

Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН  
Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН  
Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН  
Кафедра биологической эволюции МГУ им. М. В. Ломоносова  
Кафедра высшей нервной деятельности МГУ им. М. В. Ломоносова  
Государственный Дарвиновский музей



**МАТЕРИАЛЫ  
IV МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

к 875-летию Москвы  
и 115-летию со дня основания  
Государственного Дарвиновского музея

**17–20 октября 2022 года**

ББК 28.02  
С 568  
УДК 575.85

**С 568 Современные проблемы биологической эволюции: материалы IV Международной конференции к 875-летию Москвы и 115-летию со дня основания Государственного Дарвиновского музея.**  
17–20 октября 2022, г. Москва. — М. : ГДМ, 2022. — 462 с.

ББК 28.02

Составители: *Рубцов А. С., Александрова А. А., Сударикова Е. В.*  
Редакторы: *Подольная А. В., Трегуб Н. И.*  
Компьютерная верстка: *Цветков В. Э.*

ISBN 978-5-6046176-7-0



© Государственный Дарвиновский музей, 2022

**Оргкомитет  
и руководители секций**

**Эволюционная генетика:**

**Политов Дмитрий Владиславович**

*д.б.н., зав. лаб. Популяционной генетики ИОГен РАН, Москва*

**Бородин Павел Михайлович**

*д.б.н., проф., г.н.с. ИЦиГ СО РАН, Новосибирск*

**Внутривидовая  
специализация и адаптации:**

**Феоктистова Наталья Юрьевна**

*д.б.н., ученый секретарь ИПЭЭ РАН, Москва*

**Суров Алексей Васильевич**

*чл.-корр. РАН, зав. лаб. Сравнительной этологии и биокоммуникации  
ИПЭЭ РАН, Москва*

**Вид и видообразование:**

**Лавренченко Леонид Александрович**

*д.б.н., зав. лаб. Микроэволюции млекопитающих ИПЭЭ РАН, Москва*

**Мина Михаил Валентинович**

*д.б.н., в.н.с. ИБР РАН, Москва*

**Эволюция поведения:**

**Опаев Алексей Сергеевич**

*д.б.н., с.н.с. лаб. Сравнительной этологии и биокоммуникации ИПЭЭ РАН,  
Москва*

**Смирнова Анна Анатольевна**

*к.б.н., в.н.с. каф. Высшей нервной деятельности МГУ, Москва*

**Филогения и филогеография:**

**Холодова Марина Владимировна**

*д.б.н., рук. каб. Методов молекулярной диагностики ИПЭЭ РАН, Москва*

**Мещерский Илья Григорьевич**

*к.б.н., с.н.с. каб. Методов молекулярной диагностики ИПЭЭ РАН, Москва*

### **Макроэволюция:**

**Журавлев Андрей Юрьевич**

*д.б.н., проф. каф. Биологической эволюции МГУ, Москва*

**Краус Юлия Александровна**

*д.б.н., в.н.с. каф. Биологической эволюции МГУ, Москва*

### **Теория биологической эволюции: история и современность**

**Марков Александр Владимирович**

*д.б.н., зав. каф. эволюции, МГУ, Москва, Россия*

**Рубцов Александр Сергеевич**

*к.б.н., с.н.с. отдела эволюции Государственного Дарвиновского музея*

### **КРУГЛЫЕ СТОЛЫ**

#### **Популярная наука**

**Калякин Михаил Владимирович**

*д.б.н., директор Научно-исследовательского Зоологического музея МГУ*

**Михайлова Наталия Евгеньевна**

*к.б.н., заслуженный работник культуры РФ, зав. образовательным отделом Государственного Дарвиновского музея*

### **Происхождение многоклеточных животных**

**Журавлев Андрей Юрьевич**

*д.б.н., проф., Биофак МГУ*

**Наймарк Елена Борисовна**

*д.б.н., в.н.с. ПИН РАН*

### **Роль акустических сигналов в видообразовании**

**Веденина Варвара Юрьевна**

*д.б.н., г.н.с. Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН*

**Опаев Алексей Сергеевич**

*д.б.н., с.н.с. Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН*

**Теория carcino-evo-devo: эволюционная онкология  
и прогрессивная эволюция**

**Козлов Андрей Петрович**

*д.б.н., профессор ИОГен РАН, Москва*

**Городская экология**

**Феоктистова Наталья Юрьевна**

*д.б.н., ученый секретарь ИПЭЭ РАН, Москва*

**Суров Алексей Васильевич**

*чл.- корр. РАН, зав. лаб. Сравнительной этологии и биокommunikации  
ИПЭЭ РАН, Москва*

## **Возникновение и дивергенция типов клеток как основа перехода к многоклеточности**

Русин Л. Ю.

*Институт проблем передачи информации  
им. А. А. Харкевича РАН, Москва*

Базовой характеристикой многоклеточности является пространственное сосуществование разных типов клеток, реализующих разную функцию на основе единой генетической программы. Феномен настоящей многоклеточности возникал независимо в ходе эволюции у предков животных, грибов, наземных растений, зелёных, красных и бурых водорослей, свидетельствуя о базовых эволюционных преимуществах такого перехода.

