

Переводчики:

Е. А. Радугина (гл. 1–4, 21, 22), Ю. В. Храмова (гл. 5–7, 12),
Д. А. Никишин (гл. 8, 9, 10), И. Е. Борисенко (гл. 13, 15, 19),
В. В. Козин (гл. 17, 18), Н. М. Алешина (гл. 11, 20),
Е. Ю. Шмуклер (гл. 14, 16), Ю. Б. Шмуклер (гл. 23, 24)

Барреси М. Дж. Ф.

Б25 Биология развития / М. Дж. Ф. Барреси, С. Ф. Гилберт ;
пер. с англ. под ред. д-ра биол. наук А. В. Васильева. — Электрон. изд. — М. : Лаборатория знаний, 2022. — 803 с. — Систем.
требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экра-
на. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-00101-984-8

Перевод нового, дополненного 12-го издания «Биологии развития» М. Дж. Ф. Барреси и С. Ф. Гилберта привлекает своей основательностью и возможностью эффективно узнавать о классических принципах и о передовых разработках в этой обширной междисциплинарной области. Книга очень любима, хорошо иллюстрирована и предельно понятно написана.

Обновлены главы об оплодотворении, дроблении, гастрюляции, раннем развитии позвоночных, клеточной дифференцировке и клеточных взаимодействиях в процессе развития. Включена информация о биологии растений в те из них, которые посвящены клеточной спецификации, регуляции генов, клеточной коммуникации, производству гамет, оплодотворению, определению осей, формированию органов и регенерации.

Представлен новый материал о морфомеханике развития во время гастрюляции у дрозофилы и формирования легких млекопитающих. Особое внимание уделено использованию полногеномных подходов, выводящих наше понимание дифференцировки клеток на новый уровень.

Для студентов и аспирантов биологических и медицинских вузов, а также их преподавателей, будет полезна старшеклассникам для более глубокого изучения предмета.

УДК 573
ББК 28.03

Деривативное издание на основе печатного аналога: Биология развития / М. Дж. Ф. Барреси, С. Ф. Гилберт ; пер. с англ. под ред. д-ра биол. наук А. В. Васильева. — М. : Лаборатория знаний, 2022. — 800 с. : ил.

ISBN 978-5-00101-323-5

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

Developmental Biology, International Twelfth Edition was originally published in English in 2020. This translation is published by arrangement with Oxford University Press. BKL Publishers is solely responsible for this translation from the original work and Oxford University Press shall have no liability for any errors, omissions or inaccuracies or ambiguities in such translation or for any losses caused by reliance thereon.

Developmental Biology, International Twelfth Edition было впервые опубликовано на английском языке в 2020 г. Этот перевод опубликован по договоренности с Oxford University Press. ООО «Лаборатория знаний» несет полную ответственность за этот перевод оригинального произведения, и Oxford University Press не несет ответственности за любые ошибки, упущения, неточности или двусмысленности в этом переводе или за убытки, причиненные в связи с его использованием.

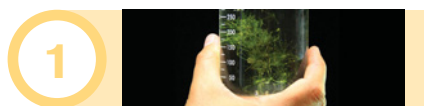
© 2020 Oxford University Press
© Лаборатория знаний, 2022

ISBN 978-5-00101-984-8

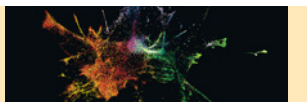
Содержание

Предисловие к русскому изданию	6	Новое в международном двенадцатом издании	18
		Развитие растений охватывает все	18
Предисловие: широкий взгляд на биологию развития	17	Модернизированная и расширенная глава по регенерации	18
		Обновления во всех главах	18
Вспомним междисциплинарные основы области	17	Новый, ориентированный на студентов, подход	19
		Благодарности	19

