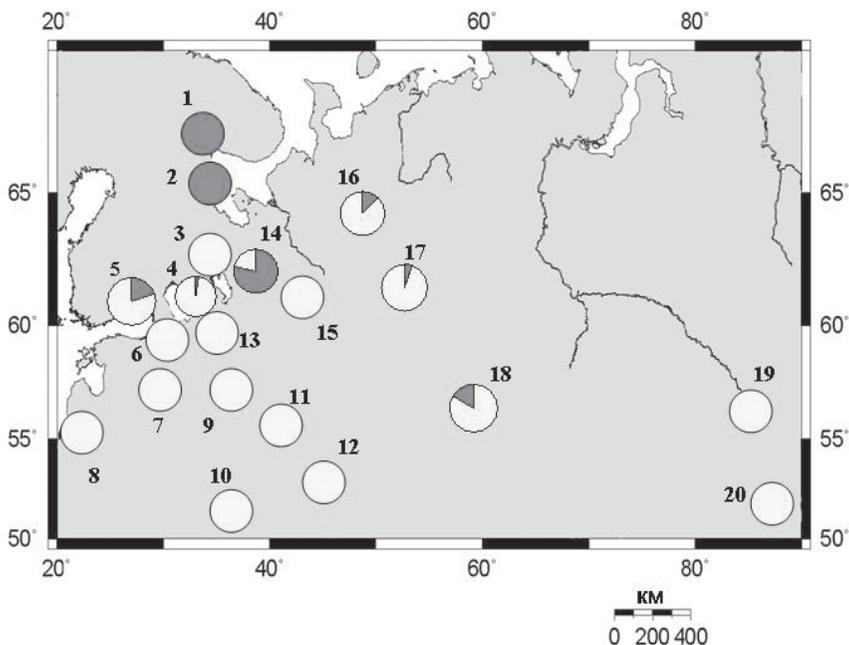


Рис. 4. Карта-схема, показывающая количественное соотношение *Cl. glareolus* близких к *Cl. rutilus* на российской части ареала рыжей полевки. Чёрным цветом обозначена доля *Cl. glareolus* с заимствованными митотипами, а светлым цветом — доля *Cl. glareolus* с типичным митотипом. Популяции (1–20) объединяют выборки (рис. 1): 1 — 37, 38, 39, 40 (общее число образцов  $N=14$ ); 2 — 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 ( $N=26$ ); 3 — 20 ( $N=6$ ); 4 — 18, 19 ( $N=36$ ); 5 — 26 ( $N=5$ ); 6 — 27, 28, 29, 30, 31, 35, 41, 43 ( $N=30$ ); 7 — 44, 45 ( $N=8$ ); 8 — 10 ( $N=12$ ); 9 — 53, 54 ( $N=12$ ); 10 — 8 ( $N=6$ ); 11 — 9 ( $N=2$ ); 12 — 46 ( $N=5$ ); 13 — 25, 32, 34, 36 ( $N=12$ ); 14 — 6, 7 ( $N=17$ ); 15 — 4 ( $N=5$ ); 16 — 1, 2, 3, 5 ( $N=26$ ); 17 — 21, 22, 23, 24 ( $N=18$ ); 18 — 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53 ( $N=48$ ); 19 — 56 ( $N=3$ ); 20 — 57 ( $N=2$ ).

селены небольшим числом основателей с мтДНК *Cl. rutilus* и в последующем не «разбавлялись» самками рыжих полевок из более южных популяций. Вся центральная часть европейской России и локальные популяции за Уралом (Томская область, территория Алтая) заселена нормальными рыжими полемками с территории Восточной Европы.

Расселение *Cl. rutilus* с востока на запад произошло относительно недавно вместе с распространением таежных лесов, что подтверждается не только палеонтологическими данными (Громов, Поляков, 1977), но и молекулярными. Низкое нуклеотидное

разнообразии в популяциях красных полевков от Урала до Финляндии указывает на то, что эта территория заселялась быстро и относительно недавно. Можно предположить, что гибридизация происходила в районе южного и среднего Предуралья.

Существующие экспериментальные данные по гибридизации двух видов лесных полевков (Осипова, Соктин, 2006) позволяют предположить, что интрогрессия мт ДНК *Cl. rutilus* в популяции *Cl. glareolus* могла быть результатом гибридизации обоих видов (самцов *Cl. glareolus* с самками *Cl. rutilus*) при низкой численности *Cl. rutilus*. Это могло произойти в период максимального потепления голоцена (3–5 тыс. лет назад), которое вызвало значительное распространение широколиственных лесов, и могло привести к продвижению *Cl. glareolus* на север и возможной депрессии численности и сокращения ареала *Cl. rutilus*. Находка современного природного гибрида в Свердловской области свидетельствует о том, что случаи современной гибридизации возможны при определенных условиях (низкой численностью красной полевки), но редки.

Исходя из полученных данных можно сделать заключение о том, что гибридизация между красной и рыжей полевками произошла, вероятно, в период максимального потепления голоцена при низкой численности красной полевки. В настоящее время гибридизация, по-видимому, также происходит, но редко и только при определенных условиях.

Автор выражает искреннюю благодарность за помощь в сборе материала В.Я. Бергеру, С.А. Богдариной, С.Ю. Бодрову, Н.С. Бойко, А.Г. Бубличенко, С.М. Ващенко, К.С. Зуевой, А.В. Кухаревой, А.А. Лисовскому, В.М. Малыгину, А.В. Марину, Е.В. Оболенской, О.В. Осиповой, Т.В. Петровой, С.Б. Ракитину, С.А. Саблиной, М.К. Станюкович, К.Б. Третьякову, И.М. Фокину, Н.С. Черноусовой, Н.А. Щипанову, А.Е. Якимовой. Также автор благодарит всех сотрудников лаборатории молекулярно-генетических исследований Зоологического института РАН за методическую помощь в работе.

Финансовую поддержку исследованиям оказывали фонд РФФИ (проект № 06 – 04 – 49294), а также Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генотипов» и «Эволюция и происхождение биосферы».

#### ЛИТЕРАТУРА

- Громов И.М., Поляков И.Я. Полевки (Microtinae). Фауна СССР, млекопитающие. Т. 3. Вып.10. М.-Л.: Наука. 502 с.
- Осипова О.В., Соктин А.А. Гибридизация рыжих и красных полевков в экспериментальных условиях // Докл. РАН, 2006. Т. 410. № 1. С. 139 – 141.

- Потапов Е.Г., Илларионова Н.А., Андуреева Т.А. и др. Явление переноса митохондриального генома красной полевки (*Clethrionomys rutilus*) к рыжой (*C. glareolus*) на северо-востоке Европы // Докл. РАН, 2007. Т. 417. № 1. С. 139 – 142.
- Dekonenko A., Yakimenko V., Ivanov A. et al. Genetic similarity of puumala viruses found in Finland and western Siberia and of the mitochondrial DNA of their rodent hosts suggests a common evolutionary origin // Infection. Genetics and Evolution. 2003. Vol. 3. P. 245 – 247.
- Deffontaine V., Libois R., Kotlik P. et al. Beyond the Mediterranean peninsulas: evidence of central European glacial refugia for a temperate forest mammal species, the bank vole (*Clethrionomys glareolus*) // Mol. Ecol. 2005. Vol. 14. P. 1727 – 1739.
- Tegelstrom H. Transfer of mitochondrial DNA from the northern red-backed vole (*Clethrionomys rutilus*) to the bank vole (*C. glareolus*) // J. Mol. Evol. 1987. Vol. 24. P. 218 – 227.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ МОЛЕКУЛЯРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

А.С. Розанов\*, Н.Б. Наумова\*\*

\*Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск

\*\*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск

Одним из основных вопросов экологии микроорганизмов является изучение взаимоотношения между их разнообразием и функционированием экосистем. В настоящее время актуальность таких исследований особенно усилилась в связи с появлением молекулярно-экологических методов, позволяющих выявлять некультивируемые микроорганизмы, функции которых в экосистеме часто неизвестны (Keler, Zengler, 2004; Allen, Banfield, 2005). Эти методы широко применяются в исследованиях по изучению сообществ микроорганизмов самых различных местообитаний — от кишечника человека (Walker, 2007) до почв (Fierer, Janckson, 2006; Carson et al., 2007; Stark et al., 2008), вод (Zhang et al., 2007), а также различных экстремальных экосистем, как естественных, например, геотермальных источников (Jeanthon, 2000), так и искусственных, например, помещений особого класса чистоты для сборки космических аппаратов (Moissl et al., 2007) и т.п. Изучение видового разнообразия и структуры сообществ микроорганизмов различных местообитаний достигается путем оценки разнообразия нуклеотидных последовательностей филогенетически значимых фрагментов 16S и 18S рДНК (Muyzer et al., 1993; Amann et al., 1995; Tiedje et al., 1999; Case et al., 2007). В настоящий момент существует довольно значительное количество

методов изучения разнообразия нуклеиновых кислот: как прямых путем секвенирования, так и косвенных путем денатурирующего и температурного градиентного гель-электрофореза, полиморфизма длины фрагментов рестрикции и т.п. (Muzyer, Smalla, 1998; Roesch et al., 2007). Однако часто ни те, ни другие методы не позволяют выявить с высокой степенью статистической и экологической надежности именно те виды, которые ответственны за различия сообществ разных местообитаний, воздействия экологических или других факторов. Цель нашей работы: на примере анализа сообществ почвенных бактерий из-под деревьев различных климатипов сосны обыкновенной продемонстрировать как применение методов многомерной статистики позволяет сфокусировать исследования лишь на экологически значимых для данного местообитания/экосистемы/варианта/опыта видах микроорганизмов.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

**Почвы.** Опыты с географическими культурами (климатипами) сосны обыкновенной были заложены в 1976 – 1979 гг. по единой схеме, в трёх лесхозах — Сузунском Новосибирской области, Богучанском Красноярского края и Заудинском Республики Бурятия. Лесоводческие особенности опытов описаны ранее (Тараканов и др., 2001). Перед закладкой опытов почву распахивали, т.е. почвы опытных участков являются антропогенно-трансформированными. Далее для краткости мы эти почвы называем по названиям исходных почв, характерных для участка закладки опыта.

Отбор образцов почвы проводили из слоя 0 – 20 см на расстоянии 60 см от дерева. Один смешанный образец составлен из 6-ти индивидуальных почвенных монолитов. Почву просеивали через сито с диаметром ячеек 0.5 см, и до анализов хранили при + 4°С при полевой влажности.

В Богучанском лесхозе Красноярского края образцы почв отбирали в июле 2004 г. Опыт там был заложен на двух участках: 1) на серой лесной и 2) на подзолистой почве, с которой был снят органогенно-аккумулятивный слой и удалены крупные корни деревьев (далее этот почвосубстрат мы называем для краткости песчаной почвой). Этот вариант на бедном питательными элементами песчаном субстрате был заложен с целью выявления тех генотипов сосны обыкновенной, которые более эффективно используют питательные элементы и воду на бедных субстратах. В Заудинском лесхозе Бурятии опыт был заложен на участке с горной дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвой. Отбор образцов почвы проводили в

июле 2005 г. В Сузунском лесхозе Новосибирской области отбор образцов почвы опытного участка, исходно представлявшей собой дерново-подзолистую почву, проводили в августе 2005 г.

Анализ ДНК сообщества. Экстракцию ДНК проводили с помощью коммерческого набора для экстракции ДНК из почвы Fast DNA®SPIN®Kit For Soil (Q BIOgene, Cambridge, United Kingdom) в соответствии с рекомендациями производителя, используя 0.5 г сухой почвы. Так как некоторые экстракты ДНК были загрязнены гумусовыми веществами, проводили очистку всех образцов ДНК с помощью набора реактивов Wizard DNA Clean-UP System (Promega, Madison, WI, USA). Очищенная ДНК была использована в качестве матрицы для 30 циклов полимеразной цепной реакции с универсальными бактериальными праймерами 341F и 534R (позиции *E. coli*), что позволяло амплифицировать вариабельный район V3 16S рДНК эубактерий. Полученную смесь фрагментов ДНК (ампликонов), разделяли электрофорезом в полиакриламидном (8%) геле с градиентом денатурантов от 45% до 75% (за 100% денатурантов принимали 7М-ный раствор мочевины и 40%-ный раствор деионизированного формамида). Электрофорез проводили при постоянной температуре 60 °С и напряжении 75 В в течении 16 часов. После этого гель окрашивали в течение 30 мин в трис-ЭДТА-ацетатном буфере, содержащем 5 мг/л бромида этидия. После окраски гель промывали деионизированной водой и фотографировали при ультрафиолетовом облучении (320 нм) с помощью процессора изображений P67E (Mitsubishi Co., Japan).

Количество полос ДНК и интенсивность их окраски определяли с помощью компьютерной программы анализа гелей (Gel Compare II, Appl. Maths, Belgium). Программа выдает результаты анализа спектров оптической плотности полос различных дорожек геля в виде положения пика полосы на геле и его площади в процентах от суммарной площади пиков оптической плотности всех полос дорожки. В полученной таким образом матрице данных отсутствие оптической плотности какой-либо полосы ДНК заменяли случайным образом сгенерированной малой величиной порядка 0.001, матрицу логарифмически трансформировали и полученную новую матрицу подвергали статистической обработке методом анализа главных компонент, дискриминантного и дисперсионного анализа с помощью пакета Statistica v.5.5. (Statsoft, USA).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Визуально практически невозможно сделать никаких заключений о сходстве или различии (рис. 1) в составе и структуре доми-

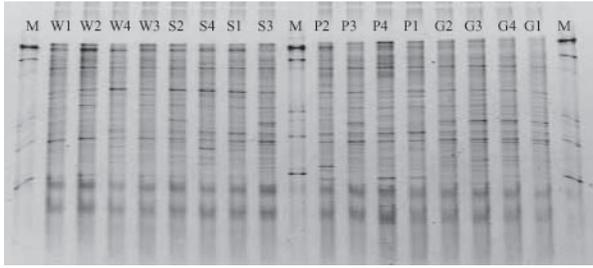


Рис. 1. Спектры разделения амплифицированных фрагментов 16S рДНК, экстрагированной из разных почв и разных климатипов сосны обыкновенной, в геле с градиентом денатурантов. Обозначение почв: М — маркер, W — серая лесная, S — песчаная, P — дерново-подзолистая и G — дерново-подзолисто-глеевая. Климатипы: 1 — «Сузун», 2 — «Богучаны», 3 — «Балгазын», 4 — «Чемал».

нантной части бактериальных сообществ, характерных для разных почв или разных климатипов. Отметим, что различия между почвами в рамках данной работы нас не интересовали, наряду с прочим и потому, что фактор «почва» включает в себя и сезонную динамику, так как в разных местах отбор проводился в разное время и поэтому дальше мы этих различий касаться не будем.

Анализ изображения спектров полос ДНК с помощью специального программного обеспечения позволил получить множество из 79 полос различного положения, при этом на каждой дорожке, т.е. в каждом индивидуальном почвенном образце, было выделено 35–41 полос. Десять первых (из 15) главных компонент, воспроизводящих 85% дисперсии, использовали для анализа дискриминантных функций, т.е. линейных комбинаций главных компонент, максимизирующих дисперсию между климатипами. Два климатипа «Богучаны» и «Чемал» четко отделяются от трех остальных, тогда как «Сузун» и «Балгазын» схожи (рис. 2).

Каким же образом можно быстро выявить, какие именно полосы, т.е. виды бактерий, определяют различие между потомствами популяций сосны обыкновенной из различных географических регионов? Для этого мы проанализировали структуру корреляций дискриминантных функций и главных компонент, а затем структуру, корреляций главных компонент с исходными переменными, т.е. полосами конкретного положения на геле (рис. 3). Наибольший вклад в первую дискриминантную функцию вносят главные компоненты 7 и 9 (табл. 1). Которые, определяются полосами ДНК в спектрах денатурирующего градиентного гель-электрофореза (ДГГЭ), обозначающими полюса соответствующих компонент

Таблица 1. Результаты анализа главных компонент и последующего анализа дискриминантных функций

Главная компонента (ГК)	Доля дисперсии	Значения коэффициентов корреляции с дискриминантными функциями	
		1	2
ГК 1	14.5	-0.05	-0.05
ГК 2	12.8	0.03	-0.11
ГК 3	11.1	-0.06	-0.22
ГК 4	9.1	0.01	0.02
ГК 5	8.2	-0.03	-0.01
ГК 6	6.7	-0.011	-0.06
ГК 7	6.1	-0.19*	-0.07
ГК 8	6.1	-0.04	-0.50
ГК 9	5.1	0.18*	-0.13
ГК 10	4.6	-0.11	0.19

Примечание: \* - максимальные значения коэффициентов корреляции по модулю

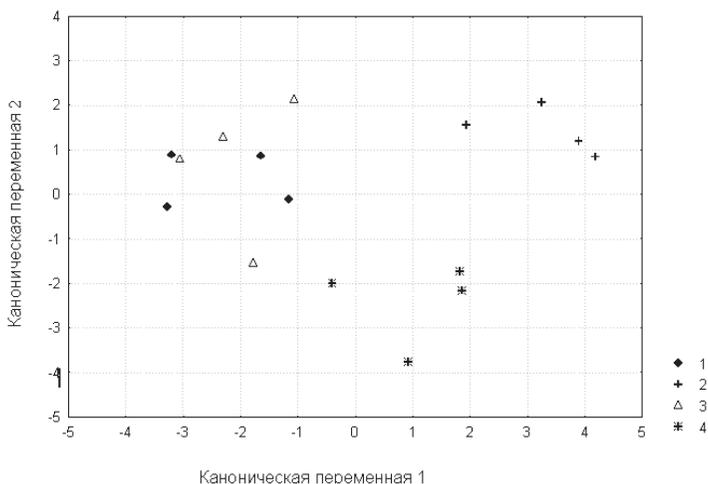


Рис. 2. Результаты дискриминантного анализа главных компонент площади пиков оптической плотности полос электрофоретического разделения ДНК-ампликонов из почвы. Климатипы: 1 — «Сузун», 2 — «Богучаны», 3 — «Балгазын», 4 — «Чемал».

(рис. 3), расположенными в геле на позициях 61, 76 и 86 для главной компоненты 7, и на позициях 82, 44, 48, 55 и 60 для главной компоненты 9. Зная расположение интересующей полосы в геле, ее можно вырезать, очистить, секвенировать и по имеющимся базам данных нуклеотидных последовательностей гипервариабельных районов генов 16 S рРНК установить таксономическую принадлежность данного вида бактерий.

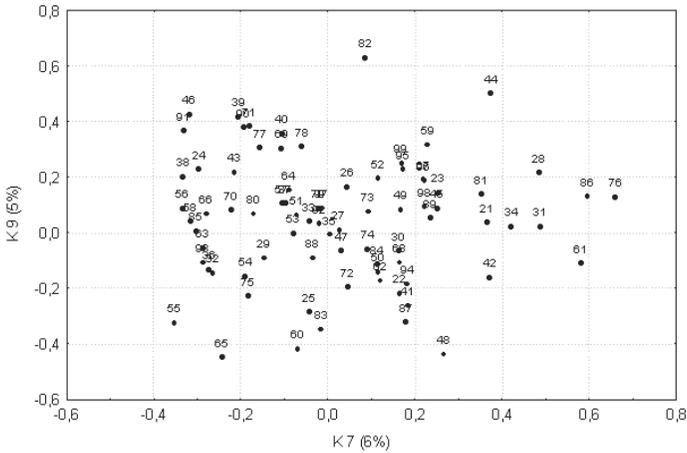


Рис. 3. Значения коэффициентов корреляции главных компонент 7 и 9 с полосами ДНК в спектрах ДГТЭ. Цифры над символами — позиция полосы на геле.

Главные компоненты 7 и 9 вместе отвечают за 11% исходной дисперсии. Отметим, что мы и не ожидали существенно большего вклада обусловленных климатипами переменных, так как в нашей работе по методическим и материальным причинам отсутствуют индивидуальные повторности для каждого варианта. Это существенно увеличивает случайную дисперсию при выявлении влияния климатипов и повышает ценность выявления статистически существенной разницы между некоторыми климатипами. Для примера приведем сравнение климатипов по 7 главной компоненте (табл. 2).

Таблица 2. Уровни значимости критерия минимально-значимой разности для сравнений климатипов по значениям 7 главной компоненты

Климатипы	«Богучаны»	«Балгазын»	«Чемал»
«Сузун»	0.133	0.270	0.694
«Богучаны»		0.017	0.250
«Балгазын»			0.144

Полученный нами результат о влиянии климатипов, т.е. внутривидовой генотипической изменчивости растений на почвенное бактериальное сообщество, развивающееся под ними, является совершенно новым, так как ранее было известно о влиянии только на уровне вида растений (Kowalchuk et al., 2002). Тем не менее, в рамках данной работы мы не будем обсуждать собственно биологическую и экологическую значимость и механизмы этого влия-

ния, так как нашей целью является демонстрация нового подхода к анализу микробиологических сообществ.

В пионерных молекулярно-экологических работах 90-х годов прошлого века не было, как правило, ни истинных статистических повторностей, ни статистического анализа (Наумова и др., 2001; Muuzer et al., 1993). Хотя такое сравнение микробных сообществ различных экосистем встречается и до сих пор даже в довольно авторитетных изданиях (например, Roesch et al., 2007), тем не менее, в последние годы статистические методы, в том числе и методы многомерной статистики, становятся рутинным инструментом в сравнительном молекулярно-экологическом анализе сообществ микроорганизмов различных местообитаний (Ramette, 2007). Но во многих таких работах они, однако, используются лишь для выявления взаимосвязи исследуемых объектов и тех экологических факторов, которые обуславливают эти взаимосвязи (Dolfing et al., 2004; Stark et al., 2008), лишь в редких случаях (Salles et al., 2004) выявляя те организмы, которые вносят вклад в наблюдаемые различия. В тех же работах, где устанавливается различие видового состава сообществ различных местообитаний (по различию нуклеотидного состава соответствующих последовательностей), это делается в основном путем простого сравнения списков. Такие различия никак не подкреплены статистически, и не ясно насколько присутствующие или отсутствующие виды статистически и экологически значимы для различия в функционировании изучаемых местообитаний (Moissl et al., 2007; Roesch et al., 2007). Таким образом, применение описанного нами подхода, а именно наличия истинных статистических повторностей и многомерных статистических методов к анализу спектров ДНК микробных сообществ различных местообитаний позволяет сфокусировать исследования на значительно меньшем числе доминантных и экологически значимых для изучаемых местообитаний видов, существенно ускоряя процесс видовой идентификации, снижая материальные, трудовые и временные затраты. Особенно перспективным нам представляется применение предложенного подхода для целей медицинской экологической микробиологии и экотехнологий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного гранта СО РАН (проект № 24).

#### ЛИТЕРАТУРА

Наумова Н.Б., Кайкман П. Разнообразие бактериальной ДНК и биомасса бактерий в аллювиально-луговой почве при длительном внесении удобрений. Почвоведение, 2001. № 6. С. 700 – 707.

- Тараканов В.В., Демиденко В.П., Ишутин Я.Н., Бушков Н.Т. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири. Новосибирск: Наука, 2001. С. 230.
- Allen E. E., Banfield J. F. Community genomics in microbial ecology and evolution // Nature Reviews Microbiology. June 2005. Vol. 3. №. 3. P. 489 – 498.
- Amann R.I., Ludwig W., Schleifer K.-H. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation // Microbiol Rev. 1995. Vol. 59. № 1. P. 143 – 169.
- Carson J. K., Rooney D., Gleeson D. B., Clipson N. Altering the mineral composition of soil causes a shift in microbial community structure // FEMS Microbiol. Ecol. 2007. Vol. 61. № 3. P. 414 – 423.
- Case R.J., Boucher Y., Dahllof I. et al. Use of 16S rRNA and rpoB Genes as Molecular Markers for Microbial Ecology Studies // Appl. Environ. Microbiol. 2007. Vol. 73. № 1. P. 278 – 288.
- Dolfing J., Vis A., Bloem J. et al. Microbial diversity in archived soils // Science, 2004. Vol. 306. № 5697. P. 813.
- Fierer N., Jackson R.B. The diversity and biogeography of soil bacterial communities // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2006. Vol. 103. № 5. P. 626 – 631.
- Heilig H.G.H.J., Zoetendal E.G., Vaughan E.E. et al. Molecular diversity of Lactobacillus spp. and other lactic acid bacteria in the human intestine as determined by specific amplification of 16S ribosomal DNA // Appl. Environ. Microbiol. 2002. Vol. 68. № 1. P. 114 – 123.
- Jeanthon C. Molecular ecology of hydrothermal vent microbial communities // Antonie van Leeuwenhoek. 2000. Vol. 77. № 2. P. 117 – 133.
- Keller M., Zengler K. Tapping into microbial diversity // Nature Rev. Microbiol. 2004. Vol. 2. № 2. P. 141 – 150.
- Kowalchuk G. A., Buma D. S., de Boer W. et al. Effects of above-ground plant species composition and diversity on the diversity of soil-borne microorganisms // Antonie Leeuwenhoek. 2002. Vol. 81. № 4. P. 509 – 521.
- Moissl C., Osman S., La Duc M. T. et al. Molecular bacterial community analysis of clean rooms where spacecraft are assembled // FEMS Microbiol. Ecol. 2007. Vol. 61. № 4. P. 509 – 521.
- Muyzer G., de Waal E.C., Uitterlinden A.G. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA // Appl. Environ. Microbiol. 1993. Vol. 59. № 5. P. 695 – 700.
- Muyzer G., Smalla K. Application of denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and temperature gradient gel electrophoresis (TGGE) in microbial ecology // Antonie Van Leeuwenhoek. 1998. Vol. 73. № 1. P. 127 – 141.
- Ramette A. Multivariate analysis in microbial ecology // FEMS Microbiol. Ecol. 2007. Vol. 62. № 1. P. 142 – 160.
- Roesch L. F.W., Fulthorpe R. R., Riva A. et al. Pyrosequencing enumerates and contrasts soil microbial diversity // The ISME Journal. 2007. Vol. 1. № 2. P. 283 – 290.
- Salles J.F., Veen J.A., Elsas J.D. Multivariate Analyses of *Burkholderia* Species in Soil: Effect of Crop and Land Use History // Appl. Environ. Microbiol. 2004. Vol. 70. № 7. P. 4012 – 4020.

- Stark C.H., Condron L.M., Stewart A. et al.* Differences in soil enzyme activities, microbial community structure and short-term nitrogen mineralization affected by farm management history and organic matter amendments // *Soil Biology & Biochemistry*. 2008. Vol. 40. № 6. P. 1352 – 1363.
- Tiedje J.M., Asuming-Brempong S., Nusslein K. et al.* Opening the black box of soil microbial diversity // *Appl. Soil Ecol.* 1999. Vol. 13. № 1. P. 109 – 122.
- Walker A.* Say hello to our little friends // *Nature Rev. Microbiol.* 2007. Vol. 5. P. 572 – 573.
- Zhang R., Liu B., Lau S. C.K.* Particle-attached and free-living bacterial communities in a contrasting marine environment: Victoria Harbor, HongKong // *FEMS Microbiol. Ecol.* 2007. Vol. 61. № 3. P. 496 – 508.

## МЕЖПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИСТАНТНЫХ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ У ДАУРСКОЙ ПИЩУХИ (*OSCHOTONA DAURICA PALL.*)

Л.В. Руднева, А.И. Старков

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ*

В исследовании проанализированы гипотезы, возможно, объясняющие установленную ранее межпопуляционную изменчивость дистантных вокализаций у даурской пищухи: 1) различия в частотных диапазонах обусловлены размерами тела зверьков из разных популяций; 2) различия физических характеристик сигналов обусловлены их приспособленностью к передаче на расстояние в различающихся с акустической точки зрения местообитаниях.

С помощью кластерного анализа 21 краниометрического признака сравнивали размеры зверьков из исследованных популяций юго-запада Забайкалья. Записанные вокализации из четырех популяций пищух транслировали и записывали в местообитании одной популяции. Оригинальные и перезаписанные сигналы разбили на ноты, у которых регистрировали начальное, максимальное, минимальное значения основной частоты и продолжительность (Avisoft-Sonograph 2.7). Сравнение акустических характеристик оригиналов и копий проводили с помощью критерия Манна-Уитни с использованием программы STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., 2001).

Зверьки из изученных популяций значимо не различались по краниометрическим характеристикам. Акустические параметры оригинальных и перезаписанных сигналов значимо различались в разных популяциях. Это говорит о том, что в изученных выборках нет различий в качестве передачи сигналов в «родных» и «чужих» для зверьков местообитаниях. Мы предполагаем, что выявленная

дивергенция звуковых реакций объясняется генетическими процессами, протекающими в популяциях даурских пищух.

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ГНЕЗДОВИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ НЕКОТОРЫХ СКЛАДЧАТОКРЫЛЫХ И РОЮЩИХ ОС (HUMENOPTERA: VESPIDAE; SPHECIDAE) В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

П.В. Рудоискатель, К.И. Фадеев

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Применение искусственных гнездовий для изучения биологии жалящих перепончатокрылых берет начало в работах французского натуралиста Ж.А. Фабра (1963). Первым упоминанием в отечественной литературе о привлечении ос в специально изготовленные гнезда сделано С.И. Малышевым (1908), который использовал удобные гнездовые субстраты в виде стеблей *Verbascum*, *Cirsium*, *Lappa* (*Arctium*). Добывание гнезд в тех местах, где осы селятся самостоятельно без специального вмешательства в их жизнь наблюдателя, бывает нередко сопряжено с большими неудобствами для дальнейшего изучения: извлечение и вскрытие гнезд, устроенных в бревнах, балках, карнизах и т.п., например, в выточенных личинками жуков ходах, является обычно задачей маловыполнимой (Малышев, 1913).

Среди одиночных складчатокрылых (*Vespidae: Eumeninae*) и роющих ос (*Sphecidae*) есть достаточно обширная группа, использующая для гнездования готовые полости, обнаруживаемые в различных природных субстратах. В природе таковыми могут служить сломанные стебли растений, полые или с мягкой сердцевинкой, стволы засохших деревьев с ходами ксилофагов, раковины моллюсков, пористые горные породы.

С целью привлечения к гнездованию складчатокрылых и роющих ос, заселяющих готовые полости, предлагается устраивать приманочные гнезда. Удобными для наблюдений являются «ульи Фабра», представляющие собой деревянные пятистенные ящики с нависающей крышкой, в которых размещаются трубки диаметром 2 – 12 мм, длиной 100 – 250 мм из различных материалов. Для этого использовались отрезки стеблей зонтичных (*Seseli*, *Pastinaca* и др.), срезанные между узлов, стеклянные трубки, пластиковые «соломинки» для напитков.