В отличие от временных клеточных агрегатов у колониальных одноклеточных эукариот, настоящие многоклеточные формы являются клональными (реализуются на основе генома единой родительской клетки) и поддерживают целостность колонии на счёт клеточной дифференцировки в ходе развития. Стабильность и координация такой дифференцировки необходимы для слаженного и эффективного соисполнения функций отдельными клетками и избегания ущерба выживанию и целостности всего организма при эксплуатации его типами клеток с изменённой программой развития, как происходит в случае раковых клеток.

Сегодня достоверно установлено, что основные семейства генов, необходимые для настоящей многоклеточности, возникали уже у предковых одноклеточных форм и определили предпосылки для реализации базовых клеточных функций в пространственно-стабильной колонии: межклеточная адгезия, коммуникация и трансдифференцировка (способность к смене дискретного функционального морфотипа в ходе жизни отдельной клетки). Это наблюдение определяет базовую связь между молекулярными основами клеточной дифференцировки и её управлением у современных многоклеточных и механизмами перехода к постоянной многоклеточности и делает сравнительно-эволюционный анализ клеточных типов основой изучения этих процессов.

В 2020 году опубликованы первые систематические исследования с охватом основных групп животных (Metazoa, многоклеточные в традиционном понимании), совмещающие изучение эволюции генных семейств со сведениями о структуре генома и составе транскрипции. Было показано, что большинство генных семейств появилось или дуплицировалось на уровне

общего предка животных, и в меньшей степени — на уровне отдельных крупных таксонов, а основным трендом является массовая систематическая потеря генов, особенно в пределах групп с наибольшим разнообразием морфологических форм, типов клеток и тканей (включая всех вторичноротых Bilateria). Этот факт означает, что эволюционный успех животных не связан с обогащением геномного репертуара, как считалось ранее, а предполагает иные, в первую очередь регуляторные механизмы возникновения, перенятия или смены функции у генов-потомков ограниченного набора предковых семейств — для формирования новых и трансформации предковых молекулярных систем.

Развитие инструментов геномики одиночных клеток (single-cell genomics) сделало возможным исследовать экспрессию на уровне разрешения ген/клетка, формализовать и очертить молекулярно-генетическую основу «типа клетки» как элементарной биологической единицы в реализации программы «генотип — регуляция — фенотип». За короткое время получены большие объёмы данных о составе клеточного транскриптома и определена структура генома у представителей ряда групп ключевого значения для понимания механизмов перехода к многоклеточности у животных, а значит, и изучения клеточной дифференцировки. Состав экспрессии выявил случаи сходства между морфологически разными типами клеток у эволюционно далёких родственников и в то же время — различия среди гистологически неразличимых популяций клеток в составе тканей, что породило гипотезы об эволюционном родстве отдельных типов клеток и высокой пластичности их реализации на сходной геномной основе.

В 2021 году численное сравнение сходства профилей экспрессии позволило построить первые схемы филогении типов клеток для основных эволюционных стволов животных из состава Planulozoa (Cnidaria, первичноротые и вторичноротые Bilateria). Реконструкции показали значительную гетерогенность традиционных клеточных морфотипов: нейрона, мышц (гладких и скелетных), эпителиев, эндотелиев, пролиферативных, стромальных и иммунных клеток. Было показано, что профили экспрессии только отчасти маркируют традиционные морфотипы, выявляют значительное число скрытых типов клеток, и разные морфотипы могут иметь сильные категории сходства между разными стволами животных.

Нейрон и мышечные типы являются наиболее консервативными по составу экспрессии, т.е. наиболее сходны по программе клеточной дифференцировки, а наиболее варибельными являются эндотелии и пролиферативные клетки. Это означает, что не все морфотипы являются потомками

единых клеточных линий, и сходство некоторых морфотипов возникло независимо (имеет гомопластичную природу). Возникает потребность разделения понятия гомологичности на молекулярном и фенотипическом уровнях для интерпретации эволюционного родства: сходство геномной программы дифференцировки (состав активных генов и их регуляция) оказывается по значимости первично, сходство фенотипа — вторично. Современная теория клеточной дифференцировки должна объяснять наблюдение, что традиционные морфотипы могут оказываться неродственными генетически. Одним из таких обобщений может являться интерпретация типа клетки как «временной реализации» в онтогенезе части генома, определяющей конечный морфотип, в составе общей программы дифференцировки. Такая интерпретация объясняет наблюдаемую схожесть сценариев эволюции клеточных типов и генных семейств через аналогичные события дупликаций, возникновений и мозаичной утраты в ходе видовой эволюции (эволюции генома зародышевой линии). Такие «временные реализации» являются базовыми единицами отбора на клеточном уровне, что предполагает возможность появления независимого сходства морфотипов в ходе адаптивной эволюции, например, в результате конвергенции. Дальнейшее накопление сведений и формирование теории происхождения клеточных типов будут иметь решающее значение для понимания предпосылок и механизмов перехода к постоянной колониальности.