

режимах. Переключение из одного состояния в другое возможно при изменении динамич. переменных  $x$  и  $y$  за счёт внеш. сил (силовое переключение) и за счёт временного изменения параметров с последующим возвращением их к исходным значениям (параметрич. переключение). Модель (6) используют для описания дифференциации клеток при эволюции организма и для исследования возможностей параметрич. управления онтогенезом.

Нелинейные уравнения матем. физики (т. н. диффузионно-реакционные) применяют при моделировании возникновения пространственной структурной организации (самоорганизации), а также возникновения и распространения импульсов возбуждения.

Самоорганизация (см. *Синергетика*) в пространстве описывается на основе теории диссипативных структур. Биол. примерами её являются: а) образование сложного организма из оплодотворённой яйцеклетки (т. е. процесс м о р ф о г е н е з а). Задача Б.— выяснить механизмы реализации генетич. информации о пространственной структуре организма и его органов в процессе развития организма (о н т о г е н е з а). В рамках теории диссипативных структур эта задача сводится к параметрич. управлению и выяснению условий, при к-рых возникает единств. структура при заданных (предопределённых генетически) параметрах; б) образование экологич. структур; предварит. информация о структуре отсутствует, она сама возникает при образовании вида. Задача Б.— проследить образование устойчивой структуры при изменении параметров, граничных и начальных условий.

Возбуждение и распространение импульсов и волн возбуждения описывается теорией автоволновых процессов. В биологии к ним относятся: распространение нервных импульсов, перистальтич. волны в кишечнике и т. п. (при этом используют теорию автоволн в одномерном пространстве); распространение волн возбуждения в сердечной мышце, в коре головного мозга, сетчатке глаза и т. п. (при этом применяют теорию автоволн в дву- и трёхмерных пространствах, к-рая помогает описать и выяснить механизм ряда патологич. явлений).

Для возникновения диссипативных структур и автоволн необходимо наличие как положит. обратной связи (автокатализ), так и отрицательной (деинфицирование или ингибирование). Эти условия обеспечиваются за счёт нелинейных зависимостей скоростей ферментативных реакций от субстрата и скоростей пассивного транспорта от электрич. поля.

Биомеханика состоит из 3 частей: механики макроскопич. движений организма; гидродинамики кровообращения и внеш. дыхания; механики мышечного сокращения. Биомеханика возникла раньше др. областей Б. Так, изучение механики движения и кровообращения началось задолго до появления Б. как самостоят. науч. направления. [Задача о движении жидкости по цилиндрич. трубам была поставлена и решена Ж. Л. М. Пуазейлем (J. L. M. Poiseuille) в 1840 для описания движения крови по сосудам.]

Специфика биомеханики связана с важной ролью регуляторных процессов, обеспечивающих обратные связи. Благодаря этому механич. (или гидродинамич.) параметры (тип конструкции, вязкость жидкости, размеры сосудов, жесткость и т. п.), к-рые в механике принимаются постоянными, в биомеханике могут зависеть от состояния системы.

Так, скелет представляет собой конструкцию со многими степенями свободы. Система мышц и программа их упорядоченных во времени сокращений накладывает ограничения, выходящие одну степень свободы, именно ту, к-рая наиболее приспособлена для выполнения необходимой в данный момент функции. Аналогичные искусства. конструкции многоцелевого назначения уступают реализованным в живой природе. Элементы биол. макроконструкций (т. е. кости и хрящи скелета животных, стебли растений и т. д.) также обладают специфи-

кой: эти элементы механически гетерогенны и построены из анизотропных «материалов». Эта особенность обеспечивает биол. конструкциям высокую прочность при миним. затратах материала.

Биомеханика периодич. (в частности, перистальтич.) движений органов связана, в первую очередь, с деятельностью биол. насосов — сердца, лёгких и тонкого кишечника. К специфике биол. насосов можно отнести то, что их стенки состоят из мышечной ткани и способны к периодич. сокращению (что и обеспечивает перекачку). Кроме того, деятельность насосов регулируется нервными импульсами, поступающими из организма.

Биомеханика кровеносной и дыхат. систем описывает процессы газообмена (снабжение организма кислородом и удаление из него углекислоты). Специфика её в следующем: кровь по свойствам существенно отличается от ньютоновской жидкости, поэтому течение её по сосудам не описывается уравн. Пуазейля; при движении крови по капиллярам (микроциркуляция) эффективная вязкость и др. параметры не постоянны, а зависят от скорости оксигенации (дезоксигенации) гемоглобина и др. процессов; при движении дышат. газов в ветвящейся бронхиально-альвеолярной системе поверхностное натяжение альвеол не остаётся постоянным, а регулируется организмом в зависимости от его потребностей.

Биомеханика мышечного сокращения включает молекулярные процессы сокращения мышечного волокна и управления ими. Мышечное волокно содержит фибриллярные (нитевидные) белки, к-рые могут скользить относительно друг друга. Структура их (см. *Клеточные структуры*) такова, что имеется одна выделенная степень свободы, вдоль к-рой и происходит скольжение. Работа совершается мышцей за счёт гидролиза АТФ. Управление сокращением мышц осуществляется нервными (или в экспериментах электрическими) импульсами, к-рые инициируют сокращение. В гладких мышцах сокращение вызывается волной возбуждения в самой мышечной ткани. Механизм её возникновения и распространения описывается теорией автоволн. В летательных мышцах насекомоях периодич. сокращение происходит с частотой  $\sim 10^2$  Гц и представляет собой автоколебат. процесс. При этом спец. тип стимула для каждого сокращения не требуется, управление осуществляется за счёт воздействия нервных импульсов на параметры автоколебаний.

Осн. нерешёнными задачами Б. являются проблемы эволюции биосферы (включая возникновение жизни, см. *Эволюция биологическая*); кол-во ценной информации, возникающей на разл. этапах эволюции, и механизм её появления, происхождение генетич. кода и т. п. Эти вопросы важны и для теории др. развивающихся и самоорганизующихся систем (языки, социальные структуры и т. п.).

Исходной особенностью применения физ. идей в биологии является след. принцип: все явления, в т. ч. биологические, подчиняются осн. физ. законам. В физике накоплен опыт и развиты методы описания сложных систем, при этом часто используют предположения, упрощающие расчёты (и применительно к физ. явлениям оправданные). Так, в случае глобальной неустойчивости механич. систем оправдано предположение о молекулярном хаосе (равновесное эргодической гипотезе), следствием к-рого является термодинамика равновесных процессов. В физике твёрдого тела часто прибегают к методам усреднения, основанным на предположении о микрооднородности объекта. Но попытки использовать в Б. метод, оправданный себя в физике, как правило, не ведут к успеху. Успешным в Б. является иной путь, состоящий из двух этапов: 1) анализа реальной структуры биол. объекта (она в целом неоднородна) и построения на его основе физ. модели, адекватной объекту, при этом учитывается заключённая в объекте информация и, следовательно, биол. специфика; 2) анализа модели с использованием известных положений физики