

**Министерство здравоохранения  
Российской Федерации**

**Российский государственный медицинский  
университет**

**Академик РАМН,  
Профессор Ю.А. РОМАНОВ**

***АКТОВАЯ РЕЧЬ***

**ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**МОСКВА - 2001**

**Министерство здравоохранения  
Российской Федерации**

**Российский государственный медицинский  
университет**

**Академик РАМН,  
Профессор Ю.А. РОМАНОВ**

***АКТОВАЯ РЕЧЬ***

**ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

МОСКВА - 2001

## ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

“Излишняя дробность представления о природе, зачастую приводящая к ее полному исчезновению, делает мир похожим на Шалтая-Болтая, которого не удалось собрать; такой мир может быть еще более неуправляемым по мере того, как от континуума природы будут отламывать – “для более тщательного изучения” – кусочки все мельче и мельче... И чудесный, красочный ковер распускается по ниточкам; одну за другой нити выгаскивают, разрывают, изучают; в конце концов узор забывается и восстановить его невозможно”.

Чаргафф Эрвин,  
американский биохимик (1975)

### ВВЕДЕНИЕ

Изятие в качестве эпитифа высказывание Э. Чаргаффа – крупного американского ученого, известного своими работами в области биохимии нуклеиновых кислот, очень точно характеризует необходимость нового магистрального пути развития современной биологии, преследующего получение целостного знания о живых объектах. Еще раньше, обсуждая проблему целостности в биологии, выдающийся отечественный ученый, один из основателей молекулярной биологии, В.А. Энгельгардт (1970) писал о двух направлениях в изучении сложных природных явлений – редуccionизме и интегратизме. При этом он обращал особое внимание на наличие в целостной системе связей между ее частями и подчеркивал исключительное значение интегративной оценки деятельности живой системы. В работах, опубликованных в 1960-1970 г.г., он писал, что характерной чертой жизни является единство в ее многообразии. Последние он видел в сочетании в организмах потоков вещества, энергии и информации, которому дал название “биотического триединства”, составляющего динамическую основу жизни.

Уже приведенные взгляды свидетельствуют о том большом значении, которое имеет в современном естествознании системный подход. Согласно Т.Куну (1975), развитие любой науки имеет два периода: до установления ее парадигмы и после этого. Под парадигмой он понимает систему представлений, сформировавшихся вокруг одного или нескольких научных достижений, которые в течение некоторого времени признаются учеными в качестве основы для дальнейшей своей деятельности. В современной науке одной из главных парадигм является системная парадигма.

## РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СИСТЕМЕ В НАУКЕ И БИОЛОГИИ

Идея системности объектов исследования в науке, в том числе в биологии, прошла определенное историческое развитие. В древние века ее выражением служила натурфилософия, умозрительно истолковывавшая природу, но рассматриваемую в ее целостности. На смену этим взглядам в средние века пришли религиозные воззрения на природу, среди которых наиболее известен креационизм, считавший ее сотворением бога. Крайняя степень противоречивости этих взглядов выражается, в частности, в том, что их придерживались, например, французский зоолог и палеонтолог Ж. Кювье и шведский естествоиспытатель К. Линней, безусловно обогатившие научное понимание явления жизни. В 1802 г. области знания, изучающей живую природу, естествоиспытатели того времени француз Ж.Б. Ламарк и немец Г.Р. Тревиранус дали независимо друг от друга название “биология”. Ж.Б. Ламарк уже тогда подчеркивал, что главной задачей биологии является установление наиболее общих закономерностей жизни.

В последующее время системные взгляды в биологии развивались в тесной связи с общим представлением о системах в науке. Это нашло свое выражение в том, что уже в первой, но особенно во второй половине 20 в. имевшая место до этого времени дифференциация биологических знаний сменяется внедрением синтетических подходов в изучении биологических явлений. В биологию интенсивно проникают идеи физики, химии, математики, кибернетики, теории информации, системного анализа.

Развитие представлений о системах отражается во взглядах учёных на историю естествознания, в течение которой происходили такие изменения, которые с полным основанием можно назвать революционными. Эти изменения составили четыре таких революции (В.С. Степин, 1989).

Первую из них относят к 17 в. и она привела к становлению классического естествознания, главными чертами которого были: 1) доминанта механики в научном знании; 2) идеалом служило построение абсолютно истинной картины природы; 3) объекты изучения представляли собой “малые системы”, характеризующиеся небольшим количеством элементов и жестко детерминированными связями. При этом считали, что свойства целого полностью определяются состоянием и свойствами его частей.

Вторая революция произошла в конце 18 в. и в первой половине 19 в. и дала начало дисциплинарно организованной науке. В результате ее механическая картина мира постепенно стала утрачивать статус общепринятой, в биологии, физике, химии и других областях знания формируются специфические картины реальности, не сводимые к механической; поиск путей единства науки, проблема дифференцирования и интеграции знания становятся центральными проблемами.

Обе эти революции в естествознании привели к формированию классической науки.

Третья революция, занявшая время с конца 19 в. до середины 20 в. способствовала становлению нового неклассического естествознания. Она ознаменовалась следующим: 1) крупными открытиями и переменами в разных науках (физика – делимость атома, релятивистская и квантовая теории; химия – квантовая химия; биология – возникновение генетики, молекулярной биологии; космология – концепция нестационарной Вселенной и др.); 2) осмысливанию научной картины мира способствует возникновение кибернетики и теории систем; 3) рождается понимание относительной истинности теорий и картин природы; 4) формируется представление о сложных саморегулирующихся системах, характеризующихся иерархической (уровневой) организацией, наличием относительно автономных и переменных подсистем, стохастическими (вероятностными) взаимодействиями их элементов, существованием управляющего уровня и обратных связей, что обеспечивает целостность системы, 5) представление о соотношении части и целого основывается на идее несводимости состояний целого к сумме состояний его частей; 6) причинность перестает трактоваться в виде жесткой детерминированной цепочки причина – следствие, на смену приходит понятие “вероятностной причины”.

Полагают, что в настоящее время происходит четвертая глобальная научная революция, в ходе которой рождается новая постнеклассическая наука. В ней на первый план выходят междисциплинарные и проблемно ориентированные формы научной деятельности. Главными объектами науки становятся системы, характеризующиеся открытостью и саморазвитием.

В развитии представлений о системах важным было определение понятия “организация”. Как теперь очевидно, одним из главных положений теории организации является принцип отрицательной обратной связи. Считается, что этот принцип был впервые сформулирован в 1911 г. русским ученым А.Н. Беловым под названием “параллельно – перекрестное взаимодействие”, хотя Н. Винер не раз утверждал, что мысль о том, что обратная связь является общим принципом для организмов и некоторых технических устройств, принадлежит ему вместе с Ю.Бигелом. А.Н. Белов писал, что ни синергизм, ни антагонизм во взаимодействиях между органами не ведут к восстановлению измененного исходного их состояния. В конце концов они неизбежно приводят к разрушению системы. Новая физиологическая регуляция, по его мнению, представляет собой “сложение (этих) двух принципов в одном” и объясняет восстановление равновесия частей. Он назвал ее “законом сложно-компенсаторного построения организмов” или “законом сложного построения”. Суть этого закона состоит в принципе обратного построения, в соответствии с которым “все органы и ткани находятся в таких взаимоотношениях, что если орган и ткань А действует на другой орган или ткань В, повышая его жизнедеятельность, то В действует на А

обратно". Позже эту закономерность А.Н. Белов назвал "законом замкнутых пространств": "Если при изменениях состояний одного из двух взаимодействующих в замкнутом пространстве элементов наблюдаются изменения другого, то эти изменения таковы, что влекут устранение изменений в первом элементе". Можно предполагать, что на современном языке "замкнутое пространство" представляет собой не что иное, как систему.

Следующим этапом в развитии учения об организации стали работы А.А. Богданова, объединенные в его книге "Всеобщая организационная наука (тектология)" (1925 – 1928 г.г.) (переиздана в 1989 г.). Он под организацией понимал свойства целого (комплекса) быть больше суммы своих частей (элементов). Чем больше целое отличается от суммы своих частей, то тем более, по мнению автора, оно организовано. Организационные механизмы он подразделил на формирующие и регулирующие. Последние он назвал "отбором" или "подбором". Они включают три элемента: 1) объект отбора, то есть то, что подвергается ему; 2) фактор (деятель) отбора, то есть то, что действует на объект, сохраняя или разрушая его; 3) основа отбора, то есть та сторона объекта, от которой зависит его сохранение или устранение.

А.А. Богданов выделил два вида отбора: консервативный и прогрессивный. Первый сохраняет или не сохраняет организационные формы, а второй регулирует подвижное равновесие путем создания противодействия неблагоприятному влиянию среды, что ведет к прогрессивному развитию форм (положительный отбор). При отрицательном отборе происходит относительный упадок (упрощение) организационных форм в их развитии. Эти виды отбора тесно связаны с устойчивостью организационных форм, которая может быть количественной и структурной. Положительный отбор сопровождается возрастанием неоднородности внутренних связей комплекса (целого), вследствие чего уменьшается структурная устойчивость. Отрицательный отбор ведет к увеличению однородности связей и соответственно к повышению этой устойчивости. Отрицательный отбор направлен на уничтожение наименее устойчивых связей, что служит упрочению системы. Если при этом она не разрушалась, то наступающий затем положительный отбор приводит к ее росту и развитию с большей организованностью.

А.А. Богданов формулирует закон относительного сопротивления или закон минимума: устойчивость целого зависит от наименьших относительных сопротивлений всех его частей во всякий момент. В этом законе содержится косвенное указание на роль для системы пространства и времени.

А.Н. Богданов подверг анализу процесс так называемой "системной дифференциации" (расхождение частей системы). По его мнению, соотношения между расходящимися частями будут наиболее устойчивыми тогда, когда эти части взаимно дополняют друг друга. Усложнение системной дифференциации означает повышение уровня организации системы. Но системное расхождение порождает и "системные" противоречия,

приводя к определенной степени неустойчивости. Кроме расхождения, по автору, существует и схождение организационных форм, являющееся результатом сходно направленного отбора со стороны сходной среды, то есть сходство комплексов определяется не их собственным контактом, как в случае контрдифференциации, а их отношением к среде.

А.А. Богданов ввел организационные понятия регулятора, который поддерживает какой-либо процесс на определенном уровне, и бирегулятора (двойного регулятора), то есть такой комбинации двух комплексов, которые взаимно регулируют друг друга, осуществляя саморегуляцию.

