



## В номере

### СТАТЬИ

- Федорков А.** Состояние географических культур сосны в контрастных условиях загрязнения ..... 2
- Татаринев А., Кулакова О.** Видовой состав и географическое распределение стрекоз (Insecta: Odonata) на европейском северо-востоке России ..... 5
- Захаров А., Шалаев С.** Сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt в р. Печора ..... 8
- Турьшева Е., Шапошников М., Москалев А.** Радиоадаптивный ответ по продолжительности жизни у линий *Drosophila melanogaster* с мутациями генов фактора теплового шока и белков теплового шока ..... 12
- Елсаков В., Щанов В.** Развитие системы спутникового мониторинга экосистем европейских тундр с использованием данных SAR/ERS-2 ..... 17

### СООБЩЕНИЯ

- Вокуева А.** Коллекционный фонд оранжерейных растений – источник новых видов для фитодизайна ..... 20

### ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ

- Железнова Г., Шубина Т.** Разнообразие листостебельных мхов Печоро-Ильчского государственного природного заповедника ..... 23

### КОНФЕРЕНЦИИ

- Гармаш Е., Маслова С., Дымова О.** XVI Конгресс Федерации европейских обществ биологов растений (FESPB 2008) ..... 28
- Лоскутова О.** Объединенное международное совещание 2008 (XVI симпозиум по веснянкам и XII конференция по поденкам) ..... 32
- Москалев А.** Конференция «Стволовые клетки, рак и старение» ..... 34
- Дымов А.** Международная конференция «Ландшафтная экология и управление лесными ресурсами: проблемы и решения» ..... 36
- Шапошников М.** Тридцать шестой съезд Европейского общества по радиационным исследованиям ..... 38

### КОМАНДИРОВКА

- Федорков А.** Гибридная осина – целевая порода для плантационного лесовыращивания ..... 39

Издается  
с 1996 г.



**Главный редактор:** к.б.н. А.И. Таскаев  
**Зам. главного редактора:** д.б.н. С.В. Дегтева  
**Ответственный секретарь:** И.В. Рапота  
**Редакционная коллегия:** д.б.н. М.М. Долгин, д.б.н. Т.И. Евсеева, к.б.н. В.В. Елсаков, д.б.н. С.В. Загирова, к.б.н. К.С. Зайнуллина, к.х.н. Б.М. Кондратенко, к.б.н. Е.Г. Кузнецова, к.б.н. С.П. Маслова, к.б.н. Е.А. Порошин, к.э.н. Е.Ю. Сундуков, к.б.н. И.Ф. Чадин, к.б.н. Т.П. Шубина



### СОСТОЯНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР СОСНЫ В КОНТРАСТНЫХ УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

к.с.-х.н. **А. Федорков**  
 с.н.с. отдела лесобиологических проблем Севера  
 E-mail: [fedorkov@ib.komisc.ru](mailto:fedorkov@ib.komisc.ru), тел. (8212) 24 50 03

Научные интересы: *лесная селекция*

Техногенное загрязнение является серьезным стрессом для древесных растений. Крупнейшим источником загрязнения среды сернистым газом и тяжелыми металлами в северной Европе является медно-никелевый комбинат «Североникель», расположенный в г. Мончегорск на Кольском п-ове. Площадь погибших лесов вокруг комбината составляет от 400 [11] до 1000 км<sup>2</sup> [15]. В последние годы объемы выбросов значительно сократились (рис. 1, 2) и это обстоятельство позволяло бы рассчитывать на естественное возобновление преобладающей древесной породы – сосны. Однако данная территория расположена на северной границе лесов, и полное вызревание семян здесь возможно лишь несколько раз в столетие [16], что делает процесс естественного возобновления весьма растянутым во времени. Поэтому необходимость искусственного восстановления погибших насаждений очевидна. Однако исследования, проводившиеся ранее, когда объемы выбросов были крайне высоки, свидетельствуют о весьма ограниченных возможностях искусственного восстановления хвойных на техногенных пустошах вблизи комбината [7]. Кроме того, встает вопрос о географическом происхождении семян сосны для лесовосстановительных работ, поскольку хорошо известно, что культуры, созданные из семян южного происхождения, характеризуются крайне низкой сохранностью [3]. Цель данного исследования – оценить состояние и рост в высоту географических культур сосны, заложенных в контрастных условиях загрязнения.

Географические культуры сосны при контрастных условиях загрязнения заложены в 1992 г. в ходе совместного российско-финляндского полевого эксперимента. Для него были подобраны лесокультурные площади (рис. 3), характеризующиеся сходными природными лесорастительными условиями, но резко различающиеся по уровню загрязнения воздуха и почвы (табл. 1) сернистым газом (в 7-8 раз) и тяжелыми металлами (в 14-16 раз). Для оцен-

ки концентрации сернистого газа в воздухе использовали пассивные окисно-свинцовые поглотители [1]. Никель определяли с диметилглиоксином, медь – с диэтилкарбаминатом свинца после экстракции образовавшегося комплекса хлороформом с применением фотоэлектрокалориметра ФЭК-М [2].

Посадочный материал (рис. 3, табл. 2) выращивался в полиэтиленовой теплице исследовательской станции Суонейоки Института леса Финляндии. При создании географических культур была использована схема полностью рендомизированных делянок. Размер каждой делянки 20×10 м с размещением посадочных мест 2×2 м (табл. 2). Первоначальной целью данного полевого эксперимента было изучение чувствительности сосны к побеговому раку (возбудитель – сумчатый гриб *Gremmeniella abietina* (La-

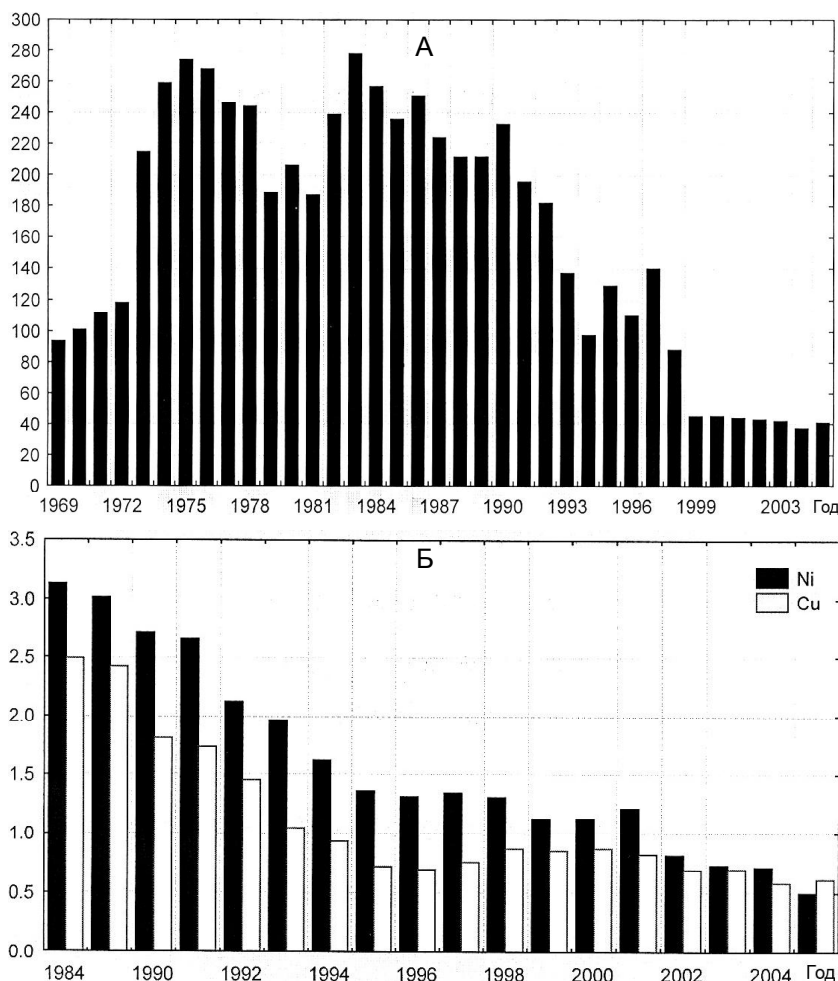


Рис. 1. Выбросы SO<sub>2</sub> (А), Ni и Cu (Б) комбинатом «Североникель» по годам (государственная статистическая отчетность по ф. 2-ТП (воздух)).

gerb.) Morelet) в условиях загрязнения. По две делянки каждого происхождения при обоих уровнях загрязнения были использованы для постановки эксперимента по искусственной инокуляции саженцев сосны конидиями гриба *Gremmeniella abietina* в 1994 г. и удалены с участков в 1995 г. [4]. На оставшихся делянках сосенки продолжили рост.

Результаты наблюдений за сохранностью географических культур при резко различающемся давлении техногенного пресса (табл. 3) показали, что приживаемость саженцев различного географического происхождения в первый год была практически одинаковой на обоих участках. Однако впоследствии темпы отпада растений при слабом загрязнении были заметно выше, и к 2004 г. в условиях сильного загрязнения их сохранность была выше на 37 %. Сохранность культур представляет собой лишь долю выживших растений.

Для более полной характеристики состояния культур в 2004 г. было проведено обследование с оценкой жизненного состояния растений по 4-балльной шкале и замером высот. Жизненное состояние растений в культурах оценивалось по следующей классификации: I класс – здоровое растение, почки здоровые, ствол прямой; II – слабо поврежденное растение, состояние хорошее, имеются незначительные повреждения хвои, верхушечная и боковые почки здоровые, ствол прямой; III – сильно поврежденное растение, состояние плохое, около 30 % хвои повреждено, верхушечная почка повреждена или погибла, рост замедлен; IV – погибшее растение. Высота измерялась у сосенок, отнесенных к I и II классам.

Для статистической обработки балльные оценки были трансформированы в нормальные (normal score values, NSC) [9], выраженные в единицах стандартного отклонения [8]. Дисперсионный анализ поперечных значений жизненного состояния и высоты был проведен с использованием модели:

$$y_{ijk} = \mu + L_i + P_j + (LP)_{ijk} + e_{ijk},$$

где  $y_{ijk}$  – жизненное состояние / высота деревьев при  $j$ -м уровне загрязнения  $i$ -го происхождения;  $\mu$  – среднее значение жизненного состояния / высоты;  $L_i$  – эффект уровня загрязнения,  $j = 1, 2$ ;  $P_j$  – эффект географического происхождения,  $i = 1-3$ ;  $(LP)_{ijk}$  – эффект взаимодействия между уровнем загрязнения и географическим происхождением;  $e_{ijk}$  – ошибка опыта.

Сравнение групповых средних дисперсионного комплекса проводилось по методу Шеффе. Для статистического анализа использован пакет программ Statistica 6.0.

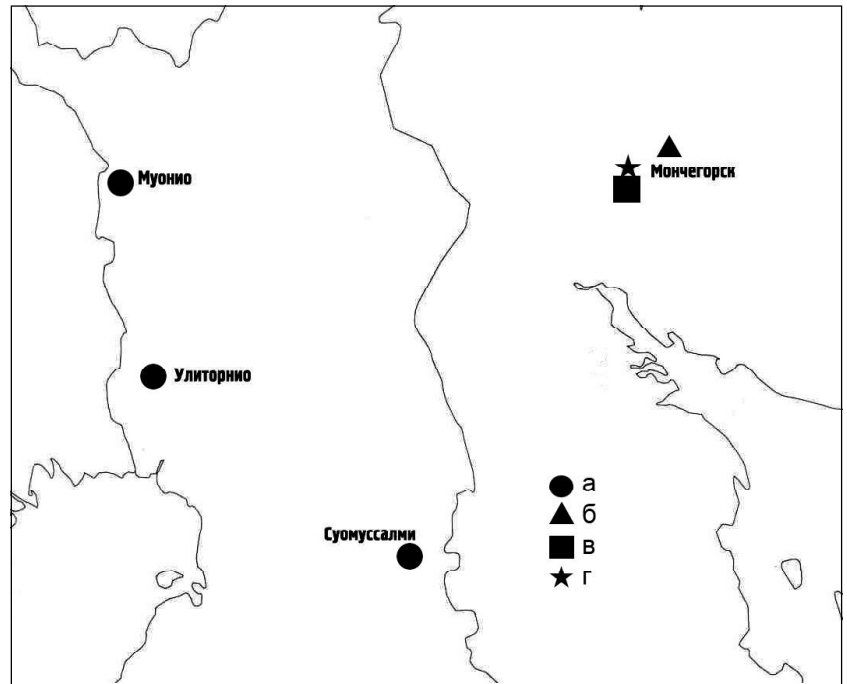


Рис. 2. Расположение пунктов сбора семян сосны (а), участков культур (б – слабое загрязнение, в – сильное загрязнение) и источника загрязнения (г).

Уровень загрязнения, происхождение и взаимодействие между ними существенно ( $p < 0.05$ ) влияют на жизненное состояние и высоту деревьев в культурах (табл. 4). Удивительно, но жизненное состояние деревьев было лучше и их высота немного больше на участке с высоким уровнем загрязнения (табл. 5). На участке со слабым загрязнением существенно ( $p < 0.05$ ) лучшее жизненное состояние имели деревья самого северного происхождения (Муонио) по сравнению с деревьями более южных происхождений (Улиторнио и Суомуссалми). При сильном уровне загрязнения различия между происхождениями были невелики и статистически несущественны (табл. 5). При слабом загрязнении сосны самого северного происхождения были выше, чем южных происхождений, но эта разница была статистически достоверна ( $p < 0.05$ ) только для деревьев из Улиторнио. На участке с сильным загрязнением различия по высоте между деревьями разного происхождения не были достоверны (табл. 5). Результаты согласуются с известной закономерностью о большей чувствительности к техногенному загрязнению сосен южного происхождения по сравнению с северным [10, 12-14]. Одной из причин является, по-видимому, лучшее развитие покров-

Таблица 1  
Характеристика лесокультурных площадей в полевом эксперименте 1992 г. при высоком (верхняя строка) и низком (нижняя строка) уровнях загрязнения

Категория лесокультурной площади – вырубка, год	Расстояние от источника эмиссий, км	Содержание SO <sub>2</sub> в воздухе за 1990-1992 гг., мг/м <sup>3</sup>	Содержание в подстилке валовых/подвижных форм, мг/кг	
			никеля	меди
1978	15	0.015	1413.5/885.5	977.2/115.3
1981	40	0.002	105.6/7.7	57.2/ 5.7

Примечание: тип леса до вырубki – ельник черничный.

Таблица 2

Характеристика посадочного материала

Происхождение	Географическая координата		Количество	
	широта	долгота	растений на делянке, шт.	делянок
Муонио	67°57'	23°40'	50	11
Улиторнио	66°20'	23°39'	То же	То же
Суомуссалми	64°53'	29°00'	» »	» »

\* Пять делянок высажены в условиях сильного загрязнения и шесть – в условиях слабого.

ных тканей у деревьев северных происхождений [6, 10].

При постановке данного долгосрочного эксперимента были подобраны участки, существенно отличающиеся содержанием тяжелых металлов в почве

Таблица 3

Сохранность (%) географических культур при высоком (верхняя строка) и низком (нижняя строка) уровнях загрязнения

Происхождение, район	Год				
	1992	1993	1995	1998	2004
Муонио	96	94	87	78	78
	94	89	87	78	78
Улиторнио	98	96	88	85	74
	94	84	64	85	74
Суомиссалми	93	92	83	90	78
	95	89	67	48	32
Среднее	95	94	86	84	76
	94	87	67	47	39

Дисперсионный анализ данных жизненного состояния и высоты деревьев сосны в культурах при контрастных уровнях загрязнения

Источник варьирования	Количество степеней свободы	Средний квадрат	F-критерий	p-значение
Жизненное состояние деревьев (трансформированные значения)				
Уровень загрязнения	1	236.39	21.21	0.000
Происхождение	2	19.72	24.71	То же
Взаимодействие	То же	15.47	19.39	» »
Высота деревьев				
Уровень загрязнения	1	1.21	4.39	0.028
Происхождение	2	1.41	5.29	0.006
Взаимодействие	То же	1.22	4.57	0.011

Таблица 4

Жизненное состояние и высота деревьев различного географического происхождения в культурах при сильном (верхняя строка) и слабом (нижняя строка) загрязнении

Происхождение	Жизненное состояние деревьев (трансформированные значения)				Высота дерева, м			
	количество деревьев	среднее значение	стандартное отклонение	уровень значимости	количество деревьев	среднее значение	стандартное отклонение	p-значение
Муонио	150	2.88	2.30	–	79	1.39	0.47	–
	159	2.20	1.95	–	124	1.41	0.51	–
Улиторнио	139	3.61	2.09	0.017	43	1.09	0.50	0.006
	156	2.23	2.02	0.988	115	1.42	0.51	0.996
Суомуссалми	150	3.53	2.08	0.033	48	1.24	0.44	0.251
	160	2.21	1.94	0.998	124	1.30	0.53	0.217

Таблица 5

Примечание: прочерк – не определяли.

и сернистого газа в воздухе, что дало хорошую возможность для исследования выживаемости и роста сосны в контрастных условиях загрязнения. Это также позволяет сделать некоторые выводы о возможностях искусственного лесовосстановления на техногенно нарушенных землях Кольского полуострова. Оценка жизненного состояния и высоты деревьев проведена в возрасте 12 лет, когда высота деревьев уже значительно превышает уровень высоты снежного покрова зимой, т.е «критический период» уже пройден.

Основная причина низкой сохранности культур при слабом загрязнении – повреждение и гибель растений вследствие грибных болезней. Осенний учет 1995 г. показал, что 7.8 % саженцев были повреждены побеговым раком (*Gremmeniella abietina*) в культурах, где уровень загрязнения низкий, и 1.1 % – где уровень загрязнения высокий. Весенний учет 1998 г. выявил, что из-за повреждения снежным шютте (*Phacidium infestans*) погибло 11.6 % растений на участке культур со слабым загрязнением и только 0.8 % – на участке с сильным загрязнением [5]. По-видимому, это результат проявления ингибирующего влияния воздушного техногенного загрязнения на данные виды патогенных грибов.

Одним из ингредиентов выбросов являются соединения меди. Известно, что медьсодержащие соединения входят в состав ряда фунгицидов, например, такого широко распространенного, как бордосская жидкость, применяющихся против повреждения хвойных пород болезнями типа шютте. Другой причиной может быть отсутствие конкуренции саженцев сосны с растениями напочвенного покрова в условиях сильного загрязнения из-за почти полной гибели растений мохово-кустарничкового яруса, что также способствует лучшему прогреванию почвы. На участке в условиях слабого загрязнения напочвенный покров хорошо развит. Кроме того, в первые годы сосенки в

течение зимы полностью закрыты снегом и защищены от зимнего иссушения. Значительное снижение объемов выбросов в последние годы также, по видимому, сыграло положительную роль в повышении жизненного состояния растений.

Автор благодарен сотрудникам исследовательской станции Суонейоки Института леса Финляндии за выращивание посадочного материала, д-ру Д. Дероме за транспортировку семян в Россию и сотрудникам Мурманской лаборатории Архангельского института леса и лесохимии за посадку культур.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Баркан В.Ш. Опыт использования пассивных окисно-свинцовых поглотителей для оценки концентрации сернистого газа в атмосфере // Экология, 1992. № 4. С. 37-44.
2. (Баркан В., Панкратова Р., Силина А.) Barcan V., Pankratova R., Silina A. Soil contamination by nickel and copper in an area polluted by Severonickel smelter complex // Aerial pollution in Kola Peninsula: Proc. Intern. Workshop (St.-Petersburg, 1992). St.-Petersburg, 1993. P. 119-147.
3. Географические культуры сосны на европейском Севере / Е.Н. Наквасина, Н.В. Улиссова, С.Н. Тарханов и др. М., 1987. 12 с.
4. Кайтера Ю.А., Федорков А.Л., Ялканен Р.Е. Чувствительность сосны обыкновенной к побеговому раку в контрастных условиях загрязнения среды // Микология и фитопатология, 2001. Т. 35, вып. 2. С. 48-52.
5. Федорков А.Л. Адаптация хвойных к стрессовым условиям Крайнего Севера. Екатеринбург, 1999. 97 с.
6. Федорков А.Л. Изменчивость признаков анатомического строения хвои сосны и ее устойчивость к техногенному и климатическому стрессу // Экология, 2002. № 1. С. 70-72.
7. Чекризов Е.А., Цветков В.Ф. Использование интродуцентов при рекультивации земель, нарушен-

ных воздействием промвыбросов на Кольском полуострове // Вопросы интродукции хозяйственно ценных древесных пород на европейский Север. Архангельск, 1989. С. 144-148.

8. Ericsson T., Danell O. Genetic evaluation, multiple-trait selection criteria, and genetic thinning of *Pinus contorta* var. *latifolia* seed orchards in Sweden // Scand. J. Forest Res., 1995. № 10. P. 313-325.

9. Gianola D., Norton H.W. Scaling threshold characters // Genetics, 1981. № 99. P. 357-364.

10. Huttunen S. The effects of air pollution on provenances of Scots pine and Norway spruce in northern Finland // Silva Fennica, 1978. № 12 (1). P. 1-16.

11. Mikkola K. A remote sensing analysis of vegetation damage around metal smelters in the Kola Peninsula, Russia // Intern. J. Remote Sensing, 1996. № 17 (18). P. 3675-3690.

12. Oleksyn J. Air pollution effects on 15 European and Siberian Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenances growing in a 75-year-old experiment // Arboretum Kornickie, 1987. № 32. P. 151-162.

13. Oleksyn J. Height growth of different European Scots pine *Pinus sylvestris* L. provenances in a heavily polluted and a control environment // Environmental Pollution, 1988. № 55. P. 289-299.

14. Relation between genetic diversity and pollution impact in a 1912 experiment with east European *Pinus sylvestris* provenances / J. Oleksyn, W. Prus-Glowacki, M. Giertych et al. // Can. J. Forest Res., 1994. № 24. P. 2390-2394.

15. Rigina O., Kozlov M. The impacts of air pollution on the northern taiga forests of the Kola Peninsula, Russian Federation // Forest dynamics in heavily polluted regions. [CABI Publishing in association with JUFRO], 2000. P. 37-65. – (Report № 1 of the IUFRO Task Force on Environmental change).

16. The maturation of *Pinus sylvestris* seeds in relation to temperature climate in northern Finland / H. Henttonen, M. Kanninen, M. Nygren et al. // Scand. J. Forest Res., 1986. № 1. P. 243-249. ❖

**ВИДОВОЙ СОСТАВ И ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТРЕКОЗ (INSECTA: ODONATA) НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ**



к.б.н. А. Татаринов  
с.н.с. лаборатории экологии наземных и почвенных беспозвоночных животных  
E-mail: [tatarinov@ib.komisc.ru](mailto:tatarinov@ib.komisc.ru)  
тел. (8212) 43 19 69

Научные интересы: энтомология, зоогеография, внутривидовая изменчивость организмов



к.б.н. О. Кулакова  
н.с. этой же лаборатории  
E-mail: [kulakova@ib.komisc.ru](mailto:kulakova@ib.komisc.ru)

Научные интересы: энтомология, систематика, феногенетика, филогеография чешуекрылых

Стрекозы играют важную роль в трофических цепях наземных биогеоценозов как одни из основных беспозвоночных энтомофагов. По имеющимся сведениям [1, 2], на европейском северо-востоке России встречается около 50 видов стрекоз из двух подотрядов и девяти семейств (см. таблицу). Наибольшим разнообразием характеризуются стрелки (сем. *Coenagrionidae*) из равнокрылых стрекоз, они представлены в региональной одонатофауне 12 видами, а также коромысла (сем. *Aeshnidae*) и настоя-

щие стрекозы (сем. *Libellulidae*), относящиеся к подотряду разнокрылых стрекоз и насчитывающие в своем составе 11 и 10 видов соответственно (рис. 1).

Как и в других отрядах насекомых, видовое богатство стрекоз заметно снижается в северном направлении: в южной тайге встречается 44 вида, средней – 46, северной – 37, крайне-северной – 30, в южной и северной лесотундре зарегистрировано 18 и 12 видов соответственно, подзоне кустарниковых тундр – 11, а в типичных тунд-

рах Полярного Урала пока обнаружены только два вида (рис. 2). Большинство имаго стрекоз в высокие широты, вероятно, мигрирует в летний период. Именно этим можно объяснить тот факт, что в регионе большое число разнокрылых стрекоз (подотряд *Anisoptera*), способных совершать значительные миграции от мест личиночного развития, тогда как плохо летающие и предпочитающие держаться возле «родных» водоемов равнокрылые стрекозы (*Zygoptera*) здесь представлены меньшим числом видов и

Географическое распространение стрекоз на европейском северо-востоке России

Семейство, вид	Русская равнина							Урал		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Calopterygidae										
<i>Calopteryx virgo</i> (L.)	●	●	●	?	—	—	—	●	●	—
<i>C. splendens</i> (Harr.)	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—
Lestidae										
<i>Lestes sponsa</i> (Hans.)	●	●	●	●	—	—	—	●	●	—
<i>L. dryas</i> Krb.	●	●	●	?	—	—	—	●	?	—
Platycnemidae										
<i>Platycnemis pennipes</i> (Pall.)	●	●	?	—	—	—	—	○	—	—
Coenagrionidae										
<i>Ischnura pumilio</i> (Charp.)	●	●	●	○	—	—	—	●	●	—
<i>I. elegans</i> (V. Lind.)	●	●	○	?	—	—	—	●	○	—
<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charp.)	●	●	●	?	?	—	—	●	●	?
<i>Coenagrion johanssoni</i> (Wall.)	●	●	●	●	●	?	?	●	●	?
<i>C. hylas</i> (Tryb.)	—	—	—	—	?	?	?	—	?	○
<i>C. armatum</i> (Charp.)	●	●	●	●	?	?	—	●	●	?
<i>C. lunulatum</i> (Charp.)	●	●	●	●	?	—	—	●	●	—
<i>C. hastulatum</i> (Charp.)	●	●	●	●	●	○	○	●	●	○
<i>C. puella</i> (L.)	●	●	●	●	?	—	—	●	●	—
<i>C. pulchellum</i> (V. Lind.)	●	●	●	●	?	—	—	●	●	—
<i>Pyrhosoma nymphula</i> (Sulz.)	○	○	?	?	—	—	—	?	?	—
<i>Erythromma najas</i> (Hans.)	●	●	●	●	●	—	—	●	●	○
Gomphidae										
<i>Onychogomphus forcipatus</i> (L.)	●	●	?	—	—	—	—	●	○	—
<i>Ophiogomphus cecilia</i> (Geoff.)	●	●	●	—	—	—	—	●	●	—
<i>Gomphus vulgatissimus</i> (L.)	●	●	○	○	—	—	—	●	●	○
<i>Stylurus flavipes</i> (Charp.)	●	○	—	—	—	—	—	?	—	—
Cordulegasteridae										
<i>Cordulegaster boltonii</i> (Don.)	○	○	—	—	—	—	—	?	—	—
Aeshnidae										
<i>Anax imperator</i> Leach	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Aeschna coerulea</i> (Ström)	●	●	●	●	●	○	○	●	●	○
<i>Ae. serrata</i> Hag.	●	●	●	?	—	—	—	?	—	—
<i>Ae. crenata</i> Hag.	●	●	●	●	●	○	—	●	●	○
<i>Ae. juncea</i> (L.)	●	●	●	●	○	○	○	●	●	○
<i>Ae. grandis</i> (L.)	●	●	●	●	●	○	○	●	●	○
<i>Ae. subarctica</i> Wal.	?	?	○	○	○	●	●	●	●	●
<i>Ae. viridis</i> Ev.	●	●	?	—	—	—	—	?	—	—
<i>Ae. cyanea</i> (Müll.)	○	●	○	○	?	—	—	○	?	—
<i>Ae. mixta</i> Latr.	●	○	?	—	—	—	—	?	—	—
<i>Ae. isosceles</i> (Müll.)	●	●	●	?	—	—	—	●	?	—
Corduliidae										
<i>Epitheca bimaculata</i> (Charp.)	●	●	●	—	—	—	—	○	○	—
<i>Cordulia aenea</i> (L.)	●	●	●	○	?	—	—	●	●	○
<i>Somatochlora metallica</i> (V. Lind.)	●	●	●	●	●	●	○	●	●	○
<i>S. flavomaculata</i> (V. Lind.)	●	●	○	?	—	—	—	○	○	—
<i>S. alpestris</i> (Sel.)	?	○	○	○	○	○	○	?	○	○
<i>S. arctica</i> (Zett.)	?	●	●	●	●	●	○	?	●	○
<i>S. sahlbergi</i> Tryb.	—	○	○	○	●	●	●	?	○	●
Libellulidae										
<i>Libellula depressa</i> (L.)	●	●	●	?	—	—	—	○	?	—
<i>L. quadrimaculata</i> (L.)	●	●	●	●	○	?	—	●	●	○
<i>Leucorrhinia caudalis</i> (Charp.)	●	●	?	—	—	—	—	○	—	—
<i>L. albifrons</i> (Burm.)	○	?	—	—	—	—	—	?	—	—
<i>L. dubia</i> (V. Lind.)	●	●	●	○	?	?	—	●	●	○
<i>L. rubicunda</i> (L.)	●	●	●	○	○	?	—	○	○	○
<i>Sympetrum flaveolum</i> (L.)	●	●	●	●	●	○	○	●	●	○
<i>S. vulgatum</i> (L.)	●	●	●	●	●	?	—	●	●	○
<i>S. danae</i> (Sulz.)	●	●	●	●	●	○	○	●	●	○
<i>S. sanguineum</i> (Müll.)	●	●	●	○	○	?	—	●	○	○

Примечание: I – южная, II – средняя, III – северная, IV – крайне-северная тайга, V – южная и VI – северная лесотундра, VII – южная тундра, VIII – Северный, IX – Полярный и X – Приполярный Урал. Условные обозначения: ● – обнаружены личинки и имаго вида; ○ – обнаружены только имаго вида; ? – вид не обнаружен, но, возможно, встречается в данном районе; прочерк – вид не обнаружен.

