

