Наконец, А.А. Богданов выделил два типа организации комплексов (систем): централистический и скелетный. Первому типу соответствует понятие "эгрессия" (от лат. выхождение из ряда). В этом случае в комплексе имеется часть, которая обладает преимуществами над другими, то есть центр (ядро), которому подчиняются другие. Переход от этого звена к низшим сопровождается понижением организованности и постепенно центр теряет свое влияние, что означает предел эгрессии. Параллельно происходит накопление системных противоречий и, следовательно, эгрессия является частным случаем дифференциации. Скелетному типу соответствует понятие "дегрессия" (от лат. нисхождение, спуск, падение). Это – организационная форма, как считает автор, имеет огромное положительное значение. Она состоит из двух частей: 1) пластичной, выше организованной, но менее устойчивой к разрушительным воздействиям, и 2) скелетной, ниже организованной, но более устойчивой. Указанные две части расходятся между собой по степени пластичности, и это расхождение может достигнуть такой степени, когда станет необходимой смена организационных форм.

Многие ученые (М.И. Сегров, 1971; А.А. Тахтаджян, 1972; и др.) считают, что тектология А.А. Богданова предвосхитила появление общей теории систем Л. фон Бергаланфи.

Большой вклад в учение в биологических системах внесен выдающимся русским физиологом П.К. Анохиным, предложившим теорию функциональных систем (1932 г.). Под функциональной системой П.К. Анохин (1935) понимал круг определенных физиологических проявлений, связанных с выполнением какой-то определенной функции (акты дыхания, глотания, локомоции и др.). Позже, в 1937 г. П.К. Анохин функциональной системой называет комплекс нервных образований с соответствующими им периферическими рабочими органами, объединенный на основе выполнения какой-либо вполне очерченной и специфической функции организма. Он подчеркивал, что состав функциональной системы не может быть определен каким-то анатомическим признаком.

В своих работах (1932 - 1974) П.К. Анохин сформулировал ряд главных положений общей теории функциональных систем:

1) Ведущим системообразующим фактором функциональной системы любого уровня является полезный для жизнедеятельности организма приспособительный результат;

2) Любая функциональная система организма строится на основе принципа саморегуляции: отклонение результата от уровня, обеспечивающего нормальную жизнедеятельность, посредством деятельности соответствующей функциональной системы само является причиной восстановления оптимального уровня этого результата;

3) Функциональные системы являются центрально-периферическими образованиями, избирательно объединяющими различные органы и ткани для достижения полезных для организма приспособительных результатов;

4) Функциональные системы различного уровня характеризуются изоморфной организацией: они имеют однотипную архитектуру;

5) Отдельные элементы в функциональных системах взаимодействуют для достижения ими полезных для организма результатов;

6) Функциональные системы и их отдельные части избирательно созревают в процессе онтогенеза, отражая тем самым общие закономерности системогенеза.

Узловыми механизмами деятельности функциональных систем, по П.К. Анохину, являются: 1) афферентный синтез; 2) стадия принятия решения; 3) формирование акцептора результата действия; 4) формирование самого действия (эфферентный синтез); 5) многокомпонентное действие; 6) достижение результата; 7) обратная афферентация о параметрах достигнутого результата и сопоставление его с ранее сформировавшейся моделью результата в акцепторе результата действия.

Теория функциональных систем получила развитие в работах К.В. Судакова (1976, 1987, 1996, 1998), выдвинувшего следующие ее положения:

1) результат деятельности является объективным, ведущим показателем активности функциональных систем в организме;

2) саморегуляция есть принцип динамической самоорганизации функциональных систем;

3) существует изоморфизм функциональных систем различного уровня;

4) присутствует голографический принцип отражения свойств целостной функциональной системы в деятельности составляющих ее отдельных компонентов;

5) существует избирательная мобилизация результатов деятельности отдельных органов и тканей в целостную организацию функциональной системы;

6) имеется взаимодействие элементов в функциональных системах для достижения их конечных результатов;

7) в деятельности функциональных систем важными являются консерватизм и пластичность;

8) существует иерархия функциональных систем,

9) конечные результаты свидетельствуют о мультипараметрическом взаимодействии функциональных систем;

10) существует последовательное динамическое взаимодействие функциональных систем;

11) системогенез рассматривается как общий принцип становления функциональных систем в онтогенезе.

Общими свойствами функциональных систем различного уровня организации по К.В. Судакову (1996) являются:

1) устойчивость результата деятельности системы, которая достигается соответствующими механизмами саморегуляции;

2) постоянная оценка достигнутого результата;

3) наличие множественных исполнительных механизмов активного воздействия на результат,

4) взаимосодействие отдельных элементов системы достижению полезного для нее результата,

5) общая функциональная архитектура.

В развиваемой К.В. Судаковым (1998) теории функциональных систем большое внимание уделяется системному построению функций человека. Вслед за П.К. Анохиным он подчеркивает, что взамен классической физиологии органов, традиционно следующей анатомическим принципам, теория функциональных систем провозглашает системную организацию функций человека начиная от молекулярного вплоть до социального уровня.

К.В. Судаков (1998) отмечает такую важную характеристику здорового организма, как системную и межсистемную гармонию. По его мнению, слаженное взаимодействие функциональных систем в организме человека осуществляется на основе синхронизации ритмов их деятельности, а также ритмов отдельных их элементов.

Важным этапом в развитии представлений о системах и их организации явилось создание американским ученым Л. фон Берталанфи общей теории систем (ОТС) Для формирования его взглядов большое значение имела высказанная им в 1927 г. концепция организмизма, которую он противопоставил механистической точке зрения на живые объекты. Она состояла из трех основных положений: 1) организм необходимо рассматривать как целостную, согласованную, организованную систему ее взаимодействующих элементов. Это вытекает из способности организма к регуляции, которая существует до тех пор, пока не нарушена его целостность; 2) должно быть динамическое процессуальное представление об организме, что следует из отличий между постоянством, жесткостью структуры частей машины и постоянно меняющимся составом организма; 3) организм надо представлять как

первично активное образование, отличающееся от механизма, однозначно реагирующего на воздействие извне. На это указывает наличие в организме свободы выбора изменений как своих структур, так и общего поведения.

Л. фон Берталанфи назвал три предпосылки создания ОТС: 1) необходимость иметь научные концептуальные схемы в тех областях, где применение физики является затруднительным и недостаточным (биология, поведение, социология); 2) игнорирование в классической науке таких понятий, как организация, направленность, телеология для биологии означало, что они как ее специфические проблемы оказывались вне науки; 3) классическая наука занималась главным образом проблемами с двумя переменными (причина-следствие, протон-электрон и т.д.), а проблема с тремя переменными была для нее уже неразрешимой, тогда как в современной физике и биологии главной является проблема организованной сложности, то есть взаимодействие большого, но не бесконечного числа переменных.

Основная идея ОТС была выдвинута Л. фон Берталанфи в 1937 г. на философском семинаре в Чикагском университете. Но еще до этого в книге "Современные теории развития" (1934) он писал, что в связи с присущим живому признаком организации традиционные способы исследования отдельных частей и процессов не могут полностью описать явления жизни. Он говорил, что главной задачей биологии должно стать открытие законов, действующих в биологических системах на всех уровнях их организации. Такой подход им был назван системной теорией организации.

Позже в 1939 г. Л. фон Берталанфи отметил существование моделей, принципов и законов, применимых к обобщенным системам или к подклассам систем безотносительно к их конкретному виду, природе составных элементов и отношениям между ними. В связи с этим он предложил новое научное направление под названием "общая теория систем". Оно представляет собой логико-математическую область исследований, задачей которых является формулирование и выведение общих принципов, применимых к системам вообще. В рамках этой теории точная формулировка таких понятий, как целостность и сумма, дифференциация, централизация, иерархическое строение, финальность и эквивинальность и другие, должна сделать эти понятия применимыми во всех дисциплинах, имеющих дело с системами.

Основные положения ОТС были высказаны Л. фон Берталанфи в 1937-1938 г.г. в лекциях, прочитанных в Чикагском университете, но опубликованы позже, в 1947-1950 г.г.

В общем виде он под системой понимает совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой. Такая система является открытой, то есть обменивающейся со средой энергией, веществом и информацией. Она обладает свойством подвижного (динамического) равновесия, что означает независящее от времени

состояние системы, при котором все ее показатели остаются неизменными (состояние гомеостаза).

С открытостью биологических систем связано их свойство эквивиальности, означающее способность достигать определенного конечного состояния из различных исходных состояний и различными путями. Это свойство обусловлено процессами регуляции в живой системе, ее целесообразным поведением и взаимодействием с внешней средой. В закрытых системах, в которых отсутствует обмен веществ со средой, их конечные состояния полностью зависят от начальных состояний. В этом случае действуют детерминистические законы. В случае же открытой системы реализуются вероятностно-детерминистические законы.

Одно из центральных положений ОТС выражается в принципе изоморфизма, говорящем об одинаковом в основных чертах строении совокупности элементов, образующих систему, безразлично к природе этих элементов.

Основными направлениями исследований в ОТС являются: 1) математическая теория систем, предусматривающая два подхода: а) аксиоматический, основанный на ряде некоторых исходных положений, и б) динамический, изучающий изменения систем во времени; 2) системная техника, состоящая из комплекса методов, моделей, математических подходов, применяемых в анализе систем человек-машина; 3) системная философия, изучающая смену мировоззренческой ориентации в результате превращения понятия "система" в новую парадигму науки. Здесь концепция "системы" заключается во взгляде на мир как на "большую организацию". Это резко отличается, по мнению Л. фон Берталанфи, от механистического взгляда на мир как на царство слепых законов природы.

При изучении систем Л. фон Берталанфи считает необходимым использовать ряд формальных системных свойств. К ним относятся целостность, означающая, что изменение любого элемента системы действует на другие ее элементы и ведет к изменениям во всей системе. Важным свойством системы является суммативность, говорящая о том, что изменение любого ее элемента зависит только от него самого, а изменение всей системы является суммой изменений не зависящих друг от друга ее элементов, поскольку взаимодействие в данном случае равно нулю. Переход системы от состояния целостности к состоянию суммативности автор называет механизацией, при которой взаимодействие элементов уменьшается вплоть до нуля. Наоборот, процесс увеличения взаимодействия элементов представляет собой централизацию. При этом даже незначительные изменения у ведущей части системы приводят к существенным сдвигам во всей системе. Л. фон Берталанфи особенно подчеркивает большую роль иерархической организации системы, когда ее отдельные элементы представляют собой системы более низкого порядка, а рассматриваемая система в целом отражает более высокий порядок организации.