Материал собирался в период с 20.07.2007 по 06.09.2007 г. из 18 ульев, размещенных на биологической станции УрГУ (окр. дер. Ключи; Сысертский район, 65°35' с.ш., 60°50' в.д.), в окр. г. Арамиль (Сысертский район) и в ботаническом саду УрГУ (г. Екатеринбург). За указанный период было собрано 222 трубки со следами гнездования из 11 500 предложенных, что составляет около 2%: из них 209 гнезд, в том числе 4 смешанных гнезда и 17 ложно-запечатанных трубок.

Предложенные гнездовья заселяли представители следующих семейств жалящих перепончатокрылых: Vespidae, Sphecidae, Megachilidae, Colletidae, Anthophoridae. С целью установления видовой принадлежности гнездовых построек было отловлено 40 самок ос и 8 самок пчел при строительстве гнезд или их провиантировании.

Складчатокрылыми осами (Vespidae: Eumeninae) заселено 56 гнезд и 16 трубок были ложно-запечатаны. Гнезда имели линейную конфигурацию и запечатывались пробками из земли или глины, реже с включениями из растительного материала. Перегородки между ячейками изготовлены из того же материала, что и пробка. Среди представителей этого семейства в местной фауне выявлено 2 рода, селящиеся в готовых полостях: *Ancistrocerus* Wesmael, 1836 и *Symmorphus* Wesmael, 1836. Диаметры заселенных трубок 3–9 мм. Кроме того, из гнезд были выведены паразиты: оса-блестянка *Chrysis ignita* (L., 1761) (Hymenoptera: Chrysididae) (1 экз.) и наездник: *Lochetica westoni* (Bridgman 1880) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (2 экз.: самец и самка).

Род *Ancistrocerus* представлен двумя видами: *A. trifasciatus* (Müller, 1776) и *A. antilope* (Panzer, 1789). Собрано 4 гнезда *A. trifasciatus*, причем одно гнездо с одной ячейкой извлечено вместе с самкой из пластиковой трубочки диаметром 4 мм. Провизия представлена шестью гусеницами листоверток и огневок (Lepidoptera: Tortricidae, Pupalidae). Яйцо стебельком прикреплено к стенке трубки. Еще три гнезда найдено в трубках зонтичных диаметром 3–5 мм. Провизия также представлена гусеницами листоверток и огневок. В составе провизии отмечены гусеницы с коконами паразитов (1 x 2 мм). *A. antilope* заселяет трубки диаметром 6–9 мм, длина ячеек достигает 27 мм. Провизия состоит из гусениц листоверток и огневок.

Гнездование двух видов рода *Symmorphus* обнаружено в 18 трубках: *S. mutinensis* (Panzer, 1789) и *S. angustatus* (Zetterstedt, 1838). Интересно отметить нахождение *S. angustatus*, не обнаруженного до сих пор в ручных сборах и действующих ловушках. При строи-

тельстве гнезд этими видами также отмечено ложное заделывание 16 полостей. Осы селились в пластиковых трубках диаметром 4 мм и трубках из естественных материалов диаметром 3–5 мм. Пробки и перегородки изготовлены из земли. В качестве провизии отмечены личинки жуков-листоедов (Coleoptera: Chrysomelidae): *Phratora laticollis* (Sffr. 1851), *Ph. vulgatissima* (L. 1758), *Plagiodera versicolora* (Laicharting, 1781), *Chrysomela vigintipunctata* (Scopoli, 1763). В ячейке от 11 до 23 личинок, длина законченных ячеек с провизией 15–25 мм. Яйцо прикрепляется стебельком к потолку ячейки. В двух гнездах между двумя ячейками имелись двойные перегородки (т.е. между крышкой одной ячейки и дном следующей есть промежуток от 3 мм). Провизия *S. mutinensis* состояла из *Phratora laticollis*. На личинках отмечены следы малаксазии: головные капсулы деформированы. Осы *S. angustatus* заселили полости диаметром 4–7 мм, ячейки длиной 15–20 мм содержали по 6–9 более крупных личинок листоедов, видовую принадлежность которых выяснить не удалось.

Основная часть гнезд (116 из 222) заселена роющими осами, среди которых отмечены следующие роды: *Passaloecus* Shuckard, 1837, *Rhopalum* Kirby, 1829, *Crossocerus* Lepelletier et Brullé, 1834. Роющие осы заселяли растительные трубки малого диаметра (2–5 мм). Заселения полостей из искусственных материалов не отмечено.

Род *Passaloecus* представлен двумя видами: *P. monilicornis* Dahlbom, 1842 и *P. gracilis* (Curtis, 1834). Достоверно заселено восемь гнезд (то есть гнезда изымались с самками) и 46 гнезд, видовая принадлежность которых не выяснена. Общее количество ячеек 236 шт. Гнезда имеют линейную конфигурацию, запечатываются смолой, иногда со вставкой мелких кусочков древесины. Перегородки выполняются из того же материала. Диаметр предпочитаемых полостей 2–4 мм. Длина ячеек от 6 мм, их количество сильно варьирует (1–2–5–7 и более ячеек). В полостях беспорядочно разбросаны смоляные перегородки. Провизия представлена тлями сем. Aphididae, в ячейке находилось 30–60 тлей. Четыре гнезда из 37 провиантировались мелкими клопами, но в одном из этих гнезд провизия на треть состояла из клопов, остальная часть представлена тлями. После диапаузы из семи гнезд выведен *Omalus auratus* (L., 1761) (17 экз.) и *O. sareptanus* Mocsary, 1889 (2 экз.). Из одного гнезда выведен паразит *Poemenia hetica* Grav. (Hymenoptera: Ichneumonidae).

Род *Rhopalum* представлен только одним видом *R. clavipes* (L., 1758). Осы этого вида заселили 64 гнездовые полости. Достоверно заселено 26 гнезд, которые изъяты вместе с самками. Диаметры заселенных полостей 2–4 мм. Общее число ячеек 337 шт. Ячейки

располагаются линейно. Реже гнездо, расположенное в полости большего диаметра (4–5 мм) с развитой паренхимой стебля, принимает разветвленную конфигурацию: выделяется общий проход с отдельными камерами, содержащими ячейки (рисунок). Ячейки сделаны из измельченного материала паренхимы стебля, длина их составляет 5–8 мм, перегородки 2–4 мм. Количество ячеек 10–15 (до 21). Провизия состояла из сеноедов (Psocoptera: Psocomorpha). Осы запасали крылатых и бескрылых особей, а также нимф по 25–70 шт. в ячейке. Яйцо откладывается на грудь сеноеда, к основанию ножек.

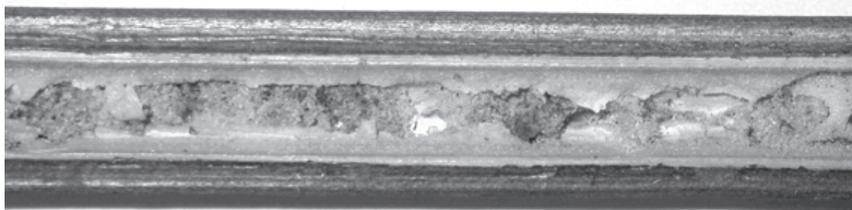


Рисунок. Гнездо *Rhopalum* в стебле зонтичного.

Часто, когда гнездо еще снабжается провизией, ячейки, заложенные первыми, уже содержат коконы ос. Длина коконов 5–7 мм, диаметр 1.5–2 мм, покрыты опилками и остатками провизии (крылья, головные капсулы, конечности, экскременты и т.д.). Выявлен ряд гнездовых паразитов: в одном гнезде — *Demopheles corruptor* Taschenberg, 1865 (Hymenoptera: Ichneumonidae) (3 экз.), в трех гнездах — *Ginsiella triarticula* Erdus. (Hymenoptera: Eulophidae).

Осой *Crossocerus barbipes* (Dahlbom, 1845) заселено одно гнездо диаметром 5 мм. К моменту поимки самки было сооружено 3 ячейки длиной 12 мм. Перегородки толщиной 3 мм склеены из опилок. Провизия представлена мелкими (2–4 мм) двукрылыми (Diptera: Brachycera), в ячейке около 10 экз. Яйца были отложены на мух у основания передних ножек.

Пчелиными надсемейством Apoidea заселено 33 гнезда: Colletidae — 26 гнезд, Megachilidae — 4 гнезда, Anthophoridae — 1 гнездо. Отмечено 3 вида: *Megahile ligniseca* (Kirby, 1802) (диаметр гнезда 10 мм), *M. genalis* Morawitz, 1880 (диаметр гнезда 10 мм), *M. lapponica* Thomson, 1872 (диаметр гнезда 10 мм). Из 12 гнезд выведено 28 экз. рода *Prosopis* Fabricius, 1804. Из гнезд мегахилид после диапаузы вывелось 3 экз. паразита *Coelioxys inermis* (Kirby, 1802). Принадлежность одного гнезда точно не установлена.

Отмечено четыре случая постройки смешанных гнезд. Они представляют собой последовательно расположенные ряды ячеек разных видов. Обнаружены следующие комбинации (написание отражает порядок строительства): *Megachilidae* — *Prosopis* (1 трубка), *Prosopis* — *Rhopalum* (1 трубка), *Passaloecus* — *Eumeninae* (2 трубки).

Таким образом, привлечение к гнездованию в искусственные гнездовья одиночных складчатокрылых и роющих ос, занимающих готовые полости, позволяет выяснить некоторые особенности биологии: устройства гнездовых камер, сроки заселения и развития ос, число поколений в год, состав и количество запасаемой провизии, состав паразитов и хищников. Кроме того, настоящий способ позволяет уточнить видовой состав ос и их паразитов в локальной фауне. В непогоду и в ночное время из таких гнезд извлекались виды, не встречающиеся, или очень редко встречающиеся в ручных сборах.

Авторы выражают свою сердечную признательность Д.Р. Каспаряну (ЗИН РАН, г. Санкт-Петербург), Ю.Е. Михайлову (УГЛТУ, г. Екатеринбург), Е. Целих (СПбГУ, г. Санкт-Петербург), А.Д. Ершову (УрГУ, г. Екатеринбург) за помощь в определении энтомологического материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Мальшев С.И.* Топографическая способность насекомых // *Естествознание и География*. 1908. № 8. С 1 – 21.
- Мальшев С.И.* Жизнь и инстинкты цератин (Hymenoptera, Apidae) // *Тр. Русск. энтомол. общ.* 1913. 40. № 8. С. 1 – 58.
- Фабр Ж.А.* Жизнь насекомых. Рассказы энтомолога. Москва: УчПедГиз. 1963. 459 с.

## ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ПРОФИЛЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ НЕКАРБОНАТНЫХ НИЖНЕГО ДОНА

**Д.С. Рыбняец**

*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону*

Исследование микробной активности по почвенному профилю, включающее определение величины активной микробной биомассы, базального и удельного дыхания микроорганизмов, а также доли микробного углерода, было проведено нами на примере черноземов обыкновенных некарбонатных Нижнего Дона. Цель ис-

следования — изучить состояние микробного сообщества (биомасса, активность) основных генетических горизонтов профиля почвы и поиск взаимосвязи между микробиологическими и физико-химическими показателями почвы. Задачи исследования: 1) определить микробную биомассу методом субстрат-индуцированного дыхания; 2) изучить микробное (базальное) дыхание; 3) определить микробный метаболический коэффициент; 4) определить доли микробного углерода в общем органическом; 5) исследовать физико-химических характеристик почвенных слоев.

В профиле исследованных почв содержание органического углерода снижалось с глубиной, а значение  $pH$  — возрастало. Содержание  $C_{орг.}$  в профиле черноземов обыкновенных некарбонатных при переходе от верхнего горизонта к нижнему уменьшилось почти в 1.5 раза. Значение  $pH$  изменялось вниз по профилю от почти нейтральной (6.95) до щелочной (8.35). В составе чернозема было высокое содержание песка. Микробная биомасса черноземов уменьшалась с глубиной (рисунок), наибольшая ее величина была в горизонте  $A_{пах}$ , а наименьшая — в горизонте  $C$  на глубине 136 см. В двух верхних горизонтах черноземов ( $A_{пах}$  и  $A_{п/пах}$ ) было сосредоточено почти 60% МБ, содержащейся в исследуемом профиле. Кроме того, МБ в горизонте  $B_1$  составила 20% от ее суммарной (профильной) массы и примерно такое количество МБ (21%) содержалось в трех нижних горизонтах ( $B_2$ ,  $BC$  и  $C$ ).

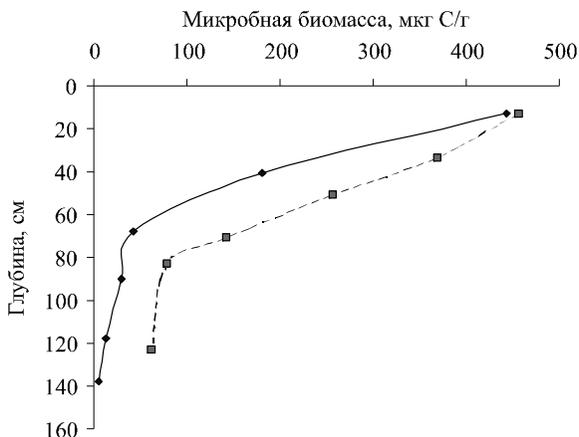


Рисунок. Изменение микробной биомассы в профиле черноземов.

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА НЕКТАРОПРОДУКТИВНОСТЬ МЕДОНОСНЫХ РАСТЕНИЙ

---

**И.Н. Рябова**

*Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск*

Для пчел используют специально высеваемые медоносы. Для увеличения их нектаропродуктивности часто применяют различные минеральные удобрения. Поэтому целью работы стало изучение влияния минеральных удобрений на нектаропродуктивность растений, на примере фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), гречихи посевной (*Fagopyrium sagittatum* L.) и горчицы белой (*Sinapis alba* L.). Решались следующие задачи: 1) Определить оптимальные условия для произрастания этих медоносов; 2) Определить количество сахара в нектаре исследуемых медоносных растений; 3) Выявить динамику выделения нектара в течение дня.

Было использовано несколько стандартных методик: метода смывания, микрометод Гагедорн-Иенсена для определения сахара в нектарных пробах.

Показано, что для произрастания выбранных нами растений оптимальная температура равна 19° С, влажность — 70%, количество осадков — 4 мм/сут. Определено, что самым нектаропродуктивным растением является фацелия пижмолистная, произрастающая без дополнительного внесения азота. Изучена динамика выделения нектара в течение дня. Максимальное нектаровыделение наблюдается в между 10 и 13 ч. Поскольку наибольшее влияние на нектаропродуктивность растений оказывают азот, фосфор и калий, мы рекомендуем вносить их в почву в виде удобрений. Вследствие того, что выделение нектара зависит и от времени суток, мы считаем целесообразнее высевать не один вид растений, а все три для наибольшей продуктивности.

## РАЗВИТИЕ НАСЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ СОСНОВОЙ ГАРИ В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ПОСЛЕ ПОЖАРА

---

**Л.Ю. Савельева**

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*

Целью данной работы является сравнение структуры населения, уровня видового разнообразия и экологии жесткокрылых сосновой гари в первые три года после пожара.

Исследования проводились в 2005 г. на однолетней гари (№ 1) в равнинной части заповедника, в 2006 и 2007 гг. — на той же гари в возрасте двух (№ 2) и трех (№ 3) лет соответственно. Кроме того, материал был собран на контрольном участке (К) в сосняке лишайниковом. Использовались общепринятые в энтомологии методы сбора насекомых.

В ходе исследований было обнаружено 116 видов жуков, принадлежащих 96 родам и 30 семействам. В таксономическом отношении наиболее многочисленны семейства Carabidae (18 вид), Cerambycidae (17 видов) и Staphylinidae (12 видов). При помощи индекса Чекановского-Сьеренсена вычислялся уровень сходства комплексов жесткокрылых трех гарей и контрольного участка (рис. 1 и 2).

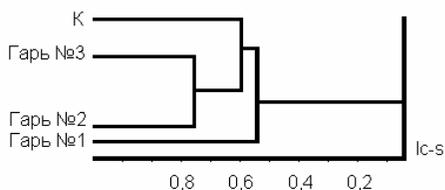


Рис. 1. Относительное сходство комплексов жесткокрылых гари трех возрастов и контрольных участков (по качественным данным).

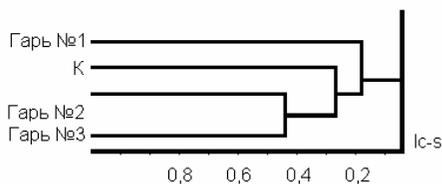


Рис. 2. Относительное сходство комплексов жесткокрылых гари трех возрастов и контрольных участков (по количественным данным).

Для оценки уровня видового разнообразия (таблица) почвенных и дендробионтных жесткокрылых сосновых гарей использовались индексы доминирования Бергера-Паркера, индексы разнообразия и выравненности Шеннона, а также индекс видового богатства Маргалефа (Песенко, 1982; Мэгарран, 1992).

Среди пойманных на гаях жуков было выявлено 17 трофических групп, наиболее многочисленные — это хищники (35 видов), ксилофаги (25 видов).

Таблица. Индексы, описывающие структуру населения жесткокрылых различных гарей и контрольного участка

Индексы № гари	Доминирования Бергера-Паркера (в прямой форме) $d$	Разнообразия Шеннона $H'$	Выравненности Шеннона $J'$	Видового богатства Маргалефа $D_{Mg}$
Г-04-1	0.72	1.61	0.02	11.34
Г-04-2	0.11	3.55	0.06	10.01
Г-04-3	0.19	3.47	0.06	9.61
К	0.18	3.00	0.09	6.71

## ЛИТЕРАТУРА

Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М., 1992. 184 с.

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М., 1982. 287 с.

## ОСОБЕННОСТИ ПОЛИМОРФИЗМА ОКРАСКИ ПТИЦ ПРИ ЗАСЕЛЕНИИ СИЗЫМ ГОЛУБЕМ Г. ЛЯНТОРА

Р.М. Салимов, А.А. Емцев, А.В. Гилёв

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Синантропная форма сизого голубя (*Columba livia* J.F. Gmelin, 1789) встречается на всех континентах, кроме Антарктиды. Ареал природной или «дикой» формы занимает гораздо меньшую территорию: Британские острова, Средиземноморский регион, Северная Африка, Юго-Западная и Центральная Азия (Степанян, 2003; Vaurie, 1961). На территории бывшего СССР природные популяции встречаются в Крыму, на Кавказе, в Средней Азии, в Казахстане, на Алтае и изредка на Южном Урале.

До настоящего времени остается не совсем ясным механизм возникновения и формирования синантропной формы вида. Проанализировав литературу, мы выделили три возможных пути происхождения синантропных популяций. Первый, вероятно, исторически самый древний путь — это вселение в города птиц из природных популяций (Обухова, 2001). Когда-то, в эпоху возникновения городских поселений, так происходило становление синантропной формы голубей. Этот процесс, очевидно, может происходить и в настоящее время, там, где сохранились популяции дикой

формы. Следует отметить также, что синантропизация — один из наиболее вероятных путей происхождения домашних животных, в том числе и всего многообразия домашних пород голубей (Ферианц, 1985). Второй путь — расселение синантропных голубей вслед за человеком. Для синантропных животных это вообще характерный процесс (Клауснитцер, 1990). Показано, что синантропные сизые голуби могут расселяться, двигаясь вдоль железных и автомобильных дорог (Доржиев, 1997). Третий путь — это возникновение синантропной формы на основе одичавших домашних голубей. Такое могло происходить в местах, где «дикие» голуби не встречаются. Например, в Финляндии синантропные популяции произошли от одичавших спортивных (почтовых) голубей, которые были завезены туда в XIX в. (Saari, 1997).

Очевидно, что в настоящее время синантропные популяции голубей могут формироваться разными путями одновременно, в разных сочетаниях. Однако, на наш взгляд, это происходит преимущественно путем расселения синантропной формы, с более-менее значительным участием одичавших домашних голубей в районах развитого голубеводства и дикой формы — в районах распространения последней. В данной работе приводятся результаты наших наблюдений за недавно возникшим поселением синантропных сизых голубей в городе Лянторе Ханты-Мансийского автономного округа. Целью нашей работы являлось изучение изменения фенотипической структуры в процессе формирования популяции синантропных сизых голубей.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Наблюдения за сизыми голубями г. Лянтора проводились в 2003 — 2008 гг. Учеты проводили маршрутным методом в дневное время. Регистрировали всех встреченных голубей, сидящих на земле и на зданиях. В местах скоплений голубей приманивали на корм для более точной регистрации окрасочных морф. Окраску регистрировали визуально. В данной работе использовали методику выделения окрасочных морф голубей, описанную в работе Л.К. Ваничевой с соавт. (1996). Голубей делили на пять морф: сизые, чёрночеканные, меланисты, красные и пегие. В ходе учётов встречались особи некоторых других окрасок, которых причисляли к прочим.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Город Лянтор располагается к северо-западу от городов Нефтеюганск (65 км) и Сургут (78 км). До 2003 г. синантропные голуби

в этом городе не встречались, а домашние голуби были в питомниках у нескольких любителей.

В 2003 г. нами была обнаружена первая пара синантропных голубей сизой окраски. По внешнему облику они не были похожи на представителей домашних пород, и поэтому мы предположили, что эти голуби являются мигрантами и залетели из г. Сургута или г. Нефтеюганска. В 2004 г. голубей стало больше, во время наблюдений попадались отдельные особи и небольшие группы в 2–3 особи. За два летних сезона размножения (2003 и 2004 гг.) численность голубей увеличилась примерно до 15 особей. Все встреченные синантропные особи были только сизой окраски (табл. 1). В 2005 г. появились группы в 6–10 голубей, а общая численность составляла примерно 30–40 особей. Подавляющее большинство особей имели сизую окраску, и только несколько особей были пегими и чёрночеканными. В 2006 г. в г. Лянторе синантропных голубей стало заметно больше, чем в 2005 г. В октябре 2006 г. общее число птиц оценено приблизительно в 70 особей. Доля голубей чёрночеканной окраски существенно повысилась. Учеты показали, что данная морфа стала преобладать, и ее доля почти вдвое превысила долю сизой морфы. Наблюдение в январе 2008 г. показало, что общее количество голубей в г. Лянторе еще несколько увеличилось, и их численность достигла примерно 80–100 особей. При подсчете окрасочных фенотипов было обнаружено небольшое повышение частот основных морф и уменьшение доли птиц пегой окраски. Но сравнение результатов учетов 2006–2008 гг. с помощью критерия с  $\chi^2$ -квадрат не выявило неоднородности (табл. 2).

Таким образом, нам удалось проследить самые начальные этапы формирования популяции синантропной формы сизого голубя

Таблица 1. Частоты (%) окрасочных морф синантропных сизых голубей г. Лянтора и г. Сургута

Населённый пункт и год учёта	Частоты окрасочных морф, %						Всего, особей
	основные морфы		«аберранты»				
	сизые	чёрночеканные	красные	меланисты	пегие	прочие	
Лянтор, 2003	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2
Лянтор, 2004	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15*
Лянтор, 2006	23.9	43.5	0.0	0.0	32.6	0.0	46**
Лянтор, 2007	26.1	30.4	4.3	0.0	39.1	0.0	23**
Лянтор, 2008	25.5	49.0	0.0	0.0	21.6	3.9	51**
Сургут, 2005	9.5	64.3	3.8	3.2	19.0	0.2	1093**

Примечание: \* – приблизительная численность голубей осенью 2004 г.;

\*\* – объёмы выборок.

Таблица 2. Значения критерия  $\chi^2$ -квадрат при сравнении выборок синантропных сизых голубей по частотам окрасочных морф ( $df=1$ )

Населённый пункт и год учёта	Населённый пункт и год учёта		
	Лянтор, 2007	Лянтор, 2008	Сургут, 2005
Лянтор, 2006	1.20	0.61	12.8*
Лянтор, 2007		2.92	12.9*
Лянтор, 2008			13.9*

в г. Лянторе и процесс формирования ее фенотипического состава. Сизая морфа у синантропных голубей является наиболее мобильной по сравнению с другими окрасочными морфами (Ваничева и др., 1996). Видимо, вследствие этого первая пара голубей была именно сизой окраски. В большинстве случаев формирование популяции синантропных голубей на новом месте начинается с сизой морфы (Обухова, 2001). В 2003 и 2004 гг. все встреченные голуби обладали сизой окраской и только в 2005 г. появилось несколько пегих и чёрночеканных особей. Пегость оперения наследуется доминантно по отношению к нормальной пигментации, а сизая окраска рецессивна по отношению к чёрночеканной окраске (Феринанц, 1985; Mosca, 2000). Поэтому пегие и чёрночеканные особи не могли выщепляться в потомстве у особей сизой окраски. Появление пегих и чёрночеканных особей, таким образом, указывает на вселение в формирующуюся популяцию новых голубей. Эти голуби могли появиться из соседних городских поселений, просто несколько позднее сизых. Различия в летных способностях и миграционной активности голубей разных морф не абсолютны, и к расселению они способны все, но, вероятно, с разной скоростью. Следует отметить, что в соседнем Сургуте черночеканная морфа абсолютно преобладает (см. табл. 1).

Однако пегие и черночеканные голуби Лянтора в 2005 г. имели хорошо выраженные экстерьерные признаки, характерные для домашних пород (чубатость, необычная форма головы, укороченный клюв). Поэтому более вероятно, что эти голуби были одичавшими домашними, улетевшими от местных голубеводов и примкнувшими к синантропным голубям.

Почему же в г. Лянторе синантропная популяция не возникла от одичавших домашних голубей раньше, до появления первой пары синантропных голубей, как это, например, произошло в г. Лабытнанги (Салимов и др., 2007)? Дичающим домашним голубям довольно сложно освоить городскую среду, поскольку они плохо приспособлены к вольной жизни. Большая часть их рано или по-

здно погибает от различных причин. Однако при наличии синантропных голубей они легко примыкают к городским стаям и их шансы на выживание, и, что особенно важно, на размножение, заметно повышаются. Таким образом, генофонд синантропных популяций обогащается генами домашних пород, и впоследствии изредка наблюдаются случаи выщепления породных признаков у синантропных голубей.

Мы предполагаем, что все встреченные нами в 2004 г. птицы были потомками пары голубей обнаруженной в предыдущем сезоне. Затем в 2005 г. в формирующуюся синантропную популяцию, видимо, проникли несколько одичавших домашних голубей, и при скрещивании последних с синантропными сизыми особями могли появиться пегие и чёрночеканные птицы. Возможно, благодаря эффекту гетерозиса, или просто в силу определенных преимуществ черночеканной морфы в городских условиях (Обухова, Креславский, 1985 а, б) гибриды, обладающие чёрночеканной и пегой окраской, быстро распространились. В 2006 г. численность голубей стала относительно высокой, а доля особей чёрночеканной окраски — наибольшей. В сформировавшихся и существующих довольно длительное время поселениях голубей доля чёрночеканных особей всегда является самой высокой (Салимов, 2007). Можно предположить, что голуби каждой окрасочной морфы занимают какую-либо особую субнишу, и субниша, занимаемая чёрночеканной морфой, является в урбанизированных местообитаниях самой большой.

Стремительное увеличение доли чёрночеканных особей в г. Лянторе, скорее всего, имеет ту же причину, что и преобладание данной морфы в других городах — явное преимущество черночеканной морфы в урбанизированных местообитаниях (Обухова, Креславский, 1985 а, б). Особо следует отметить, что в 2006–2008 гг. резких изменений в соотношении доли разных окрасочных фенотипов уже не происходило, что может в принципе свидетельствовать об определенной стабилизации фенооблика молодой популяции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С 2003 по 2008 гг. мы наблюдали формирование синантропного населения сизых голубей в г. Лянторе. Весьма вероятно, что в одних северных городах возникновение и формирование синантропных населений сизых голубей происходило примерно так же, как и в г. Лянторе. В других городах синантропные голуби могли произойти только от одичавших домашних пород, как это, например, произошло в г. Лабытнанги (Салимов и др., 2007). Но во всех

случаях при формировании населения синантропных голубей со временем наблюдается уменьшение доли особей с аберрантными окрасками и увеличение доли сизых и особенно чёрночеканных особей. В сформировавшихся популяциях голубей чёрночеканная морфа всегда преобладает (Салимов, 2007). На основе этого можно предположить, что при формировании синантропного населения голубей идёт процесс перераспределения частот окрасочных морф в сторону наибольшей устойчивости фенотипической структуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Ваничева А.К., Мошкин М.П., Ксенц А.С. и др. Экологические особенности популяций сизых голубей (*Columba livia* Gm.) в промышленных центрах Западной Сибири и их использование в целях мониторинга // Сиб. экол. журн., 1996. № 6. С. 585 – 596.
- Доржиев Ц.З. Экология симпатрических популяций голубей. М.: Наука, 1991. 151 с.
- Клауснитцер Б. Экология городской фауны: пер. с нем. М.: Мир, 1990. 246 с.
- Обухова Н.Ю. Географическая изменчивость окраски синантропных сизых голубей // Генетика, 2001. Т. 37. № 6. С. 791 – 802.
- Обухова Н.Ю., Креславский А.Г. Городской меланизм у сизых голубей (*Columba livia*). Сравнительная демография одной колонии // Зоол. журн., 1985 а. Т. 64. Вып. 3. С. 400 – 408.
- Обухова Н.Ю., Креславский А.Г. Изменчивость окраски в городских популяциях сизых голубей (*Columba livia*): возможные механизмы поддержания полиморфизма // Зоол. журн., 1985 б. Т. 64. Вып. 11. С. 1685 – 1693.
- Салимов Р.М. Окрасочный полиморфизм синантропных сизых голубей Урала и сопредельных территорий // Экология: от Арктики до Антарктики: материалы конф. Молодых ученых. Екатеринбург: Академкнига, 2007. С. 283 – 292.
- Салимов Р.М., Гилёв А.В., Гилёва О.Б. Особенности полиморфизма окраски сизого голубя в северных городах России // Научный вестник ЯНАО. Салехард, 2007. Т. 46. Вып. 2: Современное состояние и динамика природных сообществ Севера. С. 87 – 91.
- Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: Академкнига, 2003. 808 с.
- Феруанц О. Голуби: пер. со словац. Алма-Ата.: Кайнар, 1985. 188 с.
- Mosca F. Pigeon genetics [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.angelfire.com/ga3/pigeongenetics](http://www.angelfire.com/ga3/pigeongenetics), 2000.
- Saari L. *Columba livia* // The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance. London: T and A.D. Poyser, 1997. P. 380 – 381.
- Vaurie Ch. Systematic Notes on Palearctic Birds. №48 Columbidae: The Genus *Columba* // Amer. Museum Novitates. 1961. № 2043. P. 1 – 12.

## ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ХВОЙНЫХ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ГОРАХ ЗАПАДНОГО САЯНА

---

Е.В. Самаркина, М.С. Радогуз

*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск*

В связи с глобальными изменениями климата трансформируются эволюционно сложившиеся комплексы приспособительных реакций живых организмов к условиям существования. Одним из примеров таких трансформаций является уменьшение глубины зимнего покоя растений, что приводит к их преждевременному выходу из состояния покоя в зимнее время при кратковременных оттепелях и усыханию вследствие потерь влаги при транспирации.

Исследования проводились с июля 2007 по март 2008 гг. Для исследования выбрано 5 площадок деревьев пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) и сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) на трассе М-54 (Красноярск — Кызыл): ПП1 — район оз. Светлое (1514 м н.у.м.), ПП2 — база поисково-спасательного отряда МЧС Красноярского края (1430 м); ПП3 — туристическая база «Тушканчик» (1130 м), ПП4 — пос. Танзыбей (390 м), ПП5 — ст. Лесная в окрестностях г. Красноярска (250 м).

У деревьев были измерены морфометрические показатели. Наиболее информативным показателем является охвоенность побегов. На ПП1 количество хвои на единицу длины побега в три раза выше, чем на ПП3. На площади, где представлено ненарушенное сообщество, были отмечены точечные некрозы и хлорозы, тогда как в поврежденных ценозах преобладает полностью некротизированная хвоя и верхушечные хлорозы и некрозы.

Спектрофотометрическим методом определено количество фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* и *b*). В декабре наблюдается стадия глубокого покоя, который не могут нарушить самые благоприятные для роста условия. В этот период у растений заметно снижается количество вырабатываемых пигментов. В конце зимы деревья находятся уже в состоянии вынужденного покоя и при наступлении благоприятных условий они могут начать активный рост.

Регистрацию замедленной флуоресценции хлорофилла проводили на компьютеризированном флуориметре «Фотон-10». Результаты измерения свидетельствуют о том, что фотосинтетическая активность в летнее время выше на площадках, расположенных на большей высоте. Это может быть связано с тем, что длительность вегетационного периода в горах меньше, и деревьям

необходимо быстрее подготовиться к следующему периоду покоя. Начиная с октября, интенсивность фотосинтеза на всех ПП снижается, причем на ПП1, расположенной в районе оз.Светлое, быстрее всего термоиндуцированные измерения нулевого уровня флуоресценции хлорофилла, которые регистрировали на флуориметре «Фотон-5». По соотношению интенсивности флуоресценции при низко- и высокотемпературных максимумах сделан вывод, что у деревьев, произрастающих на ПП5, глубина покоя значительно меньше, по сравнению с другими площадками. Также у этих деревьев наблюдается ранний выход из состояния зимнего покоя, составляющий 3–4 дня, в то время как на остальных площадках это время равно 6–7 дням. Это может быть вызвано расположением ПП5 (ст. Лесная) на меньшей высоте н.у.м.

## **АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ МЕДОНОСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ Г. ИЖЕВСКА**

**Ю.С. Самодина**

*Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск*

Тяжёлые металлы (ТМ) — одни из наиболее распространённых и опасных загрязнителей окружающей среды. Цель нашего исследования: экологическая оценка пригодности медоносной базы города Ижевска для получения продуктов пчеловодства, основанная на измерении содержания ТМ в медоносных растений.

Отбор почвы и растений производился на разных участках г. Ижевска с мая по август 2007 г. Обработано 43 пробы почвы и 104 пробы растений. На атомно-абсорбционном спектрофотометре определялось количество меди и цинка в каждом образце.

Установлено, что наибольшее количество ТМ концентрируется в цветках, что, вероятно, вызвано загрязнением воздуха, а не с миграцией ТМ из почвы в растение. Значительное количество ТМ отмечается в корнях и листьях растений, являющихся первостепенными аккумуляторами ТМ из почвы. Самое низкое содержание ТМ характерно для стеблей. В цветках растений, удалённых от дорог, количественное содержание Си заметно снижается по сравнению с придорожными растениями, при этом содержание Zn в цветках практически не изменяется, что может указывать на другой (кроме автотранспорта) источник, вносящий значительный вклад в атмосферное загрязнение. Наиболее высокая концентрация

Cu и Zn была обнаружена в пробах растений, собранных в непосредственной близости от автобусного парка, что указывает на значительную роль автотранспорта в загрязнении окружающей среды ТМ. Содержание Zn и Cu в цветках большей части проб растений превышают критическое как для самого растения, так и для содержания данных металлов в корме для животных.

Таким образом, исходя из результатов исследований, мы не рекомендуем использовать медоносные растения города Ижевска для сбора с них нектара и пыльцы пчёлами.

## ДОПОЛНЕНИЯ К ФАУНЕ ДОЛГОНОСИКОВ (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) СРЕДНЕГО УРАЛА

**В.В. Сапронов**

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

В изучение фауны долгоносиков Среднего Урала заметный вклад внесли работы В.В. Редикорцева (1908, 1911), Ю.М. Колосова (1936), Ю.И. Новоженова (1958, 1962) и А.Ю. Торопова (1992), в которых в общей сложности отмечено 125 видов слоников, а также работы по фауне Висимского заповедника, в которых отмечено 29 видов куркулионид (Ухова и др. 1996; Ухова, Зиновьев, 2003).

Материалом для данной работы явились коллекции кафедры зоологии УрГУ, многолетние сборы Ю.И. Новоженова, сборы автора за период с 2001 по 2007 гг. из различных географических точек Среднего Урала, а также коллекции зоологического музея ИЭРиЖ УрО РАН и литературные источники. Определение долгоносиков производилось автором. Затем материалы были проверены в ЗИН РАН Б.А. Коротяевым.

Общий список долгоносиков для Среднего Урала к настоящему моменту составляет 167 видов. Нами приводятся виды, новые для этого географического района — *Rutidosoma globulus* (Herbst 1795), *Thamiocolus virgatus* (Gyllenhal 1837), *Ellescus bipunctatus* (Linnaeus 1758). Кроме того, 6 видов впервые отмечены нами для территории Урала: *Lixus filiformis* (Fabricius 1781), *Rhynchaenus lonicerae* Herbst, 1795, *Ceutorhynchus chalybaeus* Germar, 1824, *Ceutorhynchus pollinarius* (Forster, 1771), *Coeliastes lamii* (Fabricius 1792) и *Polydrusus inustus* Germar, 1824.

Указанные выше виды были обнаружены нами в количестве 1–2 экземпляров в пределах г. Екатеринбурга и в окрестностях пгт. Двуреченск Сысертского района Свердловской области.

# ОПЫТ КЛАССИФИКАЦИИ РАСТЕНИЙ ТАТАРСТАНА ПО ТИПАМ АДАПТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ И ОЦЕНКА ИХ СРОДСТВА К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ

**М.Ш. Сибгатуллина**

*Институт экологии природных систем АН Татарстана, г. Казань*

Цель работы — классификация дикорастущих растений Татарстана по типам адаптивных стратегий и исследование особенностей содержания в них Cu, Fe, Zn, Pb и Cd.

Для реализации поставленной цели исследовались растения естественных фитоценозов пригородной зоны и города Казани. Всего было проанализировано 40 видов растений из 21 семейства с семи пробных площадок. Идентификация растений по типам экологических стратегий осуществлялась с использованием соответствующих методов (Frank, Klotz, 1988; Grime et. al, 1988). Обозначения стратегий: *C* — конкуренты; *CR* — сочетание свойств конкурентности и рудеральности; *CSR* — сочетание свойств первичных стратегий; *R* — рудералы; *S* — стресс-толеранты; *CS* — сочетание свойств конкурентности и стресс-толерантности. Содержание металлов в растительных и почвенных образцах анализировали методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе ААС-30 по общепринятой методике (Практикум..., 2001). В таблице приведены средние значения содержания элементов в растениях.

*Таблица. Средние значения содержания элементов в растениях различных типов адаптивных стратегий (мг/кг сухого веса)*

Тип стратегии	Cu	Fe	Zn	Pb	Cd
C	2.85	63.53	13.57	2.43	0.38
CR	4.19	84.89	15.02	6.52	1.25
CR/CSR	4.06	77.30	24.69	7.25	0.57
CSR	3.09	76.36	34.99	4.53	0.65
R*	4.36	44.88	20.40	0.52	1.29
CS	2.65	60.25	12.37	2.44	0.01
S	3.46	94.71	16.47	1.87	0.61

*Примечание: \* — стратегия представлена лишь одним видом.*

Результаты указывают на то, что растения с широкой адаптивной нишей более активно поглощают исследованные элементы. Например, растения с конкурентной стратегией отличаются значительно меньшим содержанием элементов, чем виды со страте-

гиями *CR*, *CR/CSR*, *CSR*. Интересно отметить, что сочетание *C* и *S* стратегий приводит к еще меньшему сродству к элементам, особенно к кадмию. Стратегия *R* представлена только одним видом, следовательно, результаты, полученные для этой стратегии, не достаточны для характеристики ее особенностей. Обнаружен корневой барьер при поглощении железа у видов всех типов экологических стратегий за исключением стресс-толерантов. Корневой барьер при поглощении остальных элементов у видов со стратегией *S* и *CS* также не проявляется. Таким образом, полученные данные выявляют еще одну существенную особенность растений различных типов адаптивных стратегий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Практикум по агрохимии: учебное пособие. 2-е изд. / Под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
- Frank D., Klotz S. Biologisch-ökologische Daten zur Flora in der DDR. Halle-Wittenberg: Martin-Luther-Universität, 1988. 110 S.
- Grime J.P., Hodson J.G., Hunt R. Comparative plant ecology: a functional approach to common British species. London: Unwin Hyman, 1988. 742 p.

### СТАНОВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ОСОБЕЙ МУЖСКОГО ПОЛА ПОД ВЛИЯНИЕМ ИНГИБИТОРОВ ФОСФОДИЭСТЕРАЗНОЙ АКТИВНОСТИ

**Л.А. Сиротенко, Н.М. Бречка**

*Институт проблем эндокринной патологии АМН Украины, г. Харьков*

Ксенобиотики гормональной и негормональной природы, в том числе и фармакологические препараты, которые широко применяются при фетоплацентарной недостаточности (в частности, ингибиторы фосфодиэстеразной активности, посредник гонадотропных гормонов), оказывают существенное влияние в период перинатального развития. В будущем приводят к нарушениям соматополового развития мужского организма. Характер и диапазон негативных эффектов фармакологического воздействия на репродуктивную функцию популяции во многом слабо изучены. Поэтому проведение исследований, которые предполагают изучение отдаленных последствий действия подобных препаратов, является весьма актуальным. Цель нашего исследования: изучить показатели соматополового развития при введении беременным самкам крыс исследуемых препаратов в терапевтической дозе.

Показано, что введение препаратов со свойствами ингибировать фосфодиэстеразную активность в позднем пренатальном периоде приводит к задержке соматополового развития, это может стать причиной бесплодия, как «скрытого» нарушения, обусловленного экзогенным действием веществ, обладающих свойствами эндокринных деструкторов антропогенной природы.

## ОРНИТОФАУНА ЦПКиО Г. КУРГАНА

**Т.Е. Скобелева**

*Курганский госуниверситет*

Наблюдения проведены в период с 2005 – 2007 гг. на территории ЦПКиО г. Кургана на маршруте протяженностью 2,5 км (учеты в первую половину дня дважды в месяц). Всего за период наблюдений зарегистрирована 5501 особь 43 видов птиц, относящихся к 6 отрядам: пластинчатоклювые, ржанкообразные, голубеобразные, совообразные, соколообразные, воробьинообразные. Видовой состав птиц в 2005 – 2006 гг. сходен, в 2007 г. изменился незначительно, а количество особей увеличилось в 2 раза.

По характеру питания виды птиц распределены на 6 групп. В 2005 г. насекомоядных — 43.1%, семенной — 15.7%, плодовой — 19.6%, плотоядных — 1.9%, всеядных — 15.7% и планктоноядных — 4.0%. В 2006 г. возрастает количество видов насекомоядных и плодовой за счет снижения семенной и всеядных птиц. В 2007 г. преобладали виды насекомоядных, плодовой и планктоноядных за счет уменьшения семенной, всеядных и планктоноядных видов.

Выявлено 3 типа биотопического распределения птиц. В 2005 г. в лесопосадках встречается — 63.6%, в открытых пространствах — 20.5%, на водоемах — 15.9%. В 2006 г. численность птиц увеличивается в лесопосадках и открытых пространствах. В 2007 г. количество видов птиц возрастает в лесопосадках и на открытых пространствах, а на водоемах численность птиц не изменяется.

По приспособленности к жизни в городе выявлено 8 групп птиц. В 2005 г. устойчивых полусинантропов — 31.5%, характерных полусинантропов — 23.7%, псевдосинантропов — 21.1%, абсолютных синантропов — 7.9%, условных синантропов — 7.9%, потенциальных — 5.3%. В 2006 г. снижение численности птиц наблюдается только среди устойчивых полусинантропов. Группа асинантропов впервые была отмечена в 2006 г. В 2007 г. увеличение численности птиц наблюдается в группах «псевдосинантропы» и «потенциаль-

ные синантропы» и уменьшение в группах «абсолютные» и «условные синантропы», «характерные полусинантропы», «устойчивые полусинантропы», «псевдосинантропы». В группах «условные полусинантропы» и «асинантропы» численность птиц не изменилась.

По распределению мест гнездования выделено 7 групп. В 2005 г. в кроне деревьев гнездились 24.9% видов, на земле — 20.8%, в кустарниках — 18.8%, в дуплах — 16.7%, в постройках человека — 10.3%, на травянистых растениях и на воде — по 4.2%. В 2006 г. видовое разнообразие увеличилось в группе птиц, гнездящихся в кроне деревьев, а уменьшилось среди гнездящихся в кустарниках и на земле. В остальных группах количество видов остается неизменным. В 2007 г. численность птиц, гнездящихся в кроне деревьев, увеличилась и уменьшилась в группах, гнездящихся на земле и в постройках человека.

По характеру пребывания птицы парка распределены на 3 группы. В 2005 г. обнаружено 86.9% гнездящихся видов, 10.5% вероятно гнездящихся и 2.6% временно гнездящихся. В 2006 г. увеличение видового разнообразия наблюдалось в первой группе, а снижение — во второй. Численность птиц в группе временно гнездящихся не изменилась. В 2007 г. количество видов птиц возросло в группе временно гнездящихся, а снизилось в остальных группах.

По обилию птицы парка подразделены на 5 групп. В 2005 г. на многочисленных приходится 36.2%, обычных — 31.0%, малочисленных — 19.0%, редких — 8.6% и очень редких — 5.2%. В 2006 г. отмечено увеличение видового разнообразия в группах многочисленных, обычных и малочисленных. Состав групп очень редких и редких видов не изменился. В 2007 г. численность птиц увеличилась среди редких, очень редких видов и уменьшилась в группах многочисленных, обычных и малочисленных.

По срокам нахождения на территории парка отмечено 3 группы птиц. В 2005 г. было обнаружено 15.8% зимующих видов, 81.6% перелетных и 2.6% кочующих. В 2006 г. увеличение численности птиц наблюдается в группах «кочующие» и «зимующие», а уменьшение в группе «перелетные». Аналогичная картина наблюдалась в 2007 г. по видовому разнообразию.

В составе орнитофауны парка выделено 4 фаунистических комплекса. В 2005 г. на долю европейского комплекса приходилось — 44.7%, транспалеарктического — 42.1%, сибирского — 7.9% и китайского — 5.3%. В 2006 г. увеличение видового разнообразия отмечено в сибирском комплексе, а уменьшение — в европейском и китайском комплексах. В транспалеарктическом комплексе количество видов не изменилось. В 2007 г. численность птиц в сибир-

ском комплексе возросла, а в транспалеарктическом, европейском и китайском комплексах снизилась.

Таким образом, анализ данных в период с 2005—2007 гг. показывает, что орнитофауна центрального парка разнообразна и динамична и требует дальнейшего изучения.

## СТРУКТУРА И ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ БУРОЗУБОК (*SOREX*) СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И.М. Слуту

*Сургутский госуниверситет*

Природный парк «Сибирские Увалы» расположен в северной части Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа (юг северотаежной подзоны лесной зоны Западной Сибири). Работы по изучению мелких млекопитающих проводились в 2003—2007 гг. Всего добыто 843 зверька, относящихся к шести видам рода *Sorex*: *S. araneus*, *S. caecutiens*, *S. isodon*, *S. minutus*, *S. minutissimus*, *S. tundrensis*.

Средняя бурозубка зарегистрирована во всех биотопах. Больше всего ее отлавливалось в кедрово-елово-пихтовом зеленомошном пойменном лесу, где она многочисленна; в приречных березово-ивняково-черемуховых зарослях и на пушицево-сфагновом низинном болоте она редка, в остальных — обычный вид. Широко на изученной территории представлена и обыкновенная бурозубка, однако по обилию она более чем в 2 раза уступает средней бурозубке. Предпочтительный биотоп для обыкновенной бурозубки — приречный листовеннично-елово-кедровый хвощевой лес. Почти повсеместно встречалась малая бурозубка. Крошечная, тундрная, равнозубая бурозубки встречались сравнительно редко или их поимка носила единичный характер.

Наибольшее значение индекса видового разнообразия Шеннона отмечено в сообществе бурозубок экотона «светлохвойные леса — низинные болота». Болота, как правило, характеризуются бедностью видового состава и обилием мелких млекопитающих.

Видовое разнообразие изменяется в сезонном аспекте. Весной и в начале лета преимущественно отлавливаются виды, относящиеся к сибирскому типу фауны. Максимум видового богатства приходится на первую половину лета, что связано с массовым выходом сеголеток. К осени вновь наблюдается снижение видового разнообразия.

Начало размножения средней и обыкновенной бурозубок приходится на конец первой — начало второй декады мая. В условиях северной тайги в течение сезона размножения у перезимовавших самок средней бурозубки может быть один-два выводка, а у сеголеток — один, но доля участвующих в размножении самок-сеголеток невелика (2.2%). Еще более низкие показатели участия самок-сеголеток в размножении характеризуют обыкновенную бурозубку (0.9%). Самцы, рождения текущего года, обыкновенной и средней бурозубок, в размножении участия не принимают.

Среди перезимовавших животных в конце весны — начале лета выражено преобладание самцов. В конце лета и осенью у средней бурозубки больше отлавливается самок. Резко преобладают самки среди прибылых животных обыкновенной бурозубки в августе и сентябре. Перезимовавшие самки на протяжении всего лета уступают по численности самцам. Соотношение возрастных групп в популяциях средней и обыкновенной бурозубок меняется в течение летнего сезона. Прибылые зверьки появляются в уловах во второй половине июня. Для средней бурозубки доля прибылых во второй половине июня была примерно в 3 раза больше перезимовавших, в то время как у обыкновенной бурозубки соотношение этих возрастных групп близко 1:1. Перезимовавшие зверьки обыкновенной бурозубки, в отличие от средней, регистрировались лишь в августе, а в сентябре не встречались.

## **МЕСТО ФЛОРЫ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ В СИСТЕМЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ФЛОР РОССИИ И СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ПО ВИДОВОМУ СОСТАВУ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА EUPHORBACEAE JUSS. (МОЛОЧАЙНЫЕ)**

**С.В. Соловьёв**

*Курганский госуниверситет*

Семейство Молочайные — одно из самых крупных и широко распространенных семейств цветковых растений, оно объединяет 290 родов и около 7500 видов мировой флоры. В Южном Зауралье произрастает 11 диких видов молочаев. Цель работы: выявить место флоры Южного Зауралья по набору видов семейства Euphorbiaceae среди региональных флор России и Северного Казахстана.

Конспект молочаев Зауралья составлен на основании гербария, собранного нами в сезоны 2005 — 2007 гг., а также гербарных материалов, хранящихся в лаборатории «Гербарий и ботаничес-

кий музей» Курганского госуниверситета, курганской гос. сельхозакадемии, Тюменского госуниверситета и Курганского областного краеведческого музея.

Для сравнения флор использовали опубликованные региональные флористические списки. Составлена сводная таблица, объединившая 96 видов молочаев 48 региональных флор России и Северного Казахстана. Расчет мер включения показал, что во флору Курганской области по набору молочаев включаются Тобольский район «Флоры Сибири», Омская область. Южное Зауралье включается в Заволжский флористический район на 45%. В последний включается Северный Казахстан, который по набору молочаев входит в Южное Зауралье на 64%. Важным свидетельством в пользу узлового положения флоры Южного Зауралья является ее связь с флорами Востока и северо-востока Европейской части России и Урала (Заволжский, Волжско-Камский и Двино-Печерский флористические районы), юга Западной и Средней Сибири (Омская, Томская и Новосибирская области).

## ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗМЕРОВ ТЕЛА ВОСКОВИКА ПЕРЕВЯЗАННОГО (*TRICHIUS FASCIATUS* LINNAEUS, 1758)

**В.А. Сусой**

*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург*

Почти через сто лет после выхода публикации К. Бергмана было обнаружено, что правило, согласно которому размер тела животных увеличивается с широтой, распространяется также на эктотермные организмы. Единая трактовка этого явления отсутствует, хотя большинство исследователей согласны с тем, что оно обусловлено температурой. Существует и обратное правило Бергмана. Согласно ему, размер тела с широтой уменьшается. Вероятно, этот эффект обусловлен длиной сезона, а не температурой (Blanckenhorn, Demont, 2004). Очевидно, оба описанных явления примерно в равной степени представлены среди членистоногих (Ashton, 2002).

Решающим фактором в детерминации типа градиента является время развития относительно длины сезона (Chown, Klok, 2003). Виды с более длительным временем развития чаще демонстрируют обратные клиналы Бергмана, тогда как виды, имеющие небольшие размеры и быстрое развитие — прямые клиналы Бергмана. W. Blanckenhorn и M. Demont (2004) впервые заявили о принципиаль-

ной возможности совместного независимого действия температурного эффекта и эффекта ограниченности длины сезона, и предложили две теоретические модели его осуществления. Наши данные по унивольтинному виду *T. fasciatus* являются эмпирическим подтверждением высказанного предположения и иллюстрируют одну из предложенных моделей. Также мы исследуем половой диморфизм размеров тела (*SSD*) данного вида и его изменчивость, так как до сих пор это явление для данного вида описано не было.

Целью нашей работы является изучение изменчивости размеров тела самцов и самок *T. fasciatus*. Для выполнения данной цели были поставлены следующие задачи: 1) выявить, характерен ли для *T. fasciatus* половой диморфизм размеров тела; 2) изучить изменчивость полового диморфизма восковиков; 3) изучить характер географической изменчивости размеров данного вида.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве показателя, характеризующего размер тела, мы использовали ширину надкрылий. В общей сложности нами изменена 3681 особь (2580 самцов и 1101 самка), принадлежащих к 13 выборкам из семи различных географических точек (рис. 1). В качестве материала использовались, как собственные сборы 2004–2006 гг., так и из коллекции кафедры зоологии УрГУ. Все использованные климатические данные были взяты из электронных ресурсов National Climatic Data Center (NCDC) и Climatoligy & Meteorology Resources.

Нами были получены цифровые изображения надкрылий восковиков. Съемка производилась камерой Canon EOS 400D DIGITAL с использованием объектива EF-S18 – 55mm f/3.5 – 5.6. Изображения подвергались пакетной обработке в Adobe Photoshop Version CS3 (10) (Adobe, 2007). Все промеры выполнены с использованием программы UTHSCSA Image Tool Version 3.0. (UTHSCSA, 2002). Анализ данных проведен в ПСП Statistica 6.0. (StatSoft Inc., 2001). Для оценки полового диморфизма был вычислен индекс  $SSD = (\text{средний размер большего пола} / \text{средний размер меньшего пола}) - 1$ , который считается положительным, когда самцы больше самок и наоборот.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования выявлено, что для *T. fasciatus* характерен половой диморфизм размеров тела. Самки восковиков оказались крупнее самцов во всех рассмотренных нами выборках (в среднем  $SSD = -0.043$ ). Различия размеров между полами статистически

Рис. 1. Точки сбора *T. fasciatus*.

значимы и неслучайны (таблица). Половой диморфизм размеров тела характерен для многих видов насекомых, однако для восковица, по нашим сведениям, был описан впервые.

Установлено, что у восковиц половой диморфизм несколько уменьшается с увеличением размера тела. Отношения между сред-

Таблица. Средние значения ( $M$ ) ширины надкрылий (мм) самцов ( $m$ ) и самок ( $f$ ) *T. fasciatus*,  $t$ -критерий и размеры выборок

Географическая точка	Год	$M, m$	$M, f$	$t$	$n, m$	$n, f$
Свердловская обл., п. Ключи, 56.6 N 61.08 E	1991	7.49	7.83	-8.30	219	146
	2002	7.50	7.87	-6.17	193	47
	2003	7.38	7.66	-4.44	165	50
	2004	7.39	7.68	-6.61	210	115
	2005	7.49	7.76	-5.74	254	101
	2006	7.39	7.69	-7.64	392	93
Иркутская обл., Ербогачен, 60.15 N 104 E	1972	7.09	7.56	-5.03	81	12
Украина, Вижница, 48.23 N 25.18 E	1979	7.14	7.44	-5.82	149	92
Челябинская обл., ИГЗ, 54.97 N 60.07 E	1997	7.68	7.98	-8.71	304	154
	1998	7.44	7.67	-8.00	405	223
Свердл. обл., Денежкин камень, 60.41 N 59.48 E	2005	7.31	7.60	-3.34	64	23
Камчатка, Козыревск, 56.066 N 159.873 E	1977	7.04	7.44	-4.14	25	19
Иркутская обл., оз. Байкал, б. Песчаная, 51.91 N 105.06 E	1977	7.44	7.74	-3.95	119	26

ним размером тела самок и средним размером самцов среди популяций восковинок показывают, что для этого вида слабо выполняется правило Ренша. Согласно названному правилу,  $SSD$  увеличивается с увеличением размера тела, когда самцы больше, чем самки, и уменьшается с размером, когда самки больше самцов (рис. 2).

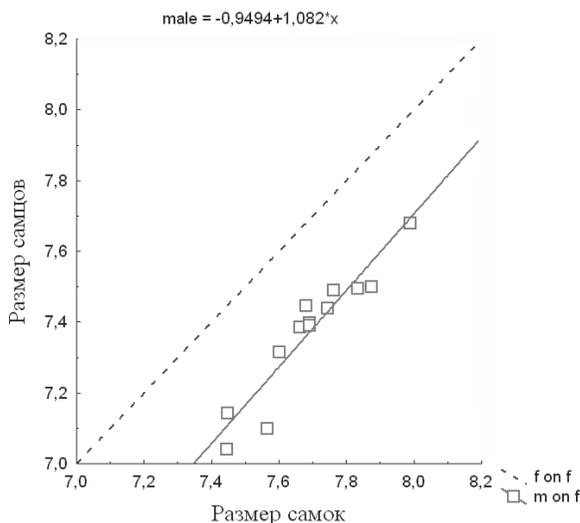


Рис. 2. Отношения средних размеров самцов к размерам самок среди популяций *T. fasciatus*.

Наши исследования показали, что размеры самцов и самок *T. fasciatus* увеличиваются от низких к средним широтам, демонстрируя, по-видимому, действие температурного эффекта (т.е. изменчивость размеров подчиняется правилу Бергмана). Однако, от средних широт к высоким, размер насекомых уменьшается, т.е. изменчивость носит характер обратный правилу Бергмана (испытывая, вероятно, эффект ограниченности длины сезона). Зависимость размера особей популяций высоких широт от длины сезона подтверждается результатами корреляционного анализа (для самцов  $r = 0.92$ ; для самок  $r = 0.78$ ). В целом, зависимость размера от географической широты имеет вид выпуклой кривой (рис. 3).

По-видимому, прямые и обратные клиналы Бергмана могут проявляться совместно и оба типа географической изменчивости размеров не являются взаимоисключающими, так как они опосредованы различными экологическими причинами (температура и длина сезона соответственно) и основные механизмы их действия

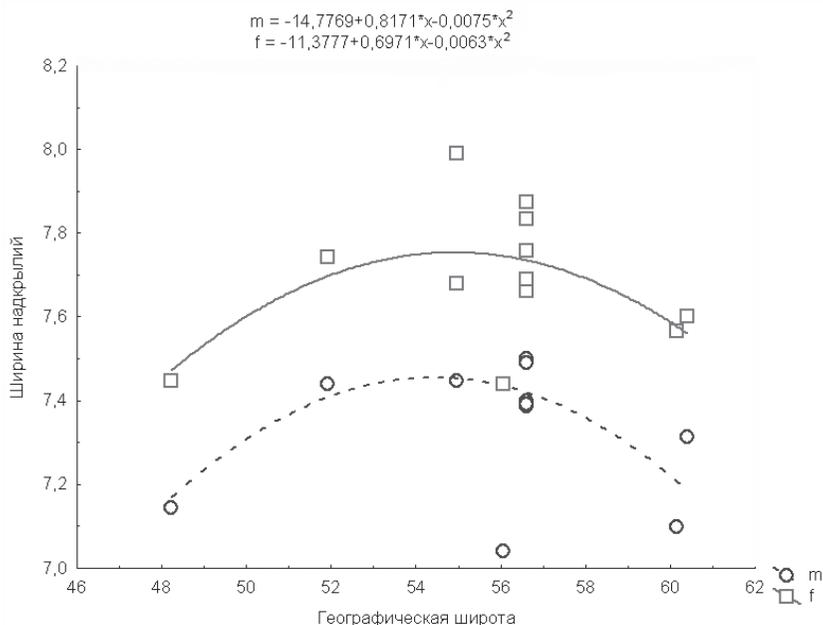


Рис. 3. Зависимость средней ширины надкрылий самцов и самок *T. fasciatus* от географической широты.

различны. Наши данные являются эмпирическим подтверждением теоретической модели изменчивости размеров тела эктотермов при совместном действии этих факторов (Blanckenhorn, Demont, 2004).

Однако данная модель, по-видимому, является не полной. В литературе (Медведев, 1960) указывается, что в зонах северной тайги и лесотундры *T. fasciatus* возможно переходит от унивольтинности к семивольтинности, т.е. от цикла с одним поколением в год к циклу с одним поколением в два года. Если это действительно так, то с определенного момента размеры тела с широтой, вероятно, уменьшаться не будут. В подобных случаях, согласно (Roff, 1980), будут наблюдаться сложные пилообразные градиенты размеров: для унивольтинных видов размер тела с юга на север будет уменьшаться, при переходе к семивольтинности резко увеличиваться, а затем снова уменьшаться. С точки зрения (Johansson, 2003), возможны V-образные градиенты размеров, т.е. после перехода к семивольтинности наблюдается дальнейшее увеличение размеров в результате увеличения жизненного цикла еще на один год.