менее обильны. По мнению исследователей, специфической тундровой фауны стрекоз нет, а есть лишь миграционная, проникшая на север постледниковая фауна, которая сформировалась южнее еще в третичный период. Соответственно и настоящие тундровые виды среди стрекоз отсутствуют. Наиболее успешно субарктические условия освоил, пожалуй, лишь один вид – бабка Сальберга (*Somatochlora sahlbergi*). На Полярном Урале севернее 67-й параллели это единственная стрекоза, встречающаяся в значительном количестве, кроме того, здесь у нее обнаружены личинки в небольших сильно заросших озерах. В южной полосе кустарниковых тундр и в лесотундре довольно обычно коромысло субарктическое (*Aeschna subarctica*). Но оба вида также встречаются в подзонах северной и средней тайги. Другой особенностью тундровой одонатофауны является почти полное отсутствие реофильных видов. Так, например, в восточноевропейских тундрах не встречаются представители семейств Calopterygidae и Gomphidae, личинки которых развиваются в проточных речных водах. Как и в других отрядах, видовое богатство стрекоз заметно снижается в северном направлении: в лесотундре можно встретить все виды региональной фауны, в подзоне кустарниковых тундр – 13, а в типичных тундрах обнаружены только два вида. Таким образом, этот отряд насекомых, являющийся важнейшим компонентом температурных сообществ, в тундровой зоне существенного ценологического значения не играет. Основная роль наземных энтомофагов здесь принадлежит воробьиным птицам и некоторым членистоногим, в первую очередь паукам и жесткокрылым. При этом лимитирующие факторы в освоении стрекозами северных районов остаются не совсем ясными. Только молодостью низкое разнообразие заполярной одонатофауны объяснить, конечно, нельзя. Возможно, большое значение имеют экологические требования видов на личиночной фазе развития, но в то же время обращает внимание довольно высокий уровень видового богатства в полярных районах выше упоминавшихся водных и амфибиотических насекомых – поденок, веснянок, ручейников и водных жуков. Вопрос этот, несомненно, требует дальнейшего углубленного изучения.

Равнокрылые стрекозы (подотряд Zygoptera) в региональной фауне представлены четырьмя семейства-

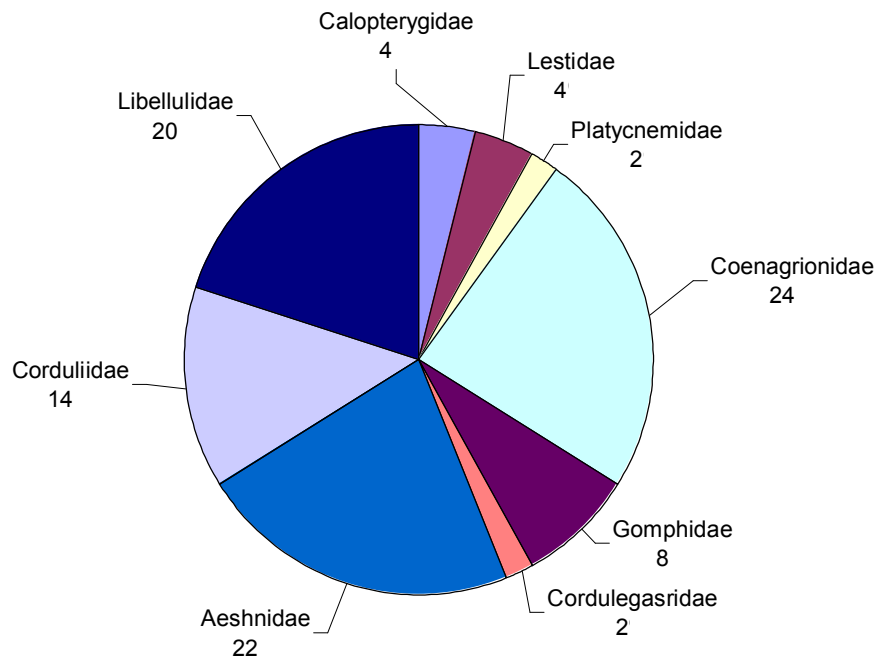


Рис. 1. Доля (%) семейств в региональной фауне стрекоз на европейском северо-востоке России.

ми. У красоток (сем. Calopterygidae) встречаются два вида: красотка-девушка (*Calopteryx virgo*), распространенная по всей таежной зоне, и красотка блестящая (*Calopteryx splendens*), найденная только на крайнем юге региона. Семейство люток (Lestidae) также представлено двумя мелкими видами, широко распространенными в тайге: люткой-невестой (*Lestes sponsa*) и люткой-дриадой (*Lestes dryas*). Их личинки обитают в мелководных лесных озерах, прудах, лужах, часто пересыхающих летом и промерзающих в зимний период. Они ведут донный и придонный образ жизни, питаются мелкими ракообразными, развиваются очень быстро, всего за два-три месяца. Другое семейство равнокры-

лых стрекоз – плосконожки (Platycnemidae) – в фауне европейского северо-востока России представлено лишь одним видом – *Platycnemis pennipes*.

Семейство стрелок (Coenagrionidae) на европейском Северо-Востоке насчитывает 11 видов из пяти родов. Большинство стрелок обычны по всей таежной зоне региона. Лишь краснотелка-нимфа (*Pyrrhosoma nymphula*) и стрелка *Coenagrion hylas* имеют локальное распространение. Первый вид обнаружен на юге, второй – в Заполярном Приуралье.

Более 30 видов, распространенных на европейском северо-востоке России, относятся к подотряду разнокрылых стрекоз (Anisoptera). Из четырех семейств одними из самых эффективных

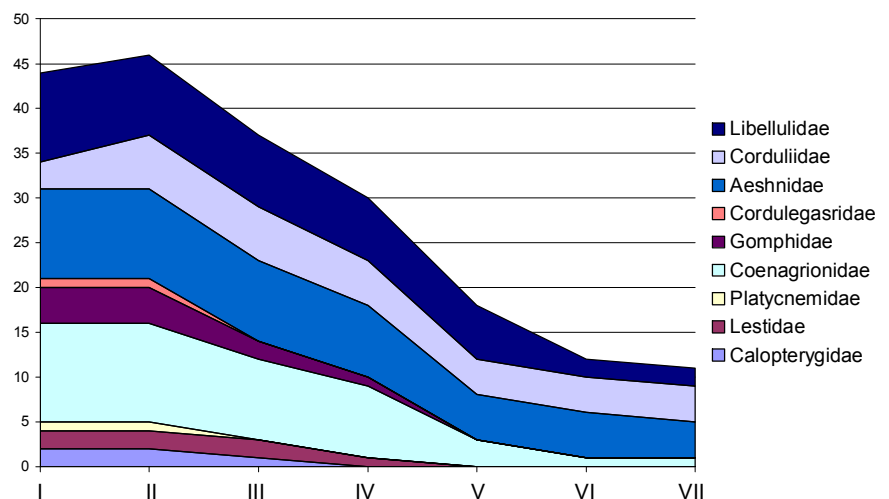


Рис. 2. Изменение количества видов и семейств стрекоз в широтном градиенте: южная (I), средняя (II), северная (III) и крайне-северная (IV) тайга, южная (V) и северная (VI) лесотундра, южная тундра (VII) на европейском северо-востоке России.

и многочисленных являются коромысла (*Aeschnidae*). В регионе распространено 11 видов стрекоз-коромысел. Самыми обычными представителями семейства в таежной зоне являются коромысла большое (*Aeschna grandis*) и голубое (*Aeschna juncea*). Кроме них в зоне тайги нередко встречаются коромысла *Aeschna cyanea*, *Ae. caerulea*, *Ae. crenata*, *Anaciaeschna isosceles*. Более редки коромысла *Aeschna viridis* и *Ae. soluberculatus*. На Приполярном и Полярном Урале, в лесотундре и подзоне южной тундры довольно обычно коромысло субарктическое (*Aeschna subarctica*), которое активно не только днем, но и в светлые полярные ночи.

Самой крупной стрекозой на европейском северо-востоке России является булавобрюх кольчатый (*Cordulegaster annulatus*) из сем. *Cordulegasteridae*. Встречается он очень редко на крайнем юге региона возле сильно заросших речек и ручьев.

Бабки (сем. *Corduliidae*) – стрекозы средней величины с характерной бронзово-зеленой или металлически-зеленой окраской тела. Их часто можно видеть над небольшими озерами, прудами и речными старицами, где они охотятся над самой поверхностью воды, при этом находясь в безостановочном движении. Личинки бабок живут в этих же водоемах, медленно ползая по илистому дну и питаясь личин-

ками комаров-хинономид и различными органическими остатками. На европейском северо-востоке России зарегистрировано семь представителей семейства. Наиболее распространены видами являются бабки металлическая (*Somatochlora metallica*) и зеленая (*Cordulia aenea*). Бабки-зеленушки *Somatochlora sahlbergi*, *S. alpestris*, *S. arctica* широко распространены в южной части тундровой зоны. В отличие от многих стрекоз, встречающихся в Заполярье, у них здесь проходит весь цикл развития. Последний вид, несмотря на свое название, весьма обычен и в таежной зоне.

Стрекозы семейства дедок (*Gomphidae*) экологически связаны с проточными водоемами, поэтому их еще иногда называют речниками. Большинство видов имеет средние размеры и желтоватое или зеленовато-желтое с черным рисунком тело. В таежной зоне можно встретить четыре представителя семейства, но чаще всего деду обыкновенного (*Gomphus vulgatissimus*) и рогатого (*Ophiogomphus serpentinae*). Остальные два вида – дедка хвостатый (*Onychogomphus forcipatus*) и золотистый (*Stylurus flavipes*) – редки.

Как уже говорилось, одними из самых многочисленных на европейском северо-востоке России являются настоящие стрекозы (сем. *Libellulidae*). К роду принадлежат две средней вели-

чины стрекозы: четырехпятнистая (*L. quadrimaculata*) и плоская (*L. depressa*). Эти стрекозы живут вблизи небольших стоячих и слабо проточных водоемов, в которых развиваются их личинки. Четырехпятнистая стрекоза является одной из самых обычных в региональной одонатофауне. Часто она собирается в огромные стаи, которые мигрируют на значительные расстояния, вплоть до тундровой зоны. А вот плоская стрекоза, наоборот, очень редка и поэтому попала на страницы Красной книги Республики Коми. Свое название она получила за уплощенное брюшко, которое у самцов красиво окрашено в голубой цвет. Каменушки (*p. Sympetrum*) и белоносы (*p. Leucorrhinia*) – небольшие стрекозы, в массе встречающиеся возле небольших озер, прудов, речных стариц и на болотах. По способу охоты это подстерегающие хищники среднего яруса. Как многие хищные птицы, стрекозы стремятся подлетать к жертве так, чтобы оказать против солнца.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Седых К.Ф. Животный мир Коми АССР. Беспозвоночные. Сыктывкар, 1974. 192 с.
2. Стронк Т.Г. К фауне, экологии и биологии стрекоз (*Odonata*, *Insecta*) Коми АССР // Географические аспекты охраны флоры и фауны на северо-востоке европейской части СССР. Сыктывкар, 1977. С. 47-96. ❖

### СИБИРСКИЙ ОСЕТР *ACIPENSER BAERII* BRANDT В РЕКЕ ПЕЧОРА



**к.б.н. А. Захаров**  
зав. лабораторией ихтиологии и гидробиологии отдела экологии животных  
E-mail: [zaharov@ib.komisc.ru](mailto:zaharov@ib.komisc.ru)  
тел. (8212) 43 63 84

Научные интересы: экология рыб, популяционная биология, антропогенные трансформации в сообществах гидробионтов, рыбные ресурсы

#### С. Шалаев

начальник Усть-Цилемского межрайонного отдела «Россельхознадзор» по Республике Коми  
тел.: (8241) 92 8 13

Научные интересы: экология рыб, рыбные ресурсы

**Н**аиболее полный и весьма близкий к современному список рыб бассейна р. Печора опубликован в обобщающей сводке Берга [2] и представлен 35 видами и подвидами. Он был составлен по результатам исследований и опросным данным, полученным разными исследователями [6, 7, 9-11, 13, 15, 18, 19, 32]. Последующее изучение ихтиофауны крупной северной реки внесло незначительное пополнение в ее состав и больше касалось систематического и таксономического положения фауны, ее географических, экологических, биологических и рыбохозяйственно-промысловых аспектов. Современная ихтиофауна бассейна р. Печора включает 36 видов рыб и рыбообразных, относя-

щихся к 15 семействам. В список рыб включены солоноватоводные рыбы (речная камбала и четырехрогий бычок), которые, обитая в авандельте и дельте, могут мигрировать выше по руслу [23, 30].

Осетровые в Печоре представлены сибирским осетром (*Acipenser baerii* Brandt) и стерлядью (*Acipenser ruthenus* Linnaeus). Стерлядь появилась в результате вселения ее из Северной Двины в 1928, 1933, 1949 и 1950 гг. В настоящее время она здесь обитает в среднем и нижнем течении, образовав самовоспроизводящуюся популяцию, численность которой находится на промысловом уровне [14]. Сибирский осетр в состав рыбного населения р. Печора включался многими исследователями [1-5, 21



30] и основанием для этого послужила работа Н.Я. Данилевского [11], в которой поимка осетра упоминается в 1859 г. В последующие полтора столетия, несмотря на поступающие неоднократно сигналы о вылове рыбы, похожей на осетра, от местных жителей, достоверных случаев его поимки не зафиксировано.

Ареал сибирского осетра сравнительно широкий и включает бассейны многих сибирских рек от Оби до Колымы. По современным представлениям р. Печора не входит в основной ареал вида, а на карте распространения отмечается как зона единичной поимки рыб данного вида или не упоминается совсем [1, 26].

В июле 2005 г. с интервалом в 10 дней на разных участках главного русла Печоры рыбаками любителями были пойманы речными плавными сетями (местное название «поплавь») два экземпляра осетра, доставленные затем в лабораторию ихтиологии и гидробиологии Института биологии Коми НЦ УрО РАН для последующего исследования. Первый осетр из них, общей массой 2.03 кг, пойман в 200 км от устья Печоры в районе с. Леждуг и имел острую форму рыла. Второй более крупный экземпляр (общая масса 19.4 кг) отловлен также в главном русле Печоры, но на 400 км выше первого по течению и в отличие от него обладал тупым рылом (рис. 1). Несмотря на видимые внешние отличия, обе рыбы были идентифицированы как сибирский осетр – *Acipenser baerii* Brandt.

При очевидном сходстве внешний облик рыб отличался (рис. 2). «Острорылая» особь характеризовалась желто-серой окраской, спина и бока у нее более темные, брюшная часть светло-желтая. Жучки относительно крупные, острые и хорошо выражены. Между рядами жучек разбросаны мелкие костные пластинки и зерна. Окраска «тупорылого» осетра преимущественно темно-серая, спина и бока также более темные, брюхо светло-серое и белое. Жучки небольшие по размерам, выражены значительно меньше, чем у «острорылого» осетра и утоплены в кожный покров. Костные пластинки и зерна между рядами жучек практически отсутствовали. Нижняя губа у обоих осетров сильно прервана. Усики гладкие. Жаберные тычинки веерообразные. Счетные признаки обоих осетров соответствуют видовым признакам, приведенным в классических описаниях [1, 3, 4, 20]. Количество спинных, боковых и брюшных жучек осетров, пойманных в Печоре, практически совпадало, но у «тупорылого» осетра число лучей в анальном и спинном плавниках было меньше. Морфологические отличия сибирских осетров, пойманных в Печоре, по сравнению с обскими осетрами, согласно имеющимся описаниям [1, 3, 4, 20, 26], за исключением формы рыла, не выявлены. Сибирские осетры характеризуются высокой вариабельностью морфологических признаков, хотя анализ фенетического разнообразия популяций сибирского осетра по пластическим и ме-



Рис. 1. Карта-схема поимки сибирских осетров в бассейне р. Печора в 2005 г. Цифрами отмечены места поимки «мелкого» острорылого (1) и «крупного» тупорылого (2) осетра, молоди сибирского осетра (3) и место выпуска сибирских осетров в р. Печора в 1956 г. (4).

ристическим признакам свидетельствует о том, что этот вид является монотипическим [26]. Форма рыла подвержена вариациям. Обычно встречаются рыбы с коротким, уплощенным и умеренно закругленным рылом, иногда с более удлиненным и заостренным [3, 4]. Однако позднее было показано отсутствие острорылой и тупорылой форм сибирского осетра и проанализированы возрастные изменения, обуславливающие уменьшение длины рыла у крупных особей [27]. В нашем случае для удобства изложения осетры обозначены как «острорылый» и «тупорылый» (рис. 2). Оба осетра оказались самцами, гонады которых, согласно общепринятому руководству Правдина [24], находились на второй стадии зрелости половых продуктов. Возраст рыб, определенный по отшлифованным спилам первых лучей грудного плавника, соответствовал их размерам. У крупного осетра возраст составлял 22 года, у мелкого – шесть полных лет. Регистрирующие структуры у первого из них оказались более выраженными, нежели у второго. В целом, возраст этих рыб и их линейно-весовые параметры близки к показателям одноразмерных осетров обской популяции [26].

Несомненный интерес представляет происхождение сибирских осетров, выловленных в Печоре в 2005 г. Как уже упоминалось, единственным печатным свидетельством до настоящего времени остается описание Н.Я. Данилевского [11, с. 55] поимки сибирского осетра в Печоре еще в 1859 г.: «...у острова Бугаева, верстах в ста ниже Усть-Цильмы, рыбаки поймали неводом трехпудового осетра – рыбу доселе никогда еще не виданную в Печоре. Мне чрезвычайно хотелось увидеть и приобрести эту редкость, но когда я прибыл к Бугаевскому

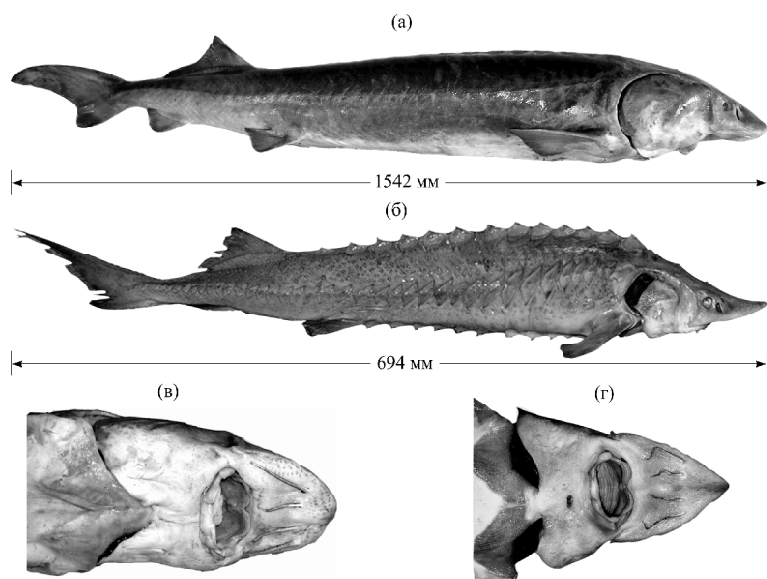


Рис. 2. Тупорылая (а, в) и острорылая (б, г) формы сибирских осетров, пойманных в р. Печора.

острову, то услышал, к моему сожалению, от самих рыбаков, поймавших этого осетра, что они уже недели две тому назад продали его мимо плывшим чердынским купцам за 26 рублей ассигнациями». Таким образом, сам Н.Я. Данилевский этого осетра не видел и провести соответствующий анализ ему не удалось.

За последующие сто лет до 1956 г. в бассейне р. Печора были осуществлены многочисленные разноцелевые экспедиции, но случаи поимки сибирских осетров не зарегистрированы [5, 7-9, 13, 15, 22, 28, 29, 31, 32]. В известных нам публикациях касательно сибирских осетров в Печоре имеются лишь ссылки на работу Н.Я. Данилевского «Исследования о состоянии рыболовства в России», опубликованную в 1862 г. В 1956 г. в рамках акклиматизационных мероприятий была предпринята попытка вселения сибирского осетра в Печору. Для этого 97 осетров «выловленных в р. Оби у Салехарда, выпущены около станции Кожва. Масса 84 экземпляров варьировала от 7 до 22 кг, у других она в среднем равнялась 400 г. В том же году несколько экземпляров попались в различные орудия лова в реках Усе и Колве» [30, с. 36]. Необходимо отметить, что правобережные притоки Уса и Колва впадают в Печору на расстоянии более 100 км от ст. Кожва. В период с 1957 г. по настоящее время, несмотря на активное рыболовство в главном русле Печоры и ее притоках и регулярные ихтиологические исследования, проводимые Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН, ФГУ «Комирыбвод» и рыбохозяйственным институтом СевПИИРО, достоверного случая прилова осетров не отмечено.

Поимка в 2005 г. сразу двух разновозрастных сибирских осетров на удаленных друг от друга участках среднего и нижнего течения Печоры трудно поддается объяснению. Допустима, но кажется маловероятной версия проникновения сибирских осетров в р. Печора из обского бассейна морским путем, вдоль побережья Большеземельской тундры по опресненным участкам от устья к устью многочисленных рек, впадающих в Карское и Баренцево

моря. Однако считается, что весь жизненный цикл осетра привязан к пресным водам, его популяции, населяющие низовья рек, не выходят за пределы пресных и слабо соленых вод [12, 26]. Кроме того, сибирский осетр при переводе в гипертоническую среду не может изменить тип осморегуляции на гипотонический, а его способность выдерживать соленую воду соответствует другим пресноводным рыбам [17]. Реально предположение, что пойманные в 2005 г. в Печоре осетры являются потомками сибирских осетров, выпущенных в реку в 1956 г., или потомками осетров, самостоятельно проникших в Печору из Оби [15]. Имеет право на жизнь также и допущение об участии в нересте сибирского осетра и печорской стерляди и образования гибридной формы осетр×стерлядь (остер), тем более, что подобные гибриды широко встречаются в реках Сибири [3].

Кажется привлекательной версия, что крупный осетр, вылов которого упоминается Н.Я. Данилевским в 1862 г., является не сибирским (*Acipenser baerii* Brandt), а атлантическим осетром (*Acipenser sturio* Linnaeus, 1758), в настоящее время почти исчезнувший вид, ареал которого охватывал бассейны Северного, Балтийского, Черного и Средиземного морей. В пользу этой версии свидетельствуют особенности биологии атлантического осетра, относящегося к проходным видам с совершенными механизмами адаптации их к смене среды обитания река–море. Эти осетры для размножения поднимаются в реки, молодь в течение первого года жизни скатывается в эстуарии рек, где живет в солоноватой воде до двух-четырех лет, после чего уходит в море [1].

Так или иначе, численность осетров в р. Печора в современный период, очевидно, увеличивается, поскольку количество случаев его поимки возрастает. В 2006 г. сибирский осетр массой около 2 кг был отловлен и зафиксирован ихтиологами СевПИИРО в нижнем течении Печоры (устное сообщение А.П. Новоселова). В сентябре 2007 г. сеголеток сибирского осетра был пойман в плавную сеть «зельдевку» на магистральном участке реки в 60 км ниже с. Усть-Цильма. Поимка молоди сибирского осетра – это важный момент, который свидетельствует о воспроизводстве сибирского осетра в Печоре или, по крайней мере, о достоверности и успешности его размножения на границе ареала.

На основе фактологического материала считаем возможным предложить следующие выводы. Впервые за двухсотлетнюю историю ихтиологических исследований на р. Печора зафиксирована достоверная поимка сибирских осетров и получены их морфобиологические показатели. Вылов в 2005 и 2006 гг. взрослых сибирских осетров и в 2007 г. одного экземпляра молоди на разных участках нижнего течения главного русла р. Печора является доказательством присутствия вида в бассейне крупной реки европейского северо-востока России в настоящее время и дает основание для включения

сибирского осетра в состав ихтиофауны Печоры в статусе редкого вида.

Увеличение количества достоверных случаев поимки сибирского осетра в последнее десятилетие является не следствием «усиления» изученности ихтиофауны, поскольку ихтиологические исследования систематически ведутся многими научными организациями уже 50 лет, а скорее свидетельствует об увеличении численности вида в бассейне Печоры. В подтверждение этого предположения прекрасно укладывается первый случай нахождения молоди осетра, что снимает дискуссию о возможности его воспроизводства в Печоре. Более того, на наш взгляд, в настоящее время мы наблюдаем «закрепление» вида в бассейне р. Печора. Интересно, что судя по всему, сибирский осетр тяготеет к нижнему течению Печоры, так же как и стерлядь, вселенная в Печору в первой половине прошлого столетия. Нашими исследованиями в рамках гранта «Осетровые рыбы России» хорошо показано распространение стерляди в бассейне р. Печора, дана ее современная численность и ресурсная оценка, на основе чего был сделан вывод об образовании самовоспроизводящейся популяции печорской стерляди и ее стабильном функционировании [14].

Учитывая особенности биологии осетровых рыб в контексте изменения средовых факторов, наблюдаемых в том числе и на европейском северо-востоке России, нельзя исключить прогноз образования в бассейне р. Печора самостоятельной популяции сибирского осетра, численность которой будет увеличиваться до уровня ее потребительской эксплуатации, как это случилось с интродуцированной стерлядью.

Остается неясным происхождение выловленных в 2005 г. в Печоре сибирских осетров при большой вероятности того, что эти особи являются потомками сибирских осетров, выпущенных в Печору в 1956 г. В то же время, учитывая свидетельства местных рыбаков о редких поимках осетра до 1956 г. и свидетельство Н.Я. Данилевского [11], нельзя отвергать версию самостоятельного проникновения сибирских осетров в Печору из бассейна р. Обь или версию о том, что в упоминаемых случаях рыбы являлись атлантическими осетрами.

Так или иначе, формирование ихтиофауны крупных европейских арктических рек продолжается, при этом временная скорость изменения структуры и состава рыбного населения, очевидно, увеличивается, что в первую очередь связано с техногенными и природными трансформациями экологических параметров окружающей среды, наблюдаемых во многих климатических регионах нашей планеты.

В заключение считаем своим долгом выразить благодарность за транспортировку крупного осетра из Усинска в Сыктывкар в 2005 г. и прекрасно выполненные фотографии М.Д. Туманову, а также ведущему инженеру лаборатории ихтиологии и гидробиологии нашего Института М.И. Черезовой, которая квалифицированно провела полный морфологический и биологический анализ сибирских осетров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас пресноводных рыб России / Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2002. Т. 1. 380 с.
2. Берг Л.С. Рыбы пресных вод Российской империи. М., 1916. 563 с.
3. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Л., 1932. Ч. 1. 541 с.
4. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран // М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. Ч. 1. 468 с.
5. Борисов П.Г. Рыболовство в нижнем течении р. Печора // Рыбное хозяйство. М., 1923. № 4. С. 83-126.
6. Брандт И.Ф. Позвоночные животные севера европейской России и в особенности Северного Урала. СПб., 1856. 203 с.
7. Варнаховский Н.А. Рыбный промысел в среднем течении р. Печора. СПб.: Изд-во Департамента земледелия, 1900. 56 с.
8. Варнаховский Н.А. Ихтиофауна р. Печора // Ежегодник зоологического музея Академии наук. СПб., 1901. С. 585-608.
9. Гольице В. К изучению ихтиологической фауны Пермской губернии // Вестн. рыбопромышленности, 1894. № 12. С. 515-526.
10. Гофман Э. Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой. Исследования экспедиции, снаряженной Императорским Русским географическим обществом в 1847, 1848, 1850 годах. СПб., 1856. Т. II. 376 с.
11. Данилевский Н.Я. Рыбные и звериные промыслы в Белом и Ледовитом морях // Исследования о состоянии рыболовства в России. СПб., 1862. VI. 257 с.
12. Дрягин П.А. Биология сибирского осетра, его запасы и рациональное использование // Изв. ВНИИ озерного и речного рыбного хоз-ва. Л., 1949. Т. 29. С. 3-51.
13. Журавский А.В. Результаты исследований «Приполярного Запечорья» в 1907 и 1908 годах // Изв. Императорского Русского географического общества. СПб., 1909. Т. XLV. С. 197-227.
14. Захаров А.Б., Осипова Т.С., Крылова В.Д. Итоги и перспективы интродукции северодвинской стерляди *Acipenser ruthenus* в бассейн Печоры // Вопр. ихтиологии, 1998. Т. 38, № 6. С. 825-829.
15. Захаров А.Б., Туманов М.Д., Шалаев С.Н. Сибирский осетр *Acipenser baerii* в реке Печора // Вопр. ихтиологии, 2007. Т. 47, № 2. С. 196-201.
16. Книпович Н.М. О рыбных и морских звериных промыслах Архангельской губернии. СПб., 1897. С. 164.
17. Краюшкина Л.С., Моисеенко С.Н. Функциональные особенности осморегуляции экологически различных видов осетровых (семейство *Acipenseridae*) в гипертонической среде // Вопр. ихтиологии, 1977. Т. 17, вып. 3 (104). С. 503-509.
18. Латкин В.Н. Дневник В.Н. Латкина во время путешествия на Печору в 1840 и 1843 годах. СПб., 1853. Ч. I-II. С. 1-154, 1-143.
19. Лепехин И.И. Дневные записки путешествия академика Ивана Лепехина в 1772 г. СПб., 1805. Ч. IV. 458 с.
20. Никольский Г.В. Частная ихтиология. М.: Высшая школа, 1971. 436 с.
21. Остроумов Н.А. Животный мир Коми АССР. Сыктывкар, 1972. 280 с.
22. Остроумов Н.А. Рыбы среднего и нижнего течения Печоры // ДАН, 1948. Т. 59, № 8. С. 1497-1500.