ЧАСТЬ I • Раннее развитие: дробление, гастрюляция и формирование осей **21**



Возникновение тела и области: введение в биологию развития	21	Обзор раннего развития животных	34
		Способы дробления	34
«Как ты? Кто ты?». Сравнительная эмбриология и вопросы биологии развития	23	Гастрюляция: важнейшее событие в нашей жизни	36
Жизненный цикл	27	Первичные зародышевые листки и первые органы	37
Жизненный цикл животного	27	Постигая поведение клеток в эмбрионе	38
Жизненный цикл цветкового растения	28	Принципиальный подход к наблюдению развития	40
Пример 1: жизнь лягушки	28	Подход к проблеме: обнаружить, утратить, переместить	40
Гаметогенез и оплодотворение	29	Прямое наблюдение за живыми эмбрионами	41
Дробление и гастрюляция	29	Мечение красителями	41
Органогенез	31	Генетические метки	41
Метаморфоз и гаметогенез	31	Химеры с трансгенной ДНК	43
Пример 2: даже в жизни сорняков есть место цветам	32	Эволюционная эмбриология	45
Фазы репродукции и гаметофита	32	Понимание древа жизни позволяет увидеть взаимосвязи в развитии его представителей	47
Эмбриогенез и созревание семени	32	История развития наземных растений	52
Вегетативные фазы: от роста спорофита до определения соцветия	34	Медицинская эмбриология и тератология	56
		Генетические аномалии и синдромы	56
		Нарушения и тератогены	56
		Послесловие	57



Определение идентичности: механизмы разметки тела в развитии 59

Уровни коммитирования	59
Дифференцировка клеток	60
Созревание согласно траектории развития клетки	60
Автономная спецификация	61
Цитоплазматические детерминанты и автономная спецификация у оболочника	61
Условная спецификация	64
Синцитиальная спецификация	68
Положение определяют противонаправленные градиенты вдоль осей	68



Дифференциальная экспрессия генов: механизмы дифференцировки клеток 71

Определение дифференциальной экспрессии генов	71
Короткий курс по центральной догме	72
Доказательства геномной эквивалентности	73
Анатомия гена	75
Состав хроматина	75
Экзоны и интроны	76
Основные части гена эукариот	76
Продукт транскрипции и его процессинг	76
Некодирующие регуляторные элементы: включение, выключение, регулировка активности гена	77
Механизмы дифференциальной экспрессии генов: транскрипция	82
Эпигенетические модификации: настройка доступности генов	82
Транскрипционные факторы регулируют транскрипцию генов	85
Генная регуляторная сеть: определение отдельных клеток	90

Механизмы дифференциальной экспрессии генов: процессинг пре-мРНК 91

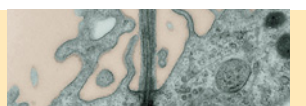
Создание семейств белков путем альтернативного сплайсинга пре-мРНК	91
--	----

Механизмы дифференциальной экспрессии генов: трансляция мРНК 93

Дифференциальная стабильность мРНК	93
мРНК, запасенные в ооцитах: избирательное ингибирование трансляции мРНК	93
Избирательность рибосом: избирательная активация трансляции мРНК	94
МикроРНК: специфическая регуляция трансляции и транскрипции мРНК	95
Контроль экспрессии РНК за счет локализации в цитоплазме	97

Механизмы дифференциальной экспрессии генов: посттрансляционные модификации белка 97

Послесловие 106



Межклеточная коммуникация: механизмы морфогенеза 109

Основы межклеточной коммуникации	110
Адгезия и сортировка: юкстакринные взаимодействия и физика морфогенеза	111
Дифференциальное сродство клеток	111
Термодинамическая модель взаимодействия клеток	113
Кадгерины и клеточная адгезия	114
Внеклеточный матрикс как источник сигналов для развития	116
Интегрины: рецепторы молекул внеклеточного матрикса	117
Эпителио-мезенхимный переход	118
Клеточная сигнализация	119
Индукция и компетенция	119
Паракринные факторы: молекулы-индукторы	123
Градиенты морфогенов	123
Каскады передачи сигнала: ответ на индукторы	125
Факторы роста фибробластов и тирозинкиназный сигнальный путь	125
FGF и сигнальный путь JAK-STAT	126
Семейство Hedgehog	127
Семейство Wnt	131

