© Л. В. Барабанова

Кафедра генетики и селекции
СПбГУ,
Санкт-Петербург

❀ **Настоящий курс лекций для магистров кафедры генетики и селекции посвящен рассмотрению предмета экологической генетики, который формируется на основе генетических подходов в изучении экологических отношений. На основе данного принципа в рамках экологической генетики подробно обсуждаются такие самостоятельные направления исследований, как генетический контроль синэкологических и аутэкологических отношений, а также изменчивость признаков чувствительности к действию факторов окружающей среды и факторов биологической природы. В курсе экологической генетики дается исторический ракурс развития идей и методов данной биологической науки.**

❀ **Ключевые слова:** экологическая генетика, синэкологические и аутэкологические отношения, эколого-генетические модели, симбиоз, генетическая токсикология, генетические тест-системы, инфекционный мутагенез, феромоны, биотрансформация, ксенобиотики, диоксины, гены «внешней среды», антимутагенез.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕНЕТИКА

РАЗВЕРНУТАЯ АННОТАЦИЯ КУРСА

В рамках подготовки магистров на кафедре генетики и селекции курс «Экологическая генетика» входит в перечень обязательных курсов для всех магистерских программ. Это связано с тем, что различные аспекты экологической генетики неразрывно связаны практически со всеми современными направлениями генетики в целом. Поэтому, основной целью настоящего курса лекций, сравнительно небольшого по своей протяженности (16 лекционных часов), является рассмотрение предмета экологической генетики, который формируется на стыке подходов со стороны генетики при изучении наследственности и изменчивости и экологии в отношении разных типов экологических отношений. Данный оригинальный взгляд, предложенный С. Г. Инге-Вечтомовым, позволяет выделить в структуре экологической генетики, с учетом указанного подхода, четыре самостоятельных раздела. Это — генетическая токсикология, биологические факторы мутагенеза, эколого-генетические модели и генетика устойчивости/чувствительности к действию факторов среды.

Перечисленные направления экологической генетики охватывают более широкий круг вопросов по сравнению с традиционно принятыми у биологов. Первоначально, согласно определению Е. Б. Форда (1964), основным содержанием экологической генетики является изучение приспособленности и адаптаций природных популяций по отношению к условиям среды, в которых они находятся. Следует подчеркнуть, что и по сегодняшний день «популяционное направление» является ведущим и бурно развивается благодаря активному привлечению многочисленных современных методов в изучении генетической изменчивости. К ним можно отнести молекулярные методы, позволяющие использовать белковые и ДНК-маркеры для выявления вариабельных локусов, математические методы и математическое моделирование с целью осуществления оценки действия факторов динамики генетической структуры популяций и многие другие. В последующем к традиционным вопросам популяционной генетики добавился и такой важный аспект, как изучение последствий антропогенного воздействия на различные популяции.

В то же время не следует упускать из вида тот факт, что любая популяция, как и процессы в ней протекающие, не может рассматриваться вне связи ее с другими популяциями, составляющими единую экосистему. Это подразумевает поиск и изучение многочисленных связей, которые возникают между организмами, объединенными в одной экосистеме, а также между организмами и факторами среды, действующими на них. Поэтому, экологическая генетика, используя богатый методический опыт экологии и генетики, должна способствовать изучению взаимовлияния экологических отношений и генетических процессов, затрагивающих не только популяционный уровень, но и межорганизменный. Это — то, что можно рассматривать как новый, нетрадиционный подход к современному содержанию экологической генетики.

В соответствии с перечисленными направлениями исследований в рамках читаемого курса «Экологической генетики» рассматриваются ключевые моменты, определяющие каждый из четырех разделов. Например, в лекциях, посвященных разделу генетической токсикологии, обсуждаются основные принципы и методология тестирования факторов окружающей среды с целью оценки их генетической активности. Вводятся основные понятия генетической токсикологии такие, как тест-система, универсальность и чувствительность тест-систем, валидность, ложноположительные и ложноотрицательные ответы и другие. Приводятся отдельные примеры использования генетических тест-систем для выявления генетической активности широко распространенных агентов в окружающей среде живых орга-

низмов и человека. В дальнейшем более глубокое знакомство с разделом «Генетическая токсикология» студенты, обучающиеся по магистерской программе «Экологическая генетика», получают в одноименном спецкурсе, представленном в учебном плане данной программы. Подобные спецкурсы магистерской программы «Экологическая генетика» и других магистерских программ кафедры сопровождают три, оставшиеся из четырех, рассматриваемых разделов экологической генетики. Так, в курсе «Факторы среды и наследственность человека» подробно обсуждаются «гены внешней среды», которые определяют устойчивость чувствительность человека к действию различных факторов. При этом наглядно демонстрируется условность строгого выделения в структуре экологической генетики четырех перечисленных разделов, поскольку рассмотрение механизмов работы «генов внешней среды» происходит с привлечением работы метаболических систем детоксикации организмов. А это непосредственно относится к вопросам генетической токсикологии. Спецкурс «Генетика межорганизменных взаимодействий», посвященный одному из ключевых моментов функционирования биосистем, логично дополняет как раздел «Экологической генетики», посвященный эколого-генетическим моделям, так и общий курс для студентов бакалавриата «Симбиогенетика», который на конкретном примере азотфиксации у высших растений знакомит студентов со сложными генетическими механизмами его контроля.