23. Пономарев В.И., Сидоров Г.П. Обзор ихтиологических и рыбохозяйственных исследований в бассейне р. Печора // Водные организмы в естественных и трансформированных экосистемах европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 2002. С. 5-33. – (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 170).

24. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М., 1966. 376 с.

25. Рубан Г.И. О структуре вида сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt // Вопр. ихтиологии, 1998. Т. 38, вып. 3. С. 307-327.

26. Рубан Г.И. Сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt (структура вида и экология). М., 1999. 236 с.

27. Рубан Г.И., Панаиотиди А.И. Сравнительный морфологический анализ подвидов сибирского осетра *A. baeri stenorrhynchus* и *A. baeri chatys* рек Енисей и Лена // Вопр. ихтиологии, 1994. Т. 34, № 4. С. 469-478.

28. Рыбы бассейна верхней Печоры / Г.В. Никольский, Н.А. Громчевская, Г.И. Морозова и др. М., 1947. 224 с.

29. Солдатов В.К. Рыбы р. Печоры. Москва-Петроград, 1924. 74 с. – (Тр. Сев. науч.-пром. экспедиции; Вып. 17).

30. Соловкина Л.Н. Рыбные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 168 с.

31. Танфильев Г.И. О рыбных и звериных промыслах в водах Мезенского и Печорского края // Вестн. рыбопромышленности, 1896. Т. 11. № 2-3. С. 53-64.

32. Якобсон Р.П. Рыболовство Печорского бассейна в пределах Пермской и Вологодской губерний в 1914 г. // Материалы к познанию русского рыболовства. Петроград, 1916. Т. V. Вып. 4. 44 с. ❖

## РАДИОАДАПТИВНЫЙ ОТВЕТ ПО ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ У ЛИНИЙ *DROSOPHILA MELANOGASTER* С МУТАЦИЯМИ ГЕНОВ ФАКТОРА ТЕПЛООВОГО ШОКА И БЕЛКОВ ТЕПЛООВОГО ШОКА

При воздействии различных внешних стрессов практически все живые организмы от бактерий до растений и млекопитающих способны быстро реагировать и адаптироваться для перенесения неблагоприятного периода. Явление повышения устойчивости клетки или организма к повреждающему действию фактора после предварительного воздействия в малой дозе получило название адаптивного ответа. Данный феномен индуцируется многими типами повреждающих воздействий, включая алкилирующие агенты, тепловой и окислительный стресс, ионизирующие излучения, тяжелые металлы [10]. Таким образом, основное биологическое значение адаптивного ответа состоит в защите клетки и организма от высоких доз опасных факторов.

Вольф и соавторы, исследуя хромосомные aberrации лимфоцитов человека после облучения, обнаружили явление «радиоадаптивного ответа» – вредные эффекты больших доз облучения снижались, если им предшествовало облучение в малой дозе [19]. В дальнейшем существование адаптивного ответа было показано в экспериментах *in vitro* и *in vivo* с использованием различных показателей повреждения клетки, таких как летальность, хромосомные перестройки, индукция мутаций, радиочувствительность и репарация ДНК. Радиоадаптивный ответ отмечен в ответ на действие как редко- (рентгеновское излучение,  $\gamma$ -излучение,  $\beta$ -частицы), так и плотно-ионизирующих излучений (нейтроны,  $\alpha$ -частицы). Диапазон доз для адаптирующей дозы обычно составляет от 0.01 до 0.5 Гр при мощности дозы от 0.01 до 1.0 Гр/мин. Временной интервал, необходимый для формирования адаптивного ответа после воздействия адаптирующей дозы, находится в пределах от 3 до 30 ч [5, 28]. Верхний временной предел адаптивного ответа составляет для различной ин-



**Е. Турышева**

асп. отдела радиоэкологии  
Научные интересы:  
*дрозофила, белки теплового шока, радиационный гормезис, продолжительность жизни*



**к.б.н. М. Шапошников**

с.н.с. этого же отдела  
E-mail: [mshaposhnikov@mail.ru](mailto:mshaposhnikov@mail.ru)  
Научные интересы:  
*радиационная генетика, малые дозы, адаптивный ответ*



**д.б.н. А. Москалев**

с.н.с. этого же отдела  
E-mail: [mshaposhnikov@mail.ru](mailto:mshaposhnikov@mail.ru)  
Научные интересы:  
*радиационная генетика, продолжительность жизни, дрозифила, старение, апоптоз*

тенсивности воздействия от двух недель до 2.0-2.5 месяцев [32].

Что касается молекулярных механизмов данного явления, в исследованиях *in vitro* показано, что в радиоадаптивный ответ вовлечены белки репарации ДНК, такие как поли(АДФ-рибозо)полимераза (PARP), апурин/апиримидин (AP)-эндонуклеаза, ДНК-зависимая протеинкиназа (DNA-PK) и ERCC5 (XPG), и проверочных точек клеточного цикла (фосфопротеины M фазы 10 и p125), а также координаторы ответа на повреждение ДНК (киназа ATM и транскрипционный фактор p53). Кроме того, в адаптируемых

клетках при воздействии малых доз радиации иногда отмечается активация протеинкиназы C (PKC) и митоген-активируемой протеинкиназы p38. Для индукции радиоадаптивного ответа также необходим трансдуктор сигнала и активатор транскрипции 1 (STAT1), который является компонентом цитокинового сигналинга. Наконец, в последнее время появились данные о том, что молекулярные шапероны, участвующие в репарации раскрученных, агрегированных или поврежденных белков, также участвуют в радиоадаптивном ответе [31].

Роль белков теплового шока в адаптивном ответе вызывает особый интерес, поскольку подразумевает общность молекулярно-клеточных систем стресс-ответа для разных видов стресса и существование перекрестной адаптации к различным экологическим факторам. В качестве интегрального показателя стрессоустойчивости и индукции адаптивного ответа, на наш взгляд, правомочно использовать продолжительность жизни организмов. В определенной мере она зависит от генотипа особи и в еще большей – от влияния внешних экологических факторов. Известно, что активация механизмов стрессоустойчивости умеренным тепловым стрессом ведет к увеличению продолжительности жизни

[14]. Малые дозы радиации также могут приводить к стимулированию долгожительства [3, 4, 8, 9, 21, 22, 27, 29, 30]. Необходимо выяснить, лежат ли в основе этих феноменов общие молекулярно-клеточные механизмы.

Настоящая работа посвящена изучению роли различных белков теплового шока при адаптации дрозофил к воздействию малыми дозами ионизирующей радиации. Нами изучена индукция адаптивного ответа (изменение продолжительности жизни) у дрозофил линии дикого типа *Canton-S* с мутациями фактора теплового шока *Hsf* (аллели 1-4) и белков теплового шока (*Hsp70Ba*<sup>304</sup>, *Hsp83*<sup>e6A</sup>, *Hsp22*<sup>EY09909</sup>). В качестве адаптирующего воздействия использовано хроническое низкоинтенсивное  $\gamma$ -излучение (0.017 и 0.17 сГр/ч) на предимагинальных стадиях развития (накопленная доза – 6 и 60 сГр), разрешающей дозой послужило добавление в корм имаго индуктора свободных радикалов параквата (20 мМ в течение суток).

#### Материалы и методика

В работе использовали линию *Drosophila melanogaster* дикого типа *Canton-S* и линии с мутациями по генам фактора теплового шока *Hsf* и различных белков теплового шока (*Hsp*). Исследованы различные аллельные варианты *Hsf* в составе следующих генотипов:

- *cn*<sup>1</sup> *bw*<sup>1</sup> *Hsf*<sup>f</sup> (обозначена *Hsf*<sup>f</sup>);
- *cn*<sup>1</sup> *bw*<sup>1</sup> *Hsf*<sup>f</sup>/*CyO* (обозначена *Hsf*<sup>f</sup>/*CyO*);
- *cn*<sup>1</sup> *bw*<sup>1</sup> *Hsf*<sup>f</sup>/*CyO* (обозначена *Hsf*<sup>f</sup>/*CyO*);
- *net*<sup>1</sup> *cn*<sup>1</sup> *Hsf*<sup>f</sup>/*CyO* (обозначена *Hsf*<sup>f</sup>/*CyO*).

Генотипы линий с мутациями белков теплового шока:

- *w*<sup>1118</sup>; *Hsp70Ba*<sup>304</sup> (обозначена *Hsp70Ba*<sup>304</sup>);
- *Hsp83*<sup>e6A</sup>/*TM6B*;
- *y*<sup>1</sup> *w*<sup>67c23</sup>; *P(w<sup>mC</sup> y<sup>+mDint2</sup> = EPgy2)* *Hsp22*<sup>EY09909</sup> (обозначена *Hsp22*<sup>EY09909</sup>).

Продолжительность жизни анализировали отдельно у самок и самцов данных линий, а также потомков F1 скрещивания самок *Canton-S* с самцами линий, несущих изучаемые мутации в гетерозиготе (обозначены: *Hsf*<sup>f</sup>/*Hsf*<sup>f</sup>, *Hsf*<sup>f</sup>/*Hsf*<sup>f</sup> и *Hsf*<sup>f</sup>/*Hsf*<sup>f</sup>). Мутантные линии *Drosophila melanogaster* получены из коллекции дрозофилиного Центра в Блумингтоне (Университет штата Индиана, Блумингтон, США).

Насекомых содержали в стандартных условиях (25 °С и 12-часовом режиме освещения). Для поддержания линий использовали дрожжевую сре-

ду [6]. Дрозофил подвергали воздействию  $\gamma$ -излучения <sup>226</sup>Ra в дозах 6 и 60 сГр за поколение (от стадии яйца до вылета имаго, 14 сут.) при мощности дозы 0.017 и 0.17 сГр/ч соответственно. Для изучения адаптивного ответа имаго подвергали воздействию индуктора супероксиданиона параквата (метилвиологена). Двухдневных мух лишали пищи и воды в течение 6 ч и на сутки переносили во флаконы с фильтровальной бумагой, смоченной 20 мМ (400 мкл) параквата в 5 %-ной сахарозе.

Один раз в неделю мух пересаживали на свежую дрожжевую среду, не используя наркотизацию. У самок среду меняли чаще, около двух раз в неделю, не допуская ее размягчения появляющимися личинками. Подсчет умерших мух осуществляли ежедневно в одно и то же время, за исключением субботы и воскресенья.

Установлено, что распределение продолжительности жизни не подчиняется нормальному закону. Оценивали среднюю и медианную продолжительность жизни. Ненормальность распределения исключает использование параметрических критериев [1], поэтому для оценки достоверности различий по продолжительности жизни в опыте и контроле применяли непараметрические критерии Гехана-Беслоу-Вилкоксона и Мантеля-Кокса. Для обработки полученных результатов использовали программы Winmodest и Statistica 6.1.

#### Результаты и обсуждение

Полученные данные (см. таблицу) свидетельствуют о том, что у мутантов наблюдается снижение показателей продолжительности жизни при наличии мутаций в генах белков теплового шока (*Hsp*) по сравнению с линией дикого типа *Canton-S*. Эффект наблюдается как у гомозигот (*Hsp22*<sup>EY09909</sup> – на 12 % самцы, у самок не изменяется; *Hsp70Ba*<sup>304</sup> – на 7 и 35 % самцы и самки соответственно), так и у гетерозигот (*Hsp83*<sup>e6A</sup>/*TM6B* – на 8 и 35 % самцы и самки соответственно). Меньше живут также мухи, имеющие в гомозиготе мутацию гена фактора теплового шока *Hsf*<sup>f</sup>. Медианная продолжительность жизни у самцов *Hsf*<sup>f</sup> на 17 % ниже, чем у линии *Canton-S*, у самок – на 42 %. По-видимому, это свидетельствует об участии генов белков теплового шока в процессах естественного старения и контроля продолжительности жизни. Это наблюдение полностью соответствует литературным данным. Например, известно, что

инсерционная мутация в гене митохондриального белка *Hsp22* приводит к снижению средней продолжительности жизни дрозофилы на 40 %. В то же время сверхэкспрессия *Hsp22* в мотонейронах ведет к удлинению срока жизни на 32 %, увеличению устойчивости к окислительным повреждениям (к параквату на 35 %) и тепловому стрессу (на 39 и 23 % при 30 и 37 °С соответственно) [11, 20]. Что касается фактора теплового шока, аналогичные данные для дрозофилы нам не известны, но отмечены у нематод. У *Caenorhabditis elegans* мутация гена *Hsf-1* приводит к ускоренной дегенерации тканей (преждевременному старению) [12]. Напротив, сверхэкспрессия *Hsf* продлевает жизнь нематоды [18].

Обработка паракватом приводит к снижению показателей продолжительности жизни во всех вариантах нашего эксперимента (см. таблицу). Особенно сильное действие паракват оказывает на мух линий *Hsf*<sup>f</sup> и *Hsp22*<sup>EY09909</sup>, что свидетельствует о важной роли белков теплового шока в защите клетки от окислительных повреждений. Из литературы также известно, что у мутантов дрозофилы по каталазе и Cu,Zn-супероксиддисмутазе при старении уменьшается время индукции гена *hsp70*, что предполагает его участие в ответе на окислительный стресс [26].

Хроническое облучение в дозах 6 и 60 сГр приводит к адаптивному ответу во всех вариантах эксперимента, за исключением гомозигот по мутациям *Hsf*<sup>f</sup> и *Hsp70Ba*<sup>304</sup> (см. таблицу). У гомозигот по мутации гена *Hsp22* наблюдаются половые различия формирования адаптивного ответа. У самцов он есть, в то время как у самок отсутствует. Таким образом, у дрозофил адаптивный ответ для продолжительности жизни может индуцироваться хроническим облучением как низкими (6 сГр), так и средними (60 сГр) дозами. Гомозиготы по мутациям *Hsp* и *Hsf* в большинстве случаев не проявляют адаптивного ответа, что говорит о непосредственном участии данных генов в его формировании.

Гетерозиготы по мутациям *Hsp* и *Hsf* имеют выраженный адаптивный ответ. Для устранения влияния неоднородности генетического фона у гетерозигот дополнительно проводили анализ влияния изучаемых факторов у потомков F1 от скрещиваний гетерозиготных линий (*Hsf*<sup>f</sup>/*CyO*, *Hsf*<sup>f</sup>/*CyO* и *Hsf*<sup>f</sup>/*CyO*) с линией *Canton-S*. В этих вариантах адаптивный ответ также

Продолжительность жизни (сут.) самцов и самок линий дрозофилы в контроле и после воздействия различных факторов

Вариант воздействия	Самцы			Самки		
	M	$\bar{X} \pm \Delta m$	n	M	$\bar{X} \pm \Delta m$	n
<i>Canton-S</i>						
Контроль	59.0	58.7 ± 0.6	307	65	62.8 ± 0.5	427
6 сГр	37.0*	36.3 ± 0.2	357	61*	59.8 ± 0.7	364
60 сГр	56.0	55.9 ± 0.8	159	64	60.9 ± 1.3	79
Паракват	26.0*	27.7 ± 1.8	154	53*	46.9 ± 1.5	130
6 сГр+паракват	40.5	35.4 ± 2.2	153	48*	44.6 ± 1.4	142
60 сГр+паракват	44*	35.8 ± 1.9	113	57*	50.2 ± 1.6	93
<i>Hsf<sup>4</sup></i>						
Контроль	42	39.0 ± 0.6	320	38	39.6 ± 0.9	159
6 сГр	33*	33.8 ± 0.8	125	37	37.0 ± 0.8	160
60 сГр	49*	45.7 ± 0.9	136	38	38.5 ± 1.1	143
Паракват	7*	7.7 ± 0.6	117	10*	15.6 ± 1.2	92
6 сГр+паракват	12*	15.1 ± 1.1	60	8*	8.4 ± 0.4	89
60 сГр+паракват	10*	13.8 ± 0.8	74	13*	15.1 ± 0.9	66
<i>Hsf<sup>2</sup>/CyO</i>						
Контроль	55	53.5 ± 0.6	377	71	69.3 ± 0.5	446
6 сГр	51*	44.5 ± 0.7	245	49*	52.8 ± 1.0	273
60 сГр	53	54.2 ± 0.5	445	69*	62.4 ± 1.1	198
Паракват	50*	42.2 ± 1.9	100	45*	38.9 ± 2.2	147
6 сГр+паракват	51	53.7 ± 0.8	193	55*	49.7 ± 1.1	214
60сГр+паракват	53*	48.0 ± 1.1	139	67*	64.1 ± 0.9	134
<i>Hsf<sup>1</sup>/Hsf<sup>1</sup></i>						
Контроль	66	65.9 ± 0.8	450	85	83.4 ± 0.8	324
6 сГр	39*	46.2 ± 2.0	82	88*	88.0 ± 1.0	215
60 сГр	81*	78.0 ± 1.7	155	79	70.8 ± 3.6	68
Паракват	57*	47.9 ± 2.4	149	71*	60.7 ± 3.3	74
6 сГр+паракват	81*	74.7 ± 2.6	64	73.5*	71.5 ± 1.9	105
60сГр+паракват	55*	56.8 ± 1.6	70	76*	71.1 ± 2.2	98
<i>Hsf<sup>2</sup>/CyO</i>						
Контроль	49	49.9 ± 0.4	441	69	64.9 ± 0.7	402
6 сГр	50	48.1 ± 0.6	303	71	70.7 ± 0.6	322
60 сГр	50	52.5 ± 0.6	220	73	66.3 ± 2.7	48
Паракват	47*	30.1 ± 2.6	102	42.5*	36.3 ± 3.4	81
6 сГр+паракват	49	46.5 ± 1.1	184	53*	39.6 ± 1.6	194
60сГр+паракват	47	42.8 ± 1.4	110	67	61.2 ± 1.9	118
<i>Hsf<sup>2</sup>/Hsf<sup>1</sup></i>						
Контроль	59	59.6 ± 0.9	267	69	68.6 ± 0.7	217
6 сГр	73.5*	75.6 ± 1.8	101	71	68.1 ± 1.1	190
60 сГр	66*	66.4 ± 2.6	89	71	63.4 ± 2.2	109
Паракват	57*	44.6 ± 3.0	96	58*	47.7 ± 2.6	99
6 сГр+паракват	83	73.3 ± 3.5	44	10.5*	11.4 ± 0.8	21
60сГр+паракват	65	61.0 ± 3.3	48	62*	52.7 ± 2.7	55
<i>Hsf<sup>1</sup>/CyO</i>						
Контроль	44	47.2 ± 0.7	197	67	64.3 ± 0.8	177
6 сГр	60*	65.9 ± 1.6	170	74*	68.9 ± 1.0	217
60 сГр	66	60.2 ± 0.9	222	66	63.5 ± 0.9	195
Паракват	49.5	35.8 ± 2.1	125	32.5*	35.2 ± 2.7	53
6 сГр+паракват	50	55.4 ± 1.5	164	55*	44.8 ± 1.7	167
60сГр+паракват	47	46.3 ± 1.6	92	67	53.9 ± 2.3	96
<i>Hsf<sup>1</sup>/Hsf<sup>1</sup></i>						
Контроль	41	48.5 ± 0.9	166	79.5	72.7 ± 1.5	181
6 сГр	78*	77.3 ± 1.3	264	78	74.0 ± 0.9	285
60 сГр	71*	72.4 ± 1.0	324	72	67.9 ± 1.3	226
Паракват	59*	57.3 ± 3.3	81	71*	64.3 ± 1.7	137
6 сГр+паракват	80*	79.7 ± 1.9	134	76	71.5 ± 1.7	131
60сГр+паракват	55*	56.4 ± 2.2	123	73*	66.9 ± 1.9	98
<i>Hsp70Ba<sup>304</sup></i>						
Контроль	55	51.3 ± 0.8	217	42	42.9 ± 0.4	305
6 сГр	58*	57.9 ± 0.5	370	53*	52.8 ± 0.4	376
60 сГр	54	53.8 ± 0.5	262	53*	54.7 ± 0.5	232
Паракват	24*	26.2 ± 2.1	111	33*	27.3 ± 1.9	123
6 сГр+паракват	7*	9.6 ± 0.8	167	7*	18.2 ± 1.7	152
60сГр+паракват	8*	15.6 ± 1.3	163	8*	24.1 ± 1.6	175

сохранялся. Более того, показан выраженный эффект гетерозиса, который перевешивал негативный эффект мутации в гене *Hsf*, а также воздействие облучения и параквата. По-видимому, радиационный гормезис – эволюционная адаптация, возникающая как метаболический ответ на внешнесредовые стрессы, из которых на долю радиации приходится лишь небольшая часть, т.е. гормезис является частью генерализованного стресс-ответа [21]. Таким образом, ответ на вопрос о причинах гормезиса следует искать среди механизмов общей стрессоустойчивости клетки и организма (к генотоксическому, окислительному и температурному стрессам).

В естественных популяциях уровни белков теплового шока отражают эволюционную адаптацию к периодам экстремального стресса – особенно температурных возмущений, однако некоторые литературные данные свидетельствуют о роли белков теплового шока в радиационном ответе. Показано, что индукция гена *hsp70* в клетках яичника китайского хомячка на уровне мРНК может вызываться γ-радиацией [25]. У мышей белки теплового шока Hsp70.1 и Hsp70.3 индуцируются как эндогенными, так и экзогенными стрессорами. Нулевые мутации в этих генах приводят к появлению нестабильности генома, усиливающейся тепловым стрессом: такие клетки характеризуются более высокой частотой соединения концов хромосом. Ионизирующая радиация в клетках с выключенной функцией Hsp70.1 и Hsp70.3 приводит к большему числу хромосомных aberrаций, радиорезистентному синтезу ДНК (признак нестабильности генома), увеличению доли гибнущих клеток и онкогенной трансформации по сравнению с контрольными клетками. Тепловой шок, предваряющий воздействие ионизирующей радиации, еще более усиливает частоту гибели клеток и трансформаций, а также повреждение хромосом в фазу S. Таким образом, Hsp70.1 и Hsp70.3 играют важную роль в поддержании стабильности генома в условиях радиационного стресса [13].

Снижение количества белка Hsp27 в опухолевых клетках, устойчивых к апоптозу, повышает их радиочувствительность, что сопровождается увеличением уровня апоптоза, снижением базального уровня глутатиона и клоногенной гибелью клеток [23]. Известно, что термоустойчивый клон радиационно-индуцированной фиброкарциномы характеризуется адаптивным

Окончание таблицы

Вариант воздействия	Самцы			Самки		
	M	$\bar{X} \pm \Delta m$	n	M	$\bar{X} \pm \Delta m$	n
<i>Hsp83<sup>60A</sup>/TM6B</i>						
Контроль	54	56.2 ± 1.2	271	42	41.4 ± 0.7	300
6 сГр	43	47.1 ± 1.3	165	45*	45.3 ± 0.8	253
60 сГр	50	56.0 ± 1.5	167	46*	48.6 ± 1.2	167
Паракват	12*	28.2 ± 2.8	82	45	39.4 ± 1.8	95
6 сГр+паракват	35*	35.9 ± 2.8	94	39	38.3 ± 1.7	107
60сГр+паракват	41*	36.4 ± 2.1	111	48	45.1 ± 1.8	89
<i>Hsp22<sup>EY09809</sup></i>						
Контроль	52	52.1 ± 0.6	297	67	64.2 ± 0.9	253
6 сГр	49	50.3 ± 1.1	148	67	64.9 ± 1.1	228
60 сГр	50	50.5 ± 0.5	385	38*	47.2 ± 1.4	178
Паракват	3*	22.6 ± 2.7	91	13*	28.5 ± 2.2	90
6 сГр+паракват	47	40.3 ± 2.1	110	43*	39.5 ± 2.3	113
60сГр+паракват	43*	40.6 ± 1.2	190	9*	25.3 ± 1.9	158

\* Отличия с контролем достоверны по критерию Гехана-Бреслоу-Вилкоксона ( $p < 0.001$ ).

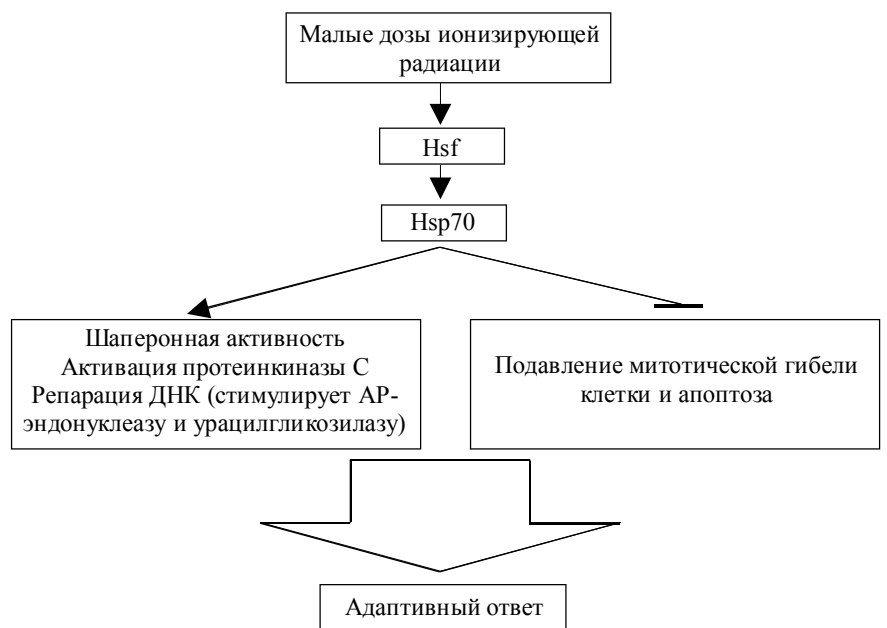
M – медианная продолжительность жизни;  $\bar{X} \pm \Delta m$  – средняя ± ошибка средней; n – количество особей в выборке.

ответом, тогда как сама фиброкарцинома – нет. После трансфекции индуцибельного Hsp70 в клетки нетермоустойчивой фиброкарциномы они тоже стали проявлять адаптивный ответ, сопровождающийся активацией протеинкиназы C (PKC). Трансфекция *Hsp70* в эмбриональные клетки мыши также сделала их радиоустойчивыми, а предобработка ингибиторами PKC привела к исчезновению такой устойчивости [16]. Далее было показано, что не только Hsp70 (Hspa4), но и белок теплового шока Hsp25 (Hspb1) участвует в индукции адаптивного ответа. Высокие дозы радиации активировали в спленоцитах мышей экспрессию Hspb1 и особенно Hspa4, тогда как экспрессия других белков теплового шока, таких как Hsc70 (Hspa8), Hsp90 и αВ-кристаллина (Cryab) не менялась. Когда спленоциты из трансгенных по гену *Hsp70* мышей предоблучали малыми дозами ионизирующей радиации, наблюдали снижение гибели клетки после больших доз облучения. Таким образом, *Hsp70* является ключевой молекулой в индукции адаптивного ответа [15]. При одновременной трансфекции эмбрионов мыши обоими генами (*Hsp70* и *Hsp25*) наблюдается их корегуляция, что свидетельствует о роли в радиоадаптивном ответе транскрипционного фактора Hsf [17]. Еще более убедительно роль Hsf и Hsp70 в адаптивном ответе была показана в другом эксперименте, когда фибробласты мышей с нокаутной мутацией *Hsf-1* или нормальной активностью данного транскрипционного фактора подвергли воздействию теплового шока в присутствии или без кверцетина (ингибитора Hsf-1), а затем облучили большой дозой (4-6 Гр). Предобработка тепловым шоком, увеличивающая активность Hsp, повышала выживаемость облученных клеток дикого типа. Данный эффект подавлялся кверцетином и отсутствовал в клетках с нокаутом *Hsf-1*. Сверхэкспрессия *Hsf-1*, *Hsp70* или *Hsp27* увеличивала радиорезистентность клеток даже в отсутствие предваряющего теплового шока [12]. Наши эксперименты также убедительно показали, что гомозиготы по мутантной аллели *Hsf<sup>f</sup>* у дрозофилы характеризуются отсутствием адаптивного ответа в отличие от гетерозигот и линии дикого типа. Данный эффект имел место как у самцов, так и у самок. Аналогичный результат нами был также отмечен у самцов и самок гомозиготы по мутации дрозофилиного белка теплового шока *Hsp70B*, что соответству-

ет приведенным выше литературным сведениям о роли семейства Hsp70 в радиоадаптивном ответе. Интересно отметить, что у гомозигот по мутации гена *Hsp22* адаптивный ответ не проявлялся только у самок.