Суперсемейство TGF β	135	Клетки внутренней клеточной массы в эмбрионе мыши	158
Другие паракринные факторы	137		
Клеточная биология паракринной сигнализации	140	Ниши стволовых клеток у взрослых животных	159
Локальные выросты мембраны как источник сигналов	140	Стволовые клетки стимулируют развитие половых клеток в яичнике <i>Drosophila</i>	159
Юкстакринная сигнализация в определении идентичности клеток	145	Постнатальная ниша стволовых клеток в вентрикулярно-субвентрикулярной зоне	160
Сигнальный путь Notch: юстапозиция лигандов и рецепторов в установлении разметки тела	145	Нейронная ниша стволовых клеток в В-СВЗ	163
Координация паракринной и юкстакринной сигнализации: индукция вульвы у <i>C. elegans</i>	146	Постнатальная ниша стволовых клеток кишечника	166
		Самообновление клеток в крипте	166
		Стволовые клетки обеспечивают поддержание клеточного состава крови	168
		Гемопоэтическая ниша стволовых клеток	168
		Мезенхимные стволовые клетки: поддержание разнообразия тканей взрослого организма	171
		Регуляция развития МСК	172
		Модели систем человека для изучения развития и болезней	172
		Плюрипотентные стволовые клетки в условиях лаборатории	173
		Индукцированные плюрипотентные стволовые клетки	176
		Органоиды: изучение органогенеза человека в культуральной чашке	179
		Стволовые клетки: надежда или шумиха?	182



Стволовые клетки: НИШИ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК И ИХ ПОТЕНЦИАЛ 151

Концепция стволовой клетки	152
Деление и самовоспроизведение	152
Потенции определяют типы стволовых клеток	152
Регуляция стволовых клеток	154
Плюрипотентные клетки в эмбрионе	155
Клетки меристемы у эмбриона <i>Arabidopsis thaliana</i>	156

ЧАСТЬ II • Гаметогенез и оплодотворение: определение пола 185



Определение пола и гаметогенез	185
Определение пола	185
Хромосомное определение пола	186
Способы определения пола у млекопитающих	186
Гонадное определение пола у млекопитающих	187

Вторичное определение пола у млекопитающих: гормональная регуляция полового фенотипа	193
Хромосомное определение пола у <i>Drosophila</i>	197
Определение пола путем дозировки X-хромосомы	197
Ген <i>Sex-lethal</i>	197
<i>Doublesex</i> : ген переключения определения пола	199
Определение пола в зависимости от внешних факторов	200
Гаметогенез у животных	203

ППК млекопитающих: от половых валиков до гонад	203
Мейоз: переплетение жизненных циклов	204
Сперматогенез у млекопитающих	207
Оогенез у млекопитающих	211
Определение пола и гаметогенез у покрытосеменных растений	213
Определение пола	213
Гаметогенез	216
Пыльца	218
Семязачаток	218



Оплодотворение: начало нового организма **223**

Структура гамет	224
Сперматозоид	224
Яйцеклетка	226
Узнавание сперматозоида яйцеклеткой	228
Наружное оплодотворение у морского ежа	230
Привлечение сперматозоидов: действие на расстоянии	230
Акрсомная реакция	230

Распознавание оболочки яйцеклетки	231
Слияние мембран сперматозоида и яйцеклетки	231
Предотвращение полиспермии: одна яйцеклетка, один сперматозоид	232
Активация метаболизма яйцеклетки морского ежа	236
Объединение генетического материала морских ежей	242

Внутреннее оплодотворение млекопитающих	243
Проникновение гамет в яйцевод: перемещение и капацитация	243
Вблизи ооцита: гиперактивация, направленное движение сперматозоидов, акросомная реакция	245
Распознавание <i>zona pellucida</i>	246
Слияние гамет и предотвращение полиспермии	246
Активация яйцеклетки млекопитающих	249
Слияние генетического материала	249

Оплодотворение у покрытосеменных растений	250
Опыление и не только: прогамная фаза	250
Прорастание пыльцы и удлинение пыльцевой трубки	250
Ориентирование пыльцевой трубки	251
Двойное оплодотворение	252
Послесловие	253

ЧАСТЬ III • Раннее развитие: дробление, гастрюляция и формирование осей **257**



Улитки, цветы и нематоды: разные механизмы для схожих паттернов спецификации **257**