Таким образом, в дальнейшем, представляется возможным установить, происходит ли у восковика сдвиг от унивольтинности в

сторону двухлетнего и трехлетнего циклов развития, а также определить характер изменчивости размеров тела в самых северных частях ареала.

### ВЫВОДЫ

Выявлено, что для вида *Trichius fasciatus* характерен половой диморфизм размеров тела. Самки восковиков оказались крупнее самцов во всех рассмотренных нами выборках (в среднем  $SSD = -0.043$ ).

Установлено, что у восковиков половой диморфизм несколько уменьшается с увеличением размера тела, таким образом изменчивость  $SSD$  данного вида согласуется с правилом Ренша.

Изменчивость размеров данного вида подчиняется и правилу Бергмана (в более низких широтах) и обратному правилу Бергмана (в более высоких широтах). Показано, что прямые и обратные клиналы Бергмана могут проявляться совместно и оба типа географической изменчивости размеров не являются взаимоисключающими.

### ЛИТЕРАТУРА

- Мегвегов С.И. Фауна СССР. Пластинчатоусые. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960. Т. 10. Вып. 4.
- Ashton K.G. Patterns of within-species body size variation of birds: Strong evidence for Bergmann's rule // *Global Ecol. Biogeography*. 2002. Vol. 11. P. 505–523.
- Blackenhorn W.U., Demont M. Bergmann and Converse Bergmann Latitudinal Clines in Arthropods: Two Ends of a Continuum? // *Integr. comp. biol.* 2004. Vol. 44. P. 413–424.
- Chown S. L., Klok C. J. Altitudinal body size clines: Latitudinal effects associated with changing seasonality // *Ecography*. 2003. Vol. 26. P. 445–455.
- Johansson F. Latitudinal shifts in body size of *Enallagma cyathigerum* (Odonata) // *Journal of Biogeography*. 2003. Vol. 30. P. 29–34.
- Roff D. Optimizing development time in a seasonal environment: the ups and downs of clinal variation // *Oecologia*. 1980. Vol. 45. P. 202–208.

## СОСТОЯНИЕ ПЫЛЬЦЫ МАТЬ-И-МАЧЕХИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

О.А. Тимохина, Л.В. Шилова

*Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия*

В настоящее время загрязнение городской среды сказывается на всех процессах жизнедеятельности растений. Процессы образования микроспор и прорастание пыльцы весьма чувствительны

к действию химических и физических факторов. Исследование влияния промышленных загрязнителей на формирование пыльцы и её состояние позволяет ближе подойти к пониманию процессов генеративного развития и семенной продуктивности растений в условиях загрязнения среды. Цель работы: изучить состояния пыльцы травянистых растений, произрастающих в условиях городской среды.

В качестве объекта исследования выступала мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.) — многолетнее травянистое растение. Для определения качества пыльцы мать-и-мачехи в условиях городской среды были выбраны пять участков, расположенных в различных районах г. Нижний Тагил (Свердловская обл.) и один, расположенный за пределами города. Суммарный показатель загрязнения почв на исследуемых территориях варьировал от 3.5 до 36.5 ед.

На каждом участке пыльцу собирали с 25 растений мать-и-мачехи. Фертильность пыльцы определяли с помощью стандартной ацетокарминовой методики (Паушева, 1980). Размеры пыльцы измеряли с помощью окуляр-микрометра. Жизнеспособность пыльцы оценивали методом висячей капли.

Фертильность пыльцы мать-и-мачехи варьирует в среднем от 79 до 99%. Установлена зависимость изучаемого показателя от уровня загрязнения: по мере увеличения загрязнения почв исследуемых территорий отмечено снижение фертильности пыльцы ( $p < 0.01$ ). Размеры пыльцы мать-и-мачехи варьируют в среднем от 30 до 33 мкм, изменчивость данного признака низкая. Зависимость исследуемого показателя от уровня загрязнения почв не установлена.

Было проанализировано наличие и количество пор (апертур) у пыльцы мать-и-мачехи. Они играют важную роль, и служат для выхода пыльцевой трубки. В норме пыльца должна иметь три поры, которые представляют собой выпячивания протопласта. Установлено, что у растений, собранных в загородной зоне, большая часть пыльцы имеет три поры. Пыльца без ярко выраженных выпячиваний протопласта практически не встречалась. У растений, собранных в городской черте на территориях со средним уровнем суммарного загрязнения почв, преобладает пыльца с одной ярко выраженной порой. Доля такой пыльцы составляет около 40%. Несколько ниже частота встречаемости пыльцы с двумя и тремя порами (25 и 37% соответственно). Частота встречаемости пыльцы без пор составляет в обоих вариантах около 9%. На импактных участках установлено преобладание пыльцы без ярко выра-

женных пор (34%). Частота встречаемости пыльцы с одной, двумя и тремя порами примерно одинаковая и составляет 20%. Кроме того, была изучена жизнеспособность пыльцы мать-и-мачехи, произрастающей в условиях городской среды. В данном исследовании пыльца оказалась нежизнеспособной.

Таким образом, у растений мать-и-мачехи, произрастающих в условиях городской среды, наблюдается снижение фертильности пыльцы и увеличение доли пыльцевых зерен без ярко выраженных пор, а также с одной и двумя порами, что может негативно сказываться на нормальном росте пыльцевых трубок.

#### ЛИТЕРАТУРА

Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1980. 304 с.

### **ПОДВИЖНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПЫЛИ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ ДОРОГ ГОРОДОВ РОССИИ И ГЕРМАНИИ**

**М.И. Тиунова**

*Пермский госуниверситет*

Цель работы: изучить содержание водорастворимых форм химических элементов в пыли проезжей части городских автомобильных дорог. Исследования проводились на территории г. Люнебург (Германия), Краснокамск и Соликамск (Россия). Пробы пыли отбирались с проезжей части дорог с разной интенсивностью транспортных потоков (главные и второстепенные дороги, пешеходная зона). Для анализа химического состава использовали группу фракций механического состава пыли с размером частиц менее 1 мм. Содержание химических элементов проводилось в водной вытяжке, приготовленной в соотношении пробы к растворителю 1:5. В составе водной вытяжки пыли определяли содержание следующих элементов Ag, Al, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, In, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Tl, Zn в диапазоне обнаружения 0.01 — 1000 мг/кг. Концентрацию элементов определяли методом оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе Perkin Elmer 3300 RL. Важнейшим фактором подвижности элементов в среде выступает реакция раствора. В пробах пыли определяли величину обменной кислотности (*pH* солевой вытяжки) стандартным методом. Для дорог г. Люнебург установлена реакция

близкая к нейтральной ( $pH=7.4$ ), для городов Краснокамск и Соликамск — сильнощелочная реакция ( $pH=8.4$ ).

По результатам исследования установлено, что в пыли проезжей части городских автомобильных дорог трех городов обнаружены существенные различия по содержанию водорастворимых форм химических элементов (таблица), что связано с различными окислительно-восстановительными свойствами пыли и разной техногенной нагрузкой исследуемых территорий.

*Таблица. Содержание водорастворимой фракции токсичных элементов, микроэлементов и макроэлементов в придорожной пыли (мг/кг)*

Химические элементы	Страна и город исследования		
	Германия	Россия	
	Люнебург	Краснокамск	Соликамск
Al	11.7	10.6	12.3
B	0.52	0.08	0.15
Ba	0.19	0.16	0.12
Ca	66.1	85.2	60.8
Co	-	-	0.03
Cr	-	-	-
Cu	0.52	0.12	0.10
Fe	11.2	10.6	17.1
Ga	0.13	0.11	0.12
K	26.8	21.2	29
Li	-	0.03	0.04
Mg	10.3	14.6	13.1
Mn	0.38	0.004	0.03
Na	35.7	28.4	29.9
Ni	0.02	0.02	0.04
Pb	0.06	0.08	0.04
Sr	0.33	0.28	0.25
Zn	0.37	0.104	-

*Примечание: «-» — не обнаружено.*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ОБЫКНОВЕННОГО В БАШКИРСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ**

**Е.А. Тишкина**

*Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург*

Можжевельник обыкновенный мало изучен на Южном Урале — на южной границе своего географического ареала, на стыке горно-лесной и лесостепной природных зон в Башкирском заповеднике (район светлохвойных и мелколиственных лесов и круп-

нотравных лугов). Рельеф заповедника горный. Сплошные лесные насаждения на склонах сменяются на вершинах южных склонов горными степями, большими и малыми полянами с богатым разнотравьем. Локальные популяции — самая распространенная форма существования можжевельника в горных экосистемах Урала. В границах фитоценоза встречаются ценопопуляции можжевельника обыкновенного.

Цель настоящей работы — изучить особенности экологической приуроченности можжевельника обыкновенного на южной границе ареала светлохвойных лесов. В задачи исследования входило: во-первых, выяснение фитоценологических связей можжевельника обыкновенного с составом древостоя и подлеска в различных типах леса и экотопах в оптимальных и экстремальными условиях существования этого вида; во-вторых, отбор декоративных форм можжевельника обыкновенного в природных условиях.

Количественные учеты выполнены на 10 временных пробных площадях 50 x 60 м, заложенных в отличающих друг от друга местообитаниях. Исследовано 5 ценопопуляций и 5 локальных популяций, расположенных в различных растительных сообществах в характерных горно-степных ландшафтах Башкирского заповедника. Декоративными формами считали особи с различной конфигурацией кроны (пирамидальная, колонновидная, шаровидная и др.).

В таблице приводится характеристика обследованных местообитаний можжевельника обыкновенного в Башкирском заповеднике.

Ценопопуляции можжевельника обыкновенного встречаются в разреженных насаждениях (сомкнутость древесного полога 0,4 — 0,7) сосняков зеленомошных. Локальные популяции — на открытых пространствах, на высоте выше 650 м н.у.м. Преимущественная приуроченность можжевельника к соснякам зеленомошным позволяет считать их экологическим оптимумом для его существования. Так, высокая плотность можжевельника в ценопопуляции обнаружена в сосняке зеленомошном на высоте 630 м н.у.м. — 2260 особ./га. Здесь же наиболее велико его формовое разнообразие — 9 форм (биотипы с очень острым углом ветвления, с зеленой и голубой хвоей, по окраске шишкочкогд — черные и с сизым налетом и др.). В лиственничнике зеленомошном на высоте 740 м н.ур. м. зарегистрирована наибольшая плотность ценопопуляции (2800 особ./га) и найдено 8 форм можжевельника. В разнотравно-типчаковой степи, горной степи и на вырубке обнаружено от 1 до 4 форм. Ценопопуляция можжевельника из одиночных плодоносящих особей (80 тыс. шишкочкогд/га) в сосняке зеленомошном (620

Таблица 1. Характеристика местообитаний можжевельника обыкновенного в Башкирском заповеднике

Высота н.у.м. (м), экспозиция склона	Почва	Растительное сообщество, тип леса	Древостой				Кол-во особей, шт./га	Число декора- тивных форм, шт.
			высота, м	диаметр, см	возраст, лет	бонитет		
650, ЮВ	черноземовидная щербнистая	разнотравно- типчаковая степь сосняк зеленомошный	7	16	-	-	806	3
620	серая горно-лесная	сосняк зеленомошный	15	16	35	3	123	2
670, ЮВ	скелетная щербнистая	кустарниковая каменистая горная степь	8	16	-	-	1203	7
630, ЮВ	слаборазвитая горная дерново- лесная	сосняк зеленомошный	17	16	24	3	1600	7
630, ЮВ	черноземовидная щербнистая	вырубка	-	-	-	-	126	4
630, ЮВ	слаборазвитая горная дерново- лесная	сосняк зеленомошный	18	10	29	3	2260	9
800, Ю	скелетная щербнистая	горная степь	-	-	-	-	960	2
740	серая горно-лесная	лиственничник зеленомошный	15	10	27	3	2817	8
Граница заповедника	серая горно-лесная	вырубка	-	-	-	-	226	1
Граница заповедника	луговая темноцветная	сосняк зеленомошный	21	16	30	4	580	2

м н.у.м.) расположена рядом с экологической тропой и имеет повреждения 60–70%. Аналогичное состояние (усыхание 50–70% особей) наблюдается в сосняке зеленомошном (630 м н.у.м.). На территории Башкирского заповедника преобладает куртинное расположение биотипов можжевельника.

## РОД *VERONICA* L. (SCROPHULARIACEAE) В ЗАУРАЛЬЕ: ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМАТИКИ И ГЕОГРАФИИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

**Е.С. Грубкина**

*Курганский госуниверситет*

Род *Veronica* относится к числу крупных и широко распространенных родов флоры России. В мире — около 300 видов, в России — около 100 видов вероник (Еленевский, 1978). Во флоре Зауралья род *Veronica* занимает ведущее место в семействе и включает по нашим данным 15 видов из секций *Pseudo-Lysimachium*, *Beccabunga*, *Veronica*, *Veronicastrum*, *Alsinebe*. Цель работы — выявление особенностей систематики и географии представителей рода *Veronica* флоры Южного Зауралья.

По частоте встречаемости восемь видов вероник на рассматриваемой территории обычны (*V. longifolia* L., *V. incana* L., *V. spicata* L., *V. anagallis-aquatica* L., *V. scutellata* L., *V. prostrata* L., *V. chamaedrys* L.). *V. chamaedrys* L. южнее 55°30' с.ш. практически не встречается. *V. incana* L. приурочена исключительно к степным местообитаниям речных долин. Остальные виды редкие (*V. beccabunga* L., *V. krylovii* Schischkin, *V. officinalis* L., *V. teucrium* L., *V. serpyllifolia* L., *V. arvensis*, *V. verna* L.); из них два вида занесены в Красную книгу Курганской области (2002) — *V. officinalis* L. (статус 2) и *V. teucrium* L. (статус 3); *V. beccabunga* L. — единственная находка в Зауралье (Шадринский район, пос. Агашино).

К наиболее сложным в систематическом отношении относится группа вероник из родства *V. spicata*, отличающаяся существованием схожих между собой многочисленных рас, одними ботаниками рассматриваемых в ранге подвидов, разновидностей и форм, другими — в качестве самостоятельных видов (микровидов) нередко с серией промежуточных форм, связывающих эти слабо обособленные морфологически таксоны с не всегда четкими границами распространения. Ключевые морфологические признаки, используемые для диагностики вероник из родства *V. spicata*, трудно

поддаются формализации. Нами в отношении систематического статуса *V. spicata* sp. agg. принимается подход, предложенный Н.Н. Цвелевым (2005).

*V. spicata* L. (В. колосистая) — многолетнее травянистое короткокорневищное растение, лесостепной вид. В Зауралье этот вид обычен и представлен тремя подвидами. *V. spicata* L. subsp. *spicata* (2–4 пары нижних листьев и нижняя часть стеблей покрыты простыми волосками; нижние доли венчика ланцетные; их длина в 3–4 раза больше ширины). *V. spicata* L. subsp. *bashkiriensis* (только основание стеблей и самые нижние листья покрыты простыми волосками; 3 нижних доли венчика ланцетные; их длина в 4–7 раз больше ширины, завязи густо волосистые, все стеблевые листья, кроме самых нижних, железисто-волосистые). *V. spicata* subsp. *maeotica* (опушение всего растения до самого соцветия состоит только из простых волосков, обычно густо расположенных и довольно длинных. Венчики цветков этого подвида часто розовые). В свою очередь, типовой подвид *V. spicata* subsp. *spicata* представлен в Зауралье двумя разновидностями: *V. spicata* subsp. *spicata* var. *spicata* (имеет довольно густое опушение побегов) и *V. spicata* subsp. *spicata* var. *pseudorchidea* (разновидность с голыми листьями и стеблями в нижней части побегов). Подвид *V. spicata* L. subsp. *bashkiriensis* представлен обычной у нас синецветковой разновидностью и редко отмечаемой разновидностью с белыми венчиками — *V. spicata* L. subsp. *bashkiriensis* var. *albiflora*.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Еленевский А.Г. Систематика и география вероник СССР и прилежащих стран. М.: Наука, 1978. 112 с.
- Цвелев Н.Н. Проблемы теоретической морфологии и эволюции высших растений: Сборник избранных трудов. М.-СПб.: Т-во науч. изд. «КМК», 2005. 349 с.

### ФАУНА И ЭКОЛОГИЯ ТЛЕЙ (НОМОПТЕРА, АРНИДИНЕА) БИОСТАНЦИИ УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

О.В. Ухова\*, Г.А. Замшина\*\*, Н.В. Николаева\*\*

\*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

\*\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Тли (Homoptera, Aphidinea) — один из подотрядов равнокрылых насекомых, насчитывающий более 4400 видов, представители

которого освоили в качестве кормовых растений практически все таксоны — от мхов и папоротников до покрытосеменных. Афидофауна территории бывшего СССР насчитывает более 1000 видов, объединенных в 13 семейств мировой фауны (Шапошников, 1964). Сложная морфофункциональная и клоновая структура популяций тлей определяет их экологическую пластичность и сравнительно быстрые адаптивные изменения жизненных циклов. Являясь безусловными *r*-стратегами, тли способны быстрее других растительноядных насекомых заселять потенциальные кормовые растения. Благодаря размножению партеногенезом достигается почти восьмикратное увеличение репродуктивного потенциала в сравнении с обоеполыми насекомыми сходного размера. Хорошо известны симбиотические отношения тлей с муравьями, которые способны эффективно защищать колонии от энтомофагов.

Мозаичность и разнообразие состава растительных сообществ Урала создает предпосылки для формирования разнообразных локальных афидофаун. Между тем, фауна тлей Урала практически не изучена. В крупных монографиях (Шапошников, 1964; Ивановская, 1977) для Урала отмечено не более 20 видов тлей. Проведенные в 1968–1970 гг. исследования фауны тлей г. Свердловска (Екатеринбурга) и окрестностей выявили 68 видов, а фауны биостанции УрГУ в 1968 г. — 43 вида (Н.В. Николаева, неопубликованные данные). Целью настоящей работы было дальнейшее изучение фауны и экологии тлей территории биостанции УрГУ.

Задачи исследования: установить видовой состав тлей, распределение их по некоторым характерным биотопам, уровень обилия; дать характеристику видов тлей по их зональному и географическому распространению; выявить особенности жизненных циклов у видов локальной афидофауны; выявить круг кормовых растений тлей, дать характеристику их пищевой специализации; характеризовать круг симбиотических связей тлей и муравьев.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Зональные геокомплексы междуречья р. Исети и Сысерти относятся к подзоне южной тайги. Активное хозяйственное освоение района в течение более чем полутора веков привело к развитию синантропной растительности и флоры. Исходя из описанных в литературе (Мухин и др., 1994) особенностей флоры биостанции, для регулярных исследований тлей были выбраны пять характерных биотопов: 1) Растительные ассоциации с выраженным антропогенным воздействием (обочины асфальтовой дороги через со-

сновый лес, поля сельскохозяйственных растений, окраины г. Двуреченска). 2) Залежный луг в пойме р. Сысерти. 3) Спелый сосновый лес с высокой сомкнутостью крон и сложной ярусностью. 4) Остепненный склон водохранилища р. Сысерти. 5) Остепненный берег р. Сысерти.

Сборы проводились в июне — августе 1968 и 2007 гг. Сбор, фиксацию и определение проводили согласно общепринятой методике (Шапошников, 1964). Определение тлей проводили с использованием микроскопа Carl Zeiss, Stemi 2000c при увеличении 50x, 75x, 100x. Определение собранных муравьев было проведено к.б.н. А.В. Гилёвым. Всего в результате 144 учетов собрано и определено 6245 экз. тлей, 292 экз. муравьев и 144 экз. растений.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований 1968 и 2007 гг. в составе афидофауны обнаружено 74 вида, относящихся к 34 родам, 7 семействам. Наиболее богато представлено эволюционно молодое сем. Aphididae (21 род, 55 видов), наибольшим числом видов (24) — номинальный род *Aphis*. Сем. Callaphididae представлено восьмью видами шести родов, сем. Chaitophoridae — пятью видами двух родов. Остальные 4 семейства (Adelgidae, Lachnidae, Thelaxidae, Pemphigidae) представлены одним-двумя родами (Adelgidae) и видами. Преобладание в фауне видов семейства Aphididae (74% от общего числа) характерно для афидофаун европейской и западносибирской территорий России (Шапошников, 1964; Ивановская, 1977) и рассматривается как свидетельство их относительной молодости. Возможно, видовой состав тлей биостанции УрГУ является не полным, однако в нем пропорционально представлены основные таксоны, характерные для типичных ландшафтов умеренной зоны России. По данным О.И. Ивановской (1977), в зоне лесов Западной Сибири отмечено 147 видов (в южно-таежной подзоне — более 100), однако в рамках её исследований проанализирована несравнимо большая территория.

Ареалогический анализ показал, что в составе локальной афидофауны преобладают евроазиатские виды (23) — 31.1% от общего числа видов; евросибирские виды (18) составляют 24.3%, голарктические виды (19) — 25.7%, европейские (4) — 5.4%, транспалеарктические (2) — 2.7%, сибирские (1) — 1.3% и космополитные (7) — 9.5%. В пределах своих ареалов 50 видов из указанного списка встречаются повсеместно, один считается редким, остальные 23 вида встречаются умеренно широко или спорадично. Следует отметить, что пять видов: *Pterocallis alni* Deg., *Schizaphhis scirpi* Kitt.,

*Aphis cytisorum* Hartg., *A. genistae* Scop., *A. verbasci* Schrk. — не были отмечены на территории Западной Сибири (Ивановская, 1977). Анализ ареалов компонентов флоры биостанции (Мухин и др., 1994), особенно лесных, пойменных и рудеральных сообществ, выявил аналогичное доминирование растений с голарктическим, евроазиатским, евросибирским ареалом. Это свидетельствует о высокой сопряженности исторических процессов формирования флоры и афидофауны региона.

По ландшафтной приуроченности отмеченные виды тлей распределяются следующим образом: лесные (13 видов) — 17.5%, лесостепные (14 видов) — 19.0%, степные (6 видов) — 8.1%, полизональные (41 вид) — 55.4%. Анализ особенностей жизненных циклов видов показал, что в составе афидофауны биостанции облигатные дендрофилы представлены 23 видами (31% фауны), облигатные хортофилы — 34 (46%), факультативные дендро-хортофилы — 17 (19%).

Анализ распределения тлей различных видов по характерным биотопам показал, что наиболее разнообразна фауна тлей (35 видов) в зоне повышенного антропогенного воздействия (биотоп 1) и на пойменном залежном лугу (биотоп 2). Количественные данные свидетельствуют и о заметно более высоком обилии тлей в биотопах 1, 2 и 4 (соответственно — 33, 29 и 27% от общего числа особей), по сравнению с биотопами 3 (7%) и 5 (4%). Отсутствие густого древостоя в биотопах 1, 2 и 4, создаёт особенно благоприятные условия для расселения тлей (в том числе — с помощью ветровых потоков) и обнаружения предпочитаемых растений-хозяев.

При классификации тлей по степени пищевой специализации использованы термины «монофаг», «олигофаг» и «полифаг», применяемые в афидологической литературе. Группу монофагов образуют 38 видов (51% фауны), куда входят обитатели древесных растений — виды сем. Adelgidae, Lachnidae, Callaphididae, Chaitophoridae, Aphididae, п/сем. Pterocommatinae (18 видов) и 16 хортофильных видов п/сем. Aphidinae. К олигофагам относятся 30 видов (40.5% фауны) п/сем. Aphidinae. К полифагам принадлежат 6 видов (8.5% фауны) (голаркты и космополиты). Многие олигофаги и полифаги населяют все характерные биотопы за счет присутствия там рудеральных видов растений. Список видов высших наземных сосудистых растений, используемых тлями, включает 66 видов 27 семейств из 397 видов 80 семейств во флоре биостанции.

Таким образом, на данный момент установлены трофические связи тлей с представителями 17% от всего числа видов и 37% — от числа семейств флоры. По числу видов тлей (13) и видовому

составу их растений-хозяев (10) четко выделяется семейство сем. Asteraceae. В общем характере распределения видов тлей по кормовым растениям разных таксонов проявляется определенное сходство с таковым на огромной территории Западной Сибири (Ивановская, 1977). Следует отметить, что 26 видов растений, т.е. 40% от общего числа (66) заселяемых тлями видов, относятся к 10 ведущим семействам рудеральной флоры, и обильны в биотопах 1, 2 и 4. То обстоятельство, что 33 вида тлей связаны с рудеральными растениями, свидетельствует об огромной фаунообразующей роли последних.

Изучение связей тлей с муравьями в 2007 г. выявило их наличие в 45 учетных пробах из 77. Регулярное присутствие в колониях 33 видов тлей (45% фауны) отмечено для 8 видов муравьев. Мирмекофильные тли представлены сем. Lachnidae (1 вид), Thelaxidae (1 вид), Callaphididae (1 вид), Chaitophoridae (3 вида), Aphididae (27 видов). Муравьи (Hymenoptera, Formicidae) были представлены родами *Formica* (4 вида), *Camponotus* (1 вид), *Myrmica* (1 вид) и *Lasius* (2 вида). Эти результаты значительно дополняют данные других исследователей о связях муравьев разных видов, особенно р. *Lasius*, с тлями.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Ивановская О.И. Тли Западной Сибири. В двух томах. Новосибирск, Наука, 1977. Т. 1. 272 с.
- Мухин В.А., Третьякова А.С., Теншина А.Ю. и др. Флора и растительность биологической станции Уральского государственного университета: Учебное пособие по летней полевой практике для студентов биол. фак. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2003. 123 с.
- Шапошников Г.Х. Подотряд Aphidinea — тли. Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 1. М. — Л.: Наука. 1964. С. 489—616.

### РОЛЬ ПОЛИАМИНОВ В РЕГУЛЯЦИИ АКТИВНОСТИ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ ПРИ АДАПТАЦИИ *E. COLI* К ОКИСЛИТЕЛЬНОМУ СТРЕССУ

М.В. Федотова

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, г. Пермь

Полиамины — биогенные поликатионы, неизменно присутствующие в клетках про- и эукариот и оказывающие значительное влияние на клеточные процессы как в период нормального роста,

так и в условиях стресса. Ранее нами было показано, что в условиях супероксидного окислительного стресса в клетках *E. coli* полиамины положительно модулируют экспрессию адаптивных генов, организованных в *soxRS* регулон, как на уровне транскрипционного регулятора *soxS*, так и на уровне исследованных генов-мишеней. Результатом этого является возрастание в клетках количества соответствующих генных продуктов. Одним из основных ферментов антиоксидантной защиты является Mn-супероксиддисмутаза (Mn-SOD), катализирующая разложение супероксидных радикалов. Данный фермент кодируется геном *sodA*, экспрессия которого находится под контролем *SoxS*.

Изучение влияния полиаминов на экспрессию *sodA* и активность Mn-SOD в условиях супероксидного стресса, воспроизводимого добавкой параковата, явилось целью данной работы. Результаты экспериментов показали, что добавка полиаминов в культуру *E. coli*, подвергнутую супероксидному стрессу, несмотря на значительное стимулирование экспрессии *soxS*, не вызывала статистически значимого возрастания экспрессии *sodA*. Известно, что Mn-SOD является основной у бактерий в условиях аэробного экспоненциального роста, поэтому регулирование ее содержания в клетках происходит, в основном, на посттранскрипционном уровне.

Исследование активности супероксиддисмутазы показало, что в клетках, выращенных в присутствии полиаминов, наблюдалось 40–60%-ное снижение ферментативной активности, что свидетельствует об участии данных соединений в посттранскрипционной регуляции активности СОД. В экспериментах *in vitro* обнаружено, что полиамины, в частности, путресцин, не влияли на способность супероксиддисмутазы ингибировать реакцию восстановления тетразолия супероксидными радикалами, генерируемыми в системе NADH – феназинметасульфат. Эти данные отрицают возможность прямого действия полиаминов на активность СОД. Наблюдаемое снижение активности СОД в присутствии полиаминов может быть опосредовано показанной нами ранее способностью данных соединений нейтрализовать супероксидные радикалы. Зависимость активности фермента от количества супероксиданиона в клетке подтверждают наши эксперименты, в которых показана прямая зависимость между активностью супероксиддисмутазы и интенсивностью аэрации и обратная зависимость между активностью СОД и плотностью культуры. Другим возможным механизмом регуляции в данном случае может быть защита железо-серных кластеров ферментов дегидратаз, в частности, аконитаз, от разрушения

супероксидными радикалами. В литературе описана зависимость стабильности белковой молекулы супероксиддисмутазы от состояния железо-серных кластеров дегидратаз. Способность полиаминов предохранять Fe-S кластеры дегидратаз подтверждают результаты ранее проведенных экспериментов. Мы показали, что в условиях супероксидного стресса в культуре *E. coli*, выращенной с добавкой путресцина, активность конститутивной фумаратредуктазы на 10–13% выше, чем в культуре без путресцина. Данный фермент содержит Fe-S кластеры, которые разрушаются супероксидными радикалами, что приводит к инактивации фермента. Поэтому в условиях окислительного стресса индуцируется изоформа фермента, не имеющая в своем составе таких кластеров.

Таким образом, в условиях окислительного стресса полиамины снижают активность супероксиддисмутазы, действуя на посттранскрипционном уровне. Наблюдаемый эффект полиаминов может быть обусловлен их способностью нейтрализовать супероксидные радикалы.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проекты № 05–04–48091 и 07–04–96003).

## МИКОРИЗА ИВЫ В УСЛОВИЯХ ЗОЛОТВАЛА

М.Е. Филатова

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Микосимбиотрофические связи широко распространены в сообществах высших растений и имеют для них большое значение, обеспечивая микотрофным видам преимущества в приспособлении к условиям окружающей среды (Селиванов, 1981). При изменении условий среды происходит смещение равновесия в природных комплексах, нарушение консортивных связей, и, в частности, микориз. В связи с этим большой интерес представляет изучение симбиотических связей в растительных сообществах, формирующихся на техногенных объектах.

Целью нашей работы было изучение особенностей анатомического и морфологического строения эктомикориз 6 видов ивы — *Salix cinerea* L., *S. viminalis* L., *S. caprea* L., *S. triandra* L., *S. pentandra* L., *S. myrsinifolia* Salisb, — произрастающих на участке самозарастания золоотвала Среднеуральской ГРЭС, расположенного в 26 км от г. Екатеринбург в таежной зоне.

