

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Проблема регуляции на разных уровнях организации биологических систем является предметом изучения наук о жизни. Обычно под регуляцией понимается такая внутренняя перестройка сложной системы при получении определенной сигнальной информации, которая направлена на обеспечение необходимого режима функционирования в новых условиях. Как ответ на внешние воздействия это может проявляться во включении/выключении процессов биосинтеза определенных белков, в перестройке физиологического статуса системы, изменении активности ферментов, наконец, в перестройке процессов массо- и энергообмена в экологических системах. Реальная цепь событий, начиная с действия фактора, вызывающего первичную реакцию, и последующие ющие этапы перестройки структурного и функционального характера в сложной системе составляют суть проблемы биологической регуляции. Подход биофизики сложных систем к решению этих проблем носит общесистемный характер, при котором анализируется динамическое поведения системы в ответ на внешние воздействия. Ответ сложной системы в основном определяется изменением ее общих динамических свойств, а взаимодействия между отдельными элементами системы играют подчиненную роль. Математическое моделирование динамики исследуемых процессов позволяет детально исследовать временной характер изменения свойств систем и прогнозировать характер ее ответа на внешние воздействия. Такого рода динамический анализ позволяет изучать регуляторные процессы, протекающие на различных уровнях, выявляя иерархию регуляторных факторов – физических, кинетических, сложных взаимодействий систем вторичных мессенджеров.

К числу общепризнанных достижений биофизики в этой области, имеющих и общебиологическое значение, можно отнести понимание термодинамических свойств организмов и клеток как открытых систем, определение термодинамических критериев эволюции открытой системы к устойчивому состоянию, раскрытие механизмов колебательных процессов на всех уровнях, от ферментативных реакций до популяций. Исходя из теории автоволновых процессов в активных средах установлены условия самопроизвольного возникновения диссипативных структур в гомогенных открытых системах. На этом основании строятся модели процессов морфогенеза, формирования регулярных структур при росте бактериальных

культур, распространения нервного импульса и нервного возбуждения в нейронных сетях.

Для понимания механизмов регуляции на макромолекулярном уровне важны представления о взаимосвязи электронного и конформационного состояний макромолекул, об их электронно-конформационных взаимодействиях. В самом деле, в макромолекуле, как в своеобразном физическом объекте, одновременно совершаются движения отдельных элементов, различающихся по характерным временам на много порядков (от  $10^{-13}$  –  $10^{-12}$  с — колебания отдельных атомных групп, молекул воды и до 1–10 с — движения субъединиц, доменов в белке). Результат – функционирование макромолекулы – достигается за счет согласованных внутримолекулярных взаимодействий отдельных частей макромолекулы. Задача биофизики в данной области состоит в том, чтобы найти принципы корреляции локальных микроконформационных изменений, механизмы взаимодействия стохастических и детерминистских степеней свободы, приводящих к кооперативным детерминированным внутримолекулярным перестройкам, которые имеют биологический смысл — сворачивание белковой глобулы, акт ферментативного катализа, трансформация энергии из одного вида в другой. Такого рода механизмы приводят и к направленным структурным перестройкам белковой части переносчиков в результате переноса электронов в фотосинтетической и дыхательной цепях, в зрительных рецепторах.

Современные модели туннельного переноса электрона в биомембранах, трансформации энергии электронно-возбужденных состояний в белке основаны на тесном сопряжении электронных переходов с колебательными и конформационными степенями свободы. Решение этих задач определяется успехами в разработке методов моделирования динамики белка, где «видны» траектории движений отдельных атомов и молекулярных групп.

Развитие теоретических представлений, математических и физических моделей в данной области позволяет также оценить роль регуляции предбиологических стадий эволюции в возникновении клеток, возникновении жизни.

На этой основе развивается биофизика конкретных биологических процессов в различных фундаментальных и прикладных направлениях, в том числе и нанобиотехнологии – биофизика белка и нуклеиновых кислот, биофизика мембранных процессов и транспорта через мембраны, включая функционирование мембранных пор и каналов.

Данный сборник содержит материалы, иллюстрирующие состояние проблемы биологической регуляции на разных уровнях организации живого.

В разделе «Регуляция биологических процессов на молекулярном и клеточном уровне» помещены статьи, рассматривающие молекулярные аспекты биологической регуляции – динамические свойства белковых молекул, определяющие в том числе их каталитическую активность, тонкие механизмы функционирования некоторых ферментативных систем, регуляция работы некоторых генов человека, процессы транспорта через модельные мембраны и внутриклеточного транспорта. Эти работы представлены Е. Д. Свердловым, В. Ф. Антоновым, Ю. М. Романовским, А. С. Соколовым, К. В. Шайтаном и их соавторами.

Второй раздел посвящен регуляции фотобиологических процессов. Одной из наиболее важных характеристик этих процессов является то, что свет является не только источником энергии, но и одним из главных регуляторных факторов, от которого зависит как эффективность всей системы, так и вероятность ее фотоповреждения. Процессы регуляции рассматриваются здесь как в условиях сохранения интегральной целостности фотобиологических систем и их оптимального функционирования, так и при стрессовых воздействиях, в том числе вызывающих необратимые повреждения. В разделе публикуются работы М. А. Островского, Г. Ю. Ризниченко и А. Б. Рубина, В. А. Шувалова и У. Хебера, А. А. Красновского с соавторами.

Третий раздел посвящен изучению сигнальной регуляции процессов, происходящих как на добиологических этапах эволюции, так и при действии низкоинтенсивных факторов (электромагнитных полей, малых доз радиации, сверхнизких концентраций различных веществ). В этот же раздел включены и работы, иллюстрирующие принципы регуляции на уровне популяций и экосистем, а также проблемы применения биофизических экспресс-методов для экологического мониторинга. Авторами статей в данном разделе являются С. И. Аксенов, Е. Б. Бурлакова, Г. Р. Ивацкий, Е. А. Криксунов, А. Д. Лось, А. Б. Рубин, В. А. Твердислов.

Имеющиеся в сборнике материалы позволяют рассматривать его как своеобразный отчет о состоянии данного направления в современной российской науке. Он будет полезен не только биофизикам, но и широкому кругу биологов, и может быть использован как в научной работе, так и в учебном процессе.

*Член-корреспондент РАН А. Б. Рубин*