Напоминание об эволюционном контексте, в котором возникли стратегии регуляции раннего развития	258
Двухслойные животные: стрекающие и гребневики	258
Трехслойные животные: первично- и вторичноротые	258
Что дальше?	260

Раннее развитие у улиток	260
Дробление эмбрионов улиток	260
Материнская регуляция дробления улиток	262
Детерминация осей эмбриона улиток	268
Гастрюляция у улиток	272
Нематода <i>C. elegans</i>	272
Дробление и формирование осей у <i>C. elegans</i>	274
Ротационное дробление яйца	275
Формирование передне-задней оси	276
Формирование дорсально-вентральной и право-левой осей	277
Контроль идентичности бластомеров	277
Гастрюляция 66 клеток у <i>C. elegans</i>	279



Генетика спецификации осей у *Drosophila*

283

Раннее развитие *Drosophila*

285

Оплодотворение

285

Дробление

286

Переход на средней бластуле

287

Гастрюляция

288

Генетические механизмы разметки тела *Drosophila*

290

Сегментация и передне-задняя разметка тела

291

Материнские градиенты: регуляция полярности цитоплазмы ооцита

291

Передний организующий центр: градиенты Bicoid и Hunchback

296

Группа концевых генов

297

Обобщение ранней спецификации передне-задней оси у *Drosophila*

297

Гены сегментации

297

Сегменты и парасегменты

297

Гар-гены

299

Гены pair rule

299

Гены сегментной полярности

302

Гомеозисные селекторные гены

304

Формирование дорсально-вентральной оси

306

Дорсально-вентральная разметка в ооците

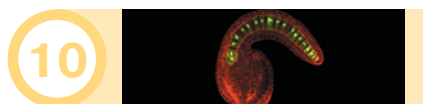
306

Формирование дорсально-вентральной оси в эмбрионе

307

Оси и зачатки органов: модель в картезианских координатах

308



Морские ежи и асцидии: вторичноротые беспозвоночные

313

Раннее развитие морских ежей

313

Раннее дробление

314

Формирование бластулы

316

Карты презумптивных зачатков

и детерминация бластомеров морского ежа

316

Генные регуляторные сети и спецификация скелетогенной мезенхимы

317

Спецификация вегетативных клеток

321

Гастрюляция морского ежа

321

Ингрессия скелетогенной мезенхимы

322

Инвагинация архентерона

326

Раннее развитие оболочников

327

Дробление

328

Карта презумптивных зачатков асцидий

328

Автономная и зависимая спецификация бластомеров оболочников

329



Амфибии и рыбы

333

Раннее развитие амфибий

333

Оплодотворение, кортикальная ротация и дробление

334

Неравномерное радиальное голобластическое дробление

336

Переход к средней бластуле: подготовка к гастрюляции

336

Гастрюляция амфибий

337

Эпибolia проспективной эктодермы

338

Вегетативная ротация и инвагинация бутылковидных клеток

338

Инволюция на губе бластопора

339

Конвергентное удлинение дорсальной мезодермы

343

Прогрессивная детерминация осей тела амфибий

345

Спецификация зародышевых листков

345

Дорсально-вентральная и передне-задняя оси

346

Работа Ганса Шлемана и Хильды Мангольд: первичная эмбриональная индукция

346

Молекулярные механизмы формирования осей земноводных

348

Как образуется организатор?

348

Функции организатора

353

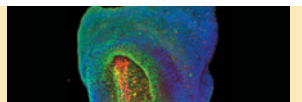
Индукция нейроэктодермы и дорсальной мезодермы: ингибиторы BMP

354

Сохранение передачи сигналов BMP в ходе дорсально-вентральной разметки

356

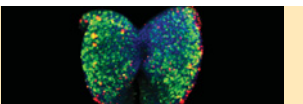
Региональная специфичность нейронной индукции вдоль антерио-постериорной оси	358
Спецификация лево-правой оси	361
Раннее развитие <i>Danio rerio</i>	362
Дробление яйцеклетки <i>Danio rerio</i> : изучение процесса	365
Гастрюляция и формирование зародышевых листков	366
Развитие эпиболлии	366
Интернализация гипобласта	368
Зародышевый щиток и нейральный киль	369
Процесс формирования дорсально-вентральной оси	371
Губа бластопора у рыб	371
Разделение сил Nodal и BMP во время детерминации оси	372
Формирование лево-правой оси	374