Каков механизм участия Hsp70 в радиационном гормезисе? Данное семейство белков отличается наибольшей консервативностью последовательности, от бактерии *Escherichia coli* до человека. Как ключевой белок теплового шока, Hsp70 выполняет в клетке функции молекулярного шаперона, защищая ее от повреждений. Он предотвращает нарушение нормальных клеточных процессов – митоза, мейоза или повреждения клетки внешними стрессами [13]. Однако некоторые его

функции не связаны с шаперонной активностью. Например, Hsp72 подавляет апоптоз, вызываемый фактором некроза опухолей, взаимодействуя с такими компонентами апоптозной программы, как JNK, внеклеточная сигнал-регулируемая протеинкиназа ERK и р38 митоген-активируемая протеинкиназа [24]. Стресс-индуцибельный Hsp70В стимулирует эксцизионную репарацию оснований (активность урацилгликозилазы). Эксцизионная репарация в облученных клетках лейкемии индуцируется при внедрении экзогенного рекомбинантного Hsp70. Воздействие малыми интерферирующими РНК, ингибирующими синтез Hsp70, напротив, снижает репарацию. Аналогично меняется и выживаемость



Предполагаемый механизм участия Hsf и Hsp70 в радиоадаптивном ответе.

клеток [7]. Hsp70 также связывается с апурином/апириимидин эндонуклеазой и усиливает специфическую эндонуклеазную активность НАР1. Наконец, Hsp70 взаимодействует с субъединицей теломеразы TERT и с ключевыми регуляторами клеточного цикла – p53, Cdk4, pRb, p27/Kip1, cMyc, Wee-1 [13]. Hsp70 ингибирует радиационно-индуцированную экспрессию циклинов A и B1 наравне с их киназной активностью, что снижает уровень митотической гибели клетки. Кроме того, индуцибельный Hsp70 удлиняет фазу клеточного цикла G1 и укорачивает радиационно-индуцированную задержку фазы G2/M [24].

Суммируя полученные нами результаты, следует отметить, что адаптивный ответ имел место во всех вариантах эксперимента за исключением гомозигот по мутациям *Hsf* и *Hsp*. Таким образом, нами впервые показана эффективность использования продолжительности жизни при изучении радиоадаптивного ответа *in vivo* и выявлена эволюционная консервативность одного из ключевых механизмов гормонального действия малых доз ионизирующей радиации, изученного прежде лишь на клеточных культурах млекопитающих. По-видимому, облучение вызывает активацию фактора теплового шока Hsf, который трансктивирует ген белка Hsp70, выполняющего роль молекулярного шаперона, кофактора белков репарации ДНК и антиапоптозного фактора, что обуславливает резистентность к последующим стрессам (см. рисунок).

Работа поддержана грантом президиума РАН в рамках программы «Фундаментальные науки – медицине» и грантом президента РФ для молодых докторов наук.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
2. (*Кабаков А.Е., Малютина Д.В., Датхман Д.С.*) Kabakov A.E., Malyutina Y.V., Latchman D.S. Hsf1-mediated stress response can transiently enhance cellular radioresistance // *Radiat. Res.*, 2006. Vol. 165, № 4. P. 410-423.
3. *Москалев А.А.* Радиационно-индуцированное изменение продолжительности жизни *Drosophila melanogaster*. Сыктывкар, 2004. 104 с.
4. (*Москалев А.А.*) Moskalev A. Radiation-induced life span alteration of *Drosophila* lines with genotype differences // *Biogerontology*, 2007. Vol. 8, № 5. P. 499-504.
5. Радиационно-индуцированный адаптивный ответ у детей и эффект

внешних и внутренних факторов / *И.И. Пелевина, Г.Г. Афанасьев, А.В. Алещенко и др.* // *Радиац. биол. Радиоэкол.*, 1999. Т. 39, № 1. С. 106-112.

6. *Ashburner M., Golic K.G., Hawley R.S.* *Drosophila: a laboratory handbook*. N.-Y.: Cold Spring Harbor Lab. Press, 2005. 1409 p.

7. *Bases R.* Heat shock protein 70 enhanced deoxyribonucleic acid base excision repair in human leukemic cells after ionizing radiation // *Cell Stress Chaperones*, 2006. Vol. 11, № 3. P. 240-249.

8. *Cameron J.R.* Longevity is the most appropriate measure of health effects of radiation // *Radiology*, 2003. Vol. 229, № 1. P. 14-15.

9. *Cameron J.R.* Moderate dose rate ionizing radiation increases longevity // *Br. J. Radiol.*, 2005. Vol. 78, № 925. P. 11-13.

10. *Crawford D.R., Davies K.J.* Adaptive response and oxidative stress // *Environm. Health Perspect.*, 1994. Vol. 102. Suppl 10. P. 25-28.

11. Decreased lifespan in the absence of expression of the mitochondrial small heat shock protein Hsp22 in *Drosophila* / *G. Morrow, S. Battistini, P. Zhang et al.* // *J. Biol. Chem.* 2004. Vol. 279, № 42. P. 43382-43385.

12. Genetic analysis of tissue aging in *Caenorhabditis elegans*: a role for heat-shock factor and bacterial proliferation / *D. Garigan, A.-L. Hsu, A.G. Fraser et al.* // *Genetics*, 2002. Vol. 161. P. 1101-1112.

13. Genomic instability and enhanced radiosensitivity in Hsp70.1- and Hsp70.3-deficient mice / *C.R. Hunt, D.J. Dix, G.G. Sharma et al.* // *Mol. Cell. Biol.*, 2004. Vol. 24, № 2. P. 899-911.

14. *Helfand S.L., Rogina B.* From genes to aging in *Drosophila* // *Adv. Genet.*, 2003. Vol. 49. P. 67-109.

15. Hspa4 (HSP70) is involved in the radioadaptive response: results from mouse splenocytes / *C.M. Kang, K.P. Park, C.K. Cho et al.* // *Radiat. Res.*, 2002. Vol. 157, № 6. P. 650-655.

16. Inducible heat-shock protein 70 is involved in the radioadaptive response / *S.H. Park, S.J. Lee, H.Y. Chung et al.* // *Radiat. Res.*, 2000. Vol. 153, № 3. P. 318-326.

17. Induction of adaptive response by low-dose radiation in RIF cells transfected with Hspb1 (Hsp25) or inducible Hspa (Hsp70) / *Y.J. Lee, G.H. Park, H.N. Cho et al.* // *Radiat. Res.*, 2002. Vol. 157, № 4. P. 371-377.

18. *McCull G., Vantipalli M.C., Lithgow G.J.* *C. elegans* ortholog of mammalian Ku70 interacts with insulin-like signaling to modulate stress resistance and life span // *FASEB J.*, 2005. Vol. 19, № 12. P. 1716-1718.

19. *Olivieri G., Bodycote J., Wolff S.* Adaptive response of human lymphocytes to low concentrations of radioactive

thymidine // *Science*, 1984. Vol. 223, № 4636. P. 594-597.

20. Overexpression of the small mitochondrial Hsp22 extends *Drosophila* life span and increases resistance to oxidative stress / *G. Morrow, M. Samson, S. Michaud et al.* // *FASEB J.*, 2004. Vol. 18, № 3. P. 598-599.

21. *Parsons P.A.* Low level exposure to ionizing radiation: do ecological and evolutionary considerations imply phantom risks? // *Perspect. Biol. Med.*, 1999. Vol. 43, № 1. P. 57-68.

22. *Parsons P.A.* Radiation hormesis: challenging LNT theory via ecological and evolutionary considerations // *Health Phys.*, 2002. Vol. 82, № 4. P. 513-516.

23. Protective role of Hsp27 protein against Gamma radiation-induced apoptosis and radiosensitization effects of Hsp27 gene silencing in different human tumor cells / *M.T. Aloy, E. Hadchity, C. Bionda et al.* // *Intrn. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 2007. Vol. 70, № 2. P. 543-553.

24. Role of inducible heat shock protein 70 in radiation-induced cell death / *S.J. Lee, S.A. Choi, K.H. Lee et al.* // *Cell Stress Chaperones*, 2001. Vol. 6, № 3. P. 273-281.

25. *Sierra-Rivera E., Voorhees G.J., Freeman M.L.* Gamma irradiation increases hsp-70 in Chinese hamster ovary cells // *Radiat. Res.*, 1993. Vol. 135, № 1. P. 40-45.

26. Similar gene expression patterns characterize aging and oxidative stress in *Drosophila melanogaster* / *G.N. Landis, D. Abdueva, D. Skvortsov et al.* // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 2004. Vol. 101, № 20. P. 7663-7668.

27. Survival and diseases in C57BL mice exposed to X rays or 3.1 MeV neutrons at an age of 7 or 21 days / *J.R. Malsin, G.B. Gerber, J. Vankerkom et al.* // *Radiat. Res.* 1996. Vol. 146, № 4. P. 453-460.

28. *Tapio S., Jacob V.* Radioadaptive response revisited // *Radiat. Environm. Biophys.*, 2007. Vol. 46, № 1. P. 1-12.

29. *Upton A.C.* Radiation hormesis: data and interpretations // *Crit. Rev. Toxicol.*, 2001. Vol. 31, № 4-5. P. 681-695.

30. *Vaiserman A.M., Voitenko V.P.* Early programming of adult longevity: demographic and experimental studies // *J. Anti Aging Med.*, 2003. Vol. 6, № 1. P. 11-20.

31. Vanguard of paradigm shift in radiation biology: Radiation-induced adaptive and bystander responses / *H. Matsumoto, N. Hamada, A. Takahashi et al.* // *J. Radiat. Res. (Tokyo)*. 2007. Vol. 48, № 2. P. 97-106.

32. *Yonezawa M., Misonoh J., Hosokawa Y.* Two types of X-ray-induced radioresistance in mice: presence of 4 dose ranges with distinct biological effects // *Mutat. Res.*, 1996. Vol. 358, № 2. P. 237-243. ❖



**РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ЭКОСИСТЕМ ЕВРОПЕЙСКИХ ТУНДР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ SAR/ERS-2**



**к.б.н. В. Елсаков**  
с.н.с. отдела компьютерных систем,  
технологий и моделирования  
E-mail: [elsakov@ib.komisc.ru](mailto:elsakov@ib.komisc.ru)  
тел. (8212) 21 67 52

Научные интересы: *технология дистанционного зондирования, экосистемы тундры*



**В. Щанов**  
инженер этого же отдела

Научные интересы: *применение дистанционного зондирования для изучения экосистем тундры*

**И**спользование материалов радарной съемки применительно к тундровым экосистемам связано с возможностями их привлечения для анализа геометрических свойств земной поверхности (микро- и нанорельеф) и построения цифровых моделей рельефа, анализа распределения показателей, зависящих от диэлектрической постоянной: влажности почв [1-3], содержания солей [4], гранулометрического состава [5], глубины оттаивания сезонно-талого слоя мерзлоты [6]. Изучены и возможности их использования в исследовании растительного покрова: запаса надземной фитомассы [7, 8], границ растительных сообществ [9] и т.д. В большинстве случаев тематическая интерпретация материалов, полученных в ходе обработки данных радарной съемки, основана на биогеоценотических подходах, рассматривающих тесную связь между характеристиками составляющих экосистему компонентов. Общепризнанное преимущество радиолокации определяется всепогодностью съемки (т.е. не зависит от естественной освещенности и состояния атмосферы), что особенно важно для района северо-востока европейской части России. К примеру, для территории Ненецкого автономного округа большую часть дней в году составляют дни с полужасным и пасмурным состоянием неба. Вероятность пасмурного состояния неба по данным метеостанции Пустозерск (Нарьян-Мар) в среднем варьирует от 62 в июле, до 78 % в сентябре [10]. Кроме того, разрешающая способность наиболее широко используемых радиолокационных снимков высокого разрешения превышает таковую большинства оптических сенсоров (для ERS-2, Landsat и Aster соответственно 12.5, 28.5 и 15 м).

Большая часть тундровой и лесотундровой зон Республики Коми и Ненецкого автономного округа относится к территориям с высокой степенью заболоченности и массивно-островного распространения многолетнемерзлых пород с присутствием сезонно-талого слоя. Поэтому для исследования пространственных закономерностей распределения и оценки количественных параметров почвенно-растительного покрова данные радиолокационной съемки являются достаточно важным источником информации.

Предметом настоящей работы стали исследования, связанные с изучением возможностей использования данных, полученных станциями бокового обзора радарными с синтезированной апертурой антенны (РСА), применительно к оценке временных и пространственных изменений экосистем Больше-

земельской тундры (север Республики Коми и Ненецкий автономный округ). Наиболее важным параметром съемки является отражательная способность объектов и фона, создающая все прямые и косвенные дешифровочные признаки объектов. В качестве единицы измерения использована безразмерная величина удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР,  $\sigma_0$ ), выражающая среднее количество мощности, отраженной энергии в направлении к источнику электромагнитного излучения от единицы площади поверхности при условии, что мощность падающей волны известна [11]. Реализация работы стала возможной после утверждения проекта Европейским астрономическим союзом (ESA) «Развитие системы мониторинга европейских тундр России с использованием радарных данных SAR/ERS (ID 3845)» по системе Category-1 (Scientific) и представления оперативных и архивных изображений съемки РСА (PRI, разрешения 12.5 м) за период 1995-2006 гг. Данный прибор установлен на спутнике-носителе ERS-2 (European remote sensing satellite) и находится на орбите с апреля 1995 г. Особенность данных состоит в использовании волн длиной 5.66 см, частотой 5.3 ГГц, С диапазона, VV поляризации.

Для двух выбранных модельных участков (100×100 км), расположенных на территории Большеземельской тундры (р-н междуречья рек Лая и Харьяга, Воркутинский район Республики Коми) и включающих как естественные (ненарушенные) территории, расположенные в географических, экологических, гидрологических, мерзлотных градиентах условий, так и затронутые хозяйственной деятельностью (рис. 1), была составлена временная серия изображений (различных лет и отдельных их сезонов). Для подготовленных серий проведена географическая коррекция изображений и импорт ярких характеристик в значения  $\sigma_0$  (дБ).

*Наблюдения за антропогенно нарушенными территориями.* Анализ изображений ERS-2, приуроченных к разным годам, демонстрирует возможность привлечения данных РСА для фиксирования и выявления изменений площадей с нарушениями почвенно-растительного покрова. На изображении одного из нефтяных месторождений, расположенного в междуречье рек Лая и Харьяга, достаточно отчетливо выявляются участки нарушений вблизи нефтепроводов, площадок кустов и одиночных буровых скважин, организованные вездеходные дороги и несанкционированные участки движения техники (рис. 2а). Комбинация спутниковых материалов

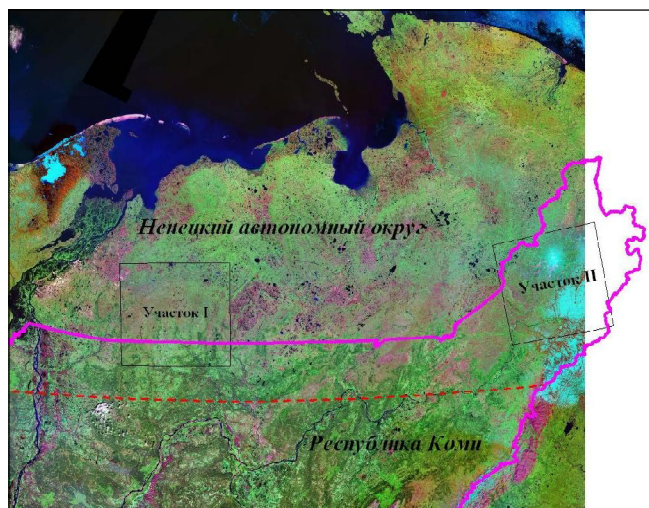


Рис. 1. Расположение участков проведения работ.

за период 1980-2006 гг. позволяет установить на участке отвода месторождения наличие нарушений на площади 2-3 км<sup>2</sup>, что сопоставимо с данными, полученными по оптическим сенсорам Landsat.

Анализ изображений ERS-2 показал возможность наблюдений и за направлением эмиссии пылевых шлейфов от источников выбросов на территории Воркутинского промышленного узла. На изображениях, полученных для весеннего периода, пылевые шлейфы хорошо детектируемы, направлены в западном направлении в соответствии с преобладающими в этот период времени ветрами. Границы пылевых выбросов (рис. 2б), фиксируемые по данным РСА, обнаруживают сходство с результатами, полученными по оптическим данным (Landsat ETM+) [12].

*Тематическое картирование сезонно-талого слоя.* Данные ERS-2 были использованы в качестве основы при проведении экспертного тематического картирования почв и сезонно-талого слоя Воркутинских тундр. Незначительная теплообеспеченность и избыточная влажность являются основными при-

чинами низкой интенсивности минерализации, торфонакопления и глееобразования. На территории широко представлены тундровые поверхностно-глеевые и торфяно-болотные почвы. Различия содержания влаги в почвах выступают в качестве одной из основных причин, влияющих на формирование значения  $\sigma_0$ . На тестовых участках содержание влаги в различных типах почв варьировало в пределах от 27 до 81 %. По композитам изображений достаточно четко читаются отдельные ландшафтные выделы (рис. 3).

*Растительный покров.* Для классификации растительного покрова по изображениям ERS-2, приуроченным к периоду максимального развития растительности (вторая половина июля), использовали методы управляемой классификации. Полученные материалы были верифицированы по полевым наблюдениям и по сопоставлению с данными, полученными после классификации изображений Landsat. Результаты сравнения (см. таблицу) показали значительные расхождения по совпадению контуров большинства выделенных классов (каппа-статистика 32.5 % при общей сходимости результатов дешифрирования 44.3 %).

Данные РСА обнаруживают большую избирательность в распознавании градиентов увлажнения (детектировано 82.3 % водных поверхностей от данных Landsat), в то время как оптические сенсоры более точно выявляют различия, связанные с вариацией в распределении фитомассы преимущественно сосудистых растений. Наибольшая сходимость классификаций отмечена в отношении багульниково-лишайниково-моховых (около 60 %) и ерниковых (около 55 %) тундр. В дальнейшем представляется наиболее целесообразным комбинированное использование материалов радарной и оптической съемки для целей классификации с последующей оценкой дешифрирования по материалам Quick Bird.

Оценка количественных изменений величины  $\sigma_0$ , связанная с сезонной (фенологической) изменчиво-

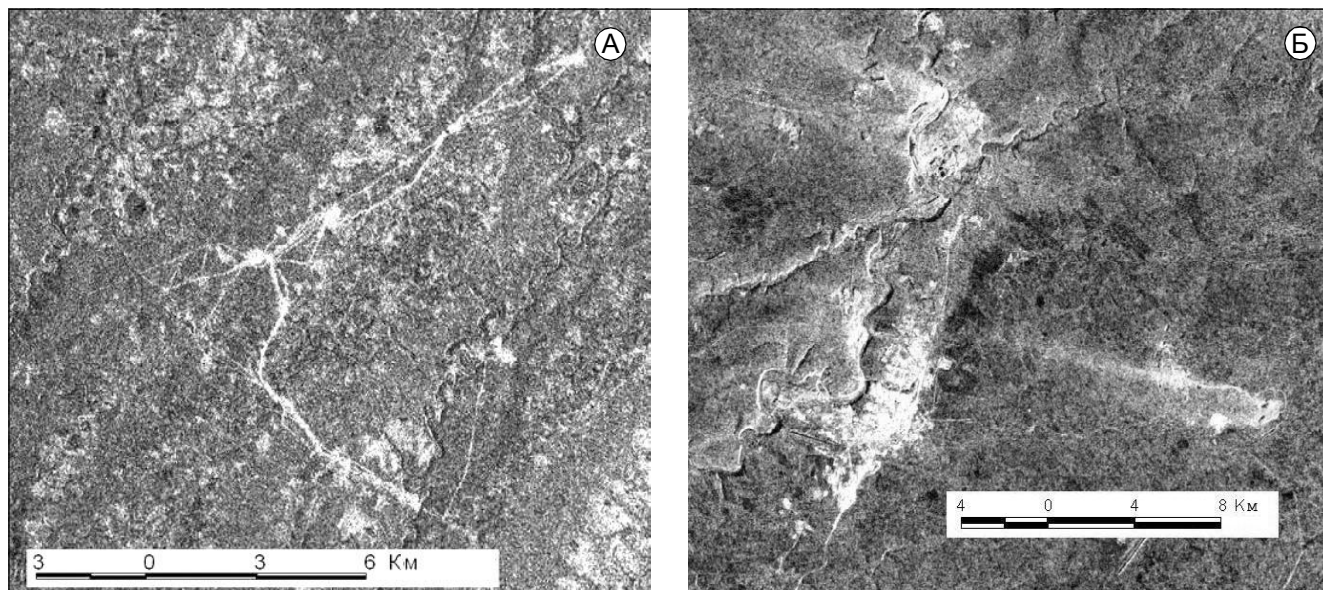


Рис. 2. Инфраструктура Средне-Харьягинского месторождения. Пример радиолокационного изображения ERS-2 в июле 2006 г. при облачности 80 % (А) и RGB-композиата ERS-2 на территорию Воркутинского промышленного узла (Б).

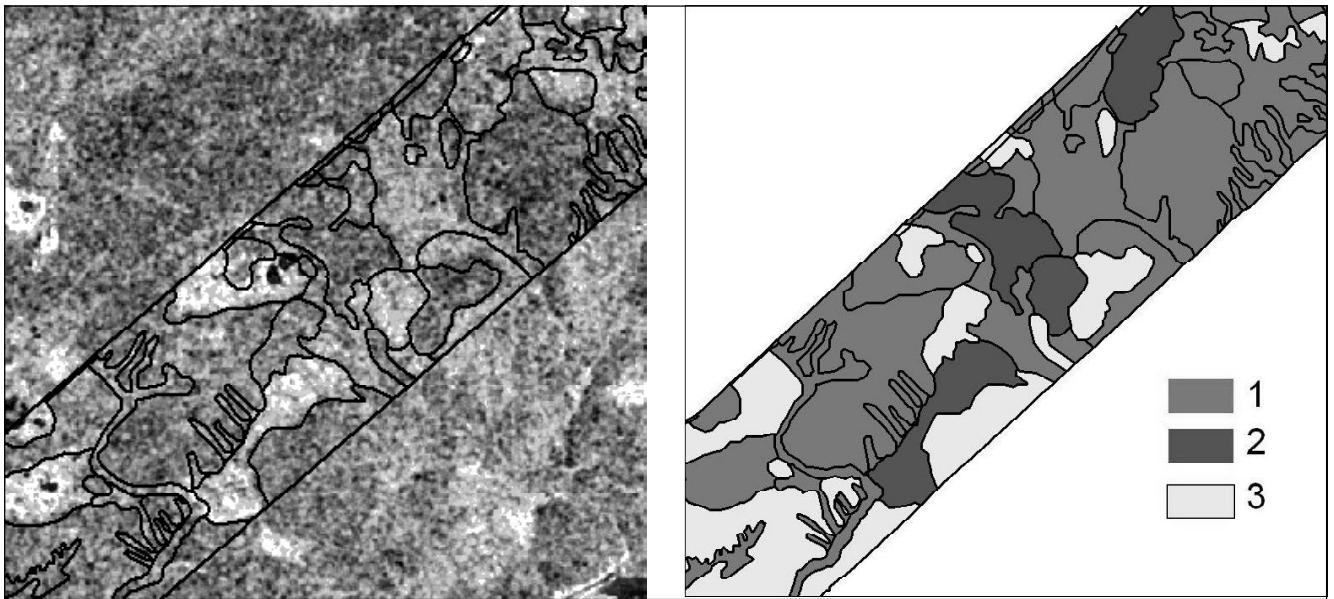


Рис. 3. Пример картирования сезонно-талого слоя воркутинских тундр с глубиной оттаивания 100-200 (а), менее 100 (б) и более 200 см (в) на территории Воркутинских тундр по материалам ERS-2.

стью растительных сообществ, была выполнена при анализе изображений (периода 1995-2006 гг.), полученных в наиболее близких условиях съемки (угол съемки, атмосферные условия, влажность субстратов). Для этого была выбрана серия «эталонных» поверхностей, незначительно меняющих свои характеристики в течение сезона. В качестве одной из таких поверхностей выбран участок взлетно-посадочной полосы аэропорта г. Воркута в период ее «сухого» состояния. На основании проведенного отбора выделена группа снимков, включающая шесть изображений, приуроченных к поздневесеннему, летнему и раннеосеннему периоду с наиболее стабильными показателями признака, расположенными в пределах доверительного интервала ( $\sigma_0 \pm ts_x$ ,  $n = 6$ ,  $p < 0.05$ ) (рис. 4).

Изменения  $\sigma_0$  в стабильных по увлажненности условиях были связаны преимущественно с развитием фитомассы сосудистых растений. Динамика хо-

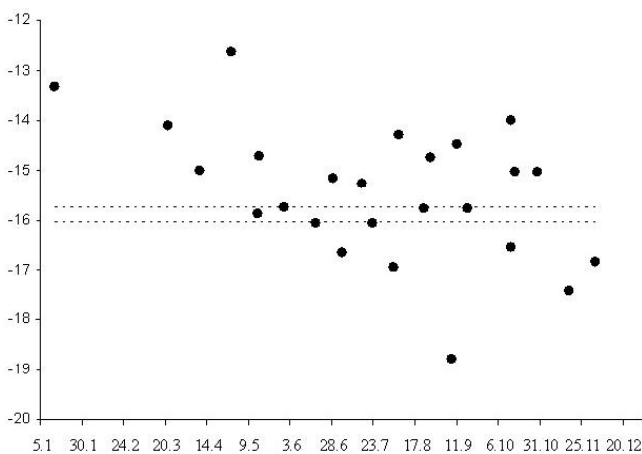


Рис. 4. Пример отбора изображений по эталонным участкам поверхности: участок взлетно-посадочной полосы аэропорта г. Воркута. Представлен доверительный интервал значений одной из групп ( $n = 6$ ,  $p > 0.05$ ). Здесь и далее: по горизонтали – даты съемки, по вертикали – удельная эффективная площадь рассеяния, дВ.

Матрица сходимости выделенных классов\* по оптическим и радарным данным, км<sup>2</sup>

ERS-2	Landsat-классификация						S <sub>2</sub> , км <sup>2</sup>	Доля, %
	1	2	3	4	5	6		
1	3.3	1.3	3.7	0.7	4.7	4.0	18	18.7
2	0.0	12.5	8.3	3.4	9.5	8.8	43	29.4
3	0.1	0.8	75.5	17.6	9.1	10.3	113	66.5
4	0.3	5.6	27.2	11.6	20.5	19.6	85	13.7
5	0.1	13.7	9.7	3.4	82.9	41.9	152	54.7
6	0.2	7.9	2.3	0.6	22.8	19.5	53	36.6
S, км <sup>2</sup>	4	42	127	37	149	104	463	–
Доля, %	82.3	29.9	59.6	31.1	55.4	18.8	–	44.3

\* Выделенные классы: 1 – водные поверхности, 2 – еловые редколесья, 3 – багульниковые лишайниково-моховые, 4 – травяно-моховые и 5 – ерниковые растительные сообщества, 6 – ивняки.

да показателя обнаруживает тесную корреляцию с изменениями показателя нормализованного разностного индекса растительности. Для травянистых ивняков и островных редколесий изменения имели сходный характер, так как кустарниковый слой имеет наибольшее проективное покрытие в обоих сообществах с доминированием видов ив. Максимальные значения показателя достигали  $-6.7$  и  $-7.2$  дВ соответственно (рис. 5). Однако интервалы изменений значений  $\sigma_0$  между началом вегетации и максимальным развитием фитомассы обнаруживали различия:  $4.5$  и  $2.1$  дВ соответственно. Данные различия связаны с большей неоднородностью (текстурная «шероховатость») редколесий с постоянным присутствием разреженного (сомкнутость  $0.2-0.3$  и менее) древности, составленного елью сибирской. Данные особенности могут быть использованы в дальнейшем для совершенствования детектирования тундровых редколесий в качестве дополнительных критериев.

Таким образом, полученные результаты показали высокие возможности для развития системы

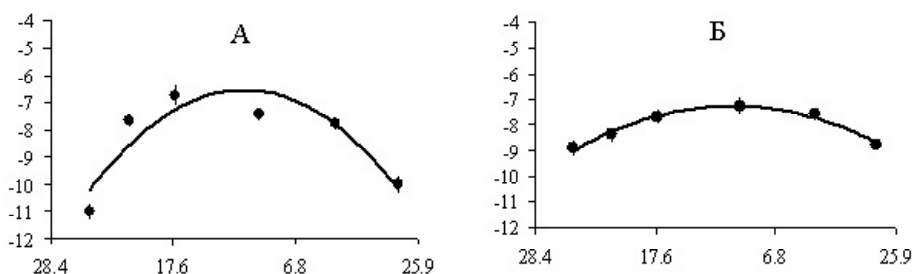


Рис. 5. Динамика величины удельной эффективной площади рассеяния для групп сообществ: ивняков травяных (А) и островных ельников (Б). Представлены средние значения и размах ошибки средней.