Материал был собран в середине июля 2007 г. Корни выкапывались с глубины 20 см и фиксировались 70%-ным спиртом. При камеральной обработке измерялись корни средней пробы, взятой с 5 экземпляров растений, общей длиной 500 см и подсчитывалось количество микоризных окончаний на них. Затем высчитывалось среднее число микориз, приходящиеся на 100 мм длины корня (плотность микориз), определялась форма микоризных окончаний. На срезах толщиной 25 мкм, сделанных на замораживающем микротоме, определялись тип микоризы и толщина мицелиального чехла.

Установлено, что в условиях золоотвала изученные виды в основном среднемикотрофны: *S. viminalis*, *S. caprea*, *S. cinerea* и *S. pentandra*. Плотность микориз у этих видов соответственно равняется 14, 12, 11 и 10 шт./ 100 мм длины корней. Два вида слабомикотрофны — *S. triandra* (7 шт./ 100 мм длины корней) и *S. myrsinifolia* Salisb. (3 шт./ 100 мм длины корней). Формы микоризных окончаний — булавовидные, удлинненно-булавовидные и четковидные. Преобладающий тип мицелиальных чехлов по классификации Т. Доминика (1963) — тип В. Также встречаются типы Е и С. У всех изученных видов обнаружена арбускулярная эндомикориза.

Установлено, что ивы, которые приурочены к сырым местобитаниям (*S. triandra*, *S. myrsinifolia*) имеют менее развитую микоризу в условиях золоотвала. Следует отметить, что у слабомикотрофных видов ив малое количество микоризных окончаний в некоторой степени компенсируется увеличением толщины микоризного чехла, по сравнению со среднемикотрофными видами.

Таким образом, условия золоотвала являются достаточно благоприятными для образования и развития консортивных связей между растениями (ивой) и грибом. Показатели плотности микориз в естественных условиях произрастания (Логинава, Ивашкина, 1985) выше, чем на исследуемой нарушенной территории, формы и типы микориз совпадают.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Доминик Т. Классификация микориз // Микориза растений. М., 1963. С. 245–258.
- Логинава В.Г., Ивашкина Л.А. Микориза ив // Микориза и другие формы консортивных связей в природе. Пермь: ПГПИ, 1985. С. 30–32.
- Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза М.: Наука, 1981. 232 с.

## ВНУТРИ- И МЕЖПОПУЛЯЦИОННЫЕ СРАВНЕНИЯ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*CLETHRIONOMYS GLAREOLUS* SCHREBER, 1780)

---

М.А. Фоминых (Елькина), Л.Э. Ялковская

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Оценка онтогенетической нестабильности комплексных морфологических структур представляет интерес как при изучении природы внутри- и межвидовой изменчивости, так и механизмов эволюционных преобразований. Одной из ее характеристик служит флуктуирующая асимметрия (ФА) билатеральных структур (ненаправленные различия в проявлении признака на правой и левой стороне тела). Многими исследователями было показано, что изменение уровней может указывать на нарушение процессов развития в популяции и рассматриваться в качестве индикатора стрессорирующих воздействий внешних и внутриорганизменных факторов (Захаров, 1987; Leamy, 1984; Palmer, 1986; Hallgrímsson, 1998). В настоящее время, однако, появились работы, подтверждающие правомерность использования при исследованиях нестабильности развития не только флуктуирующей, но и направленной (большее проявление признака на определенной стороне тела) асимметрии (Lens, Van Dongen, 2000).

Одним из модельных объектов при изучении степени морфологической дифференциации популяций, а также при исследовании онтогенетической нестабильности является нижняя челюсть грызунов, состоящая из нескольких отделов — онтогенетических модулей, различающихся по последовательности своего развития и функциональной нагрузке (Atchley, Hall, 1991; Vogl et al., 1994). Рядом исследований, выполненных на лабораторных мышах, продемонстрирована правомерность выделения не менее двух морфофункциональных отделов (модулей) нижней челюсти (Leamy, 1984, 1993; Klingenberg et al., 2001; 2003): переднего или области диастемы и заднего, включающего часть нижнечелюстной дуги и отростки. С таким подходом согласуются также и наши данные, полученные при изучении асимметрии нижней челюсти полевок рода *Clethrionomys* (Елькина, Ялковская, 2007; Yalovskaya et al., 2008).

Цель исследования — сопоставить уровни онтогенетической нестабильности нижней челюсти с учетом её модульного строения у рыжей полевки из двух популяций Среднего Урала.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе исследованы 83 рыжие полевки, отловленные в 2000 (N = 57) и в 2006 (N = 26) гг. в окрестностях п. Шигаево Свердловской области (57°15' с.ш., 58°44' в.д.) и 80 полевок, отловленных в 2006 г. в Висимском государственном биосферном заповеднике (57°22' с.ш., 59°46' в.д.).

Анализ асимметрии мандибулярных структур проведен с использованием методов геометрической морфометрии в пакете программ TPS (Rohlf, 2001). Оцифрованные изображения нижних челюстей животных получены с помощью цифровой камеры Nikon Coolpix 4500 через окуляр микроскопа «Carl Zeiss» Stemi 2000-C при постоянном увеличении (6.5 x). На правую и левую ветви челюсти было нанесено 12 меток (landmarks), 5 из которых описывали форму переднего отдела (I модуль) и 7 — заднего (II модуль) (рис. 1). Двукратную расстановку и вычисление координат каждой метки в прокрустовом пространстве проводили с использованием программ TPSdig и TPSrelw (Rohlf, 1998; 2001).



Рис. 1. Схема расположения меток (landmarks) на нижней челюсти *C. glareolus* (пунктирной линией обозначена граница между модулями).

При изучении асимметрии следовали методологии, рекомендованной Палмером и Стробеком (Palmer, Strobeck, 2003). Величину индекса асимметрии, включающего как флуктуирующую, так и направленную асимметрию, для каждой метки рассчитывали на основании значений ее координат на правой и левой стороне челюсти по формуле (Klingenberg, McIntyre, 1998):

$$\text{индекс асимметрии} = \sqrt{(R_x - L_x)^2 + (R_y - L_y)^2},$$

где  $R_x$  и  $R_y$  — значение координат ландмарки правой, а  $L_x$  и  $L_y$  — левой ветвей нижней челюсти.

Интегральные показатели асимметрии модулей для каждого животного были получены усреднением индексов асимметрии совокупности меток. При статистической обработке данных использован метод главных компонент и дисперсионный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для выявления связи между индексами асимметрии отдельных меток для всего объема данных был применен метод главных компонент. На основании критерия собственных чисел (Ким, Мьюллер, 1989) выделяются четыре главные компоненты, объясняющие около 60% дисперсии (табл. 1).

Таблица 1. Результаты анализа главных компонент показателей флукутирующей асимметрии 12 меток нижней челюсти

№ метки	Главные компоненты			
	1	2	3	4
L1	-0.416	-0.167	0.494	0.344
L2	-0.486	-0.089	0.345	-0.181
L3	-0.245	-0.407	-0.561	0.357
L4	-0.513	-0.48	-0.599	-0.002
L5	-0.626	-0.361	-0.159	-0.381
L6	-0.619	0.691	-0.114	0.004
L7	-0.625	0.629	-0.212	0.196
L8	-0.604	0.15	-0.019	-0.326
L9	-0.222	-0.122	0.146	0.667
L10	-0.552	-0.117	0.263	-0.061
L11	-0.398	-0.257	0.431	0.256
L12	-0.118	-0.276	0.31	-0.402
Собственные значения	2.789	1.629	1.492	1.243
Доля объясненной дисперсии, %	23	14	12	10

Первая главная компонента (около 23% дисперсии) отражает наличие общей асимметрии нижней челюсти, прослеживаемой по всем меткам — для всех признаков значения вкладов имеют один знак. Наибольший вклад во вторую главную компоненту (14% дисперсии) вносят индексы асимметрии меток первого модуля, при этом вклад 3 – 5 меток противоположен по знаку вкладам 6 и 7 меток (см. табл. 1). В третью главную компоненту (12% дисперсии) метки первого (3 – 7 метки) и второго (1, 2, 9 – 12 метки) модулей вносят вклад противоположный по знаку, за исключением метки 8 (симфизальный бугорок), но ее вклад весьма невелик. Вопрос о принадлежности этой метки к тому или иному модулю спорен — с одной стороны симфизальный бугорок наряду с передним краем альвеолы является основанием диастемной области, с другой — как и отростки, он является местом прикрепления мускулатуры и с морфофункциональной точки зрения относится ко второму мо-

дулю. По четвертой главной компоненте (10% дисперсии) выделяются отдельные метки II модуля.

Таким образом, модульное строение нижней челюсти грызунов находит отражение в асимметрии меток, описывающих её форму, что подтверждают результаты анализа методом главных компонент. Наиболее наглядно это видно на рис. 2, отражающем распределение меток в координатах второй и третьей главных компонент.

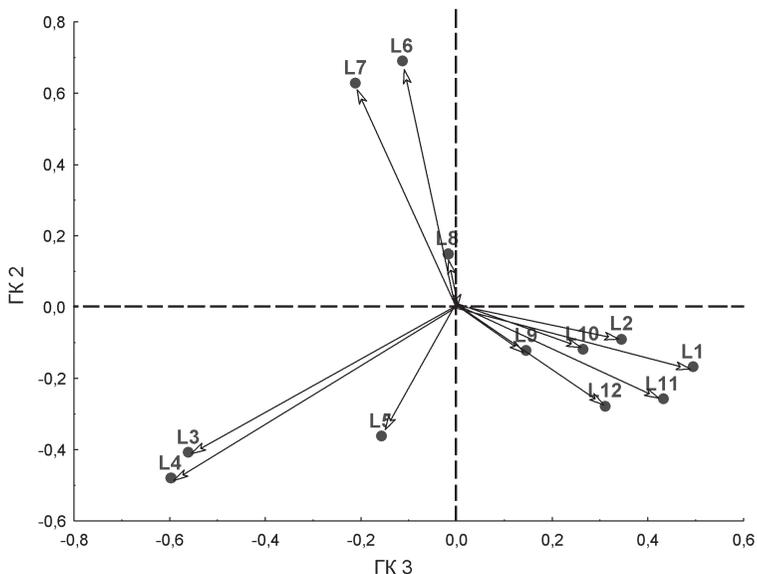


Рис. 2. Распределение индексов асимметрии 12 меток в координатах второй (ГК 2) и третьей (ГК 3) главных компонент.

Внутрипопуляционные сравнения онтогенетической нестабильности модулей нижней челюсти проведены с помощью дисперсионного анализа (ANOVA). Для рыжей полевки из Шигаево оценено влияние на интегральные показатели факторов «год отлова» (2000 г. — фаза депрессии, 2006 г. — фаза роста), «пол», «возраст» (перезимовавшие или сеголетки) и «модуль» (интегральные показатели асимметрии модулей рассматривались как повторные наблюдения). Эффекты факторов «год отлова», «пол» и «возраст» не значимы ( $F(1, 70) = 0.33$ ;  $p = 0.568$ ;  $F(1, 70) = 0.02$ ;  $p = 0.874$  и  $F(1, 70) = 2.64$ ;  $p = 0.109$  соответственно). Различия между интегральными показателями асимметрии первого и второго модулей

значимы ( $F(1, 70) = 67.90; p < 0.0001$ ): как в 2000, так и в 2006 гг., уровни асимметрии второго модуля превышали таковые диастемной области в два раза и более (рис. 3).

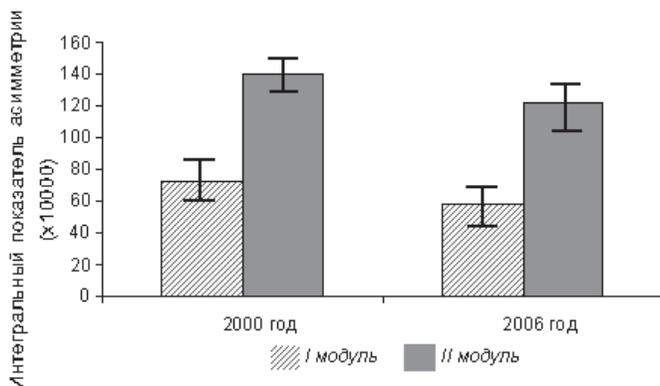


Рис. 3. Интегральный показатель асимметрии (среднее значение и 95% -ный доверительный интервал) модулей нижней челюсти рыжих полевков из п. Шигаево.

У полевков из Висимского заповедника наблюдается сходная картина. На величину онтогенетической нестабильности нижней челюсти не оказывают значимого влияния факторы «пол» ( $F(1, 76) = 0.03; p = 0.873$ ) и «возраст» ( $F(1, 76) = 0.12; p = 0.730$ ), в то время как эффект фактора «модуль» высоко значим ( $F(1, 76) = 35.10; p < 0.0001$ ). При этом, как и для полевков из Шигаево, показатель асимметрии второго модуля более чем в два раза больше первого ( $125.0 \times 10^{-4}$  и  $58.6 \times 10^{-4}$  соответственно).

Таким образом, в обеих популяциях рыжей полевки отделы нижней челюсти значимо отличаются по уровню нестабильности развития. Возможно, относительно большая симметричность первого модуля связана с различным проявлением асимметрии по отдельным меткам, что показано в ходе анализа методом главных компонент. Выявленный по ГК 2 противоположный по знаку, но значимый вклад меток 3–7 (см. табл. 1) может быть связан с тем, что в случае повышенной асимметрии в дистальной части диастемы проксимальная часть челюсти остается относительно симметричной и наоборот. В случае второго модуля такой эффект не наблюдается — между индексами асимметрии отдельных меток это-

го отдела не выявлено обратных зависимостей. Поскольку связь показателей асимметрии с возрастом животных в пределах изученных возрастных классов отсутствует, то повышенная нестабильность структур заднего модуля может быть обусловлена взаимодействием костной и мышечной тканей на более ранних онтогенетических стадиях (Atchley, Hall, 1991) и, вероятно, не зависит от продолжительности функциональной нагрузки.

Сравнение интегральных показателей асимметрии онтогенетических модулей у полевок из Шигаево и Висимского заповедника выявили значимые межпопуляционные различия:  $F(1, 312) = 9.30$ ;  $p = 0.002$  (одномерная модель ANOVA). Как по первому, так и по второму модулю более асимметричны были животные из Шигаево (рис. 4). В обоих случаях эти различия были значимы ( $F(1, 312) = 4.71$ ;  $p = 0.031$  и  $F(1, 312) = 4.59$ ;  $p = 0.032$  — I и II модуль соответственно).

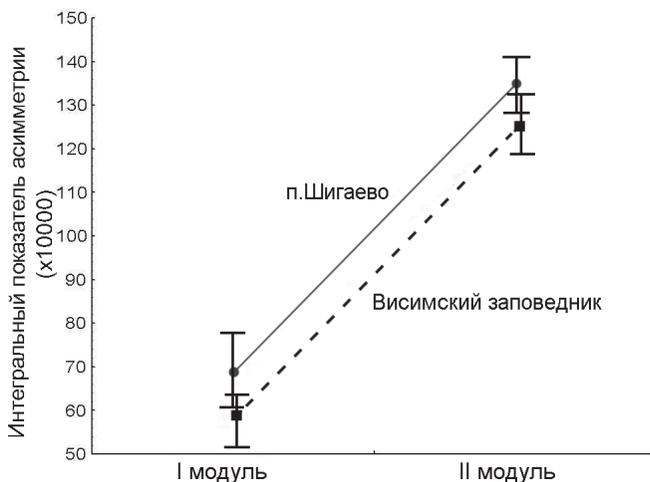


Рис. 4. Интегральный показатель асимметрии (среднее значение и 95 %-ный доверительный интервал) I и II модулей нижней челюсти рыжих полевок из п. Шигаево и Висимского заповедника.

Обнаруженные межпопуляционные различия могут быть связаны с некоторой неоднородностью сравниваемых выборок. Популяция из Шигаево была представлена двумя годами отловов — 2000 и 2006 гг., соответствующим фазам депрессии и роста численности популяции. Висимская популяция изучалась только в 2006 г.

(фаза роста численности). Сравнение, проведенное на животных, отловленных только в фазе роста численности (2006 г.), не показал значимых отличий ( $F(1, 198) = 0.19$ ;  $p = 0.666$ ). Следовательно, при проведении межпопуляционных сравнений, необходимо учитывать возможное влияние динамики численности на онтогенетическую нестабильность, сопоставляя популяции находящиеся на одной и той же фазе популяционного цикла.

## ВЫВОДЫ

1. Модульное строение нижней челюсти грызунов находит отражение в уровнях онтогенетической нестабильности формы её модулей. Величина асимметрии второго модуля более чем в два раза превосходит значения для диастемной области.

2. При внутривидовых сравнениях фаза динамики численности (фактор «год отлова»), пол и возраст животных не оказали значимого влияния на уровни асимметрии модулей.

3. Межвидовые сравнения онтогенетической нестабильности формы нижней челюсти у полевок необходимо проводить с учетом фазы динамики численности.

Авторы выражают искреннюю признательность научным руководителям д.б.н. Э.А. Гилевой и к.б.н. А.В. Бородину, а также к.б.н. Е.А. Марковой за участие в обсуждении результатов, к.б.н. Ю.А. Давыдовой, к.б.н. М.И. Чепракову, С.Б. Ракитину за предоставленные материалы.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проекты № 08 – 04 – 00638, № 07 – 04 – 96124) и Программы поддержки ведущих научных школ (НШ-1022.2008.4).

## ЛИТЕРАТУРА

- Елькина М.А., Ялковская Л.Э. Флуктуирующая асимметрия нижней челюсти у *Clethrionomys glareolus*: модульный подход // Экология: от Арктики до Антарктики. Мат. конф. молодых ученых, ИЭРиЖ УрО РАН. Екатеринбург, 2007. С. 87 – 93.
- Захаров В.М. Асимметрия животных (популяционно-фенетический подход). М.: Наука, 1987. 216 с.
- Ким Дж.–О., Мьюллер Ч.У. Факторный анализ: статистические методы и практические вопросы // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1989. С. 5 – 77.
- Atchley W.R., Hall B.K. A model for development and evolution of complex morphological structures // Biol. Rev. 1991. Vol. 66. P. 101 – 157.
- Hallgrímsson G. Fluctuating asymmetry in the mammalian skeleton: evolutionary and developmental implications // Evol. Biol. 1998. Vol. 30. P. 187 – 251.

- Klingenberg P.C., McIntyre G.S.* Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods // *Evolution*. 1998. Vol. 52. P. 1363–1375.
- Klingenberg P.C., Leamy L.J., Routman E.J., Cheverud J.M.* Genetic architecture of mandible shape in mice: effects of quantitative trait loci analyzed by geometric morphometrics // *Genetics*. 2001. Vol. 157. P. 785–802.
- Klingenberg P.C., Mebus K., Auffray J.-C.* Developmental integration in complex morphological structure: how distinct are the modules in the mouse mandible? // *Evolut. Develop.* 2003. Vol. 5. № 5. P. 522–523.
- Leamy L.J.* Morphometric studies in inbred and hybrid house mice. V. Directional and fluctuating asymmetry // *Amer. Naturalist*. 1984. Vol. 123. № 5. P. 579–593.
- Leamy L.J.* Morphological integration of fluctuating asymmetry in the mouse mandible // *Genetica*. 1993. Vol. 89. P. 139–153.
- Lens L., Van Dongen S.* Fluctuating and directional asymmetry in natural bird populations exposed to different levels of habitat disturbance, as revealed by mixture analysis // *Ecology Letters*. 2000. Vol. 3. P. 516–522.
- Palmer A.R.* Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns // *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1986. Vol. 17. P. 391–421.
- Palmer A.R., Strobeck C.* Fluctuating asymmetry analyses revisited // *Developmental instability: causes and consequences*. New York: Oxford Univ. Press, 2003. P. 279–319.
- Rohlf F.J.* TPSrelw: relative warps, version 1.20. N.Y.: State Univ. at Stony Book. (program), 1998.
- Rohlf F.J.* TPSdig, version 1.23. N.Y.: State Univ. at Stony Book. (program), 2001.
- Vogl C., Atchley W.R., Xu S.* The ontogeny of morphological differences in the mandible in two inbred strains of mice // *J. Craniofac. Genet. Dev. Biol.* 1994. Vol. 14. P. 97–110.
- Yalkovskaya L.E., El'kina M.A., Borodin A.V.* Developmental instability of mandibular shape in voles *Clethrionomys*: modularity approach // *Rodens et Spatium*: 11th Intern. Conference on Rodent Biology, 24–28 July 2008, Myshkin: Vol. of Abstr. — Myshkin, 2008. P. 150.

## АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ У *APIS MELLIFERA* L.

О.Н. Фрунзе, Е.Н. Бессонова, Е.Р. Русецких, С.Н. Алакина

Пермской государственной педагогической университет

Каталитическая роль ферментов фосфатаза, каталаза и бета-глюкозидаза проявляется в энергетическом обмене, процессах биологического окисления и обмене углеводов. Биохимические особенности составляют основу для последующих физиологических и морфологических изменений, связанных с сезонными процессами. В ряде работ (Петухов, 1998; Шураков и др., 1998) установлены

морфологические и этологические отличия медоносной пчелы среднерусской расы прикамской популяции *Apis mellifera mellifera* L. в Пермском крае, однако биохимических исследований пчел не проводилось. Цель исследования: показать особенности рабочих особей вида *A. mellifera m.* по активностям некоторых ферментов.

Отбор проб (870 шт.) проводился на пасаках Пермского края в 2003 – 2008 гг. с учетом сезонных изменений. Пробы замораживались, гомогенат готовился по модифицированной методике. Фотометрический (фосфатаза, бета-глюкозидаза) и спектрофотометрический (каталаза) анализ ферментов осуществлялся в стандартных условиях. Оптическую плотность пересчитывали в удельную активность (СИ) мкмоль/мин. на 1 мг сырой массы. Статистическая обработка результатов проводилась в программе Statistica 6.0.

Сезонный цикл развития пчел состоит из безоблетного периода (октябрь- апрель) и активного периода, который включает наращивание численности семьи (апрель-июнь), период главного медосбора (июль), подготовку к безоблетному периоду (август-сентябрь). При смене перезимовавших пчел (апрель) и подготовке пчелиной семьи к безоблетному периоду (август-сентябрь) наблюдались повышения параметров фосфатазы ( $1.49 \times 10^{-8} \pm 7.31 \times 10^{-9}$ ;  $1.65 \times 10^{-8} \pm 2.74 \times 10^{-9}$ ) и каталазы ( $3.26 \times 10^{-7} \pm 5.65 \times 10^{-8}$ ;  $3.53 \times 10^{-7} \pm 6.36 \times 10^{-8}$ ). Активизация обмена веществ в апреле связана с расходом, а в августе и сентябре — с накоплением запасных веществ в организме пчел осенней генерации (Таранов, 1979; Еськов, 2003). Понижение активности каталазы у пчел ( $2.99 \times 10^{-8} \pm 1.22 \times 10^{-8}$ ) наблюдалось в период медосбора (июль) при слабом развитии жирового тела (Жеребкин, 1979; Харитонов, 1999). Повышенная активность бета-глюкозидазы ( $1.50 \times 10^{-10} \pm 5.40 \times 10^{-11}$ ) характерна в период медосбора (май, июль). Это соответствует результатам работы (Ponton, Low, 2002), которые установили, что фермент входит в состав веществ для переработки нектара в мед.

Таким образом, впервые по активностям ферментов общей фосфатазы, каталазы, бета-глюкозидазы проведено изучение сезонного цикла развития *Apis mellifera m.* L. в Пермском крае. Показано, что процессы накопления и расходования запасных веществ у пчел осенней генерации *Apis mellifera m.* сопровождается повышением энергетического обмена и активизацией процессов биологического окисления. Процесс переработки нектара в мед сопровождается высокой активностью бета-глюкозидазы участвующих в этом пчел. Процессы биологического окисления минимальны у пчел летней генерации в периоды медосбора.

# ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА ЗАУРАЛЬСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

---

**М.И. Хамидуллина**

*Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург*

Основные механизмы организации пространственно-временной структуры зауральской популяции непарного шелкопряда были изучены в период предыдущей вспышки (1986 – 1991 гг.) (Колтунов, 1993; 1996). Тем не менее, особенности возникновения и развития очагов массового размножения у непарного шелкопряда в северной части ареала зауральской популяции остаются недостаточно исследованными.

Оценка заселённости насаждений кладками непарного шелкопряда проводилась в течение 2004 – 2007 гг. в березняках разнотравных Каменск-Уральского лесхоза Свердловской области. Район исследований является северной частью ареала зауральской географической популяции непарного шелкопряда, где фактическая периодичность вспышек массового размножения непарного шелкопряда составляет 20 – 25 лет. Основные породы — берёза повислая и берёза пушистая. Площадь обследуемой территории составила свыше 160 км<sup>2</sup>. Западная граница ареала находится в 60 км от Екатеринбурга в юго-восточном направлении, постоянные очаги массового размножения (Покровское лесничество) — в 90 км от Екатеринбурга.

В 2004 г. были выявлены и взяты под наблюдение потенциальные очаги массового размножения непарного шелкопряда. Наибольшей плотностью яйцекладок отличались древостои в Покровском лесничестве (0.30 – 0.64 кладок на дерево) и возле железнодорожной станции Перебор (0.25 кладок на дерево). В большинстве насаждений исследуемого района среднее количество кладок в этот период составило 0.02 – 0.04 на дерево.

В следующем году (2005) маршрутное исследование показало, что в выявленных очагах количество кладок увеличилось в 20 – 25 раз (в Покровском лесничестве плотность популяции составила в среднем 13.5, в Переборе — 5.4 и в Кислово — 5.3 кладок на дерево). Вне очагов численность вредителя была незначительна: на северо-востоке (вблизи Клевакино) плотность кладок составляет в среднем 0.01 – 0.05 на одно дерево и несколько возрастает в восточном направлении до 0.77 (Черноусово). В берёзовых насажде-

ниях, произрастающих в южном направлении численность вредителя колеблется в среднем от 0 до 1.92 кладок на дерево (Смолино). Плотность популяций непарного шелкопряда в северо-западной части ареала невелика (0.15–0.24 кладок на дерево) с минимальными значениями (0.01 кладок на дерево возле станции Храмцовская).

В эруптивной фазе (2006 г.) плотность популяции незначительно увеличилась. Так, в Покровском лесничестве плотность кладок в очагах возросла до 16.7 на дерево, а в Переборе и в Кислово, напротив, произошло снижение плотности соответственно до 0.5 и 3.1 кладок на дерево. В этот период влияние на характер распределения кладок оказали весенние низовые пожары: наблюдалось избегание заселения непарным шелкопрядом горелых древостоев. Вследствие этого на следующий год вредитель сконцентрировался в насаждениях, не затронутыми пожарами. Вместе с тем, происходило активное заселение новых, недефолированных древостоев, преимущественно внутри очагов, за счёт миграции имаго. Вне очагов численность популяции составила в среднем 0.12 кладки на дерево.

Резкое снижение плотности популяции осенью 2007 г. свидетельствует о затухании вспышки массового размножения непарного шелкопряда в лесах Свердловской области. В очагах плотность кладок уменьшилась до 0.44–3.60 кладок на одно дерево; вне очагов плотность популяции практически осталась на прежнем уровне. Таким образом, пространственная структура непарного шелкопряда сохраняется на всей северной части ареала зауральской популяции в период депрессии.

Таким образом, основные черты пространственной организации зауральской популяции непарного шелкопряда в северной части ареала проявляются в мозаичном распределении популяции во всех фазах вспышки. Значимой особенностью структуры очагов в период подъема численности популяции является сильно выраженная их пространственная изоляция. Одновременное возникновение очагов на северной границе популяции свидетельствует о повышении роста численности за счёт роста собственных микропопуляций, а не путём миграций. Обнаружена тенденция к более высокой плотности кладок в древостоях, значительно нарушенных рекреационной и пастбищной нагрузкой, на возвышенных элементах микрорельефа.

## СОСТАВ ФАУНЫ И СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ БОЖЬИХ КОРОВОК ЮЖНОГО ПРИУРАЛЬЯ

---

**К.А. Христина**

*Оренбургский государственный педагогический университет*

Божьи коровки (Coleoptera, Coccinellidae) — одно из крупнейших семейств жесткокрылых насекомых, насчитывающее более 5000 видов. На территории Урала отмечено 70 видов, относящихся к 34 родам (Тюмасева, 2007). Территория Южного Приуралья остается недостаточно изученной.

Наши исследования проводились в 2003 — 2007 гг. на территории Оренбургской области, преимущественно в открытых ландшафтах. На территории региона отмечено 34 вида божьих коровок, относящихся к 22 родам. В фауне божьих коровок региона можно выделить три основных зоогеографических комплекса видов: широко палеарктический (55%), голарктический (18%) и европейско-сибирский (18%). Отдельные виды относятся к европейскому, уральско-казахстанскому и восточно-средиземноморскому комплексам.

Рассматривали распределение жуков по биотопической приуроченности. Несмотря на то, что работа проводилась в открытых ландшафтах, лесные виды составляли 35%. Степные и луговые виды — 26 и 21% соответственно, рудеральные и убиквисты — 18% от встреченных видов.

Таким образом, несмотря на аридные условия региона, особенности семейства кокцинеллид определили преобладание на территории Южного Приуралья широкоареальных мезофильных видов.

## МОЛЕКУЛЯРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ВИРУСА КЛЕЩЕВОГО ЭНЦЕФАЛИТА В АНТРОПУРГИЧЕСКОМ ОЧАГЕ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

---

**Д.Н. Черных, А.А. Федотова**

*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург*

Клещевой энцефалит (КЭ) — классическая природноочаговая трансмиссивная вирусная инфекция, характеризующаяся преимущественным поражением ЦНС, высоким уровнем заболеваемости в эндемичных регионах, полиморфизмом течения инфекционного процесса, стойкой потерей трудоспособности и

смертностью от 0.03% на Европейской территории до 20–35% на территории Дальнего Востока.

За сезон 2007 г. в Свердловской области официально зарегистрировано 30 044 человек. Диагноз КЭ поставлен 226 больным. Зарегистрирован один случай летального исхода от клещевого энцефалита. Среди заболевших КЭ преобладают городские жители. При этом заражение горожан ВКЭ отмечается не только в лесных районах, но и в находящихся в черте города парках и садах. Таким образом происходит активное формирование антропоургических очагов, характеризующихся высокой эпидемиологической напряжённостью. Цель работы — дать молекулярно-эпидемиологическую характеристику антропоургического очага ВКЭ на административной территории г. Екатеринбурга.