Л. фон Бергаланфи считает, что объект исследования может рассматриваться как система в том случае, если он удовлетворяет ряду требований. Во-первых, этот объект (целое) должен состоять из подсистем (частей, элементов). Во-вторых, объединение подсистем в систему должно способствовать определению цели исследования. Это невозможно сделать без знания взаимосвязей и порядка расположения частей в системе. Поэтому, в-третьих, необходимо дать характеристику взаимосвязи подсистем в системе. Наконец, в-четвертых, изучаемая система должна быть частью (подсистемой) большой системы.

### **ПРЕДПОСЫЛКИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В приведенных взглядах, отражающих развитие основных представлений о системах, одно из главных положений касается принципов их организации. Несмотря на то, что в литературе нередко существует неодинаковое понимание содержания организации как обязательного атрибута систем, в том числе биологических, тем не менее можно утверждать, что есть нечто общее, что является неременной чертой их организации.

Так, по мнению Б.Г. Юдина (1974), организация означает, с одной стороны, внутреннюю упорядоченность, согласованность, взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных частей целого, а с другой, - совокупность процессов или действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого. Автор различает понятия структуры и организации. Если первое говорит об относительно инвариантных и статистических закономерностях, относящихся к строению и взаимосвязям частей, то второе отражает закономерности, относящиеся к динамическим, функциональным, поведенческим характеристикам системы и к взаимодействию ее частей. Б.Г. Юдин подчеркивает, что в понятии организации есть два аспекта: упорядоченность и направленность. Упорядоченность характеризуется негэнтропией, а направленность указывает на соответствие системы условиям окружающей среды, целесообразность данного типа организации с точки зрения поддержания нормального функционирования системы, диапазон ее приспособленности к среде. В.П. Боголепов (1968) характеризует организацию как определенный порядок и в функциональном, и в структурном смысле, что означает взаиморасположение и взаимосвязь элементов некоторого комплекса (структурная часть организации), их действия и взаимодействия (ее функциональная часть), обусловленные единством целей и выполняемых ими функций и определяемыми обстоятельствами места и времени. М.И. Сетров (1970) называет порядком соотношения предметов или процессов в некоторой повторяющейся пространственной или временной последовательности, при этом, как полагает автор, сложность системы не эквивалентна ее упорядоченности. Если первая

характеризует систему с количественной стороны, то вторая – с качественной стороны. Упорядоченность, по М.И. Сетрову, является основой структуры системы, включающей в себя ее элементы и их взаимосвязи. Диалектическое единство экстенсивной структуры, развернутой в пространстве, и интенсивной структуры, развернутой во времени, образует организацию системы.

Считается, что система тогда становится самоорганизующейся, когда она располагает механизмами управления своей организацией. И. Клир (1969) полагает, что организация системы представляет собой совокупность некоторых ее свойств, которые детерминируют определенное ее поведение. Он в организации различает постоянную и переменную части. Первой является структура системы, второй – ее программа. Структура используется при формировании либо постоянного, либо относительно постоянного поведения, а программа – при формировании временного поведения системы.

Из изложенного следует, что понятие организации системы включает в себя два аспекта: пространственный и временной, другими словами, любым биологическим системам должна быть свойственна пространственно-временная организация. Тем не менее, этот принцип организации биологических систем, долгое время не служил предметом специального изучения. Такое положение можно назвать парадоксальным, поскольку многие крупные ученые отмечали исключительно большое значение понятий пространства и времени в изучении процессов жизни. Так, Н. Винер (1964) отвечая в интервью на вопрос, какой будет наука в 1984 г., сказал, что главное направление развития биологии пойдет через организацию систем в пространстве и во времени. Лауреат Нобелевской премии П.Л. Капица (1955) среди наиболее актуальных вопросов отметил большую роль создания теории пространства и времени. Другой лауреат Нобелевской премии И. Пригожин (1979, 1986) неоднократно подчеркивал важную роль пространственно-временной структуры в возникновении биологической упорядоченности, самоорганизации, в достижении биологической системой необратимости в своем развитии. Следовательно, пространственно-временной характер организации биологических систем относится к числу черт, определяющих их изоморфизм.

Говоря о пространственно-временном изоморфизме организации биологических систем, мы считаем нужным подчеркнуть, что при обсуждении вопросов их организации речь должна идти именно о пространственно-временной их организации, в которой категории пространства и времени тесно связаны между собой, то есть об единой их пространственно-временной организации. Другими словами, биологические системы должны характеризоваться подобным же пространственно-временным континуумом (непрерывностью), который в соответствии со специальной (частной) и общей теориями относительности А. Эйнштейна свойственен физическим процессам. Эти теории, как

известно, утверждали, что в физическом мире пространство и время не только едины и взаимозависимы, но и создают некое единство более высокого порядка, именуемого пространством - временем, которое распадается на пространство и время относительно определенной системы отсчета. Таким образом, речь идет об едином четырехмерном пространстве – времени. При этом время в специальной теории относительности (1905) не рассматривается эквивалентным пространству. Важно также то, что согласно этой теории, системы отсчета времени и пространства в движущихся объектах свойственны именно этим объектам и не зависят от наблюдателя. Общая теория относительности (1918) также утверждает, что пространство и время являются не только реляционными, то есть не как абсолютные и существующие сами по себе (в противоположность взглядам И. Ньютона, 1687), но и релятивистскими, то есть имеющими такие метрические свойства (пространственные и временные интервалы), которые являются относительными к системе отсчета (объекту), но не к субъекту М. Бунге (1970) полагает, что пространство - время относится к важнейшим основаниям науки. Вместе с тем, по его мнению, физика не дает полной картины пространства – времени, и создание соответственно теории пространства – времени все еще остается открытой проблемой. Сложность построения такой теории видна хотя бы из того факта, что современная экспериментальная наука имеет дело с диапазоном пространственно – временных интервалов в 43 – 44 порядков величины, а теоретически это выражается в микро- и макромире диапазоном более, чем в 60 порядков (от  $10^{-33}$  см до 10 км и от  $10^{-43}$  с до 10 лет (В.С. Барашенков, 1984).

Независимость течения и свойств времени от системы его отсчета означает в принципе наличие в различных по природе объектах мира своего собственного времени. Следствием этого, повидимому, служит появление в современной литературе терминов “геологическое время”, “географическое время”, “историческое время”, “социальное время”, наконец, “биологическое время”, отражающих осуществление совершенно различных процессов.

### **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ**

Историки биологии считают, что проблема биологического времени впервые была поставлена более 100 лет назад основоположником эмбриологии русским ученым К. Бэр, который тесно связывал его с процессами онтогенеза. Но, повидимому, научно обоснованная идея о биологическом времени принадлежит выдающемуся русскому ученому В.И. Вернадскому (1932), под которым он понимал время, связанное с осуществлением жизненных процессов, происходящим в пространстве организмов, характеризующем диссиметрией.

В последние годы проблема биологического времени стала междисциплинарной и решается не только биологами, но и философами, математиками и другими специалистами.

Мнение о наличии собственного времени биологических систем подтверждается рядом фактов. Во-первых, существованием у животных и растений так называемых околосуточных (циркадных) биологических ритмов, протекающих в постоянных условиях окружающей среды и являющихся свободнотекущими ритмами. Эти ритмы врожденные, эндогенные, обусловленные свойствами самого организма: но в условиях смены освещенности с периодом 24 час (фотопериодичность) они затягиваются этим циклическим изменением (датчиком времени) и становятся суточными. Во-вторых, превращением суточного ритма бодрствования и сна у людей, находящихся в лишенных естественного освещения пещерах или в экспериментальных бункерах, экранированных от фотопериодичности и электромагнитного поля Земли, в свободнотекущий с периодом иногда значительно больше 24 час. Важно, что темп и степень удлинения периода ритма в этом случае строго индивидуальны. В третьих, наличием у человека так называемой индивидуальной минуты, которая не равна физической минуте.

Н.И. Моисеевой (1975, 1980) предложена гипотеза трехмерности индивидуального биологического времени, состоящей из последовательности течения времени; сосуществование времен, отражающих набор параллельно происходящих в организме событий с той или иной временной последовательностью, и его величины, выражающей продуктивность каждого мгновения в общем балансе времени. Автор считает, что время организмов обладает одновременно векторностью и повторяемостью. Живые системы существуют одновременно и как индивидуальные особи, и как единицы более сложной системы другого уровня, что ведет к возникновению многомасштабности времени. Биологическое время в противоположность физическому неравномерно. Это выражается в переменной скорости течения процессов и в альтернативном дискретном переходе организма от одного вида деятельности к другому.

## **БИОЛОГИЧЕСКИЙ РИТМ И ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Согласно Я.Ф. Аскину (1971), временную структуру процессов, в том числе биологических, отражает категория "ритм". Ритмичность характеризует как определенный порядок событий в их временной последовательности, так и длительность отрезков времени, поскольку может содержать чередование фаз различной продолжительности. Ритмичность, по автору, не есть свидетельство замкнутого, "циклического времени". Она отражает проекцию относительной повторяемости на необратимое в целом развитие. А.М. Мостепатенко (1971) под относительной повторяемостью событий во временном ритме

понимает расположение моментов времени относительно друг друга в определенном линейном порядке. В основе такого порядка времени лежит свойство временной промежуточности, которое выражается положением: из трех любых различных моментов времени А, Б, В один и только один расположен между двумя другими. В случае “циклического времени” отношение между “для моментов времени” потеряло бы свой однозначный смысл. Против этого времени говорят и такие его свойства, как однонаправленность и необратимость. Однонаправленность времени означает, что время имеет определенное направление, то есть направление от прошлого через настоящее к будущему. Направление времени есть выражение порядка существования событий, а его необратимость – выражение однозначности этого порядка (Я.Ф. Аскин, 1971; А.М. Мостепатенко, 1971).

В ньютоновской картине мира любой момент времени в настоящем, прошлом и будущем был неотличим от любого другого момента времени. Поэтому за временем в ньютоновской системе закрепилось название обратимого времени (О. Тоффлер, 1986). Поскольку в классической механике Ньютона абсолютный знак времени не устанавливается, то теоретически возможен и прямой, и обратный ход событий. В механике Эйнштейна, электродинамике и квантовой механике время рассматривается как параметр, равноправный с пространственными координатами. Но в сложных системах, каковыми являются биологические системы, возникает необратимость течения времени. Это связано с тем, что элементы таких систем не могут себя вести строго определенно, в их поведении всегда обнаруживается непредсказуемость, случайность (О.П. Мелехова, 1998).