спутникового мониторинга и динамического тематического картографирования почвенно-растительного покрова, антропогенных изменений тундровых сообществ с использованием материалов радарной съемки ERS-2.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аковецкий В.И.* Дешифрирование снимков. М.: Недра, 1983. С. 205-237.
2. *Елсаков В.В.* (Elsakov V.V.) The possibilities of remote sensing monitoring of Jun“Jaga coal open pit effects to tundra environment (Vorcuta region) // Global Monitoring for Sustainability and Security: Proc. 31st Intrn. Sympos. Remote Sensing Environm. St.-Petersburg, 2005. P. 51-52.
3. Климатологический справочник по СССР. Вып. I. Европейская часть СССР. Л.: Главная геофизическая обсерватория, 1932. 118 с.
4. *Миронов В.Л., Комаров С.А., Клещенко В.Н.* (Mironov V.L., Komarov S.A., Kleshchenko V.N.) Effect of salinity on the dielectric properties of wet earth at

positive and negative temperature // Earth Obs. Rem. Sens, 1998. Vol. 15. P. 221-231.

5. Спектроскопические параметры влажных лесотундровых почв в СВЧ-диапазоне / *П.П. Бобров, В.Л. Миронов, В.Н. Мандрыгина* и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2006. Вып. 3. Т. II. С. 294-299.
6. Enhancing land cover maps derived from Landsat TM with multi-temporal SAR data / *S. Solbo, B. Johansen, E. Malnes* et al. // Proceedings IGARSS. Soul (South Korea), 2005. P. 4.
7. *Shoshany M., Kutiel P., Lavee H.* Seasonal vegetation cover changes as indicators of soil types along a climatological gradient: a mutual study of environmental patterns and controls using remote sensing // Intrn. J. Remote sensing, 1995. Vol. 16. P. 2137-2151.
8. Soil moisture estimation in a semiarid rangeland using ERS-2 and TM imagery / *C. Wang, J. Qi, S. Moran* et al. // Remote Sensing Environm., 2004. № 90. P. 178-189.
9. Soil moisture estimation using ERS-2 SAR data: a case study in the Solani river catchment / *S.S. Haider, S. Said, U.C. Kothyari* et al. // Hydrol. Sci., 2004. Vol. 49, № 2. P. 323-334.
10. *Stenberg M., Shoshany M.* Aboveground biomass allocation and water content relationships in mediterranean trees and shrubs in two climatological regions in Israel // Plant Ecol., 2001. № 157. P. 171-179. ❖



СООБЩЕНИЯ



КОЛЛЕКЦИОННЫЙ ФОНД ОРАНЖЕРЕЙНЫХ РАСТЕНИЙ – ИСТОЧНИК НОВЫХ ВИДОВ ДЛЯ ФИТОДИЗАЙНА

**А. Вокуева**  
 м.н.с. отдела Ботанический сад  
 E-mail: [avokueva@ib.komisc.ru](mailto:avokueva@ib.komisc.ru), тел. (8212) 24 56 59

Научные интересы: *оранжерейные и декоративные растения*

*Жить в зелени растений – кому бы этого не хотелось?*  
 Урсула Крюгер, Ингрид Янтра<sup>1</sup>

Коллекции оранжерейных растений являются источником пополнения биоразнообразия декоративных растений, огромное богатство форм которых широко используется для фитодизайна. Трудно переоценить также огромное научно-просветительское значение коллекций тропических и субтропических растений, служащих прекрасным иллюстративным материалом к курсу ботаники для студентов биологических факультетов, школьников, специалистов-озеленителей и большого количества любителей

комнатного цветоводства. В северной Республике Коми климат характеризуется долгой суровой зимой и коротким, зачастую холодным летом, так что в течение длительного времени единственная доступная глазу зелень – это комнатные растения, зимние сады и оранжереи. Выращиваемые в оранжереях растения – обитатели тропиков и субтропиков, многие из них прочно вошли в цветоводство в странах с умеренным климатом. Сейчас трудно сказать, сколько видов тропических растений используется в цветоводстве

закрытого грунта. Очевидно лишь одно: тропическая флора скрывает от нас еще огромную массу растений, достойных введения в культуру [5]. Об этом свидетельствует появление в цветоводческом ассортименте новых, ранее не известных растений, отличающихся высокой декоративностью, таких как многочисленные орхидеи, антуриумы, каллы, азалии, кактусы и др. Особую роль в обогащении ассортимента используемых растений играют оранжереи ботанических садов, в которых проводятся интродукционные испытания новых видов.

<sup>1</sup> Крюгер У., Янтра И. 1000 прекрасных растений в вашем доме. М., 1996. 384 с.

Коллекция оранжерейных растений ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН является уникальной для Республики Коми. Она начала создаваться в 1984 г., когда была пущена в эксплуатацию трехсекционная политеплическая теплица. В настоящее время коллекция насчитывает около 800 видов и форм теплолюбивых растений, относящихся более чем к 300 родам из 92 семейств. Среди них имеются декоративные, пищевые, лекарственные, технические и другие полезные виды растений. Коллекционные растения демонстрируют богатство растительного мира, представляют различные флоры Земли – влажные и сухие тропики и субтропики, пустыни и полупустыни Америки, Азии, Африки, Австралии, Европы и разные жизненные формы: древесные и древовидные, травянистые, корневищные, луковичные, клубнелуковичные и клубневые, лианы и эпифиты [2].

Первые образцы некоторых видов были завезены посадочным материалом в 1985 г. из оранжерей ботанического Института им. Комарова РАН (С.-Петербург) и ботанического сада Латвийской АН (Саласпилс). Большую помощь в создании коллекционного фонда оказали Главный ботанический сад РАН (Москва), ботанический сад Рижского университета, многие другие ботанические сады и интродукционные центры России, ближнего и дальнего зарубежья (Екатеринбург, Самара, Саратов, Уфа, Казань, Киев, Таллин, Минск, Амстердам, Лейпциг, Мичиган). Исходный материал (семена, корневища, черенки, живые растения) получали в ходе экспедиций, командировок или путем обмена семенами по делектусам. За период 2000-2007 гг. коллекция оранжерейных растений пополнилась с 600 до 800 таксонов. Особенно увеличилось количество таксонов из семейства ароидные (Araceae Juss.) – с 47 до 118. Состав семейства обновился новыми родами: хомалонема (*Homalomena*), потос (*Pothos*), спатикарпа (*Spathicarpa*), стеуднера (*Steudefnera*), тифониум (*Typhonium*), некоторые из них весьма декоративны и могут использоваться в озеленении. Значительно пополнились новыми видами и сортами родовые комплексы: аглаонема (*Aglaonema*), алоказия (*Alocasia*), диффенбахия (*Dieffenbachia*), филодендрон (*Philodendron*), сингониум (*Syngonium*), которые уже на протяжении длительного времени используются в озеленительных посадках. С 2000 г. в оранже-

рее особое внимание уделяется изучению биоморфологических особенностей, фенологии, оценки декоративных качеств, а также вопросам размножения декоративнолиственных и красивоцветущих видов семейства ароидные, выявлению оптимальных сроков черенкования, испытанию наиболее эффективно действующих новых стимуляторов роста. Выявлены особенности биологии их цветения и плодоношения, апробированы методы семенного и вегетативного размножения с использованием физиологически активных веществ, а также оптимальных сроков и условий укоренения.

В коллекции оранжереи ароидные представлены всеми жизненными формами. Имеются травы с клубнями: аморфофаллус (*Amorphophallus*), каладиум (*Caladium*), калла (*Zantedeschia*) или корневищами: аир (*Acorus*), аглаонема, алоказия, диффенбахия, спатириллум (*Spathiphyllum*), лианы: монстера (*Monstera*), сциндапус (*Scindapsus*), филодендрон, сингониум, эпифиты и полуэпифиты: антуриум (*Anthurium*), филодендрон). Такое разнообразие форм позволяет широко использовать их при озеленении. К тому же в дождевых тропических лесах, где обитает множество видов семейства ароидные, до поверхности почвы доходит ничтожное количество света, и лишь лазящие виды, пробиваясь в верхний ярус, несколько выигрывают в световом режиме. Наши исследования показали, что уровень естественного освещения в интерьерах колеблется в пределах 30-500 лк (люкс) в удаленных от окон местах и достигает 2000 лк у окон. В исследованиях В.Б. Богатыря [1] установлено, что минимальная освещенность для *Aglaonema modestum* Schott, *Philodendron scandens* C.Koch et Sello, *Syngonium auritum* (L.) Schott должна быть 250-500 лк, для *Aglaonema treubii* Schott, *Alocasia cucullata* (Lour.) G.Don, *Dieffenbachia maculata* (Lodd.) G.Don, *Epipremnum aureum* Engl., *Syngonium podophyllum* Schott, *Spathiphyllum wallisii* Regel – 500-1000 лк. Следовательно, многие виды семейства ароидные можно содержать в комнатах у окон, а некоторые даже и в глубине помещений.

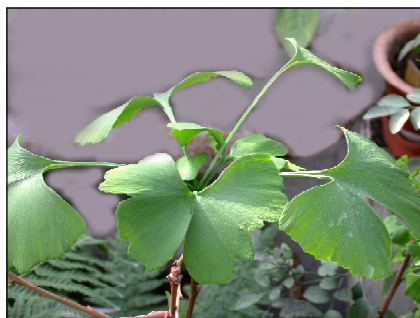
В последнее время очень популярны в озеленении, особенно просторных помещений и офисов, различные виды пальм. Коллекция пальм в оранжерее значительно расширилась (с 6 до 20 видов). Состав семейства пополнился новыми родами: арека (*Are-*

*ca*), бутия (*Butia*), кариота (*Caryota*), хамедорея (*Chamaedorea*), ливистона (*Livistona*), трахикарпус (*Trachicarpus*), вашингтония (*Washingtonia*). Все они величественно смотрятся практически во всех помещениях, особенно в крупных напольных кадках и красивых кашпо.

Несомненно, большой интерес у цветоводов-любителей вызывают растения, имеющие пищевое значение. В коллекции оранжереи они представлены такими видами, как кофе арабийское (*Coffea arabica* L.), лимон (*Citrus limon* (L.) Burm.), грейпфрут (*Citrus x paradisiaca* Macf. ex Hook.), мандарин (*Citrus reticulata* Blanco), апельсин (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck.), мурайя (*Murraya exotica* L.), банан (*Musa x paradisiaca* L.), олива (*Olea europea* L.), евгения (*Eugenia uniflora* L.), псидиум (*Psidium littorale* var. *cattleanum* Sabine), лавровишня (*Laurocerasus officinalis* M.Roem.), гуайява (*Psidium guajava* L.), ананас (*Ananas bracteatus* (Lindl.) Schult.), хурма (*Diospyros kaki* Thunb.), авокадо (*Persea americana* Mill.), финик (*Phoenix canariensis* hort. et Chabaud), монстера (*Monstera deliciosa* Liebm.), инжир (*Ficus carica* L.), мушмула (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.), аннона (*Annona squamosa* L.), гранат (*Punica granatum* L.) и другие, а также пряные растения – кардамон (*Elettaria cardamomum* (L.) White et Maton), гедихиум (*Hedychium gardenianum* (Roscoe) Wall.) и лавр (*Laurus nobilis* L.). Многие из них ежегодно цветут и плодоносят в условиях оранжереи. Значительной части профессионалов, цветоводам-любителям и даже ребенку интересно посадить семечко какого-либо плодового растения (например, финика или лимона) и затем наблюдать за его развитием, не говоря уже о том восторге, который вызывает цветение, а затем и плодоношение питомца.

В коллекции оранжереи имеются также эпифитные растения, представленные в основном бромелиевыми (Bromeliaceae) – 20 видов и форм и орхидными (Orchidaceae) – 34 вида. Используя их, можно составить оригинальные композиции на «дереве» или в подвесных кашпо. Однако следует учитывать, что некоторые из них нуждаются в повышенной влажности воздуха, чего довольно сложно добиться в комнатных условиях.

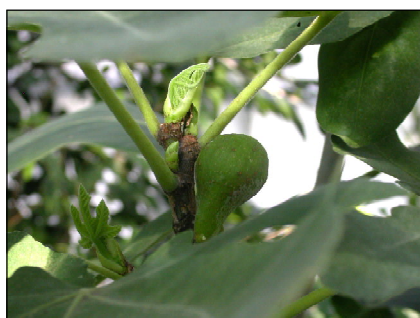
В каждой из секций оранжереи можно круглогодично наблюдать цветение отдельных видов. Исходя из этого, можно подобрать ассортимент растений для непрерывного цветения в



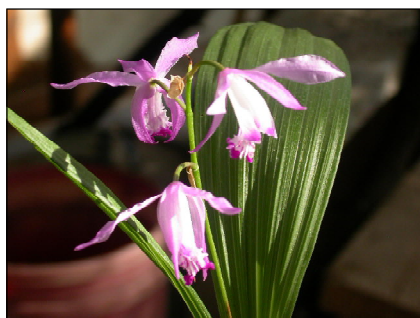
Гинкго двулопастной (*Ginkgo biloba* L.).



Гиппеаструмы (*Hippeastrum* × *hortorum* Maatsch).



Инжир (*Ficus carica* L.).



Каланте (*Calanthe vestita* Lindl.).



Туя (*Thuja orientalis* L.).

комнате. Так, несмотря на холода и короткий световой период, в зимнее время цветут многочисленные формы и сорта азалии (*Azalea indicum* L.), антуриумов (*Anthurium andreanum* Linden, *Anthurium scherzerianum* Schott), эпифиллум (*Epiphyllum hybridum* hort.), зигокактус (*Zygocactus truncatus* (Haw.) K. Sch.), каланхоэ (*Kalanchoe blossfeldiana* Poellnitz), пуансеттия (*Poinsettia pulcherrima* Grah.), лимон (*Citrus limon* (L.) Burn.), акоккантера (*Acoкантера spectabilis* Hook.), гипозестес (*Hypoesetes phyllostachya* Baker), белопероне (*Beloperone guttata* Brandegee), яcobиния (*Jacobinia pohliana* (Nees) Lindau), кливия (*Clivia miniata* Regel), стапелии (*Stapelia grandiflora* Masson, *Stapelia grandis* L.), эхмея (*Aechmea bracteata* (Sw.) Griseb.), различные виды рода бегония (*Begonia* L.), фуксия (*Fuchsia gracilis* Lindl.), цикламен (*Cyclamen persicum* Mill.), клеродендрон (*Clerodendrum thomsoniae* Balf.), многие орхидные и другие растения. Их цветение просто не может не радовать, особенно когда за окном серый, скучный пейзаж или трескучий мороз. В оранжерее на срезку в осенне-зимние месяцы используются гиппеаструмы (*Hippeastrum* × *hortorum* Maatsch, *Hippeastrum brachiandrus* L.), калла (*Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng.), циртантус (*Cyrtanthus macowanii* Hook.).

В зимнее время активно начинают рост хвойные растения. В коллекции они представлены различными рода-



Лимон (*Citrus limon* (L.) Burn.).



Лавр (*Laurus nobilis* L.).

ми: биота (*Biota*), криптомерия (*Cryptomeria*), куннингамия (*Cunninghamia*), цефалотаксус (*Sephalotaxus*), кипарис (*Cupressus*), кипарисовик (*Chamaecyparis*), ногоплодник (*Podocarpus*), тисс (*Taxus*), туя (*Thuja*). Именно в январе-феврале многие из них в оранжерее формируют генеративные побеги и развивают впоследствии жизнеспособные семена. Особенно активно ежегодно дает семена туя восточная (*Thuja orientalis* L.). Ценной реликвией оранжереи является гинкго двулопастной (*Ginkgo biloba* L.) – древнейшее голосеменное, к тому же он относится к числу редких и исчезающих видов. Хвойные отличаются высокой фитонцидной способностью, что очень важно при озеленении для создания благоприятного микроклимата в помещениях.

Кроме хвойных, некоторые виды растений также обладают фитонцидной активностью и могут сыграть санирующую роль в помещениях, например, летучие вещества *Aglaonema commutatum* Schott, *Dieffenbachia maculata* (Lodd.) G. Don убивают от 30 до 70 % патогенных стафилококков [4]. *Spathiphyllum wallisii* Regel обладает отличной способностью абсорбировать пары ацетона, бензола, формальдегида [3]. Летучие выделения многих ароидных обладают частичной антибактериальной активностью к возбудителям внутрибольничных инфекций: *Staphylococcus aureus*, *Sarcina* sp. и *Pseudomonas aeruginosa* и могут быть использованы в качестве санирующих веществ в фитодизайне [4]. Комнатные растения благотворно воздействуют на окружающую среду в закрытых помещениях. Растения поглощают двуокись углерода и выделяют кислород, увлажняя воздух. Они также снимают симптомы «синдрома строительной аллергии», уничтожая загрязняющие воздух частицы строительных материалов, моющих средств и новой мебели. Они способствуют созданию здоровой, снимающей стресс среды



Яcobиния (*Jacobinia pohliana* (Nees) Lindau).

[3]. Однако, не следует забывать об отрицательном влиянии некоторых растений. Например, жгучий сок, содержащийся в растениях рода диффенбахия, вызывает сильные ожоги слизистых оболочек и кожи. Поэтому не следует применять эти виды для озеленения детских учреждений. Травмоопасными могут оказаться практически все кактусы, а также другие растения, несущие колючки.

При подборе ассортимента растений, предназначенных для озеленения, необходимо учитывать и продолжительность вегетации. Многим растениям требуется покой, который они переживают либо в безлистном состоянии, либо в виде луковиц, клубнелуковиц и корневищ. Не стоит удивляться, если вдруг опадут листья у инжира, граната, гинкго или пожелтеет и упадет единственный лист у аморфофаллуса (*Amorphophallus bulbifer* (Roxb.) Blume). Придет весна, и почки вновь тронутся в рост, а из горшка с клубнем аморфофаллуса появится «карандашик», который затем развернется в огромный пальчато-перистый лист. Чаще всего период покоя необходим растениям родом из субтропиков.

Анализ географического происхождения комнатных растений показал, что большая часть видов родом из тропиков Южной Америки. В связи с этим можно целенаправленно попол-

нить коллекции новыми видами, происходящими из данной области, и их разнообразными сортами и формами. За последние годы коллекция значительно пополнилась разнообразными пестролистными формами родов фикус, бегония, кротон, аглаонема, диффенбахия, сингониум, драцена, пеперомия, а также большим количеством орхидей, происходящими именно из этой географической области.

При содержании теплолюбивых растений в оранжерее или в комнатных условиях невозможно создать соответствующие почвенные условия выращивания, световой режим и длительность фотопериода. При интродукции приходится стараться приблизить режим выращивания растений к тому режиму, который существует на их родине. В силу этого иногда мы сталкиваемся с серьезными изменениями темпов и ритма развития растений. Например, ароидные (из числа выращиваемых в оранжерее) в местах естественного произрастания находятся в условиях повышенной температуры и влажности круглый год, поэтому для успешного выращивания нужно создавать им аналогичные условия: в теплое время года обильно поливать мягкой водой и часто опрыскивать, притеняя от прямых солнечных лучей, ставить рядом с растениями поддоны с водой для увеличения влажности воздуха, регулярно провет-

ривать. В период интенсивного роста, с мая по август, проводить подкормки. Осенью и зимой температуру воздуха в помещении нужно поддерживать не ниже +16 °С, поливать умеренно – по мере высыхания верхнего слоя земли.

Таким образом, коллекция оранжереи служит не только хранилищем генфонда биоразнообразия мировой флоры, но и является источником обновления ассортимента растений для фитодизайна интерьеров и базой для исследований в области интродукции и акклиматизации растений, а также имеет большое научно-познавательное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богатырь В.Б.* Биозкологические особенности растений семейства ароидных, перспективных для озеленения интерьеров: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1986. 17 с.
2. *Волкова Г.А., Моторина Н.А.* Оранжерейные растения // Введение в культуру и сохранение на Севере коллекций полезных растений. Екатеринбург, 2001. С. 98-112.
3. *Ланкастер Р., Бигас М.* Комнатные растения. М., 2003. 128 с.
4. *Снежко В.В.* Декоративные и биозкологические особенности растений в фитодизайне: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1983. 24 с.
5. *Чеканова В.Н., Коровин С.Е.* Бромелии – растения прошлого, настоящего и будущего. М.: Наука, 2000. 224 с. ❖



ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ



РАЗНООБРАЗИЕ ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫХ МХОВ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА



д.б.н. **Г. Железнова**  
в.н.с. отдела флоры и растительности Севера  
E-mail: [bryonet@ib.komisc.ru](mailto:bryonet@ib.komisc.ru)  
тел. (8212) 24 50 12

Научные интересы: флора листостебельных мхов, редкие и охраняемые виды



к.б.н. **Т. Шубина**  
ученый секретарь Института  
E-mail: [kovler@ib.komisc.ru](mailto:kovler@ib.komisc.ru)  
тел. (8212) 24 52 02

Научные интересы: таксономия, экология и распространение листостебельных мхов

Печоро-Илычский государственный природный заповедник, организованный в 1930 г., обеспечивает охрану всего природного комплекса, а также разнообразия животного и растительного мира в верхнем течении и междуречье крупнейшей реки Европейского Севера России – Печоры и ее левого притока – Илыча. На территории заповедника, составляющей всего 1.7 % площади Республики Коми, где полностью изъяты из хозяйственного пользования предгорные и горные ландшафты Западного

склона Северного Урала, зафиксировано значительное число редких видов сосудистых растений, мохообразных, лишайников и грибов. Мохообразные заповедника долгое время оставались неизученными. Интерес к этой группе растений в последние годы неуклонно возрастает из-за их индикаторной роли при определении влажности и богатства почвы, загрязнения субстрата и атмосферного воздуха. Продолжающиеся на территории Печоро-Илычского заповедника геоботанические, флорис-

тические и бриологические исследования, выполняемые специалистами отдела флоры и растительности Севера, дают новые сведения о распространении, экологии и видовом составе растений, в том числе листостебельных мхов и печеночников. В Гербарии Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН (СЫКО), служащем документированной основой для всех работ по флоре и систематике растений, хранится более 40000 образцов мохообразных из различных районов Республики Коми и сопредельных областей. Около 4500 образцов бриофитов было найдено в разные годы в заповеднике.

Первая коллекция мохообразных заповедника (474 образцов листостебельных мхов и 115 печеночников) была собрана геоботаниками Ботанического института им. В.Л. Комарова (М.С. Боч, В.И. Василевич, Т.В. Бибикова) в 1963, 1971 и 1973 гг. в окрестностях пос. Якша, на горе Кычел-из, в среднем течении р. Илыч и передана нам. С 1989 г. в различных районах заповедника начались флористические исследования сотрудников Института биологии Коми НЦ УрО РАН. В 1989 г. Г.В. Железновой были выполнены специальные бриологические сборы (1245 образцов) в увалистой полосе Северного Урала на гряде Ляга Чугра в бассейне р. Илыч (реки Ыджид Ляга, Ичет Ляга, руч. Сотчемъель). С.В. Дегтева передала в гербарий 307 образцов мохообразных, собранных в 1990 г. в верхнем течении р. Печора, на склонах хребтов Яны-Пупу-Нер и Янывондерсяхал. Дополнительные сборы (67 образцов) из тех же районов и равнинной части заповедника были выполнены ею совместно с Т.Н. Пыстиной в 2003 г. Имеются в гербарии и незначительные по численности сборы мхов Н.И. Непомилуевой (1989 г.) и А.А. Кустышевой (1990, 1992, 1995 гг.) из предгорной части Северного Урала и Печорской низменности. Сборы М.В. Дулина (1999 г.) в количестве 1590 образцов относятся к Якшинскому равнинному участку заповедника. В 2004 г. С.В. Дегтевой и А.А. Кустышевой при геоботаническом обследовании окрестностей Шежимдикост было собрано около 230 образцов мохообразных. В 2003 г. А.Г. Безгодов любезно передал в гербарные фонды Института биологии коллекцию мохообразных (около 400 образцов) из равнинного, предгорного и горного участков заповедника (сборы А.Г. Безгодова, И.Б. Кучерова). Сборы (около 300 образцов) с хребтов Щука-ель-из и Макар-из выполнены С.В. Дегтевой и Ю.А. Дубровским в 2006 и 2007 гг.

Сведения о бриофлоре Печоро-Илычского заповедника содержатся в некоторых геоботанических работах, посвященных изучению растительного покрова. Одной из наиболее полных можно считать сводку А.А. Корчагина «Растительность северной половины Печоро-Илычского заповедника» [8], в которой при описании растительных сообществ упоминается о 58 видах листостебельных мхов и пяти печеночниках. В работе приводятся такие редко встречающиеся на территории Республики Коми

виды, как *Sphagnum papillosum*<sup>1</sup>, *S. platyphyllum*, отмеченные для болотной формации *Apiculato-Sphagnetum eriophorosum* (надпойма р. Илыч, окр. Ук-Ю-дин). Среди видов, слагающих ассоциацию *Piceetum empetroso-deschampsioso-myrtillosum* (вершина Ляга Чугра и склон вершины Сотчем-Иоль-из), отмечен *Dicranum drummondii* (*D. robustum*).

В статье ведущих отечественных бриологов А.Л. Абрамовой и И.И. Абрамова [1], написанной в основном на материалах, полученных при обработке гербарных фондов А.А. Корчагина с территории Печоро-Илычского заповедника, указано 33 редких вида. Упомянутый ими листостебельный мох *Leucodon sciuroides* до сих пор повторно не обнаружен на территории Республики Коми. В публикации Ю.М. Воробьева [3] содержатся сведения о находках 29 видов листостебельных мхов из Печоро-Илычского заповедника (без указаний точного пункта местонахождения).

Первый итог инвентаризации бриофитов заповедника, основанный как на обработке бриологических сборов, хранящихся в фондах гербария, так и литературных данных, был обобщен в разделе монографии «Флора и растительность Печоро-Илычского биосферного заповедника» [6] и в одном из серийных выпусков «Флора и фауна заповедников» [4]. Впоследствии бриологами были обнаружены новые для территории заповедника виды. Так, сведения о находке *Loeskyrium badium*, *Ulota curvifolia* приведены в статье «Новые находки мохообразных в Республике Коми (Северо-восточная Европа)» [5]. В работе «Дополнения к бриофлоре Печоро-Илычского биосферного заповедника (Северный Урал)» [2] указаны новые местонахождения 81 таксона. Материалы этой работы основаны на сборах А.Г. Безгодова и И.Б. Кучерова в Якшинском и предгорном участках (от устья р. Пихтовка до урочища «Лог Иорданского»), а также И.Л. Гольдберг – в горах заповедника (хребет Яны-Пупу-Нер, гора Медвежий Камень). Сборы М.В. Дулина и Б. Олдохаммер (2003 г.) дополнили список видов листостебельных мхов заповедника еще одним видом: *Splachnum melanocaulon*.

Таким образом, в настоящее время на территории заповедника обнаружено 323 таксона листостебельных мхов (320 видов и три подвида), относящихся к 40 семействам и 120 родам. Учитывая, что многие труднодоступные горные районы заповедника все еще остаются необследованными, при проведении дальнейших бриологических работ число видов мхов, несомненно, будет увеличиваться.

Значительное богатство бриофлоры Печоро-Илычского заповедника обусловлено разнообразием физико-географических условий предгорных и горных районов Северного Урала, спецификой растительного покрова, а также наличием ненарушенных площадей по сравнению с равнинной территорией Республики Коми. Особенности бриофлоры Печоро-Илычского заповедника довольно четко проявляются в ее систематической структуре. Ведущее место по числу видов среди листостебельных мхов

<sup>1</sup> Латинские названия приведены согласно списку мхов территории бывшего СССР [9].



занимает семейство Dicranaceae, характерное для таежной зоны и в целом для всей территории Республики Коми. Второе и третье места в спектре семейств принадлежат Amblystegiaceae и Sphagnaceae, большая часть видов которых предпочитает переувлажненные леса и болота (см. таблицу). Далее следуют семейства, включающие значительную часть типичных видов, обнаруженных в лесах. Немаловажную роль играет также семейство Grimmiaceae (11 видов), представленное в большинстве своем горными видами, произрастающими на каменистых субстратах выходов горных пород и в тундровых участках. На долю десяти ведущих семейств приходится более чем 2/3 всего состава листостебельных мхов, что характерно для всех северных гольарктических бриофлор. Самыми большими по числу видов в бриофлоре заповедника являются роды Sphagnum, Brachythecium, Pohlia (см. таблицу).

Мохообразные отмечены на всей территории Печоро-Илычского заповедника. Нет ни одного растительного сообщества, в котором бы они не встречались. Мхи выступают пионерами зарастания на сухих и влажных бечевниках, скалистых выходах горных пород, по обочинам дорог и т.д. Наибольшее число видов листостебельных мхов (60 %) в заповеднике было собрано в лесах. В растительном покрове заповедника преобладают лесные сообщества из ели и пихты, березняки, а также смешанные леса, и значительно реже отмечены сосняки. Во всех лесных формациях самыми многочисленными являются эпигейные, или напочвенные мхи, среди которых наиболее широко распространены *Hylocomium splendens* (фото 1), *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, *Aulacomnium palustre*. Часто в хвойных лесах они образуют сплошной ковер, покрывающий почти всю почву, мощностью до 15 см. Под пологом леса на почве и мелкоземом на корнях поваленных деревьев собраны таксономические реликты третичного периода *Vuxbaumia aphylla* и *Schistostega pennata*. Это достаточно редкие листостебельные мхи не только на территории заповедника, но и в Республике Коми.