На протяжении сезонов 2005–2007 гг. нами были исследованы клещи, полученные от людей, обратившихся по поводу присасывания клеща в ЦГСЭН, одиночные клещи и пулы, собранные в природе, и клинический материал больных КЭ. Также были исследованы коллекционные штаммы из ЕНИИВИ.

У 125 образцов (16 из них с территории Екатеринбурга) была определена нуклеотидная последовательность фрагмента гена *E* белка оболочки вируса КЭ размером 469 п.н. Филогенетический анализ и построение дендрограмм проводили с помощью программы Vector NTI v.10.1.

Установлено, что заражённость клещей ВКЭ в Екатеринбургском антропоургическом очаге за три года исследования варьировала в пределах 9.6–21.3%, тогда как в среднем по Свердловской области степень заражённости была ниже (9.9–17.0%). Для Свердловской области показано наличие всех трёх генотипов ВКЭ при доминировании сибирского генотипа (более 95%), однако за период исследований на территории Екатеринбургского антропоургического очага кроме сибирского генотипа ВКЭ никакие другие не были обнаружены. Основные места выявления изолятов ВКЭ с территории г. Екатеринбурга — парки и территории дачных участков.

На основе анализа нуклеотидных последовательностей обнаружена существенная (71.3%) гетерогенность популяции ВКЭ Свердловской области, что говорит о достаточно давнем появлении вируса на данной территории. Однако анализ нуклеотидной последовательности не позволил нам выявить закономерностей в распределение генетических вариантов.

Успешным оказался анализ аминокислотных последовательностей, позволивший выделить шесть групп, имеющих, по нашему

мнению, ранг субтипов. Первая группа представлена 63 изолятами (более 50% от общего числа) с идентичной аминокислотной последовательностью. Она является исходной формой. Можно предположить, что первая группа появилась раньше других, и её аминокислотная последовательность белка *E* оптимальна для связывания вируса с клеткой. Возможно, с увеличением исследуемых образцов добавится некоторое количество групп, но существенно картина не изменится.

Екатеринбургский антропургический очаг сформирован преимущественно из генетически родственных штаммов, которые циркулируют в природных очагах юга Свердловской области, в основном Сысертском и Полевском районах. Можно предположить, что из этих районов происходит подпитка вирусом антропургического очага, а также обратное поступление вируса в прилегающие районы. В то же время в г. Екатеринбурге встречаются штаммы, характерные для очагов г. Н.Тагила, Берёзовского и Белоярского, но в меньшей степени. Город Екатеринбург, Сысертский и Полевской районы представлены самым большим количеством групп. Тогда как северные районы (Лялинский, Нижнетагильский и Серовский) менее разнообразны. Предполагается, что ВКЭ по территории Свердловской области распространялся с юга, юго-востока на север.

## УЧАСТИЕ $\Delta 9$ -АЦИЛЛИПИДНОЙ ДЕСАТУРАЗЫ В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ГИПОТЕРМИИ

**И.М. Черных\*, В.Н. Попов\*\*, Т.И. Трунова\*\*, В.Д. Цыдендамбаев\*\***

\*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

\*\*Институт физиологии растений РАН, г. Москва

Условия внешней среды претерпевают периодические и случайные изменения, и одним из наиболее значимых лимитирующих факторов среды для растений является температура. Тепловой режим среды обитания оказывает существенное влияние на интенсивность и направленность физиологических и биохимических процессов, рост и продуктивность растений. Основной причиной повреждения и гибели теплолюбивых растений при пониженных температурах является фазовый переход мембранных липидов из жидкокристаллического в гелеобразное состояние. Он в значительной степени зависит от уровня ненасыщенности их жирных кислот (ЖК), во многом определяющегося активностью десатураз.

Одним из ферментов этого класса является  $\Delta 9$ -ациллипидная десатураза, которая катализирует реакцию образования двойной связи в  $\Delta 9$ -положении стеарата (18:0), в результате чего образуется олеиновая кислота (18:1). Последняя, в свою очередь, служит субстратом для других десатураз, образующих ди- и триеновые кислоты — линолевую (18:2) и линоленовую (18:3). Изменение концентрации этих ЖК в мембранных липидах в конечном итоге приводит к изменению функционального состояния мембран растения. Цель работы: изучить влияние дополнительного гена, кодирующего  $\Delta 9$ -ациллипидную десатуразу, на липидный метаболизм и формирование устойчивости растений к гипотермии и окислительному стрессу.

С этой целью теплолюбивые растения табака трансформировали геном *desC* из термофильной цианобактерии *Synechococcus vulcanus*. Было установлено, что трансформированные растения отличались от контрольных более высоким содержанием мембранных липидов и большей ненасыщенностью входящих в них ЖК. Липиды трансгенных растений содержали больше олеиновой кислоты и соотношение концентраций 18:1/18:0 в них также было более высоким. Определение устойчивости растений к гипотермии по выходу электролитов из клеток, активности перекисного окисления липидов и ростовой реакции на низкую температуру показали, что трансформированные растения, обогащенные полиненасыщенными ЖК, были более холодоустойчивыми по сравнению с контрольными растениями.

Более высокая устойчивость к холоду трансформированных растений была также подтверждена при исследовании ультраструктурной организации хлоропластов. Показано, что действие длительного охлаждения на трансформированные растения привело к образованию более устойчивой к холоду структуры и выразилось в уменьшении площади хлоропластов при одновременном увеличении числа гран и общего числа тилакоидов в хлоропласте. Охлаждение как контрольных, так и трансгенных растений табака привело к появлению всех признаков окислительного стресса: усилению скорости генерации супероксидного анион-радикала, накоплению перекиси водорода, повышению интенсивности перекисного окисления липидов. Однако у растений трансгенной линии все эти показатели были существенно ниже по сравнению с контрольным вариантом. Повышенная активность  $\Delta 9$ -ациллипидной десатуразы в трансформированных растениях вызывала увеличение содержания полиненасыщенных ЖК в мембранных липидах, обеспечивая тем самым текучесть мембран в период охлаждения. При этом скорость

образования активных форм кислорода снижалась, а интенсивность перекисного окисления липидов уменьшалась. Поддержание трансгенными растениями текучести мембран при низких температурах позволяло им сохранить клеточный гомеостаз и, тем самым, обеспечить функциональную активность антиоксидантных ферментов в неблагоприятных условиях.

Исследования системы антиоксидантной защиты, в частности, активности антиоксидантных ферментов, показали, что трансгенные растения, в отличие от контрольных, при охлаждении способны поддерживать активность супероксиддисмутазы и пероксидазы на более высоком уровне, что, в конечном итоге, приводило к повышению устойчивости трансформированных растений табака к окислительному стрессу и гипотермии.

## СОЧЕТАННОЕ ДЕЙСТВИЕ НЕСКОЛЬКИХ МЕТАЛЛОВ НА *ELODEA DENSA* PLANCH.

О.С. Шабурова, О.Ф. Черноскутова

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Такие металлы как Mn, Ni, Zn и Cu необходимы для нормального роста и развития растений, но при избытке в среде оказывают на них токсическое действие. Изучение стрессовых реакций растений при действии различных сочетаний тяжелых металлов является актуальной проблемой экологии и физиологии.

Цель данной работы: изучить влияние Mn и Ni совместно с Cu, Zn и Cd на *Elodea densa* Planch. Задачи исследования — оценка токсичности и выявление особенностей накопления тяжелых металлов элодеей. Mn — металл с переменной, а Ni — с устойчивой валентностью. Оба металла в концентрациях (0.1 мг/л) не имеют сильно выраженного токсического действия. Растения *E. densa* экспонировали в течение трех дней в растворах Cu, Zn и Cd в сочетании с Mn и Ni. Контролем служили экзemplяры, выращенные на дистиллированной воде. В опытах исследовали: накопление металлов в листьях гидрофита; активность антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы — СОД и каталазы); количество белковых и небелковых тиолов и интенсивность перекисного окисления липидов. Опыты проведены в трех биологических и четырех-пяти аналитических повторностях. Уровень значимости для всех определений  $p < 0.05$ .

Исследования показали, что при взаимодействии Mn с Zn, Cu, Cd и Ni защитные реакции *E. densa* в основном связана с синтезом

SH-соединений. Антиоксидантные ферменты не играют существенной роли в стрессовом ответе. Mn преимущественно находился в антагонистических отношениях с Cu, Cd и Ni, частично снижая их токсическое действие. Показано, что Ni и Zn стимулируют поглощение элодеей Mn, увеличивая его содержание от  $137 \pm 3.5$  мкг/г сух. веса до  $335 \pm 11$  и  $342.5 \pm 17$  мкг/г сух. веса в вариантах Mn + Ni и Mn + Zn соответственно. Высокое содержание ТБК-реагирующих продуктов в вариантах Mn + Zn, Mn + Cu, соответствует низкой активности СОД, что говорит о неэффективности антиоксидантной системы защиты. При взаимодействии Mn с Zn, Cu, Cd и Ni защита *E. densa* ограничивалась участием SH-небелковых компонентов. Их содержание в варианте Mn + Ni повышалось в 2.5 раза в сравнении с Ni, в варианте Mn + Cu — в 3.2 раза по сравнению с вариантом Cu.

В присутствии Zn, Cu и Cd совместно с Ni выражены антагонистические отношения. В этих вариантах содержание Ni и дополнительных металлов в растениях снижалось. Например, содержание Zn снизилось с  $298 \pm 15$  до  $235 \pm 10$  мкг/г сух. веса в варианте Ni + Zn по сравнению с вариантом Ni. При сочетанном действии Ni + Zn и Ni + Cd защита *E. densa* ограничивалась участием антиоксидантной системы через активацию ферментов СОД и каталазы. В детоксикации Ni в сочетаниях с Zn, Cu и Cd у *E. densa* SH-соединения не играли значимой роли при исследованных концентрациях металлов.

Таким образом, наши исследования показали, что защита при совместном действии Mn с другими металлами (Cu, Cd, Ni) обеспечивалась SH системой (преимущественно небелковой фракцией тиолов). При действии Ni с другими металлами (Cu, Cd) защита ограничивалась участием в первую очередь антиоксидантной системы через активацию СОД и каталазы.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УРАЛЕ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РЕАКЦИИ НА НИХ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Ю.В. Шалаумова

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

Учитывая региональную специфичность климатических условий и их влияние на продуктивность растительности, необходимо изучение локальных изменений температуры воздуха и количества осадков. Цель работы: анализ пространственно-временной динами-

ки температуры воздуха и осадков на территории Урала во второй половине XX века, обеспечивающий уточнение общих моделей изменения климата в масштабе региона с учетом сложно-расчлененного рельефа.

По данным инструментальных измерений 132 метеостанций на Урале с использованием множественного регрессионного анализа и растрового моделирования в географической информационной системе построены карты распределения температур и карто-схемы динамики осадков (для 31 станции) на Северном и Среднем Урале с 1961 по 2000 гг. Установлено северо-восточное направление градиента потепления. В среднем, разность температур между двадцатилетиями (1981–2000 и 1961–1980 гг.) составила  $0.7 \pm 0.2^\circ\text{C}$ , при этом на горных массивах с увеличением высоты потепление происходило менее интенсивно. В XX в. на трех метеостанциях Полярного, Северного и Южного Урала (Салехард, Бисер и Златоуст соответственно), имеющих наиболее длинные и полные ряды наблюдений, установлены тенденции более раннего наступления периода вегетации, роста аномалий среднегодовой температуры и суммарных годовых осадков. Анализ пространственно-временной динамики климата на Урале в дальнейшем позволит дать более точные оценки взаимосвязи климатических колебаний и реакции растительности, прогнозировать изменение ее состояния и пространственного положения.

## ПЛОТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ЖИВОРОДЯЩЕЙ ЯЩЕРИЦЫ ЮГО-ВОСТОКА СИБИРСКИХ УВАЛОВ

**Р.Р. Шамгунова**

*Сургутский государственный университет*

Живородящая ящерица (*Zootoca vivipara*) обычна в биоценозах юго-востока Сибирских Увалов (Стариков, Шамгунова, 2003) и играет определенную роль в их функционировании. Экология ящериц на данной территории недостаточно изучена. В работе приводятся материалы по многолетней и сезонной динамике плотности населения ящериц.

Учеты велись в природном парке «Сибирские Увалы» в июле 2003–2006 гг. и в мае — сентябре 2007 г. по общепринятым методикам (Динесман, Калецкая, 1952) на маршрутных лентах (длина не более 1–1.5 км, ширина — 3 м) и площадках (25x25 м) в типичных биотопах ( $n = 14$ ). Объем выборки — 122 особи.

Межгодовая динамика плотности вида подвержена незначительным флуктуациям. Наибольшим средним значением плотности населения характеризовался 2003 г. (2.67 экз./га), в 2004–2005 гг. произошло снижение данного показателя в 2–2.5 раза (1.2 и 0.93 экз./га соответственно), а в 2006–2007 гг. отмечен некоторый подъем практически до прежних значений (1.73 и 1.69 экз./га).

Для сезонных колебаний плотности населения было свойственно возрастание показателя со второй половины мая (4 экз./га) до первой половины июля (17.33 экз./га) и уменьшение значений со второй половины июля (6.67 экз./га) вплоть до прекращения летнее — осенней активности животных в начале сентября (4 экз./га). Выявлена зависимость изменения плотности населения *Z. vivipara* от величины гидротермического коэффициента Селянинова (Рутковская, 1984): при сочетании низкой влажности и относительно высоких среднесуточных температур воздуха, а также при высокой влажности и низких температурах, плотность ящериц снижается.

## ВЛИЯНИЕ ГОРОДА БЕРЕЗНИКИ НА ИХТИОФАУНУ НИЖНЕЗЫРЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О.А. Шелепаев, М.А. Бакланов

*Пермский госуниверситет*

В 2007 г. были проведены предварительные ихтиологические исследования Нижнезырянского водохранилища, расположенного в городской черте г. Березники Пермского края. Цель работы: изучить состав и особенности ихтиофауны водохранилища.

Нижнезырянское водохранилище имеет площадь зеркала 4.35 км<sup>2</sup>, длину 4.0 км и среднюю ширину 1.0 км. Основными источниками загрязнения являются ливневые стоки с территории города и аварийные сбросы канализационных вод.

В водохранилище обнаружено 16 видов рыб, преобладают представители семейства карповых (11 видов), что в целом характерно для бассейна р. Камы. Основу ихтиоценоза составляют эврибионтные и лимнофильные виды. В целом, структура сообщества рыб Нижнезырянского водохранилища демонстрирует отсутствие выраженных негативных условий обитания, так как в водоеме присутствуют виды, чувствительные к токсическому загрязнению вод: судак, обыкновенный пескарь и ерш. Высока численность бентофагов — придонных рыб, которые обычно в первую очередь подвергаются различным негативным воздействиям.

Однако популяционная структура доминирующих видов рыб имеет ряд особенностей, которые могут быть связаны с антропогенным загрязнением водохранилища. Наиболее ярко это проявляется в половой структуре плотвы и окуня — доля самок в выборках этих видов превышает 70%. Также отмечена малочисленность взрослых, половозрелых лещей, однако это может быть связано с сетным браконьерским ловом.

Анализ содержания тяжелых металлов в органах и тканях рыб Нижнезырянского водохранилища показал повышенную аккумуляцию таких элементов как медь, цинк и кобальт. Скорее всего, имеются антропогенные источники поступления этих металлов в экосистему.

## МАКРОЗООБЕНТОС РОДНИКОВ Г. ИЖЕВСКА

**Е.В. Шиляева, Е.С. Артемьева**

*Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск*

На территории г. Ижевска зарегистрировано 62 родника. Зообентос родников на территории Удмуртской Республики практически не изучен. В родниках и родниковых ручьях формируются уникальные жизненные условия — вода не пересыхает; она холодная, жесткая и бедна органикой. Благодаря этому родниковые сообщества очень специфичны и состоят из немногих собственно родниковых видов.

Цель работы — изучить макрозообентос родников г. Ижевска и исследовать различия между донными сообществами, формирующихся на гравийных и песчано-гравийных грунтах. Задачи: 1) Изучить видовой состав макрозообентоса (МЗБ) 16 родников. 2) Проследить изменение количественных показателей МЗБ на разных типах грунта. 3) Оценить возможность использования разных индексов для оценки состояния родников и родниковых ручьев.

Родники на территории города располагаются неравномерно и образуют несколько групп. В 2007 г. исследовали МЗБ 16 родников разных районов города. Отбор проб проводили по стандартным гидробиологическим методикам (Жадин, 1960) в июне, июле, августе. Всего за период исследования отобрано 48 количественных проб МЗБ. Организмы определены до вида. Определены: численность и биомасса, олигохетный индекс Гуднайт-Уитлея, хириноmidный индекс Балушкиной, индекс биоразнообразия Маргалефа.

Всего в 16 родниках г. Ижевска встретилось 23 вида МЗБ. По числу видов и плотности преобладают олигохеты (Tubificidae, Enchytraeidae, Lumbricidae, Naididae), личинки хирономид (Orthocladinae, Tanypodinae, Chironominae, Prodiamesinae), в некоторых родниках встречаются личинки жуков (Coleoptera, Dytiscidae, Agabus), нимфы веснянок (Plecoptera), мошек (Simuliidae), комаров-долгоножек (Tipulidae), болотниц (Limoniidae).

Максимальное количество особей зарегистрировано на гравийных грунтах — 17.7 экз./м<sup>2</sup>, минимальное — на песчано-гравийных грунтах — 2.6 экз./м<sup>2</sup>. Среднее значение численности особей на гравийных грунтах — 7.73 экз./м<sup>2</sup>; на песчано-гравийных — грунтах — 3.7 экз./м<sup>2</sup>.

Максимальная биомасса МЗБ отмечена на песчано-гравийных грунтах — 218.8 мг/м<sup>2</sup>, а минимальная — на гравийных грунтах — 2.2 мг/м<sup>2</sup>. Средняя биомасса на гравийных и песчано-гравийных грунтах равна 39.9 мг/м<sup>2</sup>.

Из 23 зарегистрированных 18 видов МЗБ встречено на гравийных грунтах и 12 видов — на песчано-гравийных. Из этого следует, что условия обитания на гравийных грунтах благоприятнее для донных сообществ.

## ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ НА КРАНИОМЕТРИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЕСЦА *ALOPEX LAGOPUS L.*

**Е.А. Шиялева\*, М.Н. Ранюк\*\***

\*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

\*\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Цель данного исследования — проанализировать краниометрическую изменчивость песка из дикой и клеточной популяций.

Материал исследования: 279 черепов песка из коллекций ИЭРиЖ УрО РАН, из них 112 — из клеточной популяции зверохозяйства «Мраморское» (Свердловская обл., Полевской р-н), 167 — из дикой популяции ЯНАО (Приуральский и Ямальский районы). Измерены 16 краниометрических признаков, среди которых: кондилобазальная длина, общая и основная длина, лицевая ширина по линии между скуловыми отверстиями, высота в области межглазничного сужения, ширина мозговой капсулы и другие.

По результатам трехфакторной модели многомерного дисперсионного анализа оказывают значимое влияние ( $p < 0.05$ ) на кра-

ниометрические признаки песка: пол ( $\lambda$  Уилкса=0.66), возраст ( $\lambda$  Уилкса=0.61), географическое положение ( $\lambda$  Уилкса=0.80), а также взаимодействия факторов пола и возраста ( $\lambda$  Уилкса=0.84). Девять из 16 краниометрических признаков проявляют статистически значимые различия ( $p < 0.05$ ) между сеголетками и взрослыми песцами, с возрастом череп увеличивается по ширине и длине (рис. 1). При сравнении размеров черепа сеголеток песцов из клеточной и дикой популяций можно отметить, что череп клеточных песцов уже диких (уменьшается по ширине и высоте), а лицевая часть черепа несколько длиннее (см. рис. 1).

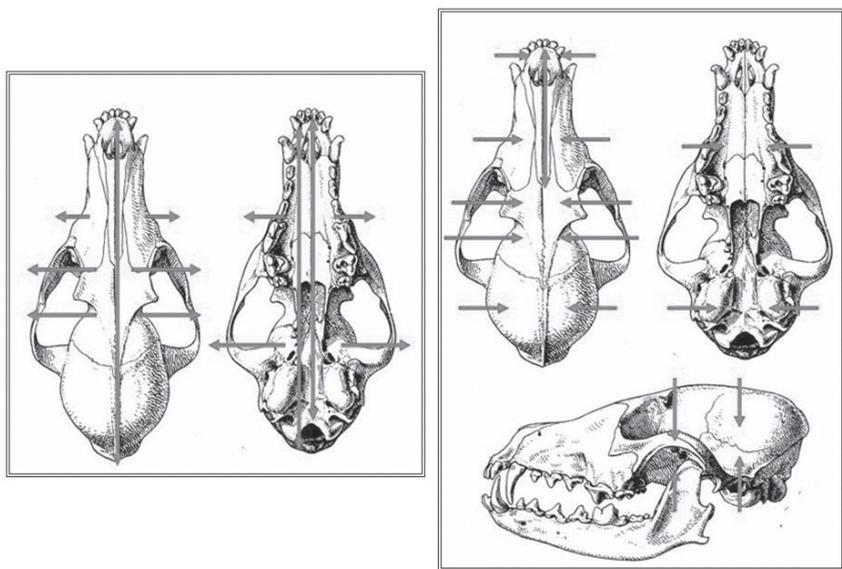


Рис. 1. Влияние возраста (слева) и доместикации (справа) на краниометрические признаки сеголеток песца.

По результатам дискриминантного анализа краниометрических признаков исследуемых выборок песка доля правильных классификаций популяционной принадлежности составила 64.7%. Первая каноническая дискриминантная функция (КДФ1) разделяет клеточную и дикие популяции песка, вдоль КДФ2 выборки разделились по возрасту.

Таким образом, размеры черепа дикого песца зависят от пола, возраста и географического положения популяции. Самцы крупнее самок по всем изученным признакам. Сеголетки мельче взрослых особей преимущественно по признакам, характеризующим

длину черепа. Сеголетки из зверохозяйства отличаются от сеголеток диких животных по размерам черепа, причем сеголетки из клеточной популяции меньше сеголеток диких песцов по признакам, характеризующим ширину и высоту черепа.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 07 – 05 – 00298).

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФОРМЫ КРЫЛЬЕВ ОГОРОДНЫХ БЕЛЯНОК *PIERIS NAPI* И *P. RAPAE* И ЕЕ СВЯЗЬ С МЕЛАНИНОВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ РИСУНКА

А.О. Шкурихин\*, Т.С. Ослина\*, А.Г. Васильев\*\*

\*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

\*\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Крылья бабочек и развивающийся на них рисунок представляют собой удобную модель для генетических, морфологических и эволюционных исследований. Большое количество работ посвящено проблемам становления и эволюции крылового рисунка, в частности, ставшие классическими труды Б. Шванвича (Schwanwitsch, 1956) и Х. Ничаута (Nijhout, 1991). Значение крылового рисунка в терморегуляции широко обсуждается в работах Д. Кингсолвера с соавторами (Kingsolver, Wiernasz, 1985; 1986), а механизм генетической детерминации элементов рисунка на крыле разработан школой П. Брэкфилда (Brakefield, French, 1995).

Форма крыла бабочки во многом определяет механику полета и учитывается систематиками. Анализ изменчивости формы крыла и развивающегося на нем рисунка играет важную роль для оценки таксономических отношений в группе близких видов. Разрабатываемые в последние десятилетия методы геометрической морфометрии (Павлинов и др., 1994; Павлинов, Микешина, 2002; Bookstein, 1991; Rohlf, 2000) позволяют отделить размерную компоненту изменчивости от изменчивости формы в чистом виде. В связи с этим возникает вопрос о взаимосвязи изменчивости формы крыла и структуры крылового рисунка. Неясно также, в какой мере совпадает направленность изменений формы крыла и гомологичных элементов его рисунка у родственных видов, обитающих в одних и тех же биотопах.

В этой связи в качестве модельных объектов для изучения сочетанной изменчивости формы крыла и структуры крылового рисунка были выбраны два вида белянок, обитающих на территории Среднего и Южного Урала: брюквенница *Pieris napi* (Linnaeus,

1758) и репница *P. rapae* (Linnaeus, 1758). Брюквенница отличается темным напылением вдоль жилок, которое иногда слабо или совсем не развито на крыле. Анализ изменчивости меланиновых элементов крылового рисунка данных видов приведен в работе Т.С. Ослиной с соавторами, опубликованной в данном сборнике. Оба вида, в ряде случаев обладающие сходным крыловым рисунком, могут, тем не менее, быть с достаточной точностью определены по особенностям строения генитальных структур.

Цель данного исследования состояла в изучении межвидовой, половой и географической изменчивости близких видов рода *Pieris* по комплексу признаков: форме и размерам крыла, а также экспрессии меланиновых элементов рисунка на крыле. В связи с этим были поставлены две основные задачи: 1) Изучить проявление межвидовой, половой и географической компонент изменчивости формы крыльев двух видов огородных белянок *P. napi* и *P. rapae*. 2) Установить зависимость изменчивости формы крыла от изменчивости размеров крыла и степени экспрессии меланиновых элементов рисунка на крыле.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор энтомологического материала проводили летом 2007 г. в период с 27 июня по 4 сентября на биостанции УрГУ (Свердловская обл., Сысертский р-н, окрестности д. Фомино), а также в окрестностях г. Кувадык (Оренбургская обл.) и на территории Восточно-Уральского государственного заповедника (Челябинская область, Каслинский район, окрестности пос. Метлино). Объемы выборок и сроки отлова представлены в табл. 1. Выборки первой генерации обоих видов, а также репницы из местообитаний «берег оз. Бердяниш», «берег оз. Кожаккуль» и «ЛЭП у пос. Метлино», в статистический анализ не включали из-за недостаточного объема выборок.

Определение видовой и половой принадлежности особей проводили по генитальным структурам. Последние сегменты брюшка отделяли и помещали в раствор щелочи калия с концентрацией 10 – 15% на одни сутки. Затем извлекали копулятивные аппараты из брюшных сегментов и помещали их в глицерин. Всего изготовлено 445 препаратов генитальных структур двух видов белянок.

Анализ изменчивости формы крыльев проводили с помощью методов геометрической морфометрии. Для этого крылья были предварительно отпрепарированы и оцифрованы с верхней и нижней стороны на сканере Epson Perfection 2480 PHOTO при разрешении 2400 dpi. В данной работе мы использовали только передние

Таблица 1. Объем выборок *P. pari* и *P. garae* в 2007 г.

Вид	Место сбора	Дата сбора	Пол	№, экз.
<i>Pieris pari</i>	Свердловская обл., окр. д. Фомино	29.07–02.09	самцы самки	26 31
	Оренбургская обл., окр. г. Кувандык	15.07–23.07	самцы самки	28 15
	Челябинская обл., Восточно-Уральский государственный заповедник			
	Берег оз. Бердяниш	21.08–28.08	самцы самки	28 30
	Берег оз. Кожакуль	20.08–29.08	самцы самки	30 27
	Пос. Метлино		самцы самки	32 31
	ЛЭП у пос. Метлино		самцы самки	21 15
<i>Pieris garae</i>	Свердловская обл., окр. д. Фомино	27.07–04.09	самцы самки	30 31
	Оренбургская обл., окр. г. Кувандык	15.07–23.07	самцы самки	21 11
	Челябинская обл., Восточно-Уральский государственный заповедник			
	пос. Метлино	27.06–25.08 20.08–29.08	самцы самки	28 10

левые крылья. Полученные изображения обрабатывали в пакетах программ TPS и IMP (Zelditch et al., 2004). В программе tpsDig провели расстановку 19 меток (landmarks), взаимное расположение которых описывает форму крыла (рис. 1). Методом Прокрустова анализа обобщенных наименьших квадратов (GLS) было проведено выравнивание (alignment) конфигураций крыльев и затем вычислены значения относительных деформаций (relative warps). Межгрупповые различия, связанные с полом и видовой принадлежностью, оценивали с помощью канонического анализа в пакете программ IMP. При оценке соотношений межвидовой, половой и географической изменчивости по большому числу элементарных выборок использовали дискриминантный анализ относительных деформаций (RW) в пакете программ Statistica 5.5. Значения уравнений регрессии и коэффициентов корреляции между формой крыла и его размерами, а также между формой крыла и метрическими характеристиками меланиновых элементов крылового рисунка были рассчитаны в tpsReg и tpsPLS. В качестве характеристики размеров крыла использовали размер его центроида (centroid size), вычисляемый как квадратный корень из суммы квадратов расстояний от каждой метки до «центра тяжести» крыла.

Предварительно провели специальную проверку на возможное смещение оценок при повторной расстановке меток. Анализ

показал, что величина смещения крайне мала, на нее приходится 1% дисперсии. Поскольку эти различия были незначимы, данный фактор не может повлиять на полученный результат.

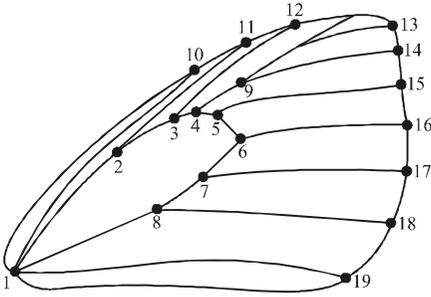


Рис. 1. Схема расстановки меток (landmarks) на переднем крыле *P. pari* и *P. rapae*.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Межвидовая изменчивость.** Результаты канонического анализа по значениям относительных деформаций формы крыла представлены на рис. 2. Вдоль первой канонической переменной, на которую приходится около 64% межгрупповой дисперсии, проявились различия между сравниваемыми видами. Вдоль второй оси, на которую приходится 32% дисперсии, отчетливо проявились различия между полами. Корректность процедуры классификации объектов при дискриминации составила 100% во всех 4 группах.

Крыло бруквенницы отличается от крыла репницы главным образом относительными размерами медиальной ячейки (рис. 3). У *P. pari* эта ячейка относительно длиннее и шире, а постдискальная и маргинальная области крыла наоборот уже, чем у *P. rapae*. Внешний край крыла у бруквенницы сильнее изогнут, имеет полукруглую форму. У репницы, напротив, внешний край крыла почти прямой, только с легким изгибом у апекса и анального угла. Таким образом, крыло бруквенницы выглядит более округлым, чем у репницы.