Большое внимание проблеме времени, его обратимости или необратимости уделил в своих работах И. Пригожин. В книге “Порядок из хаоса” (1986) И. Пригожин, И. Стенгерс пишут, что проблемы времени находятся в самом центре современной науки. Авторы категорически подтверждают мнение о необратимости времени. При этом они прибегают к понятию энтропии, которая в термодинамических системах, каковыми с определенным допущением являются живые системы, возрастает, демонстрируя необратимость происходящих в них процессов. Энтропия свойственна и тепловым механическим машинам, в которых, помимо обратимого теплообмена, наблюдаются необратимые процессы: тепловые потери, трение и т.д., приводящие к увеличению производства энтропии. Вследствие этого возникает, как пишут авторы, асимметрия во времени, поскольку энтропия возрастает в направлении будущего, а не прошлого.

Из изложенного видно, что ритм не является просто феноменом, а имеет определенную свою внутреннюю временную структуру. Вместе с тем, ряд авторов (Я.Ф. Аскин, 1966; А.С. Кардашева, 1977; и др.) рассматривают ритм вообще, в том числе и биологический, как тип связи событий во времени и отмечают его организующую роль во

временном течении процессов в системе. По мнению И.В. Круть (1973), ритм является структурной единицей времени любой системы. Автор высказал интересную мысль о том, что каждая сложная система в конечном итоге обладает своим интегральным ритмом, а другие наблюдающиеся в ней ритмы относятся к ее подсистемам. Это важно для правильного выбора меры биологического времени. Мы полагаем, что явление биологической ритмичности дает такую возможность, но при этом надо использовать тот ритм (ритмы), который в наибольшей степени отражает общее, интегральное поведение во времени данной конкретной системы и является биологически важным для ее существования, выживания, адаптации и развития (Ю.А. Романов, 1976, 1980) в данный момент, поскольку в другое время таким может быть уже другой биологический ритм.

В 1960 г. на Международном симпозиуме по биологическим часам в Колд-Спринг-Харборе (США) американские ученые Ф. Халберг и К. Питтендрай, а позже английский биолог Б. Гудвин в книге "Временная организация клетки" (1964) выдвинули представление о временной организации биологических систем. Все они главную закономерность временной организации видели в согласованном во времени течении ритмических процессов внутри организма и с ритмами вне его. К. Питтендрай подчеркивал, что организация функций организма во времени совершенно независима от периодичности внешних изменений. Временная организация ритмических биологических процессов проявляется в упорядоченном поведении организмов.

Идея временной организации получила определенное развитие во многих областях биологии. На основе литературных данных по этой проблеме и результатах собственных исследований мы выдвинули положение о том, что принцип временной организации живых систем является одним из основных общих принципов биологической организации (Ю.А. Романов, 1980).

При обсуждении механизмов временной организации надо согласиться с мнением Ф. Халберга, К. Питтендрая, Б. Гудвина о том, что координированность и согласованность ритмических изменений функций организма во времени является важнейшей ее закономерностью. Но все-таки временная упорядоченность биологических процессов, лежащая в ее основе, состоит не только в этом. Сегодня известно, можно сказать, огромное количество функций организма, ритмически изменяющихся во времени, и оно увеличивается. Если к 1985 г. при исследовании различных систем у человека было обнаружено около 400 биологических ритмов, то к настоящему времени их число приближается к тысяче и в последующем по мере развития хронобиологии и хрономедицины будет возрастать. При этом разные биоритмы отличаются своими параметрами, функциональной принадлежностью, значением для организма, определенной соподчиненностью. Следовательно, временную организацию нельзя рассматривать как

простую сумму составляющих ее ритмов, хотя каждый участвующий в ее образовании ритм или другой временной процесс является элементом временной организации. Поэтому в изучении и формировании представлений о временной организации необходимо использовать системный подход, позволяющий дать интегрированную оценку ритмической структуры организма и выявить механизмы ее регуляции (Ю.А. Романов, 1985).

Таким образом, процессы в биологических системах непостоянны во времени, а их изменения носят фазовый или ритмический характер. При анализе временной структуры биологических процессов необходимо учитывать свойства времени, в частности, то, что время отражает последовательность изменений в биологической системе (временную упорядоченность) и длительность существования объекта или процесса, а также его однонаправленность (Ю.А. Романов, 2000).

Как известно, ритмические изменения в биологических системах выражаются разно периодическими биологическими ритмами с длительностью периода колебаний от долей секунды до нескольких лет. Поэтому важно дать общую характеристику биологического ритма. Мы полагаем, что любой биологический ритм представляет собой колебательный процесс, воспроизводящий биологическое явление или состояние биологической системы через приблизительно равные промежутки времени (Ю.А. Романов, 1989, 2000). Каждый новый цикл ритмических изменений по своей картине не вполне подобен предыдущему, но в своем образовании в общем имеет один и тот же механизм. Новому циклу ритма свойственны те же параметры, что и предшествующему, хотя количественно они, как правило, отличаются. Например, в суточных ритмах различия наблюдаются в величинах мезора, амплитуды, временном положении акрофазы, длине периода, фазовой структуре ритма. Естественная вариабельность параметров ритма имеет большое адаптивное значение для организма. Все это говорит о том, что новый цикл ритмических изменений, будучи по форме похожим на старый, по своему содержанию отличается от него. Эта закономерность позволяет лучше понять, каким образом в остающейся прежней (старой) структуре возникает новое содержание и почему развитие во времени какой-либо функции, морфологического образования или организма в целом является необратимым.

Отличие и сходство нового и старого циклов ритма делят процесс развития биологической системы на отдельные отрезки, или кванты, и этим самым делают развитие квантованным, обеспечивая в нем единство непрерывности и дискретности при однонаправленном течении времени, что очень похоже на дуализм волна – частица в световом потоке.

Квантование деятельности свойственно и функциональным системам организма. Сменяющие друг друга циклы их саморегуляции – от потребности к ее удовлетворению –

составляют отдельные “системокванты”, выступающие в роли исполнительных операторов функциональных систем (К.В. Судаков, 1998).

Важнейшим параметром биологического ритма является среднепериодическая величина (мезор) ритмически колеблющейся функции. Поскольку в ней отражаются все состояния данной функции, имевшие место на протяжении ее цикла колебаний, то она дает наиболее объективное представление об этой функции. Мезор входит в понятие хронобиологической нормы, характеризующей с хронобиологических позиций нормальное состояние той или иной функции организма. Другими показателями хронобиологической нормы являются амплитуда, фазовая структура биологического ритма и те рамки обратимых изменений перечисленных параметров биологического ритма, которые возникают в организме при воздействии на него. Обратимость в данном случае является границей между хронобиологической нормой и патологическими нарушениями в биологических ритмах (Ю.А. Романов, 1989; Ф.И. Комаров, Ю.А. Романов, Н.И. Моисеева, 1989).

Хронобиологическая норма обуславливается, с одной стороны, внутренними механизмами регуляции в организме, в том числе, повидимому, генетическими, а с другой, взаимодействием организма со средой. Выражением первого положения можно, очевидно, считать тот или иной хронотип организма (например, подразделение людей на “жаворонков”, “сов” и “голубей”). Второе положение подтверждается данными о лабильности хронобиологического статуса организма, его хронореактивности и способности к хроноадаптации.

Реакция ритмически колеблющейся функции на воздействие в различных точках периода ритма неодинаковая. В зависимости от своего временного состояния функция может усиливаться, ослабляться или вообще не отвечать на воздействие. Отрезок периода ритма, когда функция проявляет реакцию, был назван временем потенциальной готовности (В.Б. Чернышев, 1973; Г.Д. Губин и др., 1976). Оно начинается тогда, когда воздействие способно вызывать переход функции из одного состояния в другое, и заканчивается в тот момент, когда ритмические изменения вновь становятся спонтанными. Поскольку возникновение и исчезновение реакции функции на воздействие носит ритмический характер, то это явление получило название биологических ритмов чувствительности функции (или организма) к тому или иному воздействию (Ю.А. Романов, 1980). Установление этих ритмов и знание их механизмов чрезвычайно важно для осуществления регуляции биологических ритмов и проведения целенаправленной лечебной коррекции их нарушений при развитии в организме патологии.

Таким образом, биологические ритмы являются одним из наиболее общих свойств биологических систем и выражают их существование во времени. Они относятся к основным механизмам их регуляции и адаптации. Кроме того, они составляют важную

содержательную часть собственного времени биологической системы (биологического времени) и механизмов его согласования с внешним физическим (астрономическим) временем (Ю. А. Романов, 1989, 2000).

Выяснение структуры системы требует определения ее иерархического строения. Как говорилось ранее, положение об иерархии функциональных систем организма является одним из ведущих постулатов теоретического представления о них. По К.В. Судакову (1987, 1998), принцип их иерархии состоит в том, что в каждый момент времени деятельность организма определяет доминирующая в плане его выживаемости и адаптации к окружающей среде функция. Но постоянно происходит смена доминирующей функциональной системы в соответствии с внутренними и внешними потребностями организма. Автор подчеркивает, что иерархия функциональных систем основана на иерархическом взаимодействии результатов их деятельности, когда результат одной функциональной системы входит в качестве компонента в результат другой.

Однако, помимо “сменного” режима работы функциональных систем, или подсистем более крупной системы, в последней должно быть и более или менее постоянное иерархическое распределение ее функциональных частей. Следовательно, временная организация биологической системы должна строиться на основе принципа иерархии составляющих ее частей.

Этот вопрос обсуждался в ряде работ. В 1976 г. американские исследователи М.С. Моог-Еде et al. предложили три абстрактные модели внутренней организации ритмической системы в организме. Согласно первой модели, в системе находится один автономный ведущий генератор (осциллятор) ритмов во всех ее остальных подсистемах (моноосцилляторная модель). Вторая (мультиосцилляторная) модель предполагает существование в организме многих автономных генераторов ритмов. Но один из них выполняет роль ведущего и именно он захватывается экстероцептивными сигналами, а внутренние посредники (физические или химические) захватывают ритмы автономных генераторов. Третья также мультиосцилляторная модель не имеет постоянного ведущего генератора, а состоит из независимых друг от друга, но возможно объединяющихся в группы сцепленных между собой генераторов ритмов. В этой модели предполагается множество экстероцептивных входов в систему со стороны внешней среды, которые захватывают (синхронизируют) различные генераторы, а внутреннюю синхронизацию обеспечивают посредники, осуществляющие связь между генераторами. По мнению М. Мур-Ида, Ф. Салзмена (1984), в организме реально существует третья модель, которая ими была названа неиерархической мультиосцилляторной моделью. Но именно отсутствие в этой модели иерархической структуры не позволяет ее принять.