Мохообразные в лесах растут не только на почве. Они быстро осваивают и заселяют другие экологические ниши, непригодные для обитания высших растений. Эпиксилльные бриофиты активно поселяются на стволах упавших деревьев, пнях и колодах. В зависимости от степени разложения древесины меняется видовой состав растущих здесь бриофитов. Одни виды (*Sanionia uncinata*, *Hylocomium splendens*, *Plagiothecium laetum* и др.) предпочитают только начинающую гнить древесину, другие, как например, *Tetraphis pellucida*, поселяются уже на хорошо разложившейся, рыхлой древесине (фото 2). Нередко мохообразные используют еще один субстрат – стволы и ветви древесных растений. Настоящих эпифитов в заповеднике очень мало – *Pylaisiella polyantha*, *P. selwynii*, *Orthotrichum obtusifolium*, *O. speciosum* (фото 3). В лесах заповедника эпифитные виды мхов не поднимаются высоко по стволу. В основном они тяготеют к нижним частям стволов деревьев, где, покрытые снегом, успешно перезимовывают. Некоторые эпифиты способны

Распределение ведущих семейств и родов во флоре листостебельных мхов Печоро-Илычского государственного природного заповедника

Количество видов			
семейство		род	
Dicranaceae	34	Sphagnum	29
Amblystegiaceae	31	Brachythecium	16
Sphagnaceae	29	Pohlia	13
Bryaceae	27	Bryum	12
Brachytheciaceae	25	Dicranum	12
Mniaceae	21	Dicranella	9
Plagiotheciaceae	16	Plagiomnium	9
Pottiaceae	14	Hypnum	8
Polytrichaceae	13	Mnium	6
Hypnaceae	12	Plagiothecium	6
Grimmiaceae	11	Racomitrium	6

расти и на скалистом субстрате. Среди таких видов можно отметить *Neckera bessi*, *N. complanata*, *N. pennata*, *Ulota curvifolia*. На камнях и обломках скал помимо эпифитных видов поселяются эпилиты, характерные для Северного Урала. На известняках заповедника отмечены многие редкие для Республики Коми представители родов *Anomodon* (*A. longifolius*, *A. viticulosus*), *Seligeria* (*S. brevifolia*, *S. campylopoda*, *S. galinae*, *S. tristichoides*), *Pseudoleskeella* (*P. catenulata*, *P. tectorum*), *Pseudoleskea* (*P. incurvata*), *Molendoa* (*M. sendtneriana*), *Bartramia* (*Bartramia ithyphylla*), *Tortella* (*Tortella tortuosa*) и др. Обычными эпилитными видами для заповедника являются *Distichium capillaceum*, *Ditrichum flexicaule*, *Bartramia pomiformis*, *Bryoerythrophyllum recurvirostre*, *Abietinella abietina*, *Rhytidium rugosum*. Каменистые останцы на выровненных вершинах Северного Урала заселяются мохообразными различных экологических групп, выделяемых по отношению видов к степени увлажнения субстрата. В расщелинах, заполненных мелкоземом, можно встретить мезофитные виды, т.е. предпочитающие средние условия увлажнения: *Pohlia cruda*, *Mnium ambiguum* и многие другие. На хорошо освещенных скалистых обнажениях южной экспозиции, как правило, регистрируются ксерофитные мхи: *Encalypta brevicollis*, *E. ciliata*, *Gymnostomum aeruginosum*, *Leskeella nervosa*, *Barbula convoluta*, *Campylium chrysophyllum*, *Myurella sibirica* и др.

На северных склонах гор и вершинах Северного Урала в пределах заповедника нередко встречаются тундровые сообщества, в которых сплошной ковер часто образуют и лесные виды – *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, *P. juniperinum*, *Sanionia uncinata*, и типично тундровые – *Aulacomnium turgidum*, *Dicranum elongatum*, *Loeskympnum badium*. В речных долинах вдоль берегов и склонов нередки луговые поляны и кустарниковые заросли, в которых наиболее часто встречаются мхи из семейств Amblystegiaceae, Brachytheciaceae и Hypnaceae. Обычно эти виды не образуют сплошного покрова на почве и селятся на различных возвышениях, кочках или разлагающейся древесине.

Болот в заповеднике немного. В верховьях рек Печора и Илыч господствуют грядово-мочажинные аапа-болота сточных котловин и подножий склонов и склоновые («висячие») аапа-болота с богатой флорой и низинными залежами. В предгорном районе отмечены аапа- и грядово-мочажинные верховые болота, а на Печорской низменности (окрестности пос. Якша) преобладают верховые болота. Заболоченные участки по склонам гор, а также болота на равнинной территории Печоро-Илычского заповедника специфичны по видовому составу мхов – здесь произрастают 48 видов. Значительная роль в сложении мхового покрова принадлежит видам сем. Sphagnaceae и Amblystegiaceae.

Прибрежно-водные мхи встречаются на Северном Урале в основном на участках пересыхающих русел ручьев и береговых откосах. В таких экотопах поселяются виды семейств Dicranaceae, Amblystegiaceae, Bryaceae, Polytrichaceae. В воде горных рек и ручьев постоянными обитателями являются мхи родов Fontinalis, Dichelyma и Hygrohypnum. *Fontinalis antipyretica* встречается в заповеднике практически во всех реках и их притоках. Этот водный вид закрепляется на различных донных субстратах даже на значительной глубине (до 4-5 м), а также образует сплошные заросли на каменистых грунтах перекатов. Водные мхи наряду с другими высшими растениями играют большую роль в жизни горных



Фото 1. *Hylacomium splendens* – один из доминантов напочвенного покрова лесных сообществ Печоро-Илычского государственного природного заповедника (здесь и далее фото М.В. Дулина).



Фото 2. Гниющая древесина является одним из самых заселяемых субстратов для мохообразных.

рек. В моховых обрастаниях развиваются многочисленные виды беспозвоночных животных, служащие кормом для рыб.

Наибольшее видовое богатство отмечено в лесных сообществах и на открытых скалистых обнажениях. Свообразие различных эколого-ценотических групп мхов прослеживается также по количеству видов ведущих семейств. Виды наиболее многочисленного семейства Dicranaceae выходят на первое место в тундрах и на скалистых обнажениях. В кустарниковых группировках это семейство выходит на первые позиции вместе с видами семейства Amblystegiaceae. Около 40 % видового состава болотных сообществ представляют виды семейства Sphagnaceae, которые полностью отсутствуют на лугах и каменистых обнажениях. В лесах Sphagnaceae делит первое-второе места с семейством Mniaceae. Семейство Brachytheciaceae лидирует по количеству видов только на лугах.

Виды мхов, слагающие бриофлору заповедника, относятся к девяти географическим элементам. Ядро бриофлоры заповедника составляют бореальные виды (38 %), доминирующие в лесных, болотных и луговых ценозах. Значительную долю (41%) составляют виды, связанные с горными условиями: горный (58 видов), арктогорный (46 вид), гипоарктогорный (30) элементы. Немногочисленны представители гипоарктического и арктического элементов, (восемь и четыре вида соответственно). Виды немораль-



Фото 3. *Orthotrichum speciosum* – один из немногочисленных эпифитов, произрастающих на территории заповедника.



Фото 4. *Neckera pennata* находится под охраной во многих европейских странах и занесена в Красную книгу мохообразных Европы.

ного элемента (10 %) можно встретить на гниющей древесине, коре лиственных деревьев. Аридный элемент представлен только одним видом – *Tortula ruralis*, который растет на высоких луговых грибах. Влияние хозяйственной деятельности человека на флору и растительность способствует проникновению и распространению видов, относимых к группе космополитов (пять видов). Значительную долю составляют виды, связанные со среднегорными условиями. Характерной особенностью бриофлоры заповедника, как и всех моховых флор Голарктики, является то, что большинство видов (94.8 %) имеет циркумполярное распространение (т.е. встречаются во всех секторах Северного полушария).

В заповеднике под охраной находится 51 вид мохообразных, включенных в Красную книгу Республики Коми [7]. Среди них есть уязвимые виды: 2 (V) — *Fissidens minutulus*, *Myurella sibirica*, *Racomitrium fasciculare*; редкие виды с узкой экологической амплитудой, представленные в природе небольшими популяциями: 3 (R) – *Anomodon longifolius*, *Campylium halleri*, *Neckera pennata*, *Racomitrium aciculare*, *Schistostega pennata* и др.; виды, нуждающиеся в биологическом надзоре: 5 (Cd) – *Didymodon rigidulus*, *Bryobrittonia longipes*, *Paraleucobryum longifolium*, *Amphidium lapponicum*, *A. mougeotii*, *Hylocomiastrum umbratum* и др. Наиболее распространены на территории заповедника виды мхов, включенные в последнюю группу. На заповедной территории произрастают также шесть видов бриофитов (*Myurella sibirica*, *Neckera pennata*, *N. bessi*, *Vuxbaumia aphylla*, *Hygrohypnum norvegicum*, *Fissidens marginatulus*), которые находятся под охраной во многих европейских странах и занесены в Красную книгу мохообразных Европы [10] (фото 4).

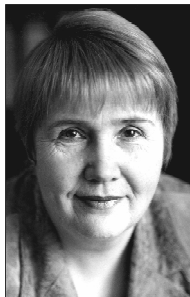
В заключение необходимо отметить, что флора листостебельных мхов Печоро-Илычского заповедника является одной из самых богатых в Республике Коми. Здесь сосредоточено более 70 % всей бриофлоры региона. Множество редких видов мхов подчеркивает ее оригинальные и самобытные черты. Наличие в заповеднике большого количества необследованных участков еще раз подчеркивает необ-

ходимость проведения дальнейших бриологических исследований в Печоро-Илычском заповеднике.

Авторы выражают глубокую благодарность д.б.н. С.В. Дегтевой, зав. отделом флоры и растительности Севера, кандидатам наук Т.Н. Пыстиной и М.В. Дулину, научным сотрудникам этого же отдела, лаборанту-исследователю А.А. Кустышевой за предоставленные в наше распоряжение образцы мохообразных; А.Г. Безгодову, передавшему в гербарий Института биологии коллекцию редких видов мхов Печоро-Илычского заповедника, а также инженеру В.Д. Пановой за большую техническую помощь, оказанную при инсерации образцов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамова А.Л., Абрамов И.И.* К бриофлоре северо-востока европейской части СССР // *Новости систематики низших растений*, 1983. Т. 20. С. 168-173.
2. *Воробьев Ю.М.* Бриологические заметки. М., 1983. 31 с. – (Рук. деп. ВИНТИ; № 6244-83 Деп.).
3. Дополнения к бриофлоре Печоро-Илычского биосферного заповедника / *А.Г. Безгодов, И.Л. Гольдберг, М.В. Дулин* и др. // *Arctoa*, 2003. Вып. 12. С. 169-178.
4. *Железнова Г.В., Шубина Т.П.* Бриофлора Печоро-Илычского биосферного заповедника // *Флора и растительность Печоро-Илычского биосферного заповедника*. Екатеринбург, 1997. С. 177-210.
5. *Железнова Г.В., Шубина Т.П.* Мохообразные Печоро-Илычского заповедника (аннотированный список видов). М., 1998. Вып. № 65. 34 с. – (Сер. Флора и фауна заповедников).
6. *Железнова Г.В., Шубина Т.П.* Новые находки мохообразных в Республике Коми (Северо-Восточная Европа) // *Arctoa*, 1998. Вып. 7. С. 189-190.
7. *Игнатов М.С., Афонина О.М.* Ignatov M.S., Afonina O.M. Check-list of mosses of the former USSR // *Arctoa*, 1992. Vol. 1-2. P. 1-86.
8. *Корчагин А.А.* Растительность северной половины Печоро-Илычского заповедника // *Труды Печоро-Илычского заповедника*. М., 1940. Вып. 2. 416 с.
9. *Красная книга Республики Коми. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных*. М., 1998. 528 с.
10. *Red data book of European Bryophytes*. Trondheim, 1995. 291 p.



## НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

доктору биологических наук,  
заместителю директора по научным вопросам  
**Светлане Владимировне Дегтевой,**

старшему лаборанту-исследователю  
**Галине Вениаминовне Башлыковой**



с награждением Почетными грамотами Российской академии наук и профсоюза работников РАН за многолетний добросовестный труд, практический вклад в проведение фундаментальных и прикладных научных исследований.

Постановление № 72/4 Президиума РАН  
и Совета профсоюзов работников РАН от 31 октября 2008 г.



## XVI КОНГРЕСС ФЕДЕРАЦИИ ЕВРОПЕЙСКИХ ОБЩЕСТВ БИОЛОГОВ РАСТЕНИЙ (FESPB 2008)<sup>1</sup>

к.б.н. Е. Гармаш, к.б.н. С. Маслова, к.б.н. О. Дымова

С 17 по 22 августа 2008 г. в Финляндии состоялся очередной XVI Конгресс Федерации европейских обществ биологов растений – FESPB. Конгресс организован Скандинавским обществом физиологов растений (Societas Physiologia Plantarum Scandinavica, SPPS) под руководством президента SPPS prof. Jan K. Schjorring (University of Copenhagen, Дания) и председателя научного комитета XVI Конгресса prof. Jaakko Kangasjarvi (University of Helsinki, Финляндия). SPPS, образованное в 1947 г., сейчас имеет международный статус и издает «свой» международный журнал «Physiologia Plantarum». Это также официальный журнал FESPB, поэтому тезисы XVI Конгресса заняли почетное место во второй части его текущего выпуска [1]. Конгресс проходил в Тампере – городе на юге Финляндии, расположенном между озерами Нясиярви (Nasijarvi) и Пюхьярви (Puhajarvi). Тампере называют местом, которого коснулся свет: летом его освещает блеск окружающих озер, а зимой сияние воды, падающее на снег и лед, придает ощущение нежности в темноте сумерек. Перед каждым Новым годом в городе проходят Недели света (Tampereen valoviikot), когда гирлянды из 40 тысяч разноцветных лампочек, изображающих растения, животных, героев сказок, освещают улицы города. Тампере уже более 200 лет. Это второй по величине город Финляндии (после Хельсинки), центр культуры, образования, спорта, телекоммуникационной индустрии и информационных технологий.

Местом проведения конгресса стал великолепный Tampere Hall – большой центр для проведения конференций, выставок, концертов, фестивалей, который позволил принять около 1000 прибывших участников из более чем 50 стран (государственные флаги на территории центра были подняты во время проведения конгресса) и эффективно организовать работу параллельных научных секций.

Российская делегация (21 человек) была представлена учеными из Воронежа, Москвы, Пензы, Петрозаводска, Санкт-Петербурга, Сыктывкара, Томска и Уфы.

После торжественной церемонии открытия, где прозвучали теплые приветственные слова представителей научного комитета FESPB, началась работа конгресса. Научная программа FESPB-2008 включала все аспекты современной экспериментальной биологии растений: биология клетки, развитие, экофизиология, метаболизм, природные вариации и адаптации, биотехнология растений, фотосинтез и дыхание, стресс-биология и акклиматизация, сигналинг и экспрессия генов, биология и биомика систем, водный режим, минеральное питание и транспорт. Кроме этого во время конгресса проходили два международных симпозиума-сателлита – по пероксидазе и фискомитрелле – модельном объекте изучения генома мхов, совместно с которыми были проведены две секции. В ходе работы конгресса участниками было сделано 22 пленарных доклада, 117 устных сообщений и представлено около 800 стендовых докладов.

Пленарные лекции были подготовлены специально приглашенными оргкомитетом конгресса известными учеными-фитобиологами. Интересно отметить, что перед каждой лекцией пленарного докладчика с аудиторией знакомил представитель той организации, которая спонсировала его участие на конгрессе – FESPB, EPSO (European Plant Science Organization), Академия Финляндии, различные известные научные журналы. Поэтому аудитория воспринимала докладчика не только как носителя новой информации, но и как личность с определенным жизненным и научным багажом знаний. На наш взгляд, такую практику полезно использовать при проведении любых конференций.

Первые два доклада были посвящены проблеме использования фитобиомассы в качестве биотоплива как

источника энергии. С. Somerville (USA) представил схему получения газолина и дизеля из целлюлозной биомассы, а О. Kruse (Германия) – преимущества зеленых водорослей, а именно разных мутантов этих фотосинтезирующих организмов, как ресурса лекторов, получение и использование биотоплива – это вопрос будущего, имеет ряд существенных недостатков (слишком дорогое сырье, выделяющее в атмосферу большое количество CO<sub>2</sub>; обеднение почв в результате выноса элементов при культивировании «целлюлозных» растений; низкая эффективность технологии процесса биомасса → топливо) и, безусловно, нуждается в дальнейших исследованиях.

P.N. Benfey (США) продемонстрировал новую компьютерную технологию, которая сортирует идентичные (после анализа РНК) клетки, в данном случае корня арабидопсиса, в популяции, обрабатывает их изображение и описывает рост корня математическими моделями. Новый подход позволяет углубить представления о важном этапе процесса развития – дифференцировке и поддержании тотипотентности клеток. О третьем поколении трансгенных сельскохозяйственных культур доложил Р. Christou (Испания). Линии мутантов получены методом прямого переноса участков ДНК, отвечающих за синтез ферментов различных метаболических путей. Тема селекции, но в естественных условиях, была продолжена в докладе О. Savolainen (Финляндия). Показано значение ауткроссинга и самоопыления в увеличении уровня вариации нуклеотидной последовательности в популяции вида по градиенту среды его обитания.

Пожалуй, ни одна физиологическая конференция не обходится без пленарной лекции по ауксину – известному растительному гормону, осуществляющему межклеточный сигналинг формирования апикально-базальной оси, органогенеза, тропизмов. На XVI конгрессе J. Friml (Бельгия) предста-

<sup>1</sup> При подготовке сообщения были использованы тезисы докладов конгресса (Abstracts of the XVI Congress of the Federation of European Societies of plant biology (Tampere, Finland, 17-22 August 2008) // Physiologia plantarum, 2008. Vol. 133. Issue 3.

вил новые данные о механизмах транспорта ауксина, а именно выхода гормона из клетки с помощью мембранных PIN-белков-переносчиков. О том, как подавляется сигналинг другого не менее важного гормона – гиббереллина (GA), стимулирующего меристематический рост, мобилизацию запасных веществ при прорастании семян, цветение и проявление пола, рассказала Т.Р. Sun (США). Ингибиторами GA являются ядерные DELLA-белки, функционирующие как транскрипционные регуляторы экспрессии генов. Проблемы роста и развития, но на уровне моделирования взаимодействия и влияния молекул определенных соединений на один из этапов органогенеза – морфогенез обсуждались также в докладе J. Traas (Франция). На примере апикальной меристемы побега арабидопсиса представлена модель контроля микротрубочек за анизотропией клеточных стенок, в дальнейшем определяющего и морфогенетические события. Многолетние исследования по молекулярным основам яровизации представила С. Dean (Великобритания). Экспрессия FLC (flowering locus C) – гена-репрессора цветения в период продолжительного холода (например, зимы) регулируется связью нескольких процессов – процессинга РНК, замалчивания генов на уровне транскрипции и посттранскрипции.

Учеными обнаружено, что при механических повреждениях и патогенезе происходит экспрессия генов, составляющих 1.3 от генома арабидопсиса и отвечающих за процессы защиты, питания клетки и синтез жасмонов – известных летучих «информаторов» о нападении патогенов. Хотя метилжасмонат был открыт более чем 45 лет назад, только сегодня появились убедительные сведения о молекулярных механизмах сигналинга жасмонов. Используя жасмонат-нечувствительные мутанты арабидопсиса, показано существование двух путей сигналинга жасмоновой кислоты, антагонистически регулируемых двумя факторами транскрипции – AtMYC2 и ERF1 и отвечающих за реакцию при атаке патогена и повреждения соответственно (O. Lorenzo, Испания). Информацию о том, как происходят жасмонат-регулируемые изменения архитектуры растений, направленные на защиту от тра-



Центр проведения конгресса – Tamperere Hall. Слева направо: С. Маслова, О. Дымова, Е. Гармаш.

вядных, представил Е. Farmer (Швейцария). Генетические и молекулярные основы атаки патогена (на примере оомицетов) на растение-хозяина доложил J.D.G. Jones (Великобритания). Проблема индукции приобретенной устойчивости растений была освещена в лекции X. Dong (США). Речь шла о NPR1 – ядерном белке – кофакторе транскрипции, влияющем на экспрессию более 2000 генов.

Известно, что регуляция фотосинтеза – уникальной способности зеленых растений трансформировать световую энергию в химические связи и производить выделяющийся в атмосферу кислород, включает контроль распределения энергии в фотосистемах. D. Leister (Германия) в своем докладе проанализировал механизмы, участвующие в длительной в отношении света акклимации фотосинтеза на уровне циклического транспорта электронов, а именно переносе заряда от цитохромного  $b_6/f$ -комплекса на ФС I в тилакоидных мембранах хлоропластов. Показано, что функцию шаттла

выполняют физически и функционально взаимодействующие между собой белки – PGRL1 и PGR5. Преобразование энергии квантов света происходит не только при фотосинтезе, но и при сигнальной фоторецепции. Значение фоторецепторов в красной (фитохромов) и синей (криптохромов и фитотропинов) области света в процессе развития устьиц показал S. Casson (Великобритания). Выявлено, что на генетическом уровне модуляцию количества устьиц осуществляет PIF4 – фитохром-взаимодействующий фактор транскрипции. Новые подтверждения гипотезы «Ca<sup>2+</sup> sensitivity priming» о первичной роли сигналинга Ca<sup>2+</sup> в процессе закрытия устьиц в ответ на увеличение CO<sub>2</sub> привел J.I. Schroeder (США).

Обзорную поучительную лекцию о роли дупликации генома в эволюции растений прочел Y. Van de Peer (Бельгия). Применение разработанных им математических моделей при описании генома арабидопсиса показало, что около 60 % генетического материала является результатом дупликации генома. В частности, факторы транскрипции, сигнальные трансдукторы и регуляторные гены, необходимые для фенотипических вариаций и увеличения биологического разнообразия, возникли в эволюции как дубликатные повторы в геномных последовательностях. Роль генома хлоропластов (пластид) и митохондрий в результате его многократного копирования в эволюции клетки показал R. Block (Германия). Известно, что клетка – это единая целостная система, определяющая передачу и воспроизведение признаков в потомстве в результате взаимодействия компонентов ядра (генов хромосом) и цитоплазмы. R. Block и другими учеными из Max Planck Institute for Molecular Plant Physiology в лабораторных условиях воспроизведены три недавно открытых типа интеграции генома, определивших эволюцию растительной клетки: потерю наследственности генома органелл по отцовской линии (paternal leakage), перемещение ДНК органелл в геном ядра, перемещение ДНК органелл между растениями путем горизонтального трансфера генов.

Стремительное изучение в последние десятилетия генома живых организмов привело ученых к созданию нового мирового научного проек-



Российская делегация (неполный состав) во главе с чл.-корр. РАН Вл.В. Кузнецовым (четвертый слева), председателем Общества физиологов растений России.

та – анализа эпигенома (наследственно обусловленных биологических факторов, отличных от «стандартной» последовательности ДНК, влияющих на экспрессию генов). Одним из естественных способов изменения структуры ДНК и, как правило, функциональной активности генов является метилирование. Изучение связи генетических и эпигенетических регуляторных механизмов, контролирующих многоуровневую транскрипцию, по мнению J.R. Escker и J.K. Zhu (США), важно для понимания ответной реакции растений на факторы

окружающей среды. Созданы полные карты эпигенома *Arabidopsis thaliana*, включающие метилом (полный набор ДНК-метилированных модификаций), транскриптом и набор участвующих в репрессии генов маленьких РНК. В результате открыты ранее не идентифицированные гены, регулируемые метилированием ДНК.

Любой многоклеточный организм имеет определенную форму тела, что является результатом генетической программы и постнатальной регуляции межклеточных взаимодействий. Выявлен предполагаемый рецептор пептида TDIF, который подавляет дифференциацию клеток проводящей системы в клетки ксилемы (Н. Fukuda, Япония). В докладе S. Prat (Испания) показано, что белок FT участвует не только в регуляции цветения, но и в процессе клубнеобразования, опосредуя сигнал длины дня и дифференциации апикальной и субапикальной меристем клеток столона. Обсуждена роль кальций кальмодулиновой протеинкиназы и рецептора цитокинина (LHK1) в конвертировании полностью дифференцированных кортикальных клеток корня в меристематические клетки примордия корневого клубенька у бобовых (J. Stougaard, Дания). O. Nilsson (Швеция) продемонстрировал, какие гены «делают дерево деревом». Для этого группой ученых из Umea Plant Science Centre проведен сравнительный анализ геномов двух видов – арабидопсиса и тополя. О том, как на физиологическом уровне растения «переживают» ночь, рассказала A. Smith (Великобритания). Свое внимание она сфокусировала на процессах запасания и деградации крахмала в течение суток, главную роль в



С председателем научного организационного комитета XVI конгресса FESPB prof. Yaakko Kangasjarvi на пароме по дороге на о-в Виикинсаари.

регуляции которых играют циркадные ритмы.

Много интересных докладов было представлено и на симпозиумах, работа которых проходила параллельно в нескольких залах заседаний. Наиболее прогрессивной, на наш взгляд, была секция по росту и развитию растения. Специалисты, решающие вопросы в этой области, уже давно ассимилировали в своих исследованиях методы молекулярной биологии и генетики. Большое внимание было уделено вопросам изучения гормональной регуляции роста. В докладе E. Martinoia с соавторами (Швейцария) на молекулярно-генетическом уровне представлены результаты изучения регуляции полярного транспорта ауксина. Учеными установлено комбинированное влияние различных компонентов ауксин-рецепторного комплекса на полярный поток ИУК. Механизмы регуляции градиента концентрации ИУК, координирующего полярность в корне *Arabidopsis*, были показаны в докладе M. Grebe (Швеция). Выявлена взаимосвязь между скоростью биосинтеза ауксина, градиентом концентрации этого гормона в корне и активностью CTR1-киназы – репрессора биосинтеза ИУК. Исследования молекулярного контроля инициации вторичного роста побегов *Arabidopsis* были представлены в работе E. Sehr (Австрия). Показано, что инициация вторичного роста (камбиальной активности) связана с накоплением ИУК и регулируется уровнем ауксин-связывающего белка PIN3. Доклад ученых из Швеции (A. Carlsbecker и др.) был посвящен изучению взаимодействия между microRNA, транскрипционными и гормональными факторами, опреде-

ляющими морфогенетические градиенты, что регулирует развитие проводящих пучков. В докладе K. Nieminen и коллег (Финляндия) обсуждалась роль цитокининового сигналинга в регуляции камбиальной активности при развитии корней *Arabidopsis*, тополя и березы. Основным выводом исследований состоял в том, что снижение цитокининового сигналинга коррелирует с уменьшением радиального роста и камбиальной активности. Учеными из Швеции и Испании (C. Courtois-Mogeaу и др.) проведены исследования, выясняющие меха-

низмы регуляции запрограммированной смерти клеток (PCD) ксилемы. На растениях тополя и мутантах *Arabidopsis* установлена способность синтазы *ACL5* экспрессировать раннюю дифференциацию сосудов ксилемы и задерживать PCD. Критическая роль в регуляции созревания клеток ксилемы принадлежит этилену, ингибиторы которого блокируют формирование вторичных клеточных стенок и PCD сосудистых элементов.

На симпозиуме по фотосинтезу и дыханию растений первую лекцию прочел P. Gardstrom (Швеция). Им рассмотрены митохондриальные ответные реакции к индуцированному темнотой старению листьев арабидопсиса. Старение листьев вызывает радикальные изменения микротубулярной структуры и митохондриальных движений. В эксперименте удалось показать, что листья полностью затемненных растений сохраняли низкую дыхательную активность, тогда как индивидуально затемненные листья имели высокую дыхательную активность со значительным митохондриальным вкладом в транспорт питательных веществ из стареющих листьев. В докладе E.H. Meyer с соавторами (Австралия) на мутантах арабидопсиса, лишенных крупного комплекса I в дыхательной цепи митохондрий, обнаружены изменения в первичном метаболизме, что отразилось на процессе фотосинтеза, морфологии листа и стресс-толерантности. Сообщение V.G. Maurino (Германия) было посвящено инженерии фотодыхательного пути в повышении ассимиляции углерода у C3-растений. Докладчик представил C3-модель растения *Arabidopsis thaliana*, в хлоропластах кото-

рого был установлен полный гликолатный катаболический цикл. В результате этого цикла одна молекула гликолата полностью окисляется до двух молекул  $\text{CO}_2$ , восстанавливается  $\text{НАД}^+$  и образуется  $\text{НАДН}$ . Установлено, что у трансгенных растений работа цикла приводит к снижению фотодыхания, повышая эффективность  $\text{CO}_2$  ассимиляции и более быструю продукцию фитомассы. Проблему, связанную с молекулярной эволюцией экспрессии генов в C4-пути фотосинтеза, рассмотрел Р. Westhoff (Германия). Известно, что C4-растения характеризуются особой кранц-структурой листа, в котором функционально различают клетки обкладки и клетки мезофилла. С использованием видов рода *Flaveria* как модельной системы было установлено, что фотосинтетическая активность этих клеток взаимосвязана и основана на разной экспрессии генов. Финские ученые (S. Sirpio с соавторами) представили доклад о комплексе фотосистемы II (ФС II), который по-праву можно считать «двигателем» жизни. Организация пигментов фотосинтетического аппарата в виде светособирающих (антенных) комплексов, функционально сопряженных с реакционным центром, обеспечивает эффективное поглощение энергии фотонов и передачу ее в реакционные центры, где энергия электронного возбуждения используется для фотохимических реакций. В хлоропластах растений существует пространственная сегрегация процессов фотоповреждения и восстановления ФС II. Фотоповреждение имеет место в сильно сжатых гранах тилакоидов. Восстановление и биогенез новых комплексов ФС II включают увеличение числа вновь синтезированных протенинов и различных кофакторов в функциональных суперкомплексах ФС II. Образование комплекса пигментов с белком и их упорядоченная организация в мембране имеют большое значение для первичных процессов фотосинтеза. Вопросы продукции синглетного кислорода в фотосистеме II и его роли в сигналинге рассмотрены в докладе А. Krieger-Liszka (Франция). Впервые с использованием EPR спектроскопии и флуоресцентной микроскопии показано, что активные формы кислорода, образованные в реакционном центре ФС II, способны диффундировать через тилакоидную мембрану и оболочку хлоропласта.