**Межполовые различия.** Форма крыла самцов обоих видов сходным образом отличается от таковой у самок (рис. 4). Относительные размеры медиальной ячейки сходны у обоих полов, однако срединная линия медиальной ячейки у самцов проходит через корень второй медиальной жилки, а у самок — через корень третьей медиальной жилки. При этом крылья самцов имеют более вытянутую форму за счет удлинённого, заостренного апикального края и относительного укорочения кубитальных и анальной жилок. Крылья самок, напротив, значительно более округлы, т.к. в данном слу-

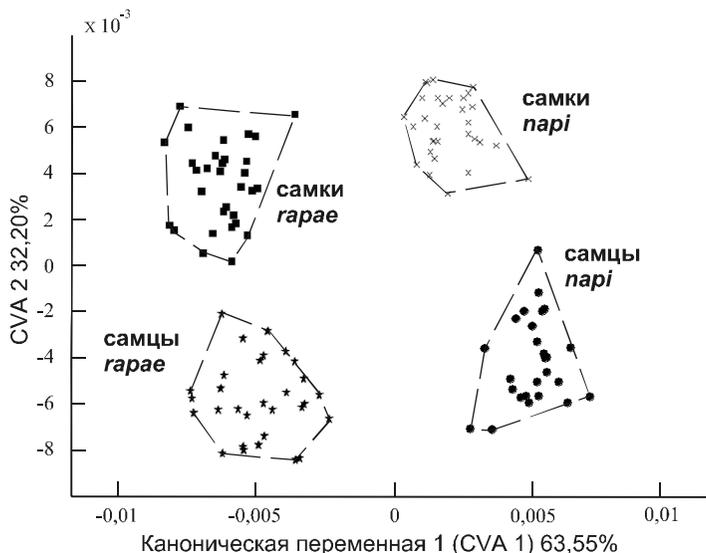


Рис. 2. Распределение формы крыльев *P. pari* и *P. garae* в пространстве первых двух канонических переменных.

чае апикальный край укорочен и сильно притуплен, и в то же время кубитальные и анальная жилки относительно удлинены.

**Географическая изменчивость.** Результаты дискриминантного анализа численных значений относительных деформаций формы крыльев изучаемых видов белянок представлены на рис. 5. В анализе использованы выборки двух видов обоих полов из разных географических точек. Расстояние Махаланобиса ( $D^2$ ) между выборками из разных географических точек на порядок величин меньше, чем между видами или полами. Таким образом, очевидно, что величина географической изменчивости формы крыльев существенно меньше по сравнению с величиной половой изменчивости и, тем более, межвидовыми различиями. Географические различия по форме крыльев, хотя и значимы, но из-за своей малой величины трудно интерпретируемы.

**Зависимость формы крыла и крылового рисунка.** Провели регрессионный анализ зависимости формы крыла изучаемых видов белянок от метрических характеристик крылового рисунка, которые отражают степень экспрессии меланинового рисунка на крыле. Зависимой переменной являлась форма крыла, а в качестве независимой выбрали первую главную компоненту, которая отражает изменчивость метрических характеристик крылового рисунка.

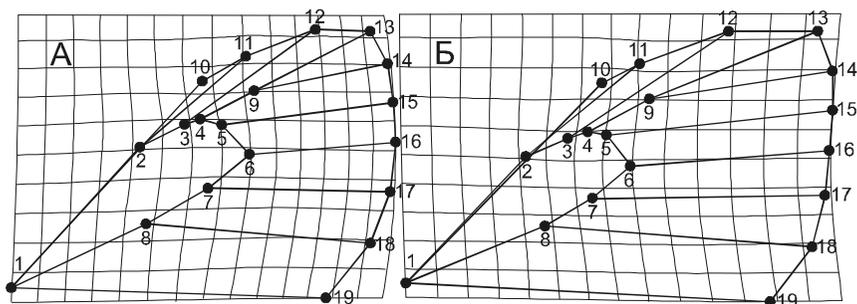


Рис. 3. Конфигурации, соответствующие крайним значениям первой главной компоненты формы крыла, связанные с межвидовыми различиями:  
А — брюквенница, Б — репница.

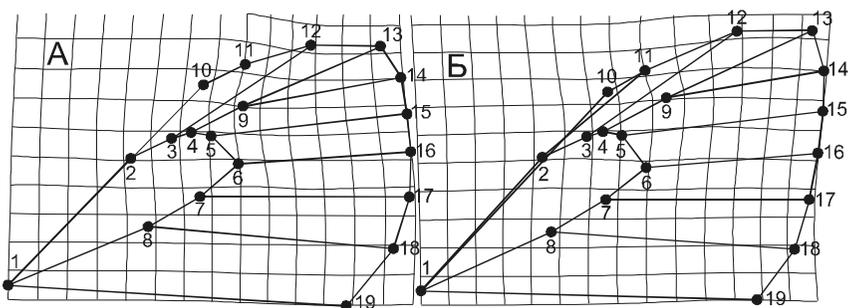


Рис. 4. Конфигурации, соответствующие крайним значениям второй главной компоненты формы крыла, связанные с половыми различиями:  
А — самка, Б — самец.

ка, на которую приходится у брюквенницы 33% общей дисперсии, а у репницы — около 45%.

Для самцов *P. pari* не обнаружено значимой зависимости между формой и экспрессией крылового рисунка. Линейной регрессией объясняется меньше одного процента дисперсии, а коэффициент корреляции формы крыла и характеристик рисунка недостоверно отличается от нуля (табл. 2). У самок *P. pari* зависимость между формой крыла и экспрессией рисунка выражена сильнее. Регрессия объясняет 1.6% дисперсии. В соответствии с обобщенным тестом Гудолла регрессионная зависимость значима, однако перестановочный тест (permutation test) не подтверждает этот вывод, поэтому можно считать, что для брюквенницы не характерна связь между формой крыла и экспрессией крылового рисунка.

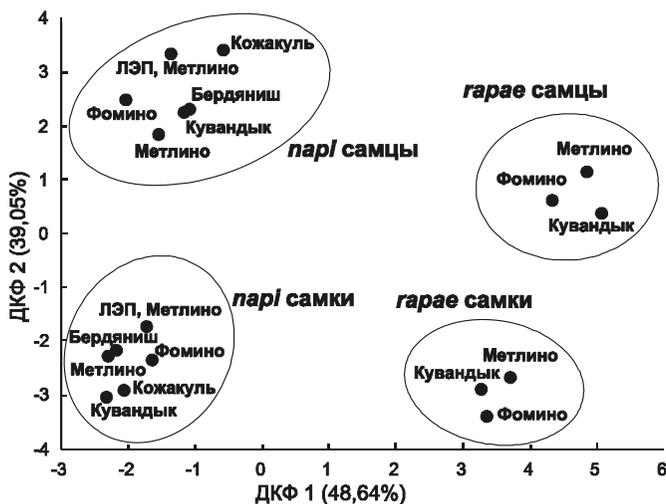


Рис. 5. Результаты дискриминантного анализа относительных деформаций (RW) формы крыльев *P. pari* и *P. garsae*.

В случае *P. garsae* результаты регрессионного анализа оказались иными. Для обоих полов обнаружена значимая связь между формой крыла и метрическими характеристиками рисунка. Регрессия объясняет 6.6 – 7.5% общей дисперсии формы. Коэффициент корреляции между указанными признаками составил  $r = 0.58$  для самцов ( $p = 0.03$ ) и 0.69 для самок ( $p = 0.01$ ). Таким образом, для репницы характерна взаимосвязь формы крыла и метрических характеристик рисунка, а для брюквенницы — не характерна.

Помимо связи формы крыла и крылового рисунка нами была оценена зависимость формы от размеров крыла. В качестве характеристики размеров выбрали размер центра тяжести крыла. Зависимость формы крыла от его размеров оказалась значимой для всех изученных выборок. Однако в случае *P. pari* связь оказалась слабее, чем у *P. garsae* (табл. 3). Доля объясненной дисперсии при оценке регрессии также оказалась ниже у брюквенницы, чем у репницы, хотя во всех случаях по величине  $F$ -критерия обобщенного теста Гудолла и результатам перестановочного теста регрессия значима.

Для всех изученных выборок увеличение размеров крыла связано с относительным смещением корня четвертой и пятой радиальной жилок к вершине крыла, медиальная ячейка становится при этом более округлой, и наоборот уменьшение размеров крыла приводит к относительному смещению корня этих жилок базипетально, при этом медиальная ячейка становится несколько более угловатой.

Таблица 2. Результаты регрессионного анализа формы крыла и элементов крылового рисунка

Статистика	<i>Pieris napi</i>		<i>Pieris rapae</i>	
	самцы	самки	самцы	самки
Объясненная дисперсия, %	0.74	1.60	7.45	6.55
Обобщенный <i>F</i> -тест Гудолла	$F = 1.05,$ $df = 34.5;$ $p = 0.39$	$F = 1.85,$ $df = 34.4;$ $p = 0.002$	$F = 4.84,$ $df = 34.2;$ $p = 0.001$	$F = 2.53,$ $df = 34.1;$ $p = 0.001$
Перестановочный тест	$p=0.38$	$p=0.057$	$p=0.001$	$p=0.008$
Коэффициент корреляции формы и рисунка	0.29 ( $p=0.35$ )	0.40 ( $p=0.05$ )	0.58 ( $p=0.03$ )	0.69 ( $p=0.01$ )

Таблица 3. Результаты регрессионного анализа формы и размеров крыла

Показатель	<i>Pieris napi</i>		<i>Pieris rapae</i>	
	самцы	самки	самцы	самки
Доля объясненной дисперсии, %	3.73	2.85	7.14	5.73
Обобщенный <i>F</i> -тест Гудолла	$F = 6.3,$ $df = 34.6;$ $p = 0.001$	$F = 4.3,$ $df = 34.5;$ $p = 0.001$	$F = 5.9,$ $df = 34.3;$ $p = 0.001$	$F = 2.6,$ $df = 34.2;$ $p = 0.001$
Перестановочный тест	$p=0.001$	$p=0.001$	$p=0.001$	$p=0.008$
Коэффициент корреляции формы крыла и его размеров	0.46 ( $p=0.01$ )	0.48 ( $p=0.01$ )	0.60 ( $p=0.01$ )	0.64 ( $p=0.02$ )

## ВЫВОДЫ

1) На основе методов геометрической морфометрии обнаружены значимые различия по форме крыльев как между видами брюквенницей (*P. napi*) и репницей (*P. rapae*), так и между самцами и самками. Крыло брюквенницы характеризуется относительно более крупной медиальной ячейкой и более округлым внешним краем, чем крыло репницы. Установлено, что крыло самца сильнее вытянуто и заострено, чем крыло самки. Величина дисперсии, обусловленная межпопуляционными географическими различиями, существенно меньше размаха половых и видовых различий. В этой связи можно заключить, что на всем пространстве изученных областей Среднего и Южного Урала оба вида бабочек представлены морфологически однородными популяциями номинативных подвидов.

2) Для обоих изученных видов выявлена значимая зависимость между изменчивостью формы крыла и его размерами. В случае репницы данная тенденция несколько сильнее, чем в случае брюквенницы. Значимая взаимосвязь формы крыла и экспрессии крылового рисунка обнаружена только у репницы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 07 – 04 – 96096) и программы поддержки ведущих научных школ РФ (НШ-1022.2008.4).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Павлинов И.Я., Волцит О.В., Россолимо О.Л. Анализ изменчивости формы методами «геометрической морфометрии»: демонстрация некоторых возможностей на примере гнатосомы клещей (*Acari: Ixodes*) и коренного зуба полевок (*Mammalia: Alticola*) // Журнал общей биологии, 1994. Т. 55. № 1. С. 110 – 118.
- Павлинов И.Я., Микешина Н.Г. Принципы и методы геометрической морфометрии // Журнал общей биологии, 2002. Т. 63. № 6. С. 473 – 493.
- Bookstein F.L. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge Univ. Press, 1991. 198 p.
- Brakefield P.M., French V. Eyespot development on the butterfly wing: the epidermal response to damage // Dev. Biol. 1995. Vol. 168. P. 98 – 111.
- Kingsolver J.G. Thermal ecology of Pieris butterflies: A new mechanism of behavioral thermoregulation // Oecologia. 1985. Vol. 66. P. 540 – 545.
- Kingsolver J.G., Wiernasz D.C. Dissecting correlated characters: adaptive aspect of phenotypic covariation in melanization pattern of *Pieris* butterflies // Evolution. 1986. Vol. 43. № 3. P. 491 – 503.
- Nijhout H.F. The development and evolution of butterfly wing patterns // Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1991.
- Rohlf F.J. On the use of shape spaces to compare morphometric methods // Hystrix (n.s.). 2000. Vol. 11. № 1. P. 9 – 25.
- Schwanwitsch B.N. Color-pattern in Lepidoptera // Revue d'Entomologie de l'URSS. 1956. XXXV, № 3. P. 530 – 546.
- Zelditch M.L., Swiderski D.L., Sheets H.D., Fink W.L. Geometric morphometrics for biologist: a primer. New York: ELSEVIER. Acad. Press, 2004. 443 p.

### ОСОБЕННОСТИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ОРБИТОЦЕНОЗОВ Г. ИЖЕВСКА

В.А. Шувалова, В.А. Шадрин

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Целью исследования было выявление особенностей городских почв орбитоценозов (на примере г. Ижевска) путем определения *pH* и содержания в почве тяжелых металлов (Cu, Zn). Сбор материала осуществлен на улице Удмуртской г. Ижевска, переходящей в улицу Воткинское Шоссе. Выделено три участка, соответствующих функциональным зонам города (Ильминских, 1993): центр, окраина и окрестности. В каждой зоне отобрано и проанализировано по пять

проб. Значения кислотности почв и содержание подвижных форм двух тяжелых металлов, определенных атомно-абсорбционным способом, охарактеризованы в таблице.

Таблица. Характеристика почв функциональных зон г. Ижевска

Функциональные зоны города	Характеристики		
	рН	содержание, мг/ кг	
		Zn	Cu
Центр	7.94 ± 0.15	108.4 ± 18.6	51.3 ± 3.11
Окраины	7.99 ± 0.17	57.9 ± 11.5	44.5 ± 12.7
Периферия	7.49 ± 0.27	48.3 ± 6.3	50.5 ± 12.0

Незначительные изменения кислотности почв в рассматриваемом градиенте и относительно высокие значения *pH* во второй зоне связаны, вероятно, с комплексным антропогенным воздействием, приводящим к формированию сложных придорожных почво-грунтов, которые довольно трудно классифицировать (Рылова, Кузнецов, 2001). Вероятно, их лучше отнести к самостоятельной группе, названной нами орбитоземы. Выявлена тенденция к значительному накоплению в придорожных почвах города цинка, что связано с использованием его в качестве присадок к автомобильному топливу. Накопление меди в придорожных почвах происходит примерно одинаково во всех функциональных зонах города.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды (на примере городов Вятско-Камского края): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 1993. 36 с.
- Рылова Н.Г., Кузнецов М.Ф. Классификация и морфологические особенности почв города Ижевска // Вестник Удм. ун-та, 2001. № 5. С. 72 – 79.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ЕСТЕСТВЕННОЙ И ТРАНСФОРМИРОВАННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРОПЫ «БАРОНСКАЯ ПЕТЛЯ» (ПРИРОДНЫЙ ПАРК «РЕКА ЧУСОВАЯ»)

**З.К. Шушаричева**

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Природный парк «Река Чусовая» расположен на западе Свердловской области в подзоне южнотаежных темнохвойных пихтово-еловых лесов.

Растительность экологической тропы представлена естественными и трансформированными растительными сообществами. Есте-

ственная растительность — елово-пихтовые, пихтово-еловые леса; пойменные луга; материковые горно-ключевые луга. Трансформированная — производные лесные сообщества, вторичные суходольные зарастающие луга; растительность дорожно-тропиночной сети.

Естественная лесная растительность: пять ассоциаций елово-пихтовых и пихтово-еловых лесов зеленомошных, травяных и сфагновых. Производными на месте темнохвойных лесов являются березовые, осиновые и сероольховые травяные и зеленомошные леса (три ассоциации). Луговая растительность: три ассоциации материковых лугов, шесть ассоциаций пойменных лугов.

Дорожно-тропиночная сеть представлена лесной дорогой. Дорога имеет слабо выраженные колеи и обочину. Растительность дороги представлена зарослями сныти обыкновенной, малины обыкновенной, папоротниково-таволговыми зарослями.

Таким образом, в растительности экологической тропы «Баронская петля» преобладает естественная, участки трансформированной растительности немногочисленны, находятся на этапе зарастания и преобразования в естественные сообщества.

---

## **МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕМЕННИКОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ, ОБИТАЮЩИХ В РАЙОНЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

---

**А.И. Юдаева**

*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург*

Загрязнение биогеоценозов радиоактивными веществами можно рассматривать как новый абиотический фактор среды обитания организмов, действующий на популяции и сообщества животных в течение длительного времени. Половые железы относятся к весьма радиочувствительным органам. В связи с этим изучение морфологии гонад мелких млекопитающих, обитающих на территориях, подверженных радиоактивному загрязнению, является актуальным. Целью работы является изучение морфофункционального состояния семенников мелких млекопитающих, обитающих в зоне радиоактивного загрязнения.

Сбор материала проведен в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа). Работы проходили во второй половине августа 2003 г. Отлов проводился на двух участках: объединенный контроль — окрестности пос. Метлино и берег оз. Кожакуль; импактный — район старой лежневой дороги в головной части

ВУРСа (уровень радиационного загрязнения 1000 Ки/км<sup>2</sup>); импактный участок отстоит от контрольных территорий на 10–15 км.

Отлов проводился при помощи ловушек-давилок. Были отловлены мышевидные грызуны следующих видов: *Apodemus agrarius*, *A. uralensis*, *Microtus oeconomus*, *M. arvalis*, *M. agrestis*, *Clethrionomys rutilus*. В условиях полевого стационара было проведено зоологическое обследование животных, определена принадлежность каждого животного к функционально-физиологической группе (ФФГ) (Оленев, 1989). Выделено три основные группы: перезимовавшие особи (*adultus*); половозрелые сеголетки (*subadultus*); неполовозрелые сеголетки (*juvenis*); переходные группы — созревающие сеголетки (*juv-sad*) и две группы животных, закончивших размножение: перезимовавшие животные (*ad-inv*) и сеголетки (*sad-inv*). Для изучения морфофункционального состояния семенников животных готовили поперечные срезы с использованием стандартных гистологических методик.

Рассматривалось соответствие между принадлежностью животного к определенной функционально-физиологической группе и состоянием семенника. На контрольном участке наблюдалась картина, характерная для конца сезона размножения: множество молодых особей (*juv*), а также старых животных с инволюирующим семенником (*sad-inv*, *ad-inv*). Однако здесь присутствовали и активно размножающиеся особи (*ad*), в семенниках которых регистрировали активный сперматогенез. На импактном участке, напротив, преобладали созревающие (*juv-sad*) и половозрелые, активно размножающиеся особи (*ad*); молодых неполовозрелых животных (*juv*) и животных, имеющих инволюирующие семенники (*sad-inv*, *ad-inv*), гораздо меньше. Таким образом, мы можем предположить, что на импактном участке репродуктивный период самцов мышевидных грызунов более продолжителен по сравнению с контрольным участком.

Оценивалось состояние основных структурных элементов семенника мышевидных грызунов. Наиболее часто у животных с импактной территории встречались следующие нарушения: наличие в эпителиосперматогенном слое патологических клеток (многоядерных сперматоцитов и сперматид), нарушение рядности клеток эпителиосперматогенного слоя, вакуолизация эпителиосперматогенного слоя, некроз клеток эпителиосперматогенного слоя.

Показано, что на импактном участке репродуктивный период самцов мышевидных грызунов более продолжителен по сравнению с фоновыми животными. У грызунов из головной части ВУРСа обнаружены патоморфологические изменения в семенниках, возможно, связанные с действием радиоактивного загрязнения.

## ПОСЛЕСЛОВИЕ

*Порядок больше всего помогает ясному усвоению.*  
Цицерон

*Тот, кто учится, не размышляя, впадет в заблуждение.*  
*Тот, кто размышляет, не желая учиться, окажется в затруднении.*  
Конфуций

*Будем же учиться мыслить...*  
Б. Паскаль

В 2008 г. в Институте экологии растений и животных УрО РАН состоялась Всероссийская конференция молодых ученых, она была посвящена Международному году планеты Земля и носила название «Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее».

В работе конференции приняли участие молодые ученые и пленарные докладчики из 27 регионов Российской Федерации, Украины, Финляндии и Англии. Молодые участники представляли 49 организаций, из которых: 24 научно-исследовательских, входящих в структуру РАН, РАСХН и других министерств и ведомств РФ, 21 ВУЗ. Общее число участников конференции составило 250 человек. Всего на конференции было представлено 30 устных и 130 стендовых сообщений.

С пленарными докладами выступили: д.б.н., профессор Ю.Т. Дьяков (МГУ) «Макрофилогения водорослей и грибов»; д.б.н., зав. Зоологическим музеем И.Я. Павлинов (МГУ) «Структура морфологического разнообразия и некоторые количественные методы её анализа»; д.б.н. Н.Г. Уланова (МГУ) «Лесовосстановление после сплошной рубки таежных лесов: экологические последствия и популяционные механизмы»; к.б.н. М.В. Козлов (университет г. Турку, Финляндия) «Воздействие точечных источников загрязнения на наземные экосистемы: сравнительный анализ»; к.б.н. М.В. Капралов (Оксфордский университет, Англия) «Как хорошо уметь читать»: основы анализа ДНК».

В рамках конференции прошел открытый семинар ИЭРиЖ УрО РАН, на котором обсуждались доклады д.б.н. И.Я. Павлинова «Содержательные контексты проблемы вида» и к.б.н. М.В. Капралова «Отбор и ДНК: Что, где, когда?».

Конференция проведена при поддержке Президиума Уральского отделения РАН и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08 – 04 – 06022).

В сборнике представлены работы студентов, аспирантов, преподавателей вузов и школьников в области теоретической биологии и экологии, радиобиологии, популяционной генетики и экологии, эволюционного учения, функциональной экологии и экологического прогнозирования; обсуждаются вопросы биологического разнообразия и механизмы устойчивости биоты, проблемы анализа данных.

Как и в прошлые годы, редколлегия сборника констатирует, что мнение конкурсной комиссии, сформированной из числа ведущих научных сотрудников ИЭРиЖ УрО РАН, объективно отражает качество работ молодых ученых. С наибольшими сложностями редколлегия столкнулась в процессе научного редактирования тезисов докладов и кратких сообщений.

Все замечания по работам, которые редколлегия держала в руках в этом году, полностью повторяют прошлогодние. Поэтому мы настоятельно рекомендуем авторам материалов настоящего и будущих сборников обратиться к редакторской статье 2007 г. Напоминаем также о существовании «Советов молодому ученому» (<http://ecology.uran.ru/newbie/sovet.pdf>).

Ниже приводятся правила оформления аннотации доклада, регистрационной формы участника и правила оформления материалов конференции.

*Редколлегия*

## ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ АННОТАЦИИ ДОКЛАДА

*<Аннотации, заполненные не в соответствии с настоящими требованиями, к рассмотрению не принимаются>  
<Аннотации докладов не публикуются >*

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА *<по левому краю, прописные буквы>*

С.С. Петров<sup>1</sup>, А.А. Иванов<sup>2</sup> *<по левому краю>*

<sup>1</sup>Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург *<по левому краю, в одну строку>*

<sup>2</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

*<пустая строка>*

Текст аннотации пишется без отступов, выравнивания по левому краю, без переносов, рисунков, таблиц и формул. Общий объем не должен превышать 200 слов (0.5 стр. формата А4). Аннотации докладов должны **ОБЯЗАТЕЛЬНО** включать: цель, задачи, основные гипотезы, объем исследованного материала, используемый статистический аппарат и выводы. Если работа проводится при финансовой поддержке каких-либо фондов, необходимо указать название фонда(ов) и номер(а) проекта(ов).

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РЕГИСТРАЦИОННОЙ ФОРМЫ УЧАСТНИКА КОНФЕРЕНЦИИ

*<Все поля регистрационной формы обязательны для заполнения. Формы, заполненные не по правилам, к рассмотрению не принимаются>*

ФИО участника полностью	<i>Петров Сергей Станиславович, Иванов Александр Алексеевич</i>		
Фамилия и инициалы участника	<i>Петров С.С., Иванов А.А.</i>		
Год рождения	<i>1985, 1978</i>		
Пол	<i>мужской, мужской</i>		
Ученая степень, звание	<i>б/с, б/з; к.б.н., б/з</i>		
Полное название организации	<i>Уральский государственный университет им. А.М. Горького</i>	Сокращенное название	<i>УрГУ</i>
	<i>Институт экологии растений и животных УрО РАН</i>		<i>ИЭРиЖ УрО РАН</i>
Структурное подразделение	<i>кафедра ботаники; лаборатория фитомониторинга и охраны растительного мира с гербарием</i>		
Должность	<i>студент; научный сотрудник</i>		
Регион	<i>Свердловская область</i>		
Город	<i>Екатеринбург</i>	Страна	<i>Россия</i>
Почтовый адрес организации	<i>620083, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48а; 620144, г. Екатеринбург, у. 8 Марта, 202</i>		
Телефон	<i>+7-902-245-12-87 (Петров С.С.) +7-902-245-11-85 (Иванов А.А.)</i>	Факс	<i>(343) 260-65-00</i>
Контактный адрес для рассылки сборников	<i>620219, г. Екатеринбург, ул. Гагарина, 24-18 (Петров С.С.) 620085, г. Екатеринбург, ул. Братская, 11-1 (Иванов А.А.)</i>		
e-mail	<i>petrov@usu.ru ivanov@ipae.uran.ru</i>		
Название секции			
Название доклада			
Форма желаемого участия	<i><u>устная</u></i>	<i>стендовая</i>	
Ответственный докладчик	<i>Петров Сергей Станиславович</i>		
Бронирование гостиницы	<i><u>нет</u></i>		
Приглашение от Оргкомитета	<i>на имя декана Биологического факультета УрГУ, к.б.н., доцента Николая Николаевича Фирсова</i>		<i>Факс: (343) 256-10-11</i>

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОНФЕРЕНЦИИ

### 1. Общие замечания

1. В соответствии с решением Конкурсной комиссии, состоявшиеся доклады могут быть опубликованы в сборнике трудов конференции в одном из трех видов: *статья* — 10–12 стр.; *краткое сообщение* — 4–5 стр.; *тезисы* — 1–2 стр. (см. Протокол №1 решения Конкурсной комиссии).

2. Если рукопись подготовлена не в соответствии с приведенными ниже правилами, она не допускается до опубликования.

3. Работа должна быть написана на хорошем, грамматически правильном русском языке. Предварительное прочтение текста (как минимум двумя людьми) поможет избежать опечаток.

4. Все термины и используемые обозначения должны быть понятны. Сокращения необходимо разъяснить при их первом упоминании в тексте.

5. Для публикации принимаются работы, которые ранее не публиковались в других изданиях (*на печатном варианте необходимо сделать соответствующую пометку*).

6. Материалы представляются в оргкомитет **в двух вариантах**: печатном и электронном. Рукописи, представленные только в печатном или только в электронном варианте, к публикации **не принимаются**. Работы студентов и аспирантов принимаются только после прочтения и визирования их научным руководителем (*на печатном варианте*). **Срок подачи рукописей** — до 15 июня.

7. *Печатный вариант* представляется в Оргкомитет конференции в 1 экземпляре. Таблицы и рисунки должны быть вставлены в текст. Дополнительно к этому на отдельных листах представляются таблицы и рисунки максимально хорошего качества. Иногородние участники должны направить материалы **простым письмом** по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, ИЭРиЖ УрО РАН.

8. *Электронный вариант* направляется в Оргкомитет по адресу: confer@ipae.uran.ru.

### 2. Текстовые файлы

При написании материалов необходимо использовать текстовый редактор MS Word for Windows (ver. 2.0–8.0, 2000, XP) и формат страницы А4 (210 x 297 мм). Имя файла формируется по начальным буквам фамилии первого автора (латинский шрифт до 8 символов — *petrov.doc*).

Текст печатается через 2 интервала (или 24 пт), гарнитура *Arial*, кегль 12, стиль *Normal* (обычный), без переносов. Выравнивание текста — по левому краю, абзац — 1.25 см. Поля: слева — 3 см, справа — 1 см, сверху и снизу — 1.5 см. Можно использовать надстрочные и подстрочные индексы и выделения. Сноски не допускаются.

Рисунки и таблицы в текстовом файле не размещаются. В месте их потенциального размещения необходимо оставить название, отделенное от основного текста сверху и снизу пустой строкой.

### 3. Рисунки, таблицы, формулы

Таблицы и рисунки предоставляются в отдельных файлах, названия файлов даются согласно нумерации в тексте (*petrov\_t1.doc*, *petrov\_t2.doc*, *petrov\_r2.jpg*). Таблицы — в отдельных файлах MS Word document. Рисунки и таблицы должны быть пронумерованы последовательно (рис. 1, рис. 2; табл. 1, табл. 2). Надписи должны находиться **под рисунком** (и заканчиваться точкой) и **над таблицей** (без точки в конце названия). Они должны быть выполнены тем же 12 кеглем, что и основной текст. Если в рукописи только 1 рисунок или 1 таблица, то номера не ставятся. В тексте и подписях к ним слова «Рисунок» и «Таблица» пишутся полностью, через «точку» — название. В таблицах допускается использование 1 интервала и 10 кегля. В таблицах разделителем является точка (например, 3.6).

Рисунки, графики, схемы принимаются только черно-белые, фотографии — градации серого. Разрешение — 300–600 dpi; форматы — TIFF, BMP, PCX). Метафайлы MS Excell, Statistica for Windows и т.п. — **не принимаются**. Допустимы иллюстрации в форматах CorelDRAW и Adobe Illustrator. Формулы оформляются в редакторе MS Equations 3.0.

### 4. Содержание рукописи

Рукописи должны быть хорошо структурированы, т.е. должны включать:

1. **Название**, имена авторов, название организации, город (каждого автора через запятую).

2. **Ключевые слова**: до 5 слов (в алфавитном порядке), набранных обычным шрифтом и разделенными запятыми.

3. **Основной текст** должен быть подразделен на введение, материал и методы, результаты и обсуждение, выводы и список литературы. Названия этих разделов даются отдельной строкой, без дополнительных абзацев, прописными буквами.

**ВВЕДЕНИЕ** — описание актуальности, цели и задач исследования.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ** — краткое описание объекта исследования, используемых методик, объемы выполненных работ. Принципы методов не следует описывать, если можно сослаться на легко доступные первоисточники. При первом упоминании вида живых организмов необходимо указать его латинское название с автором(ами) таксонов. Название должно соответствовать современным номенклатурным сводкам. *Курсивом* выделяются родовые и видовые названия.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ** — ясное изложение полученных результатов, с привлечением точек зрения других авторов.

