

УПРАВЛЕНИЕ АДАПТАЦИЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

М.В. Рагульская

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН,
Россия, Москва*

e-mail: ramary2000@yahoo.com

Одним из наиболее «культовых» и активно развивающихся в последние 25 лет направлений в биофизике и физической экологии являются исследования, посвященные изучению воздействия естественных внешних полей на биологические объекты и управление адаптацией сложных биологических систем. Основная проблема подобных исследований связана с тем, что интенсивность и мощность вариаций всех известных полей естественной внешней среды примерно на 2 порядка меньше, чем требуется для нагрева биологических тканей или достижения характерной энергии химических превращений ($\gg$ кТ). Поэтому до сих пор остается не ясным ни механизм передачи информации, ни основной физический агент влияния и основная биологическая «мишень воздействия», а также система поддержки и принятия решений на клеточном и молекулярном уровне в процессе адаптации организма к резким изменениям внешней среды [1, 2, 3]. Другой особенностью биологических процессов является то, что живому организму при управлении адаптацией приходится одновременно решать совершенно противоположные задачи: с одной стороны, поддерживать постоянство параметров внутренней среды организма в определенных пределах (*сохранение гомеостаза*), с другой – непрерывно отслеживать и подстраиваться под изменения параметров внешней среды обитания (собственно *процесс адаптации*). При этом для одной и той же физиологической функции организма (например, терморегуляции) может осуществляться *как регулирование по возмущению, так и регулирование по отклонению*. Биологические системы обладают способностью менять задание, программу, определяющую результат их функционирования, в целях улучшения результата деятельности или приспособления к изменениям условий внешней среды. По-видимому, в живых системах не существует таких состояний, которые позволили бы на основе выбора того или другого варианта однозначно решить требуемую задачу. Система постоянно находится в *поиске оптимума*, положение и пути достижения которого варьируются в зависимости от изменения условий [4]. Более того, повышение прочности приводит к проигрышу в избирательности, а *длительное время жизни* биосистемы в определенном состоянии *на любом уровне организации* системы увеличивает вероятность накопления ошибок и сбоев в работе *системы в целом*. На молекулярном уровне высокая скорость, например, начального этапа первичных процессов фотосинтеза оплачивается затратой части энергии светового кванта; на клеточном уровне – достижение высокой энергетической эффективности реакций достигается за счет замедления времени их прохождения. На органном уровне – более высокая избирательность реакций у высших биологических форм требует более жесткого поддержания гомеостаза, что приводит к дополнительным затратам энергии и снижением устойчивости к различным внешним воздействиям [5]. С физической точки зрения такое поведение является проявлением на биологическом уровне *конкурирования процессов упорядочения и хаотической*

динамики развития системы. Причем, как это не покажется странным, но для биологических систем существенное преобладание процессов упорядочения есть синоним слова «смерть».

Эта закономерность проявляется и на более высоких уровнях организации сложных биологических систем. Чем выше уровень организации системы, тем более неустойчивым он оказывается к воздействиям дестабилизирующих внешних факторов. Так, крайняя уязвимость современных мегаполисов для террористических атак (хаотического элемента), а также невозможность властей (системы управления упорядочением) предотвратить подобные атаки, к сожалению многократно проверена мировым опытом. На молекулярном, клеточном, организменном и межличностном уровне (т.е. от процессов воспроизведения белков и до возникновения «любви с первого взгляда») эффективность биологических систем управления и борьбы с искажениями информации в процессе передачи и воспроизведения достигается за счет **создания избыточности информации и передачи сигналов большому числу параллельных каналов**. Стремительная скорость роста современных городов и оптимизация их построения по крайне малому числу параметров (прибыль, наличие транспортных артерий) лишает систему безопасности даже этой возможности.

При воздействии внешних полей интенсивности порядка кТ, биологические системы ведут себя, как единое целое, демонстрируя характерное 3-х этапное поведение при увеличении силы внешнего воздействия:

- начальное возрастание отклика биосистемы,
- выход на постоянный уровень реакции вне зависимости от возрастания воздействия,
- необратимый слом биосистемы при дальнейшем увеличении интенсивности внешнего поля.

Для таких эффектов характерно существование **«амплитудных и частотных окон»** оптимального **внешнего** воздействия, а также **внутренних «временных окон»**, когда сама биологическая система оптимальным образом реагирует на внешнее воздействие. При этом изменение частоты или длительности внешнего воздействия всего лишь на несколько процентов или сочетание нескольких типов внешнего воздействия может привести к биологическим эффектам разных знаков. При воздействии слабых полей, к которым безусловно относятся и естественные электромагнитные и акустические поля, поведение биологических систем начинает определяться иерархическим взаимодействием подсистем и процессами самоорганизации внутри биологической системы [6]. Все это затрудняет воспроизводимость биофизических экспериментов и построение удачных кибернетических моделей поведения сложных биосистем при воздействии естественных внешних полей.

В настоящее время наиболее интересными и перспективными направлениями поиска механизмов управления адаптацией является рассмотрение синергетических особенностей развития биосистем, как нелинейных открытых систем, и изучение роли воды в регуляции биологических процессов. В общем случае поведение нелинейной открытой детерминированной системы определяется симбиозом динамики, предопределенности и случайности. В этом случае при рассмотрении биологических систем необходимо учитывать комбинаторный характер наблюдаемых эффектов, и

учитывать (наряду с экзогенной и эндогенной ритмичкой процесса) существенную роль флуктуационных и шумовых эффектов. Одним из важных направлений изучения таких эффектов может стать изучения процессов фазовых переходов в макро-биологических системах, и поиски предвестников перехода системы в турбулентный режим функционирования [6]. В таких системах качественным отражением происходящих процессов могут быть параметры, описывающие степень хаотичности системы в различных устойчивых состояниях [4]. На клеточном уровне существенно изучение роли тепловых флуктуаций макромолекул [5], как возможного механизма подстройки биологической системы под слабые внешние воздействия и регулятора времени жизни клеток, а также отслеживания внешней частоты путем естественного уширения и сдвига характерных биологических частот.

Работа поддержана грантом РФФИ 03-02-16384

Литература

- 1) Б. М. Владимирский, Н. А. Темурьянц «Влияние солнечной активности на биосферу - ноосферу», Издательство МНЭПУ, Москва, 2000, 374 стр.
- 2) Э.Э. Годик, Ю.В. Гуляев // Человек «глазами радиопизики». Радиотехника 1991, №8, с.50-62
- 3) В. Н. Бинги, А. В. Савин.// Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы. УФН, 2003,т.173,№3,с.265-299
- 4) Г. С. Теслер «Новая кибернетика», - Киев, Логос,2004,402 стр.
- 5) С. И. Аксенов «Вода и ее роль в регуляции биологических процессов», - Москва, МГУ, 2004, 212 с.
- 6) М. В. Рагульская// Синергетические аспекты поведения биологических систем при воздействии непороговых внешних полей. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2005, №1-2, с.3-12