Таким образом, курс лекций по «Экологической генетике» ставит своей целью в краткой форме осветить сформировавшиеся направления исследований, посвященные генетическому контролю эколого-генетических взаимодействий, и подготовить студентов к активному восприятию более частных проблем, рассматриваемых в спецкурсах отдельных магистерских программ. Более подробно содержание курса лекций по «Экологической генетике» представлено в его программе.

ПРОГРАММА КУРСА «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕНЕТИКА» (11 СЕМЕСТР, 16 ЧАСОВ)

Во **введении** в историческом аспекте рассматривается эволюция взглядов о предмете и методах экологической генетики. Развитие представлений о содержании экологической генетики на разных этапах становления генетики и экологии тесно связано с именами таких выдающихся ученых, как С. С. Четвериков, Н. И. Вавилов, Ф. Г. Добржанский, И. Б. Форд, Тигерстед, Турессон, Брюэр, И. А. Захаров, А. А. Жученко, Ю. П. Алтухов, С. Г. Инге-Вечтомов. Общая структура экологической генетики формируется на основе рассмотрения наследственности и изменчивости синэкологических и аутэкологических отношений. Одновременно обсуждается влияние жизнедеятельности организмов на среду обитания и роль антропогенных факторов в экологических отношениях. Согласно представленной структуре экологической генетики, дается более подробный анализ каждого из четырех ее разделов.

Эколого-генетические модели. В данном разделе приводится классификация разных типов межорганизменных взаимодействий. Даются примеры элементарных признаков взаимодействия между организмами и обсуждается проблема поиска элементарных признаков при синэкологических отношениях, а также возможность проведения генетического анализа. Рассматриваются существующие пищевые цепи и пищевые сети, продуценты и потребители вторичных метаболитов единых метаболических путей. Обсуждается различное влияние синэкологических отношений на генетические процессы, протекающие в клетках взаимодействующих организмов, на примере взаимодействия агробактерий и высших растений, высших растений и насекомых, и других. Экспериментальные эколого-генетические модели — дрожжи-дрозофила, грибы-растения, бактерии-растения. Молекулярно-генетические механизмы взаимодействия между организмами на примере грибной инфекции у растений: формирование устойчивости растения к патогену. Модель «ген-на-ген» у томата и гриба *Cladosporium fulvum*. Эндосимбионты простейших, насекомых, ракообразных. Генетические эффекты эндосимбиотических взаимодействий. Перспективы изучения эколого-генетических моделей с целью борьбы с насекомыми-вредителями, патогенами сельскохозяйственных культур и т.д. Проблема управления численностью организмов в пределах общей экологической системы.

Генетическая токсикология. Ксенобиотики и генетически активные факторы. Естественные и антропогенные факторы окружающей среды. Классификация мутагенных факторов. Радиационный мутагенез. Механизмы действия радиации. Дифференциальная чувствительность организмов к действию радиации. Зависимость доза-эффект для разных типов мутаций. Радиопротекторы. Химический мутагенез. Классификация химических мутагенов, специфичность их действия. Связь мутагенеза с канцерогенезом. Генетические последствия крупных производственных аварий, ядерных испытаний, катастроф (Хиросима и Нагасаки, Тоцкий полигон, Чернобыль, Севезо и т. д.). Биологические и генетические последствия загрязнений среды диоксинами, в том числе, на примере войны во Вьетнаме (модель полигона диоксинового загрязнения).

Тест-системы, применяемые в генетическом мониторинге действия факторов окружающей среды. Системы тестов для оценки генетической опасности. Требования, предъявляемые для создания тест-систем: критерии универсальности, специфичности, прогностической ценности. Проблема экстраполяции данных различных тест-систем на человека. Критерии генетической активности: генные мутации, конверсия, митотический и мейотический кроссинговер, хромосомные перестройки, сестринские хроматидные обмены, микроядра, внеплановый синтез ДНК, ДНК-аддукты и т.д. Объекты тест-систем: бактерии, грибы, водоросли, высшие растения, дрозофила, мышь, культуры клеток млекопитающих, человека

и т. д. Промутагены и проблема метаболической активации (монооксигеназы, глутатион-S-трансферазы, N-ацетилтрансферазы). Антимутагенез (дисмутагены и биоантимутагены). Классификации антимутагенов (Т. Кадо, Г. Г. Порошенко, А. Д. Дурнев, У. К. Алекперов и др.). Механизмы антимутагенеза. Профилактика мутагенного действия факторов среды (пищевые добавки, витамины, антиоксиданты и др.). Мутагенное закаливание.