**ВЫВОДЫ** — сухой остаток результатов проделанной работы.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ** — перечень цитируемых источников согласно правилам журнала «Экология» (номера после 2000 г.). Все источники цитирования в тексте рукописи должны быть включены в список литературы и наоборот. В списке литературы ссылки приводятся в алфавитном порядке. Сначала приводятся работы на русском языке, затем — на иностранных языках в латинском алфавите. Ссылаясь на статьи в журналах, необходимо указать фамилии авторов, инициалы, название статьи и журнала, год, том, выпуск и страницы (см. ниже образец описания). Для книг и других непериодических изданий указать фамилии всех авторов, инициалы, полное название книги, город, издательство, год издания, количество страниц. Цитируемую литературу в тексте приводить по фамилиям авторов (например, Михайлов, Иванов, 1990). Если авторов больше трех, указывается фамилия только первого автора, например (Петров и др., 1992). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

*Образец шапки рукописи*

**НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА**

С.С. Петров\*, А.А. Иванов\*\*

*\*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург*

*\*\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

*<пустая строка>*

**Ключевые слова:** возрастная структура, микотрофность, промышленные отвалы, ценопопуляции.

*<пустая строка>*

*<Текст рукописи >*

*Образец библиографического описания  
(на основании ГОСТа 7.1–2003)*

**Монографии:**

*Евсеева Т.М., Гераськин С.А.* Сочетанное действие факторов радиационной и нер-  
радиационной природы на традесканцию. Екатеринбург, 2001. 156 с.

**Главы в монографиях:**

*Головатин М.Г.* Охрана птиц Полярного Урала // Птицы Полярного Урала /  
М.Г. Головатин, С.П. Пасхальный. Екатеринбург, 2005. С. 528 – 534.

**Статьи:**

*Абрамов В.И., Рубанович В.В., Шевченко В.А.* и др. Генетические эффекты в попу-  
ляциях растений, произрастающих в зоне Чернобыльской аварии //  
Радиационная биология. Радиоэкология. 2006. Т. 46. № 3. С. 259 – 267.

*Fuma S., Ishii N., Takeda H.* et al. Ecological effects of various toxic agents on  
the aquatic microcosm in comparison with acute ionizing radiation //  
J. Environmental Radioactivity, 2003. Vol. 67. P.1 – 14.

**Статьи в продолжающихся изданиях:**

*Ермакова И.М.* Одуванчик лекарственный. Номенклатура и систематическое  
положение // Биологическая флора Московской области / Под ред. Павло-  
ва В.Н., Работнова Т.А. М., 1990. Т. 8. С. 210 – 269.

*Снитыко В.П.* История изучения рукокрылых на Урале [Электронный ресурс] /  
В.П. Снитыко, О.Л. Орлов // Изв. Челяб. науч. центра УрО РАН. 2005.  
Вып. 4 (30). С. 171 – 175. Режим доступа: [http://csc.ac.ru/news/2005\\_4/](http://csc.ac.ru/news/2005_4/).

**Статьи в сборниках:**

*Бурмистрова О.С.* Зоопланктон литорали Телецкого озера // Экология в меняю-  
щемся мире: материалы конф. молодых ученых, 24–28 апр. 2006 г. /  
Рос. акад. наук, Урал. отд-ние, Ин-т экологии растений и животных. Екате-  
ринбург, 2006. С. 26 – 27.

**Авторефераты диссертаций:**

*Богданов В.Д.* Экология молоди и воспроизводство сиговых рыб Нижней Оби:  
автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1997. 38 с.

**Карты:**

*Горчаковский П.Л., Никонова Н.Н., Фамелис Т.В.* Карта растительности природного  
парка «Оленьи ручьи» [Карты]: масштаб 1:50 000. Екатеринбург: УралРИКЦ,  
2005. 1 л.

Электронные ресурсы. CD-ROM:

Бобовые Северной Евразии [Электронный ресурс]: информ. система на компакт-  
диске / Ю.Р. Росков [и др.]. Электрон. дан. СПб.: СПХФА, 1998. 1 электрон.  
опт. диск (CD-ROM). Загл. с контейнера.

**Электронные ресурсы. Удаленный доступ:**

Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информ.  
технологий РГБ; под ред. Власенко Т.В. [и др.]. Электрон. дан. М.: Рос. Гос.  
б-ка, 1997. Режим доступа: <http://www.rsl.ru>, свободный. Загл. с экрана.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОПУЛЯЦИИ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ <b>Д.С. Абдуллина, И.В. Петрова</b> .....	3
ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРОВА В ХОДЕ ПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ НА ПЕСКАХ <b>С.Ю. Абдульманова</b> .....	6
РАДИОУСТОЙЧИВОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ЛИНИЙ ДРОЗОФИЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ПРИРОДЫ, ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ И ГЕНДЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ <b>О.Н. Антосюк, К.А. Давиденко, Н.С. Затай, Л.В. Крысова</b> .....	7
ИССЛЕДОВАНИЕ КАРИОТИПОВ РЕДКИХ И ЭНДЕМИЧНЫХ УРАЛЬСКИХ ВИДОВ РОДА <i>OXYTROPIS</i> DC. <b>Л.Р. Арсланова</b> .....	9
МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ ОБЫКНОВЕННОГО ПЕСКАРЯ ИЗ РЕКИ МИАСС <b>М.А. Бакланов, В.В. Юрченко</b> .....	10
ПОЧВЫ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА И ИЗМЕНЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ ПОД ВЛИЯНИЕМ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ <b>Л.Д. Балсанова</b> .....	11
ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ НЕМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СКЕЛЕТА РЕЧНОГО ОКУНЯ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ВОДОЕМОВ ЮЖНОГО УРАЛА <b>В.Ю. Баранов</b> .....	12
ДИНАМИКА ПОДГОЛЬЦОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА СКЛОНАХ ТЫЛАЙСКО-КОНЖАКОВСКО-СЕРЕБРЯНСКОГО МАССИВА В ПОСЛЕДНИЕ СТОЛЕТИЯ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ) <b>А.А. Бартыш</b> .....	16
МИКРОМИЦЕТЫ ФОНОВЫХ И ГАРЕВЫХ ПОЧВ ПОД ПОСАДКАМИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ <b>И.В. Белошевская</b> .....	18
ФИЛОГЕОГРАФИЯ КРАСНОЙ ПОЛЕВКИ <i>CLETHRIONOMYS RUTILUS</i> PALLAS, 1779 ПО ДАННЫМ ИЗМЕНЧИВОСТИ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ГЕНА ЦИТОХРОМА <i>b</i> <b>С.Ю. Бодров</b> .....	19
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИСТОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НАКОПЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ <i>TRIFOLIUM MEDIUM</i> L. <b>Е.В. Болотник, А.А. Ермошин</b> .....	22

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СТРУКТУР ЗАРОДЫША СЕМЯН <i>MELICA URCZANINOWIANA</i> ПРИ ПРОРАСТАНИИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВЛАГИ (IN VIVO)	
<b>Е.А. Бондаревич, Л.Л. Войта</b> .....	<b>23</b>
ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ И РЕПРОДУКТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЖЕЛТОЙ ПЕСТРУШКИ ( <i>EOLAGURUS LUTEUS</i> EVERSMANN, 1840) В УСЛОВИЯХ НЕВОЛИ	
<b>Е.В. Булатова</b> .....	<b>27</b>
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СОРЕДИЙ <i>HYPOGYMNA PHYSODES</i> (L.) NYL. (ASCOMYCETES)	
<b>М.С. Булдаков, Е.В. Михеева, М.И. Радиков</b> .....	<b>28</b>
ОСОБЕННОСТИ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРАЗИТАРНОЙ ИНВАЗИИ <i>RANA ARVALIS</i> В ЗОНАХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	
<b>А.В. Буракова</b> .....	<b>33</b>
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕСКИ <i>GADUS MACROCEPHALUS</i> TILESII (GADIDAE)	
<b>М.Е. Буракова, М.В. Шитова</b> .....	<b>39</b>
ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНИТАЛИЙ САМЦОВ <i>MELLICTA ATHALIA</i> (ROTT.) НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	
<b>М.Г. Буш</b> .....	<b>41</b>
МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЗРЕМУСОВ РЕДКИХ И НАХОДЯЩИХСЯ ПОД УГРОЗОЙ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ЭНДЕМИЧНЫХ УРАЛЬСКИХ НЕЗАБУДОЧНИКОВ (РОД <i>ERITRICHIMUM</i> , СЕМ. BORAGINACEAE)	
<b>А.Г. Быструшкин, Е.В. Быструшкина</b> .....	<b>48</b>
АНАЛИЗ ФРАКЦИИ РУДЕРАЛЬНЫХ И СЕГЕТАЛЬНЫХ СЛОЖНОЦВЕТНЫХ ФЛОРЫ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ В СИСТЕМЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ФЛОР ЕВРАЗИИ 50	
<b>Е.В. Быструшкина, А.Г. Быструшкин</b> .....	<b>50</b>
РОД <i>RANUNCULUS</i> L. (RANUNCULACEAE) ЗАУРАЛЬЕ: ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМАТИКИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ	
<b>М.А. Васеева</b> .....	<b>50</b>
ЛАНДШАФТНО-ЗОНАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВИДОВОГО БОГАТСТВА И ОБИЛИЯ ГАМАЗОВЫХ КЛЕЩЕЙ, СВЯЗАННЫХ С МЕЛКИМИ МЛЕКОПИТАЮЩИМИ, НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
<b>Н.П. Винарская, М.В. Винарский</b> .....	<b>51</b>

УРАЛЬСКИЙ ХРЕБЕТ: «КОРИДОР» ИЛИ «БАРЬЕР» ДЛЯ РАССЕЛЕНИЯ МОЛЛЮСКОВ ?	
<b>М.В. Винарский</b> .....	59
СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ И ФОТОСИНТЕЗА ХВОИ <i>JUNIPERUS COMMUNIS</i> L. ПОД ПОЛОГОМ ЕЛОВОГО ФИТОЦЕНОЗА	
<b>Н.В. Герлинг</b> .....	62
ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ОБЫКНОВЕННОГО ПЕСКАРЯ <i>GOBIO GOBIO</i> (L.) РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЁМОВ	
<b>Т.А. Гилёва</b> .....	65
ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ ( <i>BACILLUS</i> ЗМ И <i>BACILLUS CEREUS</i> IP5832) НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНФУЗОРИЙ ( <i>PARAMECIUM CAUDATUM</i> )	
<b>Л.Н. Гнатченко</b> .....	66
КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КЛЕЩЕВЫМ ЭНЦЕФАЛИТОМ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ СИСТЕМЫ «ВОЗДУХ — ПОЧВА» (НА ПРИМЕРЕ ТАРСКОГО ОЧАГА В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ)	
<b>М.А. Григорьев</b> .....	67
ЖИЗНЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ МАТЬ-И-МАЧЕХИ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ	
<b>О.Н. Гуреева, О.А. Тимохина</b> .....	68
СОСТАВ И АКТИВНОСТЬ МИКРОФЛОРЫ ФОНОВЫХ И ГАРЕВЫХ ПОЧВ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД ПОСАДКАМИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ	
<b>М.Н. Деулина</b> .....	69
К ВОПРОСУ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ПТИЦ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
<b>А.А. Емцев</b> .....	70
ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ <i>TRIFOLIUM MEDIUM</i> L.	
<b>А.А. Ермошин, И.С. Гвоздарева</b> .....	74
О ЗНАЧЕНИИ МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ И АНАТОМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ ХВОЩЕЙ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ	
<b>А.С. Ершова</b> .....	75
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИТАНИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ ГРУПП БАРСУКА ОСТРОВНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «САМАРОВСКИЙ ЧУГАС»	
<b>О.С. Загайнова, Н.И. Марков</b> .....	76

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДРЕВНЕЙШЕГО ПРИРОДНОГО АМИНОСАХАРА <b>А.В. Зайченко, Н.М. Бречка, Л.А. Сиротенко</b> .....	78
ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КРАНИАЛЬНЫХ И ОДОНТОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОЙ ЛЕСНОЙ МЫШИ <i>SYLVAEMUS URALENSIS</i> НА УРАЛЕ <b>С.В. Зыков</b> .....	80
ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВАЯ И ГОЛОЦЕНОВАЯ ИСТОРИЯ ФАУНЫ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ДОЛИНЫ РЕКИ ЧУСОВАЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ) <b>Е.П. Изварин</b> .....	84
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СЕМЕЙСТВА LYCOPODIACEAE НА ТЕРРИТОРИИ СЫЗРАНСКОГО РАЙОНА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ <b>О.В. Калашникова</b> .....	89
ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД АКТИВНОСТИ НАПОЧВЕННЫХ ПАУКОВ (ARANEI) СОСНОВЫХ ЛЕСОВ МАРИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ) <b>И.О. Камаев</b> .....	90
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФЕРМЕНТНЫХ СИСТЕМ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ ЗВЕЗДЧАТКИ ЗЛАКОВОЙ <b>Э.М. Каримуллина</b> .....	94
ВЫБОР МЕСТООБИТАНИЯ ДАУРСКОЙ ПИЩУХОЙ В ЮГО-ЗАПАДНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ <b>Т.В. Кислощаева, Л.В. Руднева, А.А. Дагдунова</b> .....	103
ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ БАКТЕРИЙ РОДА <i>SALMONELLA</i> В ОБЛАСТЯХ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА <b>Н.В. Копылов</b> .....	104
АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТОКСИГЕННЫХ ШТАММОВ <i>CORYNEBACTERIUM DIPHTHERIAE</i> В КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ <b>А.В. Копылова</b> .....	104
ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБНОГО ПЕЙЗАЖА ПРИ САМООЧИЩЕНИИ ПОЧВ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ <b>П.В. Кочубей, И.А. Сморгалов</b> .....	105
СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА <b>Ю.В. Крашанинина, М.В. Чибирик</b> .....	106
ИЗУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ <b>О.В. Крашенинникова, М.А. Коромыслова, Н.В. Чукина</b> .....	118

УНИКАЛЬНАЯ ФЛОРА СТЕПНЫХ ХОЛМОВ ОКОЛО СЕЛА БЕСЕДИНО (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ) <b>Т.А. Кудашкина, О.В. Рыжкова</b> .....	120
МАССА НАДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ ДЕРЕВОСТОЯ В ЕЛЬНИКЕ ЧЕРНИЧНО-СФАГНОВОМ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ <b>М.А. Кузнецов</b> .....	121
ПОГРАНИЧНЫЕ УКРЕПЛЕНИЯ РУССКОГО ГОСУДАРСТВА В ЛЕСОСТЕПНОМ ЗАУРАЛЬЕ <b>А.Я. Кунгурцев</b> .....	122
МОРФОСТРУКТУРА ДРЕВОСТОЯ И РОСТ ДЕРЕВЬЕВ КОРЕННОГО СОСНЯКА БРУСНИЧНОГО СРЕДНЕЙ ТАЙГИ <b>И.Н. Кутявин</b> .....	123
АНАЛИЗ ЗАЛЕЖНОЙ ФЛОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТУВЫ <b>М.М. Куулар, А.В. Ооржак</b> .....	124
СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ИЗ СЕМЕЙСТВА ОРХИДНЫХ В ИЛЬМЕНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЗАПОВЕДНИКЕ <b>С.А. Лесина</b> .....	125
БИОАКУСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРИКОВ ЭКСТРЕННОГО ПРОБУЖДЕНИЯ ОТ ЗИМНЕГО СНА У <i>EPITESICUS NILSSONII</i> И <i>PLECOTUS AURITUS</i> <b>М.А. Манюкин</b> .....	126
ЭКОЛОГИЯ АМФИБИЙ ПРИРОДНОГО ПАРКА «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ» <b>А.В. Матковский</b> .....	128
ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЭПИФИТНОГО ЛИШАЙНИКА <i>LOBARIA PULMONARIA</i> НА УРАЛЕ <b>В.С. Микрюков</b> .....	129
НАСЕЛЕНИЕ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ОЛЕНЬИ РУЧЬИ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОТЛОВОВ КОНУСАМИ И ЖИВОЛОВУШКАМИ <b>М.В. Модоров, Н.О. Садыкова, С.В. Собенин</b> .....	139
ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОСНЫ, ОТРАЖАЮЩИХ СВЯЗЬ ИЗМЕРЯЕМЫХ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С НАСЛЕДСТВЕННОСТЬЮ <b>А.А. Монтиле</b> .....	143
ПЕТРОФИТНЫЕ СООБЩЕСТВА РЕКИ СЫСЕРТИ — УНИКАЛЬНЫЙ БОТАНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС СРЕДНЕГО УРАЛА <b>В.В. Мориллов</b> .....	144
ХОРОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФАУНЫ МАКРОЧЕШУЕКРЫЛЫХ НИЖЕГОРОДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ <b>А.Р. Мосягина</b> .....	145

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ПО ДАННЫМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ <b>Е.А. Мудрик, Д.В. Политов, М.М. Белоконь, С.Н. Привалихин ..</b>	<b>154</b>
ФИТОИНДИКАЦИЯ РЕКИ ИСЕТЬ В ЧЕРТЕ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА <b>И.Е. Мысин, А.Р. Тухбатуллин .....</b>	<b>158</b>
ФЛОРА ОЗЕРА НИЖНЕЕ БЕЛОЕ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ) <b>Б.Б. Найданов .....</b>	<b>158</b>
АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ КРАНИАЛЬНЫХ И ДЕНТАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ У <i>ALOPEX LAGOPUS</i> И <i>VULPES VULPES</i> <b>О.Г. Нанова .....</b>	<b>159</b>
ХАРАКТЕРИСТИКА НИЖНИХ ЯРУСОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ ЛЕСОПИРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА <b>М.С. Новикова .....</b>	<b>170</b>
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ТКАНЕЙ МЕДИЦИНСКИХ ПИЯВОК <i>HIRUDO MEDICINALIS</i> ДВУХ ПОДВИДОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ <b>Е.С. Нохрина, Н.Т. Казиев, Л.А. Ковальчук, Л.В. Черная .....</b>	<b>175</b>
СТРУКТУРА МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МЕХАНИЗМАХ РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ <i>CLETHRIONOMYS RUTILUS</i> И <i>APODEMUS</i> (S.) <i>URALENSIS</i> <b>Н.А. Орехова, Л.Н. Расина .....</b>	<b>176</b>
ДИСКРЕТНАЯ И НЕПРЕРЫВНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕЛАНИНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРЫЛОВОГО РИСУНКА <i>PIERIS NAPI</i> И <i>P. RAPAE</i> (LEPIDOPTERA: PIERIDAE) НА СРЕДНЕМ И ЮЖНОМ УРАЛЕ <b>Т.С. Ослина, А.О. Шкурихин, Е.Ю. Захарова .....</b>	<b>181</b>
ЭКОЛОГИЯ ФОНОВЫХ ВИДОВ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ АНТРОПОГЕННОГО ЛАНДШАФТА (НА ПРИМЕРЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ ГОРОДА КУРГАНА) <b>Н.В. Пантелеева .....</b>	<b>190</b>
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СЕМЬИ ОС <i>POLISTES NIMPHUS</i> (CHRIST.) (HYMENOPTERA, VESPIDAE) В ЛЕСОСТЕПНОМ ЗАУРАЛЬЕ <b>И.А. Пеканова .....</b>	<b>192</b>
ИСТОРИЯ РАССЕЛЕНИЯ КРАСНО-СЕРОЙ ПОЛЕВКИ ( <i>MYODES RUFOCANUS</i> ) В ПОСТПЛЕЙСТОЦЕНОВЫЙ ПЕРИОД ПО ДАННЫМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЦИТОХРОМА <i>b</i> <b>Т.В. Петрова .....</b>	<b>193</b>

ИЗМЕНЕНИЕ ОБИЛИЯ МИКСОМИЦЕТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ <b>Б.С. Плотников</b> .....	204
ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТРАВНИКА <i>TRINGA TOTANUS</i> <b>В.Е. Поляков</b> .....	211
ОБЗОР КОЛЛЕКЦИИ ЖУКОВ-КАРАПУЗИКОВ (COLEOPTERA, HISTERIDAE) ФОНДОВ КАФЕДРЫ ЗООЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ ПЕНЗЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА <b>И.Г. Пронина</b> .....	221
АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ИЛЬМЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (НА ПРИМЕРЕ КЛЮЧЕВОГО УЧАСТКА) <b>Л.А. Пустовалова (Иванова)</b> .....	222
ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОСАТЕЛЛИТНОЙ ДНК У РЫЖИХ ПОЛЕВОК СРЕДНЕГО УРАЛА В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ <b>С.Б. Ракигин, М.В. Фокин</b> .....	227
РАСТИТЕЛЬНОСТЬ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЗОЛОТВАЛОВ: ЧЕРЕЗ 15, 35 И 45 ЛЕТ <b>Е.А. Раков</b> .....	234
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА ИНГРЕДИЕНТОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НА <i>LUMBRICUS RUBELLUS</i> (HOFFMEISTER, 1843) В УСЛОВИЯХ ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЯ <b>И.С. Резниченко, Е.В. Голованова</b> .....	235
ИНТРОГРЕССИЯ мтДНК В ЗОНЕ СИМПАТРИИ ДВУХ ВИДОВ ЛЕСНЫХ ПОЛЕВОК ( <i>CLETHRIONOMYS</i> ) <b>Е.Н. Родченкова</b> .....	236
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ МОЛЕКУЛЯРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ <b>А.С. Розанов, Н.Б. Наумова</b> .....	244
МЕЖПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИСТАНТНЫХ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ У ДАУРСКОЙ ПИЩУХИ ( <i>OSCHOTONA DAURICA</i> PALL.) <b>Л.В. Руднева, А.И. Старков</b> .....	252
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ГНЕЗДОВИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ НЕКОТОРЫХ СКЛАДЧАТОКРЫЛЫХ И РОЮЩИХ ОС (HYMENOPTERA: VESPIDAE; SPHECIDAE) В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА <b>П.В. Рудоискатель, К.И. Фадеев</b> .....	253
ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ПРОФИЛЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ НЕКАРБОНАТНЫХ НИЖНЕГО ДОНА <b>Д.С. Рыбьянец</b> .....	257

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА НЕКТАРОПРОДУКТИВНОСТЬ МЕДОНОСНЫХ РАСТЕНИЙ	
<b>И.Н. Рябова</b> .....	259
РАЗВИТИЕ НАСЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ СОСНОВОЙ ГАРИ В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ПОСЛЕ ПОЖАРА	
<b>Л.Ю. Савельева</b> .....	259
ОСОБЕННОСТИ ПОЛИМОРФИЗМА ОКРАСКИ ПТИЦ ПРИ ЗАСЕЛЕНИИ СИЗЫМ ГОЛУБЕМ Г. ЛЯНТОРА	
<b>Р.М. Салимов, А.А. Емцев, А.В. Гилёв</b> .....	261
ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ХВОЙНЫХ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ГОРАХ ЗАПАДНОГО САЯНА	
<b>Е.В. Самаркина, М.С. Радогуз</b> .....	267
АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ МЕДОНОСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ Г. ИЖЕВСКА	
<b>Ю.С. Самодина</b> .....	268
ДОПОЛНЕНИЯ К ФАУНЕ ДОЛГОНОСИКОВ (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) СРЕДНЕГО УРАЛА	
<b>В. В. Сапронов</b> .....	269
ОПЫТ КЛАССИФИКАЦИИ РАСТЕНИЙ ТАТАРСТАНА ПО ТИПАМ АДАПТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ И ОЦЕНКА ИХ СРОДСТВА К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ	
<b>М.Ш. Сибгатуллина</b> .....	270
СТАНОВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ОСОБЕЙ МУЖСКОГО ПОЛА ПОД ВЛИЯНИЕМ ИНГИБИТОРОВ ФОСФОДИЭСТЕРАЗНОЙ АКТИВНОСТИ	
<b>Л.А. Сиротенко, Н.М. Бречка</b> .....	271
ОРНИТОФАУНА ЦПКиО Г. КУРГАНА	
<b>Т.Е. Скобелева</b> .....	272
СТРУКТУРА И ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ БУРОЗУБОК ( <i>SOREX</i> ) СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
<b>И.М. Слуту</b> .....	274
МЕСТО ФЛОРЫ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ В СИСТЕМЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ФЛОР РОССИИ И СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ПО ВИДОВОМУ СОСТАВУ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА EUPHORBACEAE JUSS. (МОЛОЧАЙНЫЕ)	
<b>С.В. Соловьёв</b> .....	275
ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗМЕРОВ ТЕЛА ВОСКОВИКА ПЕРЕВЯЗАННОГО ( <i>TRICHIUS FASCIATUS</i> LINNAEUS, 1758)	
<b>В.А. Сусой</b> .....	276
СОСТОЯНИЕ ПЫЛЬЦЫ МАТЬ-И-МАЧЕХИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	
<b>О.А. Тимохина, Л.В. Шилова</b> .....	281

ПОДВИЖНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПЫЛИ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ ДОРОГ ГОРОДОВ РОССИИ И ГЕРМАНИИ <b>М.И. Тиунова</b> .....	283
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ОБЫКНОВЕННОГО В БАШКИРСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ <b>Е.А. Тишкина</b> .....	284
РОД <i>VERONICA</i> L. (SCROPHULARIACEAE) В ЗАУРАЛЬЕ: ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМАТИКИ И ГЕОГРАФИИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ <b>Е.С. Трубкина</b> .....	287
ФАУНА И ЭКОЛОГИЯ ТЛЕЙ (НОМОПТЕРА, АРНИДИНЕА) БИОСТАНЦИИ УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА <b>О.В. Ухова, Г.А. Замшина, Н.В. Николаева</b> .....	288
РОЛЬ ПОЛИАМИНОВ В РЕГУЛЯЦИИ АКТИВНОСТИ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ ПРИ АДАПТАЦИИ <i>E. COLI</i> К ОКИСЛИТЕЛЬНОМУ СТРЕССУ <b>М.В. Федотова</b> .....	292
МИКОРИЗА ИВЫ В УСЛОВИЯХ ЗОЛОТВАЛА <b>М.Е. Филатова</b> .....	294
ВНУТРИ- И МЕЖПОПУЛЯЦИОННЫЕ СРАВНЕНИЯ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ ( <i>CLETHRIONOMYS GLAREOLUS</i> SCHREBER, 1780) <b>М.А. Фоминых (Елькина), Л.Э. Ялковская</b> .....	296
АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ У <i>APIS MELLIFERA</i> L. <b>О.Н. Фрунзе, Е.Н. Бессонова, Е.Р. Русецких, С.Н. Алакина</b> .....	303
ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА ЗАУРАЛЬСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ <b>М.И. Хамидулина</b> .....	305
СОСТАВ ФАУНЫ И СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ БОЖЬИХ КОРОВОК ЮЖНОГО ПРИУРАЛЬЯ <b>К.А. Христина</b> .....	307
МОЛЕКУЛЯРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ВИРУСА КЛЕЩЕВОГО ЭНЦЕФАЛИТА В АНТРОПУРГИЧЕСКОМ ОЧАГЕ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА <b>Д.Н. Черных, А.А. Федотова</b> .....	307
УЧАСТИЕ Δ9-АЦИЛЛИПИДНОЙ ДЕСАТУРАЗЫ В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ГИПОТЕРМИИ <b>И.М. Черных, В.Н. Попов, Т.И. Трунова, В.Д. Цыдендамбаев</b> .....	309

СОЧЕТАННОЕ ДЕЙСТВИЕ НЕСКОЛЬКИХ МЕТАЛЛОВ НА <i>ELODEA DENSA</i> PLANCH.	
<b>О.С. Шабурова, О.Ф. Черноскутова</b> .....	<b>311</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УРАЛЕ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РЕАКЦИИ НА НИХ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	
<b>Ю.В. Шалаумова</b> .....	<b>312</b>
ПЛОТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ЖИВОРОДЯЩЕЙ ЯЩЕРИЦЫ ЮГО-ВОСТОКА СИБИРСКИХ УВАЛОВ	
<b>Р.Р. Шамгунова</b> .....	<b>313</b>
ВЛИЯНИЕ ГОРОДА БЕРЕЗНИКИ НА ИХТИОФАУНУ НИЖНЕЗЫРЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	
<b>О.А. Шелепаев, М.А. Бакланов</b> .....	<b>314</b>
МАКРОЗООБЕНТОС РОДНИКОВ Г. ИЖЕВСКА	
<b>Е.В. Шиляева, Е.С. Артемьева</b> .....	<b>315</b>
ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ НА КРАНИОМЕТРИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЕСЦА <i>ALOPEX LAGOPUS</i> L.	
<b>Е.Л. Ширяева, М.Н. Ранюк</b> .....	<b>316</b>
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФОРМЫ КРЫЛЬЕВ ОГОРОДНЫХ БЕЛЯНОК <i>PIERIS NAPI</i> И <i>P. RAPAE</i> И ЕЕ СВЯЗЬ С МЕЛАНИНОВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ РИСУНКА	
<b>А.О. Шкурихин, Т.С. Ослина, А.Г. Васильев</b> .....	<b>318</b>
ОСОБЕННОСТИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ОРБИТОЦЕНОЗОВ Г. ИЖЕВСКА	
<b>В.А. Шувалова, В.А. Шадрин</b> .....	<b>326</b>
ХАРАКТЕРИСТИКА ЕСТЕСТВЕННОЙ И ТРАНСФОРМИРОВАННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРОПЫ «БАРОНСКАЯ ПЕТЛЯ» (ПРИРОДНЫЙ ПАРК «РЕКА ЧУСОВАЯ»)	
<b>З.К. Шушаричева</b> .....	<b>327</b>
МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕМЕННИКОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ, ОБИТАЮЩИХ В РАЙОНЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	
<b>А.И. Юдаева</b> .....	<b>328</b>
ПОСЛЕСЛОВИЕ .....	<b>330</b>
ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ АННОТАЦИИ ДОКЛАДА .....	<b>332</b>
ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РЕГИСТРАЦИОННОЙ ФОРМЫ УЧАСТНИКА КОНФЕРЕНЦИИ .....	<b>333</b>
ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОНФЕРЕНЦИИ .....	<b>334</b>

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

БИОСФЕРА ЗЕМЛИ:  
ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Редакторы:

Д.В. Весёлкин,  
Е.В. Антонова,  
И.А. Кшнясев

Компьютерная верстка,  
оформление обложки:

С.С. Трофимовой

ЛР № 071852 от 30.04.99 г.

Подписано в печать 15.12.2008 г.

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага писчая.

Гарнитура Baltica

Печать офсетная.

Печатных листов 21,75.

Тираж 300 экз.

Заказ №

АО «Полиграфист»,

г. Екатеринбург.

Издательство «Гощицкий»  
620034, Екатеринбург, ул. Толедова, 43а.