Птицы и млекопитающие 377

Раннее развитие птиц	379
Дробление у птиц	379
Гастрюляция у птиц	379
Спецификация осей и роль организатора в эмбрионах птиц	386
Формирование лево-правой асимметрии	387
Раннее развитие млекопитающих	388
Дробление у млекопитающих	389
Трофобласт или ВКМ? Первое решение, определяющее всю дальнейшую жизнь	391
Гастрюляция у млекопитающих	392
Формирование осей тела у млекопитающих	396
Близнецы	402
Послесловие	404

ЧАСТЬ IV • Строим из эктодермы: нервная система позвоночных и эпидермис 409



Формирование и разметка нервной трубки 409

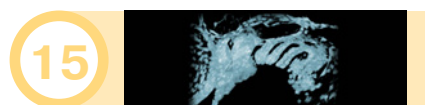
Трансформация нервной пластинки в нервную трубку: рождение ЦНС	411
Первичная нейруляция	412
Вторичная нейруляция	421
Разметка центральной нервной системы	422
Передне-задняя ось	422
Дорсально-вентральная ось	422
Противостоящие морфогены	422
Все оси сходятся	426



Рост мозга 429

Нейроанатомия развивающейся центральной нервной системы	429
Клетки развивающейся центральной нервной системы	430
Ткани развивающейся центральной нервной системы	430
Механизмы развития, регулирующие рост мозга	435
Поведение нейральных стволовых клеток во время деления	435
Нейрогенез: стройка снизу вверх (или изнутри наружу)	437
Глия как матрикс для мозжечка и неокортекса	438
Сигнальные механизмы, регулирующие развитие неокортекса	438

Развитие человеческого мозга	441
Фетальный рост нейронов после рождения	442
Холмы высятся на горизонте обучения	442
Гены роста мозга	444
Изменения в количестве транскриптов	445
Подростковый мозг: подключен и раскован	446



Клетки нервного гребня и специфичность аксонов **449**

Нервный гребень	449
Регионализация нервного гребня	451
Нервный гребень: мультипотентные стволовые клетки?	452
Спецификация клеток нервного гребня	454
Миграция клеток нервного гребня: из эпителия в мезенхиму и не только	455
Деламинация	455
Движущая сила контактного ингибирования	458
Коллективная миграция	459
Пути миграции клеток туловищного нервного гребня	460
Вентральный путь	461
Дорсально-латеральный путь	464
Головной нервный гребень	465
Модель «преследуй и беги»	468
Тянитолкай: хитроумное сотрудничество	468
Скелет черепа, образующийся из нервного гребня	470
Сердечный нервный гребень	471
Установление аксональных путей в нервной системе	471
Конус роста: водитель и двигатель аксона в поиске мишени	473
Rho действует на актиновые филаменты под влиянием сигнальных каскадов	473
Наведение аксона	475
Внутреннее программирование навигации моторных нейронов	476
Клеточная адгезия: механизм, чтобы удержаться на пути	477

Местные и дальнедействующие направляющие молекулы: дорожные знаки для зародыша	478
Паттерн избегания: эфрины и семафорины	478

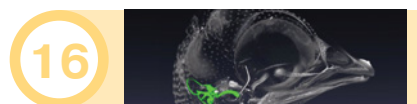
Как аксон пересекает дорогу?	480
...Нетрин	481
Slit и Robo	481

Путешествие аксонов ганглиозных клеток сетчатки **482**

Рост аксонов ганглиозных клеток к зрительному нерву	482
Рост аксонов ганглиозных клеток сетчатки сквозь зрительную хиазму	483

Выбор мишени: «Мы уже на месте?»	484
Хемотактические белки	485
Выбор мишени аксонами сетчатки: видеть — значит верить	485

Формирование синапса **488**



Эктодермальные плакоды и эпидермис **493**

Черепные плакоды: чувства нашей головы	494
Индукция черепных плакод	495
Развитие слуховой и эпибранхиальной плакод: общий опыт	495
Морфогенез глаза позвоночных	501
Формирование глазного поля: образование сетчатки	502
Индукционный каскад хрусталик–сетчатка	504