В секции «Метаболизм» активно обсуждались вопросы, связанные с механизмами и регуляцией углеводно-

го обмена, влияние экзо- и эндогенных факторов на метаболизм сахаров. В докладе А. Graf (Англия) показана роль циркадных часов, длины темного периода в регуляции оборота крахмала у *Arabidopsis thaliana*. Интересные результаты по изучению метаболической регуляции и роли белков  $\beta$ -амилазы в распаде крахмала в листьях были представлены группой ученых из Швейцарии, Англии и Австралии (М. Stettler и соавторы). Анализ различных мутантов *Arabidopsis thaliana* выявил  $\beta$ -амилазы (AtBAM1 и AtBAM2) и их изоформы (AtBAM4), регулирующие метаболизм крахмала и ночной уровень мальтозы в листьях. Коллектив авторов из Германии и Италии (J. Lunn и соавторы) представил данные по метаболизму трегалозы и углеводному сигналингу в растениях. Трегалозо-6-фосфат регулирует углеводный статус растений, уровень сахарозы в меристематических тканях и развивающихся органах наряду с гормональным сигналингом (ауксины, цитокинины). В докладе А. Rasmusson (Швеция) обсуждался вопрос митохондриального контроля уровня клеточного  $\text{NAD(P)H}$ . Анализ трансгенных растений *Nicotiana sylvestris* с повышенным синтезом или подавлением Са-зависимой  $\text{NADPH}$ -дегидрогеназы (NDB1) показал, что этот фермент может специфически изменять уровень клеточной  $\text{NADPH}$ .

В настоящее время интенсивно исследуются MAP-киназная, аденилатциклазная, фосфатидатная, кальциевая, липоксигеназная,  $\text{НАДФН}$ -оксидазная,  $\text{NO}$ -синтазная и протонная сигнальные системы, выясняется их роль в онтогенетическом развитии растений и формировании ответа на изменяющиеся условия среды. На симпозиуме, посвященном стрессу и акклиматизации растений, основное внимание было сосредоточено на молекулярно-генетических механизмах ответа растений на действие абиотических стрессоров и функционировании сигнальных систем клеток растений. Стрессоры абиотической природы – это недостаток влаги (засуха), экстремальные температуры (высокие и низкие), почвенное засоление, гипоксия (недостаток кислорода), очень высокая или очень низкая освещенность, ультрафиолетовая радиация и др. Лекция J. Kangasjarvi (Финляндия), председателя научного организационного комитета конгресса, была посвящена проблеме интенсивного образования активных форм кислорода

(ROS) в растениях в связи с повышенным содержанием озона в атмосфере. Обнаружено, что чувствительные к  $\text{O}_3$  *rca*-мутанты имели фенотипические дефекты по отношению к факторам транскрипции. Изменения в метаболизме, физиологических функциях и ростовых процессах при стрессах связаны с изменениями в экспрессии генов. К. Simkova с коллегами (Швейцария) показала, что растения могут воспринимать ROS как сигналы, которые запускают изменения в экспрессии гена при адаптации к изменениям среды. В нескольких докладах наглядно продемонстрировано, что в регуляцию ответа растения на стрессорные воздействия вовлечены гормоны, особенно абсцизовая кислота (АБК) (D. Bar-Zvi и соавторы, Израиль), этилен и жасмоновая кислота. Е. Abraham (Венгрия) привлек внимание к экспрессии многих генов через комплекс сигнальных систем. Предложена новая регулируемая cDNA система (COS) как ключевая компонента интегральной сигнальной сети растения. Наше внимание привлек доклад De Block (Центр биотехнологических инноваций, Бельгия), который на примере популяции канолы показал, что индивидуальное растение даже в изогенной популяции имеет врожденную эпигенетическую компоненту дыхания и эффективности использования энергии. Эта компонента стабильна при самоопылении и может наследоваться при реципрокном скрещивании. В их центре уже получены популяции канолы с устойчиво более высокой величиной семенной продуктивности.

Секцию «Природные вариации и адаптация» открыл R. Sulprice (Германия), доклад которого был посвящен изучению взаимодействия роста и метаболизма у генотипически различных природных популяций *Arabidopsis thaliana*. Исследование активности 50 метаболитов и ферментов, вовлеченных в первичный метаболизм, выявило наибольшую корреляцию содержания крахмала с ростом и накоплением биомассы растений. В этой секции были представлены доклады российских ученых. И. Тараканов (Москва, ТСХА) в своем докладе представил результаты изучения роли гиббереллинов при регуляции ростовых реакций синдрома избегания затенения растениями горчицы разных биотипов, различающихся по уровню фотопериодической чувствительности. В условиях затенения при низком соотношении дальний красный/красный свет проро-

стки горчицы имели высокое содержание физиологически активных форм ГК (GA4) и характеризовались значительной вариабельностью в зависимости от биотипа. В докладе Е. Кириченко с соавторами (Москва, ГБС им. Цицина) освещены вопросы физиологии выживания многолетних растений в течение зимнего периода в связи с глобальными и локальными изменениями экологических факторов. Авторы обнаружили высокую активность углеводов и цитокининов в подземных органах многолетников в течение зимы, что свидетельствует об адаптации и устойчивости растений к зимнему стрессу. R. Soolanayakanahally с соавторами (Канада) представили данные об адаптации роста и фотосинтеза северных и южных популяций тополя к длине вегетационного периода. Авторами выявлена корреляция между интенсивностью фотосинтеза и широтой происхождения популяций тополя. Северные популяции тополя характеризуются высокой скоростью фотосинтеза, что является признаком растений, адаптированных к короткому вегетационному периоду.

Наши доклады были подготовлены в форме постеров. Проведение постерных сессий проходило четко в соответствии с расписанием, что эффективно организовало участников для обсуждения докладов. В докладе Е. Гармаш (в соавторстве с Т. Головки) представлены данные о соотношении дыхательных путей в молодых и зрелых листьях растений с разной фенологической стратегией (секция «Фотосинтез и дыхание»). Речь шла об активации энергетически мало эффективного альтернативного (цианидрезистентного) пути дыхания (АП), роль которого в растениях до сих пор является предметом дискуссий. Показано, что вовлечение АП в молодых, интенсивно дышащих и растущих листьях, вероятно, способствует поддержанию

активности цикла Кребса и/или предотвращает риск образования АФК в митохондриях. В зрелом листе доля АП в общем дыхании варьировала от 0 до 60 % в зависимости от вида и скорее связана с процессами поддержания в соответствии с жизненной стратегией растений. Доклад С. Масловой был посвящен вопросам структуры и метаболической активности корневищ многолетних злаков поздней осенью (секция «Природные вариации и адаптация»). Выявлены сезонные изменения ультраструктуры корневищ, показана роль углеводного и гормонального метаболизма в регуляции морфогенетического цикла подземного побега. В этой же секции был представлен доклад О. Дымовой (в соавторстве с Т. Головки и Г. Табаленковой), в котором обобщены исследования пигментного аппарата растений разных ботанико-географических и экологических групп. Представлены результаты изучения количественного и качественного состава пигментов в листьях 129 видов растений, обитающих на Приполярном Урале (подзона крайне-северной тайги), Южном Тимане и в среднем течении р. Вычегда (подзона средней тайги). В моделируемом эксперименте рассмотрена роль пигментов виолаксантинового цикла в фотосинтетическом аппарате листьев *Plantago media* при адаптации к различным световым условиям.

Таким образом, XVI конгресс FESPB показал, что современная экспериментальная биология растений продолжает все сильнее интегрировать различные науки и подходы. Основная цель этого необратимого хода развития – выявление полного пути регуляции физиологических процессов, начинающегося в генах и посредством проведения сигналов заканчивающегося определенным поведением растения в среде обитания. Поэтому все более крепкие позиции зани-

мают исследования по геному и эпигеному, которые позволяют выявить структуру и функциональную активность генов в соответствии с индивидуальными особенностями растительного организма. Полученные данные в сочетании с полным объемом знаний по физиологии объекта дают возможность управлять процессом роста и морфогенеза растений, а также использовать растительную клетку на благо человека в медицинских целях.

Организаторы конгресса насытили всех участников социальной и культурной программой. Кстати, перед собой они поставили задачу обеспечить конгрессу не только высокий научный уровень, но и организовать участников для плодотворных бесед и развития сотрудничества. Поэтому каждый день по завершении научной части конференции мы собирались на разного рода встречи и вечеринки. Даже вечерняя часть постерной сессии проходила в непринужденной обстановке «с вином и сыром». Но самой запоминающейся была экскурсия на о-в Виикинсаари, куда мы плавно доплыли на современном пароме за полчаса. Природа, воздух, прогулки и великолепный ужин с запеченым лососем заметно подняли всем присутствующим настроение. Закончился вечер финскими народными танцами в исполнении организаторов и участников. Несмотря на прохладную дождливую погоду, нам было жарко. А вот следующий XVII конгресс через два года будет проходить в реальной жаре – в июле на юго-востоке Испании в Валенсии.

Финансирование участия в XVI Конгрессе FESPB было осуществлено за счет гранта РФФИ № 07-04-00436, трэвел-гранта для молодых ученых УрО РАН 2008 г., средств Института биологии Коми НЦ УрО РАН и поддержки Академии наук Финляндии в рамках ежегодной межакадемической квоты обмена учеными. Большое спасибо!

## ОБЪЕДИНЕННОЕ МЕЖДУНАРОДНОЕ СОВЕЩАНИЕ 2008 (XVI СИМПОЗИУМ ПО ВЕСНЯНКАМ И XII КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПОДЕНКАМ)

к.б.н. О. Лоскутова

Очередное международное совещание по изучению двух групп амфибиотических насекомых – веснянок и поденок – состоялось в июне 2008 г. в Штутгарте (Германия). Подобные совещания проводятся каждые три-четыре года и объединяют ученых-энтомологов всех стран мира, способствуют обмену научными знаниями и научной кооперации. Первая подобная конференция была проведена в Лозанне

(Швейцария) еще в 1956 г. До этого мне удалось побывать на двух аналогичных совещаниях, состоявшихся в Италии (Перуджа) в 2001 г. и в США (штат Монтана) в 2004 г. Отличием прошедшего в Германии совещания было то, что обе группы насекомых рассматривались совместно на каждой из секций. На предыдущих совещаниях доклады по поденкам были представлены в одни дни, по веснянкам – в другие.



На совещании в Штутгарте присутствовало около 110 представителей из 34 стран мира. Наиболее многочисленными были делегации США (17 участников), Германии (16) и Швейцарии (восемь человек). По пять-шесть человек представляли Испанию, Италию, Чешскую Республику, Россию, Японию. Кроме ученых из Европы, на конференции присутствовали делегаты стран Латинской Америки (Аргентина, Бразилия, Венесуэла, Колумбия, Чили), а также Новой Зеландии, Китая, Южной Африки, Японии. На симпозиуме был рассмотрен широкий круг вопросов, касающихся всех сторон изучения двух отрядов амфибиотических насекомых – поденок и веснянок.

Симпозиум проходил в Музее естествознания г. Штутгарт в течение пяти дней. Всего во время совещания было заслушано 63 устных доклада и представлено 63 постера. Постерная сессия проходила в течение двух дней во время проведения симпозиума. Постоянно работал аукцион по продаже научной литературы и поделок по теме совещания, средства от которого поступают в Международный комитет по веснянкам.

Работа проводилась по основным направлениям: биогеография, распространение и фаунистика, экология, жизненные циклы и воспроизводство, морфология, ультраструктура и физиология, их поведение, филогения систематика, таксономия двух отрядов насекомых. Каждый день заседаний открывался пленарным докладом приглашенного ученого. Мы заслушали совместный доклад М.Т. Монагана (Германия) и М. Сартори (Швейцария) «Генетические исследования в изучении экологии и эволюции поденок», доклад Ф. Крелла (США) «Зообанк и следующая редакция кода – новое развитие в зоологической номенклатуре». Доклад с интересным названием «The Plecoptera – who are they?», что в переводе означает «Веснянки – кто они?» сделал известный немецкий энтомолог П. Цвик. После заседаний проводились рабочие заседания по определению фауны поденок и веснянок разных континентов.

подавляющее большинство ученых, участвующих в этих конференциях – систематики, но доклады по экологии поденок и веснянок также вызывают интерес. Одной из проблем является изучение амфибиотических насекомых в водах разной степени загрязнения, выявление их чувствительности к загрязняющим веществам. Мой доклад был посвящен дрейфу (сносу вниз по течению реки) личинок веснянок в реках европейского северо-востока России. Как оказалось, изучением дрейфа насекомых занимаются в настоящее время также в Прибалтике и Германии, поэтому была возможность обменяться полученными результатами и сопоставить методику изучения этого явления.

11 июня была организована автобусная экскурсионная поездка в монастырь Бебенхаузен, основанный в начале XII в. Позже эти здания использовались для протестантской монастырской школы и как охотничий дворец для королей местности Вюртемберг. Во время поездки имелась возможность сбора



С д.б.н. С. Черчесовой (слева) и И. Сивеком, редактором международного журнала по исследованию веснянок «Illiesia».

насекомых в окрестных ручьях – притоках р. Некар. После посещения монастыря и коллекционирования наш путь лежал в университетский г. Тюбинген. Первое упоминание об этом городе относится к 1078 г. В XVIII в. там учился Гегель и другие выдающиеся ученые Европы. В наше время сохранился облик старого города вдоль р. Некар, через которую проложен старинный мост, перила которого увиты цветами. Нам была предложена поездка по реке на необычных лодках, которыми управляли мужчины при помощи шестов, напоминая гондольеров. Во второй половине дня посетили красивый замок Hohenzollern близ Тюбингена, расположенный на вершине высокой горы.

После совещания я вместе с двумя коллегами из Владивостока несколько дней провела в Шлитце (Бавария) по приглашению известного энтомолога П. Цвика, одного из редакторов международного журнала «Aquatic Insects». В гостеприимной семье Хейде и Петера часто гостят ученые-энтомологи со всего мира. В его многоэтажном особняке, окруженном великолепным садом, собрана богатейшая коллекция разных групп насекомых. Огромная научная библиотека занимает целый этаж. Во время визита мы объездили многие окрестные речки, собирая веснянок, которые поражали своим обилием и разнообразием. Так, если в наших уральских реках за день сборов в летний период можно обнаружить имаго четырех-пяти видов, то в Германии в один из дней мы собрали 18 видов! Одновременно со сбором коллекции Петер показывал интересные и исторические места Баварии. Шлитц и другие небольшие городки Германии в это время года утопали в розах и других цветах, были исключительно красивыми и чистыми, чего не скажешь о более крупных немецких городах, таких как Мюнхен и Штутгарт. Посетили мы также научно-исследовательскую станцию Института Макса Планка в Фульде, где долгие годы работал Петер. Мне показали устройство для сбора имаго амфибиотических насекомых на руч. Брайтенбах, где одновременно с вылетом насекомых учитываются все гидрологические и гидрохимические показатели воды. На этой станции выполнены многие работы по экологии

водных насекомых, которые давно стали классикой. По вечерам за разборкой собранного материала П. Цвик много рассказывал о своих поездках по всему миру, о своей работе. Жаль было, что на чтение литературы из библиотеки, где я нашла много редких книг, которых не найти в России, оставались лишь ночи. Уезжала я из семьи Цвиков с чувством глубокой благодарности за предоставленную возмож-

ность посетить их дом, увозя множество подаренных оттисков и файлов последних статей по водным насекомым, а также коллекцию собранных веснянок.

Финансирование поездки осуществлялось за счет гранта Международного комитета по веснянкам и договорных средств Института биологии (договор № 04/2007).

## КОНФЕРЕНЦИЯ «СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ, РАК И СТАРЕНИЕ» (29 сентября – 4 октября 2008 г., Сингапур)

д.б.н. А. Москалев

Кейстоновская конференция по молекулярной и клеточной биологии (Keystone Symposia on Molecular and Cellular Biology) под названием «Стволовые клетки, рак и старение» проходила в г. Сингапур 29 сентября – 4 октября 2008 г. в самом большом в Азии отеле «Swissotel The Stamford». Организаторами конференции выступили сэр Дэвид Лейн, директор Института молекулярной и клеточной биологии в Биополисе (Сингапур), и Арнольд Левин (Принстон, США). Оба исследователя являются первооткрывателями транскрипционного фактора p53, ответственного за 80 % разновидностей злокачественных опухолей у человека. В работе конференции участвовало около 300 специалистов по онкогенезу и старению из многих стран Азии, Европы и США.

Пленарная лекция проф. Хаймейкерса (Голландия) была посвящена связующей роли репарации ДНК между онкогенезом и старением. Прежде всего, он очертил круг эндогенных источников повреждения молекулы ДНК в клетке – активные формы кислорода, липидные пероксиды и алкилирующие агенты. Первичные повреждения нити ДНК, в свою очередь, могут вызывать ошибки репликации, сегрегацию аберрантных хромосом, мутации, блокирование транскрипции, что, в конечном итоге, служит причиной остановки (либо временной задержки) клеточного цикла или гибели клетки.

В клетке предусмотрено множество типов репарации поврежденной ДНК: эксцизионная репарация нуклеотидов (NER), эксцизионная репарация оснований (BER), гомологичная рекомбинация, репарация неправильно спаренных оснований. Наиболее многогранным видом репарации является эксцизионная репарация нуклеотидов, удаляющая широкий спектр повреждений, приводящих к расщеплению цепочки ДНК. Она подразделяется на NER всего генома, предотвра-

щающую возникновение мутаций, и связанную с транскрипцией NER, удаляющую цитотоксические затруднения транскрипции. Известно несколько наследственных синдромов, связанных с нарушением NER – пигментная ксеродерма (XP, аномалии пигментации покровов тела и высокая частота рака кожи), синдром Кохейна (CS, аномалии развития нервной системы) и трихотиодистрофия (TTD, преждевременное старение). Все три заболевания связаны с мутациями NER геликаз XPB и XPD, являющихся частью репарационного и транскрипционного комплекса TFIIH.

Мыши с мутацией XPD<sup>TD</sup> демонстрируют, что трихотиодистрофия является частичным синдромом ускоренного старения. Их продолжительность жизни составляет всего 1.5 года. Аналогичным образом люди, страдающие TTD, живут менее пяти лет. Однако при этом синдроме частота онкогенеза не повышается. Напротив, мыши с двойной мутацией XPD<sup>XP/CS</sup> предрасположены к опухолям и ускоренному старению одновременно. Такие мыши гибнут в возрасте трех-шести недель. Среди выявляемых у них симптомов ускоренного старения можно отметить остеопороз, нейродегенерацию, раннюю потерю фертильности и остановку роста, старение печени и почек, глухоту, потерю фоторецепторных клеток сетчатки и быстрое истощение количества гематопоэтических стволовых клеток. Этот факт сам по себе может служить весомым доказательством теории старения, предполагающей ключевую роль повреждения ДНК. Возможно, что окислительные повреждения ДНК препятствуют транскрипции и репликации, запуская апоптоз или клеточное старение, обуславливающие старение организма.

Повреждение ДНК, выявляемое у двойных мутантов XPD<sup>XP/CS</sup>, запускает системное подавление IGF-1 – соматотропной оси, вызывая метаболес-

кий сдвиг в направлении запасаения энергии в ущерб энергопродукции, что объясняет дефекты роста у мутантов по репарации. При этом активизируется и антиоксидантная защита. У двойных мутантов в целом меняется экспрессия генов метаболизма углеводов, окислительного метаболизма, биогенеза пероксидаз, IGF-1, IGF-1R 3 и 4, рецептора гормона роста. Нечто подобное, как ни странно, происходит и у долгоживущих карликовых мышей Эймса и при низкокалорийном питании – по-видимому, при повреждении ДНК организм активизирует все имеющиеся компенсаторные механизмы. Таким образом, повреждение ДНК вызывает адаптивный ответ («survival response»), служащий связующим звеном между повреждением ДНК и контролем продолжительности жизни через IGF-1 путь.

Д-р Лоуренс Донхауер (Хьюстон, США) рассказал об исследованиях стволовых клеток и старения на модели p53-мутантных мышей. Взаимосвязь онкогенеза и старения через p53 можно описать следующим образом. Онкогены индуцируют белок ARF, который подавляет активность ингибитора p53 Mdm2. В результате количество функционального p53 в клетке накапливается, что через p53-зависимую индукцию белков p21 и 14-3-3 вызывает клеточное старение либо апоптоз – через Waf и Puma. Оба механизма (клеточное старение и апоптоз) подавляют онкогенез, но способствуют старению организма в целом. В подтверждение, искусственная сверхактивация p53 у мышей линии p53<sup>+/m</sup> приводит к снижению частоты возникновения опухолей, но в то же время – к уменьшению продолжительности жизни и увеличению числа стареющих клеток в почках, печени и селезенке (выявляемых по окрашиванию на бета-галактозидазу). Снижение частоты рака у данных мышей может быть связано с наблюдаемым у них

более выраженным ответом на повреждение ДНК. При этом радиационно-индуцированный апоптоз и IGF-1 сигналинг менее активны, чем в контроле, а количество возрастзависимых мутаций, напротив, выше.

Д-р Хайди Скрабл показал взаимосвязь p53 и IGF. Дополнительная копия «укороченной» версии белка p53 ( $\Delta 40p53$ ) нарушает нейрогенез и развитие соответствующих стволовых клеток, что ускоряет старение организма. Таким образом, p53 контролирует продолжительность жизни через регуляцию пролиферации стволовых клеток. Данные о роли p53 в контроле продолжительности жизни получены и у короткоживущих видов – дрозофил и нематод, у которых во взрослом состоянии нет соматических стволовых клеток. Напротив, короткая изоформа p53 стимулирует рецептор IGF-1 на посттранскрипционном уровне. Двойные мутанты ( $\Delta 40p53$ :IGF-1R) характеризуются восстановлением нейрогенеза.

Д-р Мери Пери (Вифезда, США) показала, что не все варианты сверхактивации p53 сопряжены с ускоренным старением организма. Как известно, p53 инактивирован при большинстве видов опухолей. В остальных случаях рака сверхактивируется ингибитор p53 – Mdm2, который способствует убиквитинированию, т.е. утилизации p53 в клетке. Мыши, несущие гипоморфную мутацию *mdm2<sup>pro</sup>*, характеризуются гиперактивностью p53, что выражается в снижении массы тела, радиочувствительности и лимфопении. Снижение массы тела, по-видимому, связано с тем, что p53 подавляет инсулиновый и фосфоинозитидный сигналинг через индукцию белков p110 и PTEN. При этом у данных мышей нет признаков ускоренного старения, напротив, истончение костей у них замедляется.

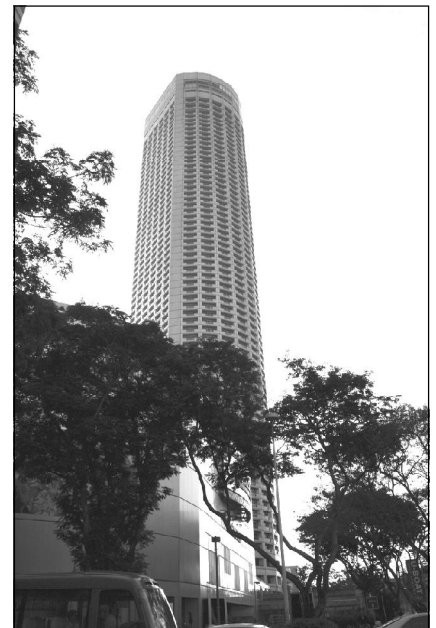
Д-р Магдалена Зерника-Гетц (Кембридж, Великобритания) выявила механизмы, которые определяют на ранних стадиях развития организма путь развития из плюрипотентных клеток в дифференцированные. Первый выбор пути в эмбриогенезе заключается в выделении внутренней плюрипотентной клеточной массы от внешних клеток, дифференцирующихся затем в экстра-эмбриональную трофобластодерму. Как клетки выбирают свою судьбу? Первая гипотеза уделяет основное внимание расположению внутри либо снаружи по отношению к окружающей эмбрион среде. Вторая гипотеза предполагает изначальную по-

ляризацию клетки и последующее асимметричное деление. Показано, что оба механизма в действительности регулируют экспрессию генов, определяющих судьбу клетки. Например, ген *Cdx2* предопределяет (еще на стадии бластоцисты) переход «внешних» клеток зародыша в трофобластодерму путем симметричных делений. Уже на 8-клеточной стадии он дифференциально экспрессируется в разных бластомерах. Продукт гена *Cdx2*, накапливаясь в апикальном домене клетки, подавляет ее полярность и образование внутренней клеточной массы. В свою очередь, плюрипотентная внутренняя клеточная масса развивается при участии генов *Oct4*, *Nanog*, *Sox2*, которые находятся в антагонизме (взаимоподавляются) с *Cdx2*.

Д-р Джерард Эван (Сан-Франциско, США) показал, что функция p53 может меняться в зависимости от глубины стресса. Умеренный непродолжительный стресс, индуцируя p53, приводит к обратимой задержке клеточного цикла, индукции репарации и аутофагии, что способствует выживанию клетки и организма. Перманентный стресс вызывает p53-зависимый апоптоз, что приводит к старению.

Д-р Кони Эйвс (Канада) показала, что у мышей на 10000 клеток красного костного мозга приходится одна гематопозитическая стволовая клетка. В свою очередь такие клетки подразделяются на клетки с высокой и низкой способностью к самовоспроизводству. Как показал в другом докладе Даниел Тенен (Сингапур), долго- и быстрообновляемые клетки составляют 10 и 90 % популяции гематопозитических стволовых клеток.

Проф. Андрей Гудков (Буффало, США) нашел подход, позволяющий защитить стволовые клетки (как кишечные, так и гематопозитические) от облучения при терапии рака. Как оказалось, подавление апоптоза в клетках опухоли и вызываемое паразитами сходно и связано с изменением регу-



Место проведения конгресса – самая высокая в Азии гостиница (73 этажа).

ляции транскрипционных факторов p53 и NF- $\kappa$ B. В первом случае имеет место деактивация, тогда как во вто-



Слева направо: Олег Демидов (Институт молекулярной и клеточной биологии, Сингапур), Андрей Гудков (научный директор Роквелловского института рака, США), Дмитрий Булавин (зав. лаб. регуляции клеточного цикла, Институт молекулярной и клеточной биологии, Сингапур), Алексей Москалев (руководитель группы молекулярной биологии и геронтологии Института биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар).



Типичная молекулярно-биологическая лаборатория в Биополисе (Сингапур).



На фуршете с первооткрывателем p53 сэром Дэвидом Лейном, директором Института молекулярной и клеточной биологии (Сингапур).

ром – сверхактивность. В результате клетки опухолей если и погибают, то не по механизму классического апоптоза, а от некроза. Однако соседние клетки, особенно стволовые, при терапии рака массово гибнут по пути апоптоза. А. Гудков и соавторы обнаружили, что пептидный фрагмент флагеллина из оболочки бактерии сальмонеллы, связываясь с TLR5-рецептором на поверхности клетки кишечника, стимулирует антиапоптотную активность NF-κB, индуцирующего белки выживания клетки IAPs, Bcl-2, Sod2, ферритин и цитикины G-CSF, IP-10, IL-

пептидов, специфическим образом стабилизирующих домены белков-мишеней. Например, пептид SAHB стабилизирует α-цепь в антиапоптотном белке Bcl-2, способствуя его выключению и подавлению лейкемии и диабета мышей *in vivo*. На очереди – регуляция транскрипционного фактора Notch.

Сэр Дэвид Лейн (Сингапур) рассказал об успехах в поиске малых молекул, способных специфичным образом контролировать активность p53. Примером такой молекулы является нут-

6. Однако данная индукция происходит циклическим образом, что надо учитывать при ее использовании в терапии.