Генетика устойчивости/чувствительности к действию факторов среды. Радиоустойчивость. Радиоадаптивный эффект. Адаптация к химическим мутагенам. Фармакогенетика — дифференциальная реакция организмов на действие лекарственных препаратов. Окружающая среда и наследственные болезни человека. Генетическая гетерогенность популяций человека по чувствительности к факторам окружающей среды и производственным вредностям. Наследственная чувствительность к мутированию (синдромы Блюма, Луи Бара, Вернера, пигментная ксеродерма, атаксия телеангиэктазия, анемия Фанкони и другие). Гены «предрасположенности» и гены «внешней среды». Проблемы профориентации и медицинского страхования.

Биологические факторы мутагенеза. Старение, нейрогуморальные и иммунологические конфликты в организме, инфекции. Открытие С. М. Гершензоном ДНК-мутагенеза. Мутагенный эффект вирусов кори, аденовируса, гриппа, оспы, ветряной оспы, эпидемического паротита и других. Генетические эффекты продуктов жизнедеятельности высших растений, грибов, животных. Пример описторхозной инфекции как биологического фактора мутагенеза. Роль гуморальной и иммунной систем в мутагенезе. Иммунологический и физиологический стрессы как генетически активные факторы — работы Ю. Я. Керкиса, П. М. Бородина. Влияние состояния нервной системы на мутационный процесс — исследования М. Е. Лобашева, Г. Г. Полянской, Л. А. Алексеевич. Модель феромонального стресса на мышах — работы Цапыгиной Р. И., Новикова С. Н., Даева Е. В.

Работа поддержана грантом «Ведущие научные школы» НШ-7623.2006.4

Литература

1. *Баранов В. С.* «Геном человека и гены «предрасположенности» (Введение в предиктивную медицину) / В. С. Баранов, Е. В. Баранова, Т. Э. Иващенко, М. В. Асеев — СПб: Интермедика, 2000. — 272 с.
2. *Васильев А. Г.* Эколого-генетический анализ отдаленных последствий Тоцкого ядерного взрыва в Оренбургской области в 1954 г. (факты, модели, гипотезы) / Васильев А. Г., Боев В. М., Гилева Э. А. и др. — Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1997. — 192 с.
3. Генетика развития растений / Лутова Л.А., Проворов Н. А., Тиходеев О. Н. [и др.] — СПб, Наука, 2000. — 539 с.
4. *Инге-Вечтомов С. Г.* Метаболизм стеринов и защита растений / Инге-Вечтомов С. Г. // Соровский образовательный журнал. — 1997. — №11(24). — С. 16–21.
5. *Инге-Вечтомов С. Г.* Генетика с основами селекции / Инге-Вечтомов С. Г. — М., Высшая школа, 1989. — 495 с.
6. *Инге-Вечтомов С. Г.* Экологическая генетика. Что это такое? / Инге-Вечтомов С. Г. // Соровский образовательный журнал. —1998. — № 2(27). — С. 59–65.
7. *Инге-Вечтомов С. Г.* Влияние экологических отношений на генетические процессы / Инге-Вечтомов С. Г., Барабанова Л. В., Даев Е. В., Лучникова Е. М. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер.3. Биология. — 1999. — Вып. 4, № 24. — С. 14—31.
8. Исследования по генетике. Выпуск 12. // Под редакцией С. Г. Инге-Вечтомова. — СПб: Изд-во СПб университета, 1999. — 128 с.
9. *Захаров И. А.* Экологическая генетика и проблемы биосферы / Захаров И. А. — Ленинград: Знание, 1984. — 32 с.
10. Мутагены и канцерогены в окружающей среде. Новые подходы к оценке риска для здоровья (материалы рабочего совещания, Санкт-Петербург, 22–24 октября 1997г.) // Под редакцией Инге-Вечтомова С. Г., Худолея В. В. — Санкт-Петербург, 1998. — 171 с.
11. *Пузырев В. П.* Медицинские аспекты экогенетики / Пузырев В. П. // Соровский образовательный журнал. — 1997. — № 8(21). — С. 20–26.
12. *Худолей В. В.* Канцерогены: Характеристики, закономерности, механизмы действия / Худолей В. В. — СПб, 1999. — 419 с.
13. *Худолей В. В.* Экологически опасные факторы / Худолей В. В., Мизгирев И. В. — СПб: Изд-во Банк Петровский, 1996. — 186 с.

Ecological genetics

L. V. Barabanova

❀ **SUMMARY: The current lecture course within the master's degree program at the department of genetics and breeding is devoted to the main subject of ecological genetics, which is based on several approaches usually used in investigation of ecological relationships. According to this principle in the context of ecological genetics such original researches as genetic control of sinecological and autoecological relationships and variability of sensitivity to environmental and biological factors are discussed in detail. In the course of "Ecological genetics" the historical foreshortening of ideas and methods applied in this biological science is given.**

❀ **KEY WORDS: ecological genetics, sinecological and autoecological relationships, models for ecological genetics, symbiosis, genetic toxicology, genetic test-systems, infection mutagenesis, pheromones, biotransformation, xenobiotics, dioxins, "environmental" genes, antimutagenesis**