Эпидермис и кожные придатки	505
Происхождение эпидермиса	507
Эктодермальные придатки	508
Сигнальные пути, в которые мы можем вонзить зубы	509
Стволовые клетки эктодермальных придатков	510

ЧАСТЬ V • Позднее развитие мезодермы и энтодермы: органогенез

515



Параксиальная мезодерма: сомиты и их производные 515

Клеточные типы сомита 518

Определение параксиальной мезодермы и клеточного развития вдоль передне-задней оси 519

Спецификация параксиальной мезодермы 519
 Пространственно-временная координатность экспрессии Нох-генов определяет идентичность структур туловища 521

Сомитогенез 524

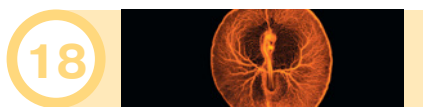
Удлинение оси: каудальная зона предшественников и межтканевая адгезия 525
 Как формируется сомит: модель часов и волнового фронта 528
 Связь часов и волнового фронта с Нох-опосредованной осевой идентичностью и завершением сомитогенеза 533

Развитие склеротома 535

Формирование позвонков 537
 Формирование сухожилий: синдетом 540

Развитие дермомиотома 540

Детерминация центрального дермомиотома 542
 Детерминация миотома 543



Промежуточная мезодерма и мезодерма боковой пластинки: сердце, кровь и почки 547

Промежуточная мезодерма: почка 548

Спецификация промежуточной мезодермы: Pax2, Pax8 и Lim1 550

Реципрокные взаимодействия тканей развивающейся почки 551

Механизмы реципрокной индукции 552

Мезодерма боковой пластинки: сердце и кровеносная система 557

Развитие сердца 558

Миниатюрное сердце 558
 Формирование полей сердца 558
 Спецификация кардиогенной мезодермы 560
 Миграция клеток-предшественников сердца 560
 Начало дифференцировки клеток сердца 563
 Образование петли сердечной трубки 563

Формирование кровеносных сосудов 565

Васкулогенез: начало формирования кровеносных сосудов 565
 Ангиогенез: ветвление кровеносных сосудов и перестройка сосудистого русла 568

Кроветворение: стволовые клетки и долгоживущие клетки-предшественники 568

Места кроветворения 568
 Ниша ГСК в костном мозге 569

Послесловие 573



Развитие конечности тетрапод 575

Анатомия конечности 575

Почка конечности 576

Дифференцировка скелета конечности за счет Нох-генов 578

От проксимального к дистальному: Нох-гены в конечности 578

Как определить, какую конечность сформировать и где ее расположить 580

Спецификация полей конечности 580
 Индукция ранней почки конечности 582

Рост: формирование проксимально-дистальной оси конечности 587

Апикальный эктодермальный гребень 587
 Спецификация мезодермы конечности: детерминация проксимально-дистальной полярности 588
 Модель Тьюринга: реакционно-диффузионный механизм проксимально-дистального развития конечности 589

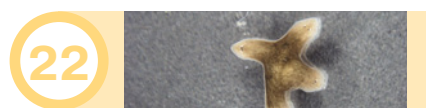
Спецификация передне-задней оси 593

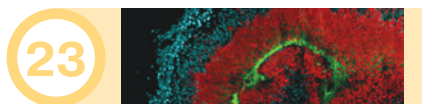
Sonic hedgehog определяет зону поляризующей активности 593

Спецификация идентичности пальцев под влиянием Sonic hedgehog	596	<div>20</div> 
Sonic hedgehog и FGF: еще одна петля положительной обратной связи	597	
Нох-гены как часть регуляторной сети, обеспечивающей спецификацию идентичности пальцев	597	
Формирование дорсально-вентральной оси	600	Энтодерма: трубки и органы для пищеварения и дыхания607
Гибель клеток и формирование пальцев и суставов	602	Глотка 609
Формирование аутоподия	602	Кишечная трубка и ее производные 611
Формирование суставов	602	Спецификация кишечной ткани613
		Придаточные органы: печень, поджелудочная железа и желчный пузырь614
Эволюция путем изменения сигнальных центров конечности	603	Дыхательная трубка 617
		Эпителио-мезенхимные взаимодействия и биомеханика ветвления в легких618