Д-р Грегори Вердин (Гарвардский университет) разработал метод воздействия на прежде недостижимые внутриклеточные мишени. Количество таких мишеней для терапевтического вмешательства составляет 80-90 %. Метод заключается в синтезе особых скрепляющих

лин, ингибирующий взаимодействие между p53 и mdm2 и способствующий трансактиваторной функции p53. Другая молекула, теновин-1, запускает p53-зависимый апоптоз, но не является генотоксичной. По-видимому, теновин ингибирует деацетилазу SirT1, вызывая накопление ацетилированной (активной) формы p53, что может быть полезно при терапии опухолей.

Д-р Син Моррисон (США) выступил с докладом о старении стволовых клеток. Количество стволовых клеток, в том числе в центральной нервной системе, с возрастом снижается, что связано с замедлением их пролиферации, что вносит существенный вклад в старение организма. Показано, что с возрастом сверхактивируется ген *p16<sup>Ink4a</sup>*, предотвращающий обновление стволовых клеток. Кроме того, с возрастом снижается экспрессия гена *Hmga2*, подавляющего антипролиферативные гены *p16<sup>Ink4a</sup>* и *p19<sup>Arf</sup>*. Делеция *p16/p19* у мышей частично восстанавливает пролиферацию стволовых клеток.

Стеновое сообщение д.б.н. А. Москалева и к.б.н. М. Шапошниковой (Россия) было посвящено геропротекторным свойствам ингибитора фермента P13K.

## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ IUFRO – 8.01.02 LANDSCAPE ECOLOGY «ЛАНДШАФТНАЯ ЭКОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСНЫМИ РЕСУРСАМИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ» (Китай, провинция Сичуань, Ченгду, 16-22 сентября 2008 г.)

к.б.н. А. Дымов

Международная конференция, проводимая при поддержке Международного союза организаций, исследующих лесные экосистемы (IUFRO) под названием «Landscape Ecology and Forest Management: Challenges and Solutions», проходила с 16 по 22 сентября 2008 г. в городе Ченгду (Провинция Сичуань, Китай). В седьмой международной конференции (проводится IUFRO один раз в два года) приняли участие более 220 ученых из Австралии, Аргентины, Бельгии, Бразилии, Великобритании, Греции, Израиля, Ирана, Испании, Италии, Канады, Китая, Мексики, Непала, России, Румынии, Словении, США, Таиланда, Туниса, Турции, Чехии, Чили, Эфиопии, Японии.

Конференция проходила в деловом центре «California Garden Hotel». Работа первого дня конференции началась с поздравительного выступления Веньмина Ли (Wenming Lu), представляющего Китайскую академию лесного хозяйства. Далее работу конференции продолжили выступления приглашенных лекторов (пленарные доклады). Первым сделал доклад д-р Джангуо Луи (Jianguo Liu) из Мичиганского государственного университета (США) на тему «Ландшафт как результат влияния антропогенных

и естественных факторов». В докладе были представлены данные о влиянии землетрясений на ландшафты на примере провинции Сичуань, где в 2008 г. произошло одно из крупнейших землетрясений в истории современного Китая. Из антропогенных факторов наибольшее внимание в представленном докладе уделялось влиянию нелегального использования лесных ресурсов для строительства частных домов на окружающую среду (в том числе и после стихийных бедствий). Второй пленарный доклад «Использование данных ландшафтной экологии для предсказания и регулирования проблем окружающей природной среды» был представлен д-ром Данни Ли (Danny C. Lee) из Восточно-американского центра по оценке угроз лесным экосистемам (США). В докладе изложены принципы исследования взаимосвязи ландшафтов и населения, проблем динамики ландшафтов на примере Восточной территории США. Одним из ведущих факторов изменения ландшафтов данной территории являются лесные пожары. В докладе подробно рассматривались различные факторы, влияющие на распространение пожаров, и типы послепожарных сукцессии, а также методы, с помощью которых можно

предотвращать и в некоторых случаях регулировать пожары. Серию пленарных докладов продолжил д-р Боджие Фу (Bojie Fu) из Китайской академии наук (Пекин), который рассказывал о достижениях применения знаний ландшафтной экологии для улучшения устойчивости окружающей среды к антропогенному влиянию на основании исследований, проводимых на территории Китайской народной республики. С докладом, завершающим пленарную секцию, выступил д-р Эрик Густавсон (Eric J. Gustafson) из управления лесного хозяйства (США), представивший доклад об использовании пространственных моделей в ландшафтном управлении территориями на примере исследований, проводимых в южной части центральной Сибири. В его докладе затронуты вопросы преобладающих нарушений лесных экосистем в данном регионе, подчеркнута сложность изучения лесных экосистем в связи с высокой вариабельностью многих свойств. Сделана попытка показать и спрогнозировать происходящие в экосистемах процессы с использованием различных моделей.

Другая половина дня конференции была полностью посвящена постерным докладам (более 60) в рамках трех больших направлений: сохранение и управление ландшафтами; инструменты и модели, используемые в управлении ландшафтами; универсальное управление и устойчивость ландшафтов. Каждый докладчик получил по 10 мин. для устного представления результатов. После этого дискуссии продолжались в индивидуальном порядке. Следует отметить, что такая организация постерной секции оказалась довольно продуктивной. Мой стендовый доклад об изменении почв в процессе послерубочной сукцессии на примере сосняков Республики Коми вызвал интерес и множество вопросов об изменении лесных экосистем Севера, изменении и содержании углерода в лесных экосистемах. Следует отметить, что многие исследователи проявляют интерес к изучению лесных экосистем Российской Федерации в связи с их значительной ролью в глобальном балансе углерода на планете.

Работа конференции в последующие дни была представлена в пяти симпозиумах и пяти устных секциях:



Открытие конференции в деловом центре «California Garden Hotel». С приветственным словом выступает д-р Wenming Lu из Китайской академии лесного хозяйства.

- изучение углерода и ландшафтная экология: оценка углерода экосистем в динамике временных и пространственных шкал;
- влияние управления лесными системами и изменения климата на гидрологический и почвенный балансы водораздельных ландшафтов;
- дистанционное изучение и вопросы детализации в лесных экосистемах;
- управление ландшафтами для сохранения устойчивости природных ресурсов;
- ландшафты нарушенных территорий в связи с развитием стран и быстрой урбанизацией территорий;
- управление и сохранение ландшафтов;
- инструменты и технологии в ландшафтных исследованиях;
- ландшафты и устойчивость;
- сеть по наблюдению за лесными экосистемами;
- экосистемные процессы в лесных ландшафтах.

Все секции и симпозиумы представляли огромный интерес, но присутствовать на всех докладах не представлялось возможным (тезисы докладов размещены на сайте <http://research.eeescience.utoledo.edu/lees/IUFRO/2008MTG/>), поскольку многие секции шли параллельно.

В завершение работы последнего дня конференции состоялась экскурсия в Джанский (Jinsha переводится с китайского как «золотой песок») археологический музей, в течение которой была показана история развития китайской нации, рассказано об археологических находках, обнаруженных в окрестностях г. Ченгду, и истории провинции Сичуань.

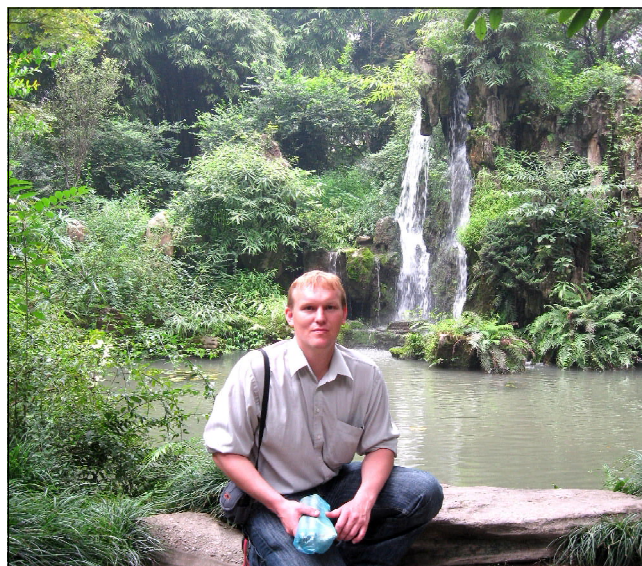
Ченгду, расположенный в западной части Сичуаньского плато и имеющий длительную историю (более 3500 лет), является столицей провинции и шестым в Китае городом по количеству жителей (более 10 млн человек). Среднегодовая температура +16 °C и очень большая влажность. Солнце в данном регионе появляется крайне редко, небо большую часть времени закрыто облаками. Климат в



С коллегой д-ром Wei Wei (Китайская академия наук, Пекин) на площади около государственного университета г. Ченгду.



Эмблема преемственности китайской культуры «Золотое кольцо». Религиозный символ, используемый более чем 3000 лет назад. Изображение солнца (с двенадцатью месяцами) и четырех «вечных» птиц (олицетворяющих четыре сезона). Обнаруженные при археологических раскопках медальоны были изготовлены из тонкого листа золота толщиной 0.02 и диаметром 12.5 см.



В парке-музее Ди-Фу, в котором слагали свои бессмертные произведения многие китайские философы и поэты.

провинции субтропический муссонный, характеризующийся ранней весной, жарким летом, прохладной осенью и теплой зимой. Даже в зимние месяцы температура редко падает ниже нуля. Площадь провинции чуть меньше Франции, но на ней проживают более 80 млн жителей. Особенностью провинции является очень острая, даже по китайским меркам, еда. Кроме этого, провинция является «родиной» панды и одного из тех мест, где расположены исследовательские центры и парки для сохранения и изучения панд.

При подведении итогов конференции было объявлено о необходимости совместного подхода к сохранению и изучению ландшафтов, выработке механизмов, предот-



Панда.

средства Института биологии. Всем из вышеперечисленных спонсоров автор выражает глубокую признательность.

вращающих или сглаживающих сильное негативное влияние как антропогенных, так и естественных факторов.

Много благодарностей было сказано в адрес оргкомитета, поскольку конференция была проведена на очень высоком уровне. Объявлено о месте проведения следующей конференции IURFO в 2010 г. в Португалии, а также о конференциях, касающихся изменений лесных экосистем в Бразилии в 2009 г. ([http:// www.wfc2009.org](http://www.wfc2009.org)) и Китае (2011 г.).

Мое участие в конференции обеспечили поддержка оргкомитета конференции, тревел-грант РФФИ и

## ТРИДЦАТЬ ШЕСТОЙ СЪЕЗД ЕВРОПЕЙСКОГО ОБЩЕСТВА ПО РАДИАЦИОННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

к.б.н. М. Шапошников

С 31 августа по 4 сентября 2008 г. в г. Тур (Франция) проходил Тридцать шестой съезд Европейского общества по радиационным исследованиям (ERR 2008), посвященный проблемам эффектов малых доз радиации, отдаленным эффектам облучения, генетической нестабильности, эффекту свидетеля, радиоадаптации, индуцированному канцерогенезу, биологической дозиметрии и многим другим проблемам радиобиологии.

Основной целью ежегодного съезда Европейского общества по радиационным исследованиям является поддержка научных исследований, международного сотрудничества и обмена опытом во всех областях радиобиологии. Съезд обеспечивает не только возможность свободной дискуссии и обмена мнениями для ученых и клиницистов, работающих в области радиационных исследований, но и предоставляет участникам уникальную возможность обсудить передовые

достижения и новые направления развития радиационной биологии. В его работе участвовали более 250 специалистов из стран Западной и Восточной Европы, Индии, Канады, Кубы, России, США и Южной Кореи.

Президент Европейского радиобиологического общества д-р Г. Шафрани (Венгрия) сделал доклад о влиянии ионизирующего излучения на экспрессию генов. Считают, что изменение транскрипции в ответ на повреждение ДНК является начальным этапом при

формировании многих радиобиологических эффектов. Радиационно-индуцированное изменение экспрессии генов в фибробластах человека было исследовано с помощью методов анализа полногеномных ДНК-микрочипов и количественной ПЦР в реальном времени. Ранее в исследованиях д-ра Г. Шафрани было показано, что облучение в больших дозах (2 Гр) приводит к изменению транскрипционной активности около 200 генов. Экспрессия большинства из этих генов зависит от генетического фона исследуемой линии клеток, однако тридцать генов изменяют экспрессию во всех исследованных вариантах. Изменение экспрессии отмечено у генов, участвующих в формировании ответа на повреждение ДНК (*GADD45A*, *BTG2*, *PCNA*, *IER5*), регуляции клеточного цикла и пролиферации клеток (*CDKN1A*, *PPM1D*, *SERTAD1*, *PLK2*, *PLK3*, *CYR61*), апоптоза (*BBC3*, *TP53INP1*) и контроля внутриклеточного сигналинга (*SH2D2A*, *SLIC1*, *GDF15*, *THSD1*). Доложенные на конференции результаты свидетельствуют, что транскрипция генов изменяется также при действии облучения в малых дозах (10, 40, 100 и 500 мГр). Интересно, что изменение экспрессии генов наблюдается не только у непосредственно облученных клеток, но и клеток, которые находились в контакте со средой от облученных клеток. Полученные данные помогут лучше понять механизмы, лежащие в основе так называемого эффекта свидетеля, когда радиобиологические эффекты наблюдаются у клеток, не испытывающих прямого воздействия облучения, но находящихся в контакте с облученными клетками.

Д-р Ю. Дуброва (Великобритания) представил доклад, посвященный явлению трансгенерационной нестабильности, проявляющейся в повышении темпов мутирования в зародышевой линии и соматических тканях потомков облученных родителей, а также увеличению риска возникновения

раковых заболеваний. Как показано в исследованиях д-ра Ю. Дубровы, потомство облученных *in utero* (внутриутробно) самцов генетически нестабильно, в то время как потомство облученных самок генетически стабильно. Возможно, что наблюдаемое явление связано с половыми различиями в метилировании ДНК в половых клетках облученных родителей. Как известно, метилирование происходит при гаметогенезе и на ранних стадиях развития, а изменение его уровня может передаваться через многие поколения. Гиперметилирование промоторов

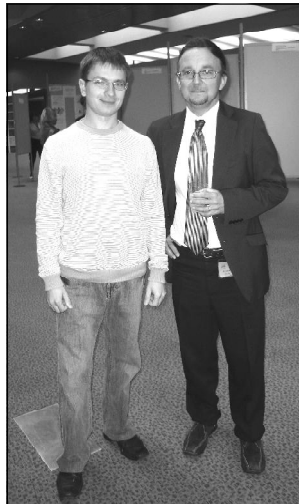
может приводить к изменению паттернов экспрессии ряда генов, в том числе генов, отвечающих за целостность генома.

Д-р Л. Бурделия (США) в своем докладе рассказала о принципиально новом радиопротекторе. На сегодняшний день радиотерапия является одним из наиболее эффективных методов лечения злокачественных опухолей. Однако чрезвычайная чувствительность клеток кроветворной системы и желудочно-кишечного тракта к действию радиации является причиной, по которой лучевая терапия чрезвычайно токсична и неблагоприятна для всего организма в целом.

Благодаря исследованиям, возглавляемым проф. А. Гудковым (США), разработан новый препарат, который способен существенно увеличить долю выживших нормальных клеток и при этом дать погибнуть опухолевым. Опыты показали, что препарат эффективно спасает мышей и от действия летальных доз радиации (13 Гр), даже если вводить его спустя 48 часов после облучения. Радиопротекторный эффект вещества белковой природы, получившего название CBLB502, обусловлен его активирующим действием на транскрипционный фактор NF-κB, который в свою очередь запускает в облученной клетке систему защиты (ферменты антиоксидантной защиты, репарации ДНК) и одновременно угнетает программируемую гибель клетки (апоптоз). Испытания нового радиопротектора на обезьянах подтвердили его высокую эффективность, превышающую все известные аналоги.

В своем докладе я представил результаты исследования эффектов облучения у инбредных и аутбредных линий *Drosophila melanogaster*, свидетельствующие о важной роли генетической изменчивости в формировании радиобиологических эффектов.

Поездка поддержана грантом РФФИ (№ 08-04-09424-моб\_з) и Оргкомитетом ERR 2008.



Михаил Шапошников (слева) и Жан-Марк Берто, ученый секретарь съезда Европейского общества по радиационным исследованиям.



Российские радиобиологи и Филипп Войсин (в центре), председатель съезда Европейского общества по радиационным исследованиям.



## КОМАНДИРОВКА



### ГИБРИДНАЯ ОСИНА – ЦЕЛЕВАЯ ПОРОДА ДЛЯ ПЛАНТАЦИОННОГО ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

К.С.-Х.Н. А. Федорков

Создание плантационных культур с целью ускоренного выращивания древесины как сырья для промышленности является одной из задач лесной науки и практики. Важность этого направления под-

черкивалась неоднократно, в частности на совещании (6 апреля 2006 г., Сыктывкар) по развитию лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса, на IX международном лесном форуме (9-12 октября

2007 г., Санкт-Петербург), на международной научно-практической конференции «Лесная генетика, селекция и биотехнологии в лесном хозяйстве» (30 января 2008 г., Пушкино) и др. Проведение этих работ предусматривается и стратегией развития лесного комплекса страны. В Республике Коми работы по созданию лесных плантаций инициированы и финансируются основным потребителем древесного сырья – ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК».

Научное сопровождение этих работ осуществляется Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН.

Важным вопросом в данной связи является выбор древесных пород (целевых пород), за счет которых обеспечивается получение древесины с заданными характеристиками. Изучение опыта стран Северной Европы со сходным климатом – Финляндии и Швеции – показало, что для условий Республики Коми одной из таких пород может быть гибридная осина. По прогнозным моделям хода роста плантационных культур, возраст главной рубки при ориентации на получение балансов составляет для гибридной осины 25-35 лет. Годичный прирост в высоту у нее может достигать 1 м, по диаметру 1 см, а запас в 25-летнем возрасте составляет около 300 м<sup>3</sup>/га, т.е. примерно на 50 % больше, чем у местной осины. С 1999 г. создание плантационных культур гибридной осины проводится в Эстонии, в прошлом году к созданию опытных культур приступила также Латвия.

Гибридная осина является быстрорастущей породой со светлой древесиной, целлюлоза из которой не требует отбеливания при производстве бумаги. Это снижает затраты и имеет положительное значение с природоохранной точки зрения. Поскольку содержание лигнина в древесине гибридной осины низкое, а углеводов – высокое, она легко поддается химической и механической обработке. Древесина имеет тонкостенные, короткие, небольшого диаметра волокна, что делает ее идеальным сырьем для производства бумаги.

В Северной Европе первые скрещивания между европейской (*Populus tremula*) и американской (*Populus tremuloides*) осинкой были проведены в 1939 г. в Швеции. Интерес к гибридной осине в то время был вызван потребностями спичечной промышленности в древесине. К 1952 г. было получено более 50 гибридных семей, однако в 1960 г. предприятия по производству спичек в Швеции были закрыты и селекционные работы с гибридной осинкой прекратились. Интерес к гибридной осине снова возник в 80-х годах, когда появилась необходимость облесения земель, вышедших из-под сельскохозяйствен-



Общий вид культур гибридной осины в возрасте восьми лет в Финляндии (в центре левого ряда – контрольные растения местной осины).

ного пользования. Другими причинами возобновления работ по селекции гибридной осины в Швеции были энергетический кризис середины 70-х годов и отличное качество ее древесины для производства бумаги. За 1986-1991 гг. было получено 280 клонов гибридной осины, которые были высажены в 14 архивах. В 2000 г. проведена селекционная оценка клонов по 13 параметрам, характеризующим качество ствола и древесины,

при этом была выявлена значительная межклоновая изменчивость по этим признакам.

В Финляндии первые скрещивания между европейской и американской осинкой были проведены в 1950 г. В 50-60-х годах были выполнены несколько сотен вариантов скрещиваний. Гибридным потомством было заложено 17 участков опытных культур и 670 участков производственных культур по всей Финляндии. Позднее были получены гибриды второго поколения, которые также были высажены в культуры. В начале 70-х годов были исследованы 300 из этих участков, содержащих более 170 семей и более чем 60000 деревьев. В то время интерес к древесине осины и тополя был вызван потребностями спичечной промышленности, однако впоследствии он угас. В 90-х годах работы по селекции гибридной осины возобновились в связи с запросами целлюлозно-бумажной промышленности, нуждающейся в качественном древесном сырье. После 1995 г. в заложенных ранее культурах было отобрано по показателям роста и качества ствола около 400 плюсовых деревьев. После проведения детального анализа физико-химических свойств древесины этих плюсовых деревьев из них было отобрано 50 лучших для последующего вегетативного размножения и создания плантационных культур.

В 2008 г. между Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН и Институтом леса Финляндии (METLA) было заключено соглашение о научном сотрудничестве в области селекции гибридной осины. В рамках этого соглашения в мае 2008 г. я был командирован на селекционную станцию Хаапастенсирья Института леса Финляндии.

В ходе командировки я ознакомился с технологией выращивания посадочного материала и создания лесных культур гибридной осины. От Института леса Финляндии был получен растительный материал (48 лучших клонов гибридной осины) для дальнейшего размножения в тепличном комплексе ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК», который был пущен в этом году в Сысольском районе республики.



## ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ

### Разнообразие фауны: двукрылые

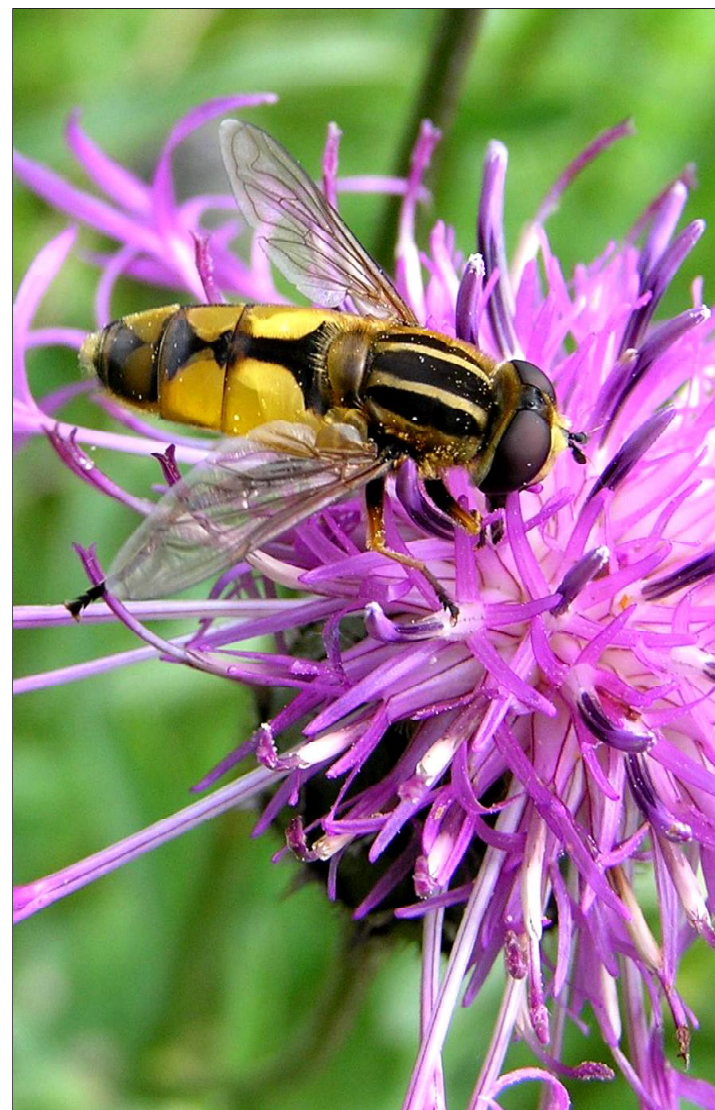


Двукрылые — одна из наиболее разнообразных групп животных. В мировой фауне по разным оценкам насчитывается от 130 до 200 тыс. видов.

Первые сведения о фауне двукрылых европейского Северо-Востока были получены в конце XIX в. в ходе многочисленных экспедиций, учрежденных как Российской императорской академией наук, так и академиями других стран, прежде всего Норвегии. Первая экспедиция, в которой были собраны коллекции двукрылых, была организована Норденскольдом (1875) на архипелаг Новая Земля и о-в Вайгач. На основании этих сборов Хольмгрен в 1883 г. приводит список из 81 видов двукрылых, из них 53 вида были описаны им как новые для науки. Развитие промышленного оленеводства в тундровой и лесной зоне Европейского Севера в первые годы советской власти столкнулось с проблемой нападения на оленей гнуса и подкожных и носоглоточных оводов. Инвазии приводили к падежу скота, снижению товарного качества мяса и порче шкур оленей. С начала 30-х по конец 60-х годов XX в. К.А. Бреевым, П.И. Брюшининым, Д.В. Савельевым, Е.П. Пушменковым проведены многочисленные исследования биологии гнуса и оводов в Малоземельской и Большеземельской тундрах. Исследованием кровососущих двукрылых в таежной зоне Коми АССР занимались И.А. Рубцов, Е.Н. Габова, Э.И. Соколова, Г.Т. Брюшина, Т.С. Остроушко. Значительный вклад в изучение комаров-хирономид региона внесли О.С. Зверева и Я.С. Кузьмина. В 80-90-х годах М.М. Долгин проводил исследования насекомых, влияющих на семенную продукцию хвойных на европейском Северо-Востоке. Им указываются 23 новых для региона видов двукрылых из 10 семейств. Изучены их видовой состав, экология, жизненные циклы и энтомофаги. Начиная с 2004 г. по настоящее время С.В. Пестовым ведется изучение короткоусых двукрылых таежной зоны Республики Коми. Изучены консортивные связи двукрылых с цветковыми растениями. На сегодняшний день число известных видов двукрылых региона насчитывает 1406 видов.

Представители отряда обитают во всех четырех средах жизни. Имаго подавляющего большинства видов обитают в наземно-воздушной среде и питаются на цветках растений нектаром или пыльцой (нектаро- и полинофаги), кровью позвоночных животных (гематофаги) или насекомыми (хищники). Имаго некоторых высокоспециализированных семейств являются паразитами. Пчелиные вши (Brulidae), имаго которых являются эктопаразитами пчел; Streblidae и Nycterbiidae, паразитирующие во взрослой стадии на летучих мышах; Hippoboscidae — паразиты птиц и копытных. Имаго некоторых представителей двукрылых обитают в норах грызунов, пещерах (Helomyzidae), муравейниках (Phoridae). По характеру питания и распределения личинок в субстратах выделяются

Окончание на обороте



# ВЕСТНИК

Института биологии Коми НЦ УрО РАН

ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ

Разнообразие фауны:  
двукрылые

2008

№ 11(133)

Окончание. Начало на задней обложке.

шесть экологических групп. К сапрофагам относятся организмы, питающиеся различными разлагающимися остатками высших растений, грибов, разлагающейся древесиной (Tipulidae, Limoniidae (фото 1), Bibionidae, Scatopsidae, Sciariidae, Stratiomyidae, Sepsidae, Helomyzidae, Sphaeroceridae, Drosophilidae, Dryomyzidae). Личинки ряда семейств двукрылых относятся к специфическим фитофагам. Проникая в ткани растений они образуют галлы (фото 2, 3) на листьях, стеблях и корнях (Cecidomyiidae, Chloropidae, Tephritidae) и мины на листьях (Agromyzidae, Psilidae, Scatophagidae) либо не вызывают патогенных новообразований (Helomyzidae, Otitidae, Anthomyidae, Syrphidae). Представители нескольких семейств (Stratiomyidae, Syrphidae (фото на обложке), Helomyzidae, Volitophilidae, Cecidomyiidae, Muscophilidae, Platypesidae, Sciariidae), питающихся гифами грибов, относят к мицетофагам. Специфической экологической группой двукрылых являются копрофаги (Psychodidae, Sepsidae, Scatopsidae, Ceratopogonidae, Fannidae, Syrphidae, Muscidae, Anthomyiidae (фото 4)). Они встречаются среди экскрементов насекомых в почве, древесине, в экскрементах животных в лесу, на пастбищах, в нечистотах вокруг жилища человека и имеют большое значение как переносчики ряда кишечных инфекций. Личинки-некрофаги развиваются в трупах позвоночных животных (Calliphoridae, Muscidae, Scrophagidae, Stratiomyidae). Разнообразна группа зоофагов. В этой группе выделяются хищники и паразиты. Личинки хищных двукрылых питаются в основном другими насекомыми в почве (Tabanidae, Chloropidae, Scatophagidae, Muscidae, Calliphoridae), воде (Culicidae, Chironomidae) или в наземно-воздушной среде (Syrphidae, Cecidomyiidae). Представители нескольких семейств хищничают и на стадии личинки (ксилобионты и эдафобионты), и на стадии имаго (хортобионты) — Rhagionidae, Xylophagidae, Asilidae, Empididae, Dolichopodidae.



к.б.н. **С. Пестов**

Фото автора

---

**ВЕСТНИК ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ 2008 № 11 (133)**

Редактор **И.В. Рапога**

Ответственный за выпуск .....

Компьютерный дизайн и стилистика **Р.А. Микушев**

Компьютерное макетирование и корректура **Е.А. Волкова**

Лицензия № 19-32 от 26.11.96 КР № 0033 от 03.03.97

Информационно-издательская группа Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Адрес редакции: г. Сыктывкар, ГСП-2, 167982, ул. Коммунистическая, д. 28

Тел.: (8212) 24-11-19; факс: (8212) 24-01-63

E-mail: directorat@ib.komisc.ru

Компьютерный набор.

Подписано в печать ..... Тираж 220. Заказ № .....

Распространяется бесплатно.