Как известно, биокibernетические системы управления в общем виде включают в себя входной (задающий сигнал), управляющее устройство, управляющее воздействие, объект управления и выходной сигнал (управляемую величину), который по каналу обратной связи достигает управляющее устройство. Поскольку биологические ритмы имеют непосредственное отношение к регуляции и управлению живыми системами, то учитывая это и требование иерархичности во взаимодействиях между ритмами, мы (Ю.А. Романов, 1980) предложили общую структуру временной организации биологических систем, состоящую из следующих частей:

1) связывающей временную организацию данной биологической системы с другими системами и с внешней средой; 2) регулирующей временную организацию; 3) воспринимающей сигналы регуляции; 4) рабочей (исполнительной, или эффекторной), выражающей конечный результат деятельности или поведения биологической системы. Эта общая структура временной организации универсальна и применима к любой биологической системе независимо от ее сложности. Ее регулирующую часть не следует отождествлять с какой-то отдельно взятой анатомической структурой, поскольку механизмы управления биологическими ритмами могут располагаться диффузно в системе и представлять собой не морфологические образования, а процессы. Связь временной организации с внешней средой осуществляется через органы чувств, нервную систему, химические контакты и т.д. Биологическая рецепция в широком смысле служит приему сигналов управления. Эффекторная (исполнительная) часть общей структуры временной организации представляет собой огромное количество биологических ритмов “рабочих” функций живой системы, обеспечивающих ее временное поведение. Рабочая часть имеет прямые и обратные связи с частью, воспринимающей сигналы регуляции, к счастью, связывающей систему со средой и с другими живыми системами. К сожалению, очень часто в качестве временной организации биологической системы авторами рассматривается только рабочая исполнительная часть, хотя она – лишь один из элементов временной организации.

Изучение временной организации пролиферативной системы в перевиваемой асцитной опухоли и в эпителии пищевода мышей и ее регуляции, проведенное в нашей лаборатории (М.В. Богоева, 1981; Н.Я. Мацак (Попова), 1984; И.Г. Торшина, 1986), показало, что активные фазы суточных ритмов продукции (или биологической активности) кейлонных ингибиторов деления клеток и чувствительности пролиферативных процессов к ним совпадают во времени суток. Биологический смысл такого временного совмещения ритмов, относящихся к разным частям временной организации пролиферативной системы (регулирующей и воспринимающей сигналы регуляции) очевиден и он состоит в достижении наиболее эффективной регуляции рабочих ритмов в системе пролиферации путем одновременного увеличения концентрации веществ, подавляющих деление клеток и их

чувствительности к ним. Повидимому, четкое временное согласование ритмов регуляторных процессов и ритмов восприятия сигналов регуляции в организме является одной из основных закономерностей оптимального регулирования его функций. Следовательно, временная организация принимает тесное участие в формировании “экономически” выгодного относительно пластических и энергетических затрат механизма образования ритмов исполнительных функций, то есть в повышении эффективности работы системы.

Позже ряд авторов выдвинул очень похожую на предложенную нами структуру ритмической организации биологических систем. Так, по S. Takahashi, M. Satz (1982) она включает: 1) входной путь в систему; 2) циркадный пейсмекер, генерирующий колебания; 3) выходной путь, результирующийся в измеряемых исследователем ритмах. J. Ashoff (1985) представляет ритмическую систему, состоящую из: 1) центрального пейсмекера, генерирующего ритм; 2) рецептора, чувствительного к периодическим сигналам из внешней среды; 3) эфферентного пути от пейсмекера к органам и функциям, ритмы которых изучаются. Если объединить эти варианты структуры ритмической организации, то получится предложенная нами общая иерархическая структура временной организации биологической системы.

Изложенное позволяет сказать, что временная организация биологической системы – это совокупность упорядоченных изменений во времени, в том числе в виде биологических ритмов, ее структур и функций, иерархически взаимодействующих и согласованных между собой и с колебаниями условий внешней среды (Ю.А. Романов, 1989, 1990, 2000).

Учитывая разный характер временных изменений биологических процессов, мы сочли необходимым временную организацию биологических систем подразделить на три типа: 1) организация индивидуального времени; 2) организация равнопериодических биологических ритмов разных функций; 3) организация разнопериодических биологических ритмов одной и той же функции (Ю.А. Романов, 1990). Условно эти типы временной организации биологических систем можно назвать соответственно ее 1-м, 2-м и 3-м типами.

Исследования, проведенные в нашей лаборатории (В.В. Евстафьев, 1991; В.В. Евстафьев, В.П. Рыбаков, 1992; О.И. Ириков, Ю.А. Романов, С.С. Филиппович, А.И. Антохин, 1998; Н.Н. Жаркова, 2001), показали, что существует определенная связь между суточными и окологасовыми биологическими ритмами в тканях. Она выражается в том, что во время активной фазы суточного ритма период окологасовых колебаний функции сокращается, а во время его пассивной фазы – возрастает.

Т.Н. Ивченко (1977), работая в нашей лаборатории, установила, что временная организация присуща пролиферативной системе клеточных культур. Это является свидетельством того, что временная организация является врожденным свойством биологических систем.

Временная организация биологических систем характеризуется определенным эволюционным развитием. Нами (Ю.А. Романов, В.П. Рыбаков, 1973; Ю.А. Романов, 1980) выделены следующие этапы ее эволюции: 1) становление временной упорядоченности химических (автоколебательных) процессов при образовании предбиологических и протобиологических систем; 2) формирование циклов и далее временной организации химических и метаболических процессов в этих системах с приобретением ею механизмов внутренней регуляции и способности взаимодействовать с периодическими изменениями во внешней среде; 3) возникновение и закрепление отбором биологических ритмов с различающимися периодами и другими параметрами, способствующее повышению адаптивности биосистем; 4) совершенствование механизмов регуляции временной организации биосистем и усложнение в ходе их эволюции ее общей структуры.

Несколько лет назад крупный американский хронобиолог Ф. Халберг с сотр. (1986 - 1996) выдвинули представление о хрономе как понятии, отражающем структуру временной организации биологической системы. Термин “хроном” происходит от слов *chronos* – время, *nomos* – правило, закон и *chromosoma*. Реально он включает в себя полный объем алгоритмически предсказуемой временной структуры генетически закодированной физиологической функции или системы, которая может быть синхронизирована с окружающей средой и может эволюционно изменяться. Хроном, по Ф. Халбергу, - это генетически обусловленная и развившаяся в процессе эволюции закодированная временная структура.

Если согласиться с утверждением об участии биологических ритмов организма в регуляции процессов, протекающих в нем, то тогда надо предположить, что они выполняют определенную роль в информационных взаимодействиях в биологической системе. Л.А. Николаев (1971) отметил, что если система обладает организацией, то она способна к отбору временных кодов и не воспринимает беспорядочные кодовые воздействия. По мнению автора, усиление роли кодов составляет характерный признак перехода в эволюции от неживых систем к биологическим. Проведенный нами (Ю.А. Романов, В.П. Рыбаков, 1973) позже анализ подтвердил справедливость этого мнения и показал большое значение в эволюции временной организации взаимодействий биологических ритмов с сигналами из окружающей среды.

Но можно предполагать, что биологическим ритмам принадлежит немаловажная роль и в информационных взаимодействиях внутри организма. Действительно, если проанализировать причинно-следственную цепочку взаимосвязанных ритмов физиологических процессов, то можно увидеть, что активные фазы в таких ритмах наступают с определенным временным сдвигом относительно друг друга. Поэтому нам казалось правомочным утверждать, что активные фазы или акрофазы биологических ритмов

являются одновременно “сигналом” биологической информации и “ответом” на него той или иной функции, то есть реализацией этой информации. При этом амплитуда биологического ритма, повидимому отражает, с одной стороны, величину биологического сигнала, а с другой – величину ответа функции (Ю.А. Романов, 1991). В конечном итоге наша точка зрения выражалась в трех положениях: 1) биологический ритм функции есть периодически образующийся информационный сигнал для той функции, на которую он оказывает влияние, или, точнее с ритмом которой он взаимодействует; 2) биологический ритм этой второй функции представляет собой механизм реализации этого сигнала; 3) этот же биологический ритм может быть в свою очередь источником образования нового информационного сигнала для ритма следующей связанной с ним функции (Ю.А. Романов, 1995). Следовательно, в роли биологических ритмов в информационных взаимодействиях проявляется своеобразный дуализм, служащий связью между взаимодействующими ритмами. Цепь ритмических информационных сигналов может быть длиннее или короче, но она всегда конечна в пространстве биологической системы и выражается на своем последнем этапе тем или иным ритмическим поведением биологической системы.

Общепризнана тесная связь между развитием, приспособлением и поступлением информации в биологическую систему. Необратимость развития живой системы во времени весьма существенна для приобретения ею новых качеств в ходе адаптиогенеза. Но последний возможен лишь в случае способности живой системы отвечать на те или иные воздействия, в том числе информационного характера, и может быть прежде всего на них. Это является свойством открытых систем, к которым относятся биологические системы. В 1992 г. нами было высказано мнение, что для развития реакции живых систем на воздействия требуется ряд условий. Во-первых, для этого необходимо наличие в них соответствующего рецепторного аппарата (структурный аспект адаптиогенеза). Во-вторых, для восприятия воздействия этот аппарат должен находиться в ритмически изменяющемся состоянии, соответствующем выполнению своей функции (функционально-динамический аспект). В-третьих, возникновение в живой системе реакции на воздействие в конечном итоге означает, что системой принята определенная информация и в соответствии с ней она осуществляет свое дальнейшее поведение, которое, в частности, выражается и ее реакцией (поведенческий аспект). В-четвертых, любое взаимодействие с живой системой влияющих на нее внешних факторов основывается на резонансных отношениях этих факторов с состоянием точек приложения их действия в системе (экологический аспект). В-пятых, основным механизмом реализации этих отношений, превращающих входящую в живую систему физическую, химическую, социальную и другую информацию в биологический ответ, является механизм кодовых взаимодействий, среди которых находятся пространственные и временные (кодowo-информационный аспект).

Говоря об экологическом аспекте адаптиогенеза особенно надо подчеркнуть роль в этом процессе 1-го типа временной организации биологической системы (организация индивидуального времени). Данные Н.Ф. Абдрашитовой (2000, 2001), полученные в нашей лаборатории, указывают на возникновение нарушений в течении возрастных биологических процессов у человека под влиянием опасного токсиканта озона, которые выражаются как в их количественных, так и временных сдвигах (новые гетерохронии).

В результате изучения информационных взаимодействий в организме с позиций хронобиологии были сформулированы принципы этих взаимодействий, осуществляющихся с участием биологических ритмов и временной организации живой системы (Ю.А. Романов, 1994, 1995; Ю.А. Романов, В.В. Маркина, 1998). Они следующие:

1) временная организация биологической системы является каналом информационных взаимодействий в организме (принцип связи свободной информации с временной организацией биологической системы);

2) временная организация, состоящая из равнопериодических биологических ритмов различных функций, обеспечивает выполнение в живых системах одного из основных положений общей теории информации, а именно – соответствие информации и состояния субстрата ее приложения (принцип соответствия);

3) фазы биологического ритма обладают свойством как однонаправленного усиления или ослабления, так и разнонаправленной реализации биологического действия информации, приносимой в организм одним и тем же материальным носителем (принцип усиления, ослабления или инверсии биологическим ритмом информационного воздействия);

4) биологический ритм является механизмом превращения непрерывного информационного сигнала, если таковой имеет место, в дискретный, который только и способен осуществить содержательное информационное воздействие (принцип квантования информации биологическим ритмом);

5) поскольку биологический ритм представляет собой колебательный процесс, приводящий к воспроизведению биологического явления или состояния биологической системы через приблизительно равные промежутки времени, и для него характерна многократная повторяемость, то он может рассматриваться как один из механизмов размножения информации в биологической системе (принцип мультипликации информации с помощью биологического ритма);

6) размножение информации посредством биологического ритма является одним из универсальных механизмов выживаемости информации в биологической системе (принцип выживаемости информации);

7) совокупность разнопериодических биологических ритмов одной и той же функции, представляющая собой один из видов временной организации, обеспечивает живой системе

как охват широкого частотного спектра восприятия, передачи и воспроизведения сигналов биологической информации одинаковой семантики, так, по необходимости, и дифференцированный ее выбор (принцип оптимальной полноты и дифференцированного выбора в восприятии, передаче и воспроизведении информации);

8) временная организация биологической системы, представляющая собой совокупность индивидуальных времен ее частей, дает возможность ее осуществлять упорядоченные прием и переработку информации на протяжении времени индивидуального развития (принцип связи информации с онтогенезом организма);

9) временная организация является механизмом, обеспечивающим информационное взаимодействие между биологическим временем живой системы и физическим временем окружающей ее среды (принцип информационной связи биологического и физического времени).

Многими исследователями установлено, что возникновение патологических изменений в организме человека сопровождается изменениями в его биологических ритмах. Чаще всего они носят характер внутреннего и внешнего десинхроноза. Л.Г. Хетагуровой (1992 - 2001) разработано представление о физиологическом и патологическом десинхронозах у людей, позволяющее не только более точно знать патогенез болезни, но и выявить патогенетическую основу доклинических нарушений здоровья. В области хрономедицины успешно развивается направление хронотерапии, которое занимается созданием методов лечения больного человека с учетом его биологических ритмов (Ф.И. Комаров, С.И. Рапопорт, 1989; Б.М. Гехт, Ф.И. Комаров, 1989; Г.Б. Федосеев, З.Я. Дегтярева, 1989; Р.М. Заславская, 1989, 2000; С.И. Рапопорт, Н.К. Малиновская, 2000; и др.).

Путем анализа закономерностей временной организации живых систем мы пытались представить себе, каким образом она может участвовать в развитии патологии, и пришли к следующему мнению (Ю.А. Романов, 1980). Поскольку общая структура временной организации состоит из нескольких частей, то для ответа на этот вопрос прежде всего надо знать, в какой ее части возникает патологический процесс. Если он локализуется в ее рабочей части, то нарушения биологических ритмов будут носить более и менее ограниченный характер. Но если учесть связь рабочей части временной организации с ее частью, воспринимающей сигналы регуляции, то в последней также надо ожидать появление тех или иных применений биоритмов. Основываясь на связи, в том числе информационной, рабочей части временной организации одной функциональной системы организма с временной организацией другой, можно предполагать вероятность сдвигов биоритмов и в ней. Распространение нарушений биоритмов от одной функциональной системы на другие, очевидно, зависит от степени их физиологической взаимосвязи и их совместного участия в обеспечении каких-либо функций. Глубина повреждения временной организации организма

в целом в этом случае будет обуславливаться по крайней мере двумя обстоятельствами: 1) масштабом нарушений биоритмов в рабочей части временной организации биологической системы, в которой первично возник патологический процесс, и 2) значением этой части для жизнедеятельности организма.

Если патологический процесс развивается в регуляторной части временной организации или в ее части, воспринимающей сигналы регуляции, то это может привести в зависимости от выраженности патологии к наиболее сильным повреждениям временной организации системы. Следствием этого может быть либо необратимое разрушение системы, либо установление в ней новой временной организации, которая может содействовать ее сохранению только при наличии способности к координации функций данной системы с функциями других систем организма и с внешними датчиками времени. В первом случае существует большая вероятность серьезных и, возможно, необратимых нарушений общей временной организации организма. Во втором же случае изменения в общей временной организации будут носить или реактивный характер (до ликвидации патологического очага), или оставаться устойчивыми, но уже в рамках новых временных взаимоотношений между системами организма.

Изложенное позволяет сказать, что для понимания хронобиологических закономерностей развития патологии в организме, необходимо: 1) установить локализацию нарушений биологических ритмов в частях общей структуры временной организации; 2) определить распространенность изменений биологических ритмов в ее общей структуре, то есть знать, происходят они в одной или нескольких ее частях; 3) представлять, в какой части общей структуры временной организации нарушения биологических ритмов первичны, а в какой части (или частях) они вторичны (Ю.А. Романов, 1985, 2000). Эти же задачи возникают и при осуществлении различных воздействий на временную организацию биологической системы, в том числе лекарственных, как при проведении обычной терапии, так и хронотерапии.

Комплекс лечебных мер, направленных на ликвидацию патологии в организме, должен преследовать создание в нем естественной временной структуры его биологических ритмов (Ю.А. Романов, В.П. Рыбаков, 1973). Справедливость такого мнения подтверждается данными о хорошем эффекте лечебного применения кортикостероидов, когда больным с недостаточностью коры надпочечников они вводились в утренние часы, то есть во время естественного усиления их продукции в суточном ритме у человека (V.C. di Raimondo, P.H. Forsham, 1956; В.А. Таболин, Ю.Е. Вельтищев, В.П. Лебедев и др., 1971; Ю.А. Романов, В.А. Таболин, И.Н. Калмыкова и др., 1975; и др.). Но надо сказать, что повышению эффективности хронобиологического лечения способствовало бы не только воссоздание естественного биологического ритма, например, содержания гормона у человека (имитация

его естественного ритма), но и определение фазы ритма, чувствительной к нему. Это надо иметь в виду потому, что при заболеваниях в организме человека, как правило, развивается внутренний десинхроноз, то есть фазовое рассогласование биологических ритмов разных функций, в том числе ритма содержания гормона и ритма чувствительности тканей к нему. Следовательно, имитация лечебным воздействием нормального ритма той или иной функции у больного человека оправдана только в тех случаях, когда в результате развития патологии еще отсутствуют значительные сдвиги суточных ритмов чувствительности к лекарственному препарату в тех органах и системах (или частях общей структуры временной организации), которые являются точками приложения его действия. Существенным здесь также является то, чтобы применяемый препарат не нарушал биологические ритмы в других функциональных системах организма (или частях временной организации) (Ю.А. Романов, 1980).

Решение вопросов хронофармакологического и хронотерапевтического применения лекарств связано не только с изучением ритмов чувствительности к ним организма. Для этого необходимо еще знать хронобиологические закономерности распределения лекарств в организме, их фармакодинамики и фармакокинетики, действия не только на патологически измененную функциональную систему, выведения из организма, скорости наступления эффекта и т.д. Можно также предполагать немаловажную роль датчиков времени для действия биологически активного вещества. Так, например, установлено, что ингибирующий эффект действия кейлонов на пролиферацию клеток в асцитной опухоли Эрлиха мышей, полученных из этой опухоли от животных, находившихся в постоянной темноте, выражен сильнее по сравнению с кейлонами, выделенными из опухоли животных, содержащихся в фотопериодических условиях (О.Г. Машанова, Ю.А. Романов, М.В. Семенова и др., 2001).

## **КАТЕГОРИЯ ПРОСТРАНСТВА И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Пространство, как и время, является всеобщей формой бытия материи. Оно отражает сосуществование материальных объектов и характеризует их протяженность, порядок и размещение. В нем соединяются свойства прерывности и непрерывности. Имевшие место ранее взгляды об изотропности и однородности пространства сменились в настоящее время на представления о нем как анизотропном и неоднородном.

Изотропия, или идеальный беспорядок, при котором расположение предметов не имеет ни закономерностей, ни системы, существует тогда, когда все направления в теле равноценны. Если они неравноценны, то это означает состояние анизотропии. Беспорядок характеризуется постоянной плотностью распределения. Примером идеального беспорядка является распределение молекул в газах, обладающее полной изотропией. Однако

стремление к беспорядку представляет собой закономерность. Так, находящиеся в соприкосновении нагретые до разных температур тела с молекулярной точки зрения не демонстрируют беспорядочного распределения частиц (в более нагретом теле молекулы движутся быстрее, чем в холодном). Переход тепла от тела, менее нагретого, к телу, более нагретому, - это переход беспорядка к порядку. Но это будет переходом от более вероятного к менее вероятному состоянию, в силу чего оно не происходит (А.И. Китайгородский, 1956). Приведенный пример указывает не только на существование градиентов пространственного распределения частиц или процессов, но и на то, с какой вероятностью оно может быть и, следовательно, участвовать в образовании порядка.

Истоки возникновения проблемы пространства в биологии (категории биологического пространства), повидимому, заложены в работах немецкого биолога Н. Driesch (1894), который, изучая регенерацию органов, заключил, что на регенерацию помимо других факторов влияет положение части в системе целого. Его работы привели к представлению о так называемых регенерационных полях, от которых зависит поведение клеток в восстанавливаемом органе, а также к утверждению существования биологических полей. А.Г. Гурвич (1922-1930; 1944) показал, что эти поля анизотропны и характеризуются векторами. Американский биолог С.М. Child (1911, 1929, 1941) выдвинул теорию физиологических градиентов, согласно которой интенсивность различных биологических процессов закономерно изменяется вдоль какой-либо оси тела организма или его органа. Градиенты уровня метаболизма, найденные им у растений, простейших, кишечнорастворимых, червей и других организмов, С.М. Child рассматривал в качестве механизма интеграции организма.

По мнению М.И. Сетрова (1970) как во временном, так и в пространственном осуществлении различных процессов, в том числе биологических, важным является повторяемость пространственной или временной их последовательности. Чем больше ее степень, тем выше порядок, а вероятность порядка в системе тем больше, чем меньше разнообразие ее элементов. Момент повторяемости является общим для сложности и упорядоченности системы. Но если сложность характеризует ее с количественной стороны (количество элементов и связей), то упорядоченность - с качественной стороны (отношения элементов и связей системы). Упорядоченность, по автору, является основой возникновения и сохранения структуры системы.

Несомненно, при рассмотрении проблемы пространства в биологических системах (как, впрочем, и проблемы времени в них) действительно важной закономерностью является повторяемость элементов пространства и времени. По отношению к времени ими являются его моменты. Но мы отмечали, что повторяемость во времени является относительной, благодаря чему происходят изменения в биологических системах вдоль стрелы времени.

Повидимому, подобными элементами пространства должны быть какие-то отрезки протяженности (или объема), повторяющиеся в нем, относительно независимые, как и моменты длительности времени, от того, какой биологический объект занимает пространство, и имеющие определенные различия в своем содержании. При отнесении этих соображений к биологическим системам надо сказать, что в них элементами пространства должны быть не анатомические образования и структуры, а общие для биологической системы при любых характере и форме ее ритмического устройства показатели биологических процессов, осуществляющихся в данной системе. Этому положению в полной мере соответствуют градиенты С.М. Child, установленные им по отношению к общему для организма или его части биологическому процессу, например, метаболизму.

Таким образом, представление о пространственной или, как нередко говорят, структурной организации биологических систем не идентично такому понятию, как “анатомическое или морфологическое строение организма”. Анатомическое устройство организма вносит свой вклад в понимание его пространственной организации, но далеко не исчерпывает ее содержания. Как и общая временная, общая пространственная структура биологической системы должна обладать иерархичностью своего строения, но как она выглядит, пока неизвестно. Тем не менее, установление пространственных градиентов дает возможность охарактеризовать не только пространственную организацию топографически очерченных морфологических структур и образований, но и систем биологических процессов, протекающих в них, хотя, конечно, пространственная организация биологических процессов так или иначе оказывается связанной с пространственной организацией самих морфологических структур.

Проведенные нами исследования (Ю.А. Романов и др., 1985; Ю.А. Романов, В.В. Маркина, 1987; В.В. Маркина, Ю.А. Романов, 1987; Ю.А. Романов и др., 1994; А.И. Антохин и др., 1996; Ю.А. Романов и др., 1996; Ю.А. Романов и др., 1998; Ю.А. Романов, В.В. Маркина, 1998; О.П. Захарченко, М.В. Семенова, И.Ф. Голиченкова, О.А. Ириков, Ю.А. Романов, 1998; А.Ю. Слиякова, 1998; Ю.А. Романов, 2000; Н.А. Жаркова, 2001) и данные литературы позволили сформулировать ряд положений, относящихся к пространственной организации биологических систем.

Характер и течение биологических процессов в биологической системе тесно связаны с количеством, размерами и взаиморасположением ее элементов (частей), занимающих определенный объем физического пространства, которое оставаясь таким, в этом случае одновременно становится биологическим пространством. При этом черты пространства, продолжающего выражать протяженность, порядок (пространственную упорядоченность и характер размещения (распределения) материальных объектов или процессов, их взаимное

расположение), приобретают ту или иную степень подвижности, становясь относительно постоянными.

Элементами биологического пространства в общем случае необязательно являются морфологические образования и структуры, но ими служат общие для биологической системы и независимые от характера и формы ее анатомического устройства пространственно распределенные показатели биологических процессов, осуществляющихся в данной системе. Этому положению отвечают пространственные градиенты функций биологической системы. Пространственные изменения в биологической системе выражаются в увеличении или уменьшении количества, перестановке, дифференцировке, росте (развитии) или инволюции (обратном развитии), полимеризации или олигомеризации ее элементов. Эти изменения проявляются в морфофизиологических градиентах, морфогенетических полях, позиционной информации, симметрии и асимметрии, структур, целостности и организованности системы.

По Г. Николис и И. Пригожину (1979), морфогенетическое поле – это совокупность функционально связанных клеток, развитие которых осуществляется под управлением общего регуляторного процесса.

L. Wolpert (1969, 1971, 1975) под позиционной информацией подразумевал наличие системы координат, в которой определено положение каждой клетки. Это проявляется в пространственной дифференцировке клеток, предшествующей молекулярной дифференцировке на субклеточном уровне и независимой от нее. Позиционная информация важна для молекулярной дифференцировки. Такой механизм дифференцировки является универсальным. Позиционная информация тесно связана с существованием морфогенетических полей. В последних и должен присутствовать организующий элемент, вызывающий дифференцировку соседних клеток. Такая роль принадлежит гипостому у гидры, микромерам в дробящемся яйце морских ежей и т.д. L. Wolpert развил представление о диффузии морфогена между источником и его стоком. Распространение морфогена в морфогенетическом поле может осуществляться путем индуцированного (активного) транспорта, возникающего в связи с асимметрией клеточных свойств.

Наличие в пространственной организации биологической системы градиентов протекающих в ней процессов должно учитываться при исследовании механизмов регуляции деятельности системы в качестве основы возникновения в ней различных реакций на регулирующее и патологическое воздействие в зависимости от точки приложения его влияния в градиенте. Это также дает возможность избирательного пространственного градиентного воздействия на систему внешними факторами, в том числе лекарствами. Так, установлено, что пространственная организация формирующегося органа (хвоста испанского тритона при регенерации) определяется, с одной стороны, градиентом морфогена, а с другой

– градиентом чувствительности клеточных элементов зачатка к нему (Е.Н. Ахматова, О.В. Бурлакова, В.А. В.А. Голиченков, 1998).

Хотя в настоящее время трудно совершенно определенно говорить об иерархических закономерностях в структуре пространственной организации биологической системы, тем не менее, ее пространственная гетерогенность, различия в чувствительности к воздействиям ее градиентно разно расположенных элементов позволяет твердо предполагать существование иерархии в структуре пространственной организации.

Следовательно, пространственная организация биологической системы представляет собой совокупность отличающихся друг от друга (гетерогенных) структур и связанных с ними функций, закономерным и, по видимому, иерархическим образом упорядоченных в пространстве, занимаемом биологической системой, и взаимодействующих между собой (Ю.А. Романов, 1989, 1990).

При рассмотрении пространственной организации биологической системы, как и при анализе ее временной организации, необходимо коснуться связи с ней информационных процессов. Г. И. Щербицкий (1978) представляет информацию как целесообразно упорядоченную структуру, функционально выделенную в результате информационного процесса и включенную организованной системой в управление. По автору, предпосылкой упорядоченности является определенная выделенность элементов в пространстве и во времени. Он считает, что свободная информация возникает в самоуправляющихся системах в результате их взаимодействия с отображаемыми объектами. В процессе передачи свободной информации момент изменчивости дополняется своей противоположностью – устойчивостью. Согласно Г.И. Щербицкому, суть свободной информации определяется как целесообразно упорядоченная пространственно-временная структура отображения воздействий. Этот вид информации обеспечивает функциональную связь между управляющим и управляемым объектами. Связанная информация, характеризующая пространственную и целесообразную упорядоченность системы, обладает иерархичностью. Но оба типа информации связаны друг с другом. Как заметил автор, если свободная информация – это процесс, то связанная – его результат. Вместе с тем, поскольку связанная информация уже сформировалась, то она является условием деятельности и получения свободной информации. На основании изложенного свободную информацию следует отнести к временной организации биологической системы, а связанную информацию – к ее пространственной организации.

Участие в информационных процессах в биологической системе ее пространственной организации можно выразить следующими принципами (Ю.А. Романов, В.В. Маркина, 1998):

1) пространственная организация живой системы наряду с ее временной организацией, играет важную роль в информационных процессах в организме (принцип связи информации с пространственной организацией биологической системы);

2) пространственная организация биологической системы в целом, упорядоченным образом осуществляет функции приема и хранения биологической информации в форме, потенциально наиболее приемлемой для последующего превращения связанной информации в свободную (принцип упорядоченных приема и хранения в пространственной организации биологической системы связанной информации, наилучшим образом соответствующих ее будущей реализации в свободную информацию);

3) благодаря пространственной организации биологическая информация отличается в структурных элементах, множество, дифференциация и упорядоченность которых создает эту организацию (принцип пространственной дифференцировки, или гетерогенности, и квантования пространственной организацией биологической информации в системе);

4) относительная стабильность пространственной организации, выражающаяся в неизменности типа пространственного распределения биологического процесса при воздействиях, изменяющих его интенсивность и временную организацию, является основой информационного обеспечения пространственной структуры протекания биологического процесса в живой системе в целом, более или менее независимо от окружающих ее условий (принцип информационного обеспечения пространственной организацией структурной целостности осуществления функциональной деятельности биологической системы);

5) сходство и различия физического и биологического пространства в значительной мере определяются приобретением биологической информацией новых свойств по сравнению с физической (принцип обеспечения пространственной организацией участия (связи) физической, химической и другой информации в формировании связанной биологической информации и возникновения в последней специфических для живой системы свойств).

## **ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Приведенные выше обоснования того, что биологические системы обладают временной и пространственной организацией, соответствуют положению о пространстве и времени как основных формах существования материи. Однако рассмотрение проблемы организации биологических систем нельзя ограничить анализом отдельно ее пространственного и временного аспектов, поскольку оба они в действительности тесно связаны между собой и создают в биологических системах подобно другим материальным

объектам мира единое пространство – время, или единую пространственно-временную организацию.

То или иное состояние пространственной организации живых систем, выражающееся, как нередко говорят, в разворачивании их структуры или частей в трехмерном пространстве, всегда привязано к какому-то определенному моменту времени их существования. В другие моменты времени (до и после) это состояние иное. Возникновение пространственных различий в системе (пространственная системная динамика) осуществляется только с течением времени, на протяжении которого она существует и развивается, прежде чем погибнуть или превратиться в другую систему. Следовательно, разворачивание структуры биологической системы в пространстве неотделимо от разворачивания ее во времени, которое для системы вместе с тремя пространственными координатами становится четвертым измерением ее существования (четырёхмерный мир).

Можно утверждать, что в биологических системах время становится необратимым потому, что в каждом его следующем моменте в состоянии, в том числе пространственном, системы появляется новое содержание, которое, в свою очередь, может оказывать влияние на течение времени, делая его в чем-то не совсем похожим на время до этого момента. Приводимые ниже некоторые примеры доказывают это. Г. Николис, И. Пригожин (1979) временные колебания, наблюдающиеся на всех уровнях биологической организации – от молекулярного до клеточного и социального – относят к механизмам самоорганизации систем. Анализируя автоколебания в системе гликолиза, авторы рассматривают их аллостерическую модель, которая в какой-то мере может объяснить появление в этой системе пространственно-временных структур в виде либо стоячих волн, либо распространяющихся волн, либо колебаний в режиме квазиоднородного предельного цикла, связанное с потерей термодинамической устойчивости вследствие диффузионных процессов. Все это разворачивается в области размером порядка миллиметра и приводит к появлению так называемых диссипативных структур. И. Пригожин, И. Стенгерс (1986) подчеркивают, что возникновение этих структур возможно только в системе, характеризующейся химической неустойчивостью и сильно неравновесными условиями, дающими автокаталитические колебания. При этом ими важная роль отводится процессам диффузии. Они пишут, что если в равновесном или в слабо неравновесном состояниях система остается пространственно однородной, то в сильно неравновесной области возрастает неустойчивость, что выражается в усилении флуктуаций концентраций веществ и нарушении начальной пространственной симметрии. В такой области наблюдаются не только временные, но и пространственно-временные колебания. Они соответствуют волнам концентраций взаимодействующих химических веществ, периодически проходящим по системе. В том случае, когда показатели диффузии участвующих в реакциях веществ, сильно отличаются друг от друга, могут

устанавливаются стационарные, не зависящие от времени режимы и возникают устойчивые пространственные структуры.

А.И. Китайгородский (1956) пишет, что тело или группы тел, находящиеся в устойчивом равновесии, обладают общим свойством, заключающимся в их способности колебаться около положения равновесия. В отсутствие трения, например, маятник колебался бы неопределенно долго. Стремление к порядку – есть стремление к положению устойчивого равновесия, что характерно для физических тел. Но далее автор говорит, что законом природы является уравнивание двух стремлений: к порядку, то есть к устойчивому равновесию, и к беспорядку, то есть к наиболее вероятному распределению.

Примером самоорганизации в химических системах может служить реакция Белоусова – Жаботинского (1958, 1964), в результате протекания которой в тонкослойной перемешиваемой среде возникают различные типы концентрационных волн, делающих химическое пространство структурированным.

В.Н. Шабалин, С.Н. Шатохина (2000) показали, что автоволновые колебательные процессы свойственны различным биологическим жидкостям организма человека (сыворотка крови, моча, слюна, ликвор и др.). Они являются следствием межмолекулярных взаимодействий и имеют разнообразный спектр. При этом волновые структуры различного диапазона, главные и вторичные, системные и локальные, синхронизированные и независимые имеют специфические для каждого организма пространственно-временные формы, что было использовано повторами для клинической диагностики.

В. Goodwin, М.Н. Cohen (1969) выделили три состояния, которые проходит клетка за период колебаний, являясь автономным осциллятором: а) кратковременное испускание сигнала, например, в моменты времени  $0+$ ,  $T+$ ,  $2T+$ , ...; б) длительный рефрактерный период, в котором она нечувствительна к внешним воздействиям; в) состояние с длительностью  $T-T_R$ , в котором клетка уже ощущает внешнее воздействие, но не может испускать сигнал. Если испущенный некоторой клеткой сигнал достигает соседней клетки, то с некоторой задержкой последняя также генерирует импульс. Таким образом, по авторам, рождается организующая волна в пространстве. Позиционная информация может возникнуть в том случае, если имеется градиент частоты автономных осцилляторов (собственных частот) вдоль морфогенетического поля. При определенных условиях осциллятор с наибольшей частотой может стать ведущим и “организующим элементом” в биологическом смысле слова.

Таким образом, надо подчеркнуть, что принятое сегодня биологией положение о саморазвивающихся и самоорганизующихся системах не имело бы под собой почвы, если бы течение времени не закреплялось во вновь образующихся пространственных структурах в биологических системах.

Первая попытка распространения представления о четырехмерном физическом мире на органическую природу принадлежит выдающемуся русскому физиологу А.А. Ухтомскому в его учении о хронотопе. Осенью 1925 г. он выступил с докладом о временно-пространственном комплексе (хронотопе) перед студентами и сотрудниками Петергофского естественнонаучного института. В нем он хотел показать, какое положительное значение могут оказать идеи Г. Минковского и А. Эйнштейна о времени и пространстве на развитие теоретической нейрофизиологии и биологии. А.А. Ухтомский считал, что объективно существующий в окружающей среде хронотоп отражается органами чувств и мозгом животного на основе разработанного им принципа доминанты. Для адекватного отражения изменчивых пространственно-временных отношений предметов и явлений в среде воспринимающими аппаратами животных и человека, по мнению А.А. Ухтомского, необходимо, чтобы сами эти аппараты были построены и действовали на основе единства их пространственно-временных отношений.

Спустя довольно большой промежуток времени вопрос о пространстве и времени в биологии изучался в коллективе, руководимом Г.С. Катинасом (1981). Но в отличие от А.А. Ухтомского ими пространственная и временная организации рассматривались отдельно друг от друга. В.А. Труфакиным с сотр. (1993 - 1998) получены данные, характеризующие структурно-временную организацию лимфоидной ткани и в целом иммунной системы.

Хотя в последние годы проблема пространственно-временной организации биологических систем получила определенное развитие, все же ее изучение отстает от требований, предъявляемых к ней как к проблеме фундаментального значения. В ее исследованиях особенно важным является выяснение закономерностей единства и связанности временной и пространственной организаций биологических систем, лежащих в основе формирования их пространственно-временной организации.

Впервые представление о единой пространственно-временной организации биологических систем, которыми были некоторые морфофункциональные системы организма, было выдвинуто нами в 1985 г. (Ю.А. Романов и др., 1985). В последующие годы этот вопрос в нашей лаборатории изучался применительно к системам пролиферации и энергетического метаболизма в таких морфологических образованиях, как долька печени, крипта-ворсинка тонкой кишки, хрусталик глаза, у нормальных и подвергнутых различным воздействиям (голод, фотоинверсия, инфицирование, введение лекарственных веществ и др.) животных (Ю.А. Романов и др., 1985; В.В. Маркина, 1987; Ю.А. Романов, 1989; Ю.А. Романов, В.В. Маркина, 1987, 1989; В.В. Маркина, Ю.А. Романов, 1997; Ю.А. Романов и др., 1994; А.И. Антохин и др., 1996; Ю.А. Романов и др., 1986; Ю.А. Романов и др., 1998; Ю.А. Романов, В.В. Маркина, 1998; О.П. Захарченко, М.В. Семенова, И.Ф. Голиченкова, Ю.А.

Романов, 1998; А.Ю. Слиякова, 1998; Ю.А. Романов, 2000; Ю.А Романов и др., 2000; Н.А. Жаркова, 2001).

В результате проведенных исследований установлено, что временные и пространственные изменения в биологических системах связаны между собой. Их пространственно-временная организация выражает собой единство и непрерывность (континуум) свойственных им пространственной и временной организаций, обеспечивающееся связями и взаимодействием между ними. Пространственно-временная организация биологических систем выполняет в интегрированном и наиболее полном виде функции системы, характеризующиеся как временными, так и пространственными изменениями. Вместе с тем, свойства пространственно-временной организации не являются суммой свойств, присущих временной и пространственной организациям биологических систем, а характеризуются своими собственными особенностями. Временная организация отличается лабильностью и в составе единой пространственно-временной организации биологической системы обеспечивает ее изменчивость и приспособление к меняющимся условиям внутренней и внешней среды, тогда как пространственная организация, независимо от вида градиентов, относительно стабильна и несет функцию сохранения иерархической структуры системы. Наиболее полная и оптимальная регуляция деятельности биологической системы, основанная в том числе на информационных взаимодействиях, возможна только через ее единую пространственно-временную организацию. Связанная и свободная информация в совокупности представляют собой единый информационный процесс в биологической системе, который, будучи таковым, служит одним из механизмов формирования единой пространственно-временной организации системы и ее деятельности. При анализе развития патологии в биологической системе, учитывая ее пространственно-временную организацию, необходимо установить: а) распространяются ли нарушения на пространственную и временную организацию или имеются только в одной из них; б) какова степень нарушений в том и другом случае; в) существует ли зависимость в развитии нарушений в одной из этих организаций от другой и если она есть, то какова она. Это подтверждается данными о том, что у детей, больных гломерулонефритом, существует несогласованность в суточных ритмах деятельности различных отделов нефрона, названная дизритмией (В.А. Таболин и др., 1971; Ю.Е. Вельтищев и др., 1972). В соответствии с характером нарушений пространственно-временной организации следует предпринимать адекватные действия по нормализации деятельности биологической системы.

Изложенные положения подтверждаются исследованиями В.Н. Ярыгина, А.Г. Мустафина (2000), обнаружившими корреляционные зависимости между временными и пространственными изменениями интенсивности синтеза первичных генных продуктов в клетках ЦНС у крыс.

В. Абакумовым (1998) выдвинуты представления о пространственно-временной организации различных уровней строения живой природы – от организменного до биогеоценологического.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пространственно-временная организация является одной из важнейших характеристик биологических систем и относится к числу основных свойственных им черт (Ю.А. Романов, 1989, 1990), каковыми служат:

- 1) Множественность элементов (подсистем) в системе. Конечным элементом системы является тот, который еще вносит вклад в осуществление системой своих специфических функций. Количество элементов должно быть больше двух;
- 2) Дифференциация (гетерогенность) элементов (подсистем) системы;
- 3) Совместимость, комплиментарность элементов (подсистем) системы;
- 4) Взаимосвязанность (взаимодействие) и взаимозависимость элементов (подсистем) системы;
- 5) Иерархическое устройство системы;
- 6) Наличие в системе регулирующего элемента (подсистемы), делающего ее саморегулирующейся;
- 7) Пространственно-временная организация системы;
- 8) Целостность системы;
- 9) Открытая (динамическая) система;
- 10) Окружающая систему среда как необходимый фактор ее существования и развития;
- 11) Упорядоченные информационные процессы в системе и информационные взаимодействия со средой, а также потоки вещества и энергии;
- 12) Наличие в системе антиэнтропийных механизмов. Организация системы – один из этих механизмов;
- 13) Целесообразное поведение системы.

Это мнение основывается на следующем: 1) общем представлении о роли и значении категорий пространства и времени для любых систем; 2) пространственно-временная организация тесно участвует в информационных, вещественных и энергетических процессах в биологической системе; 3) пространственно-временная организация способствует оптимальному режиму деятельности биологической системы; 4) пространственно-временная организация участвует в регуляции и управлении биологической системой; 5) состояние и реактивность пространственно-временной организации могут определять генез нарушений

деятельности биологической системы и их изучение необходимо для принятия мер по нормализации функций системы при развитии в ней патологии.

Если временная организация является предметом изучения в хронобиологии, а пространственная в топобиологии, то единая пространственно-временная организация биологических систем составляет содержание интегральной междисциплинарной науки – хронотопобиологии, представляющей собой важное направление в современной теоретической биологии (Ю.А. Романов, 2000).