ЧАСТЬ VI • Постэмбриональное развитие 623

<div>21</div> 	Метаморфоз: гормональная реактивация развития	623	Регенерация: повторение эмбрионального развития?	641
Метаморфоз у амфибий	624	Эволюционный взгляд на регенерацию	643	
Морфологические изменения, связанные с метаморфозом амфибий	624	Механика регенерации	646	
Гормональный контроль метаморфоза амфибий	626	Регенерация у растений	647	
Программы развития с региональной специфичностью	628	Тотипотентный способ регенерации	647	
Метаморфоз у насекомых	629	Чудесные целительные силы меристемы растений	648	
Имагинальные диски	630	Регенерация всего тела у животных	652	
Гормональный контроль метаморфоза у насекомых	633	Гидра: регенерация за счет стволовых клеток, морфаллаксис и эпиморфоз	652	
Молекулярная биология активности 20-гидроэксидизона	635	Регенерация за счет стволовых клеток у плоских червей	655	
Детерминация имагинального диска крыла	635	Тканеспецифичная регенерация у животных	663	
		Саламандра: эпиморфная регенерация конечности	663	
		Определение клеток в регенерационной бластеме	664	
		Рыбка <i>Danio</i> : извлекая механизмы регенерации	667	
		Регенерация у млекопитающих	675	
Регенерация: развитие на службе восстановления	639	Компенсаторная регенерация печени млекопитающих	675	
Определение проблемы регенерации	640	Иглистые мыши: грань между регенерацией и образованием рубца	677	





Нормальное развитие

и патология:

врожденные дефекты, вещества,
нарушающие эндокринную систему,
и онкологические заболевания **681**

Роль случая **682**

Генетические ошибки в развитии человека **682**

Развитие и природа генетических синдромов
у человека **682**

Генетическая и фенотипическая
гетерогенность **683**

Тератогенез: атаки среды на развитие
животного **684**

Алкоголь как тератоген **685**

Ретиноевая кислота как тератоген **690**

Вещества, нарушающие эндокринную
систему: эмбриональные истоки заболеваний **691**

Диэтилстильбэстрол **692**

Бисфенол А **694**

Атразин: эндокринные нарушения,
вызываемые нарушением синтеза гормона **696**

Гидравлический разрыв пласта: новый
потенциальный источник веществ,
нарушающих эндокринную сферу **697**

Наследование нарушений развития **698**

Рак как заболевание, связанное с развитием **698**

Онкотерапия, основанная на факторах
развития **704**

Послесловие **705**



Развитие и эволюция:

механизмы биологии развития
в эволюционных изменениях **707**

Модель генетики развития в эволюционных
изменениях **708**

Предпосылки эволюции **708**

Структура развития в геноме **708**

Модульность: дивергенция через
диссоциацию **708**

Молекулярная экономия: дупликация генов
и дивергенция **710**

Механизмы эволюционных изменений **714**

Гетеротопия **714**

Гетерохрония **715**

Гетерометрия **716**

Гетеротипия **718**

Ограничения, накладываемые развитием
на эволюцию **719**

Физические ограничения **720**

Морфогенетические ограничения **720**

Плейотропные ограничения и избыточность **720**

Экологическая эволюционная биология
развития **720**

Пластичность — первая эволюция **721**

Генетическая ассимиляция в лабораторных
условиях **722**

Генетическая ассимиляция в природной
среде **723**

Отбираемые эпигенетические вариации **724**

Эволюция и симбиоз развития **726**

Эволюция многоклеточности **727**

Эволюция плацентарных млекопитающих **727**

Послесловие **727**

Приложение **731**

Краткое руководство по поиску
и пониманию научных статей по биологии
развития **731**

Исследование для исследования **731**

Поисковое исследование **731**

Навигация по базе данных PubMed **733**

Получение PDF-файла статьи **733**

Определение анатомии исследовательской
работы **733**

Глоссарий **735**

Указатель **791**

Рецензенты 12-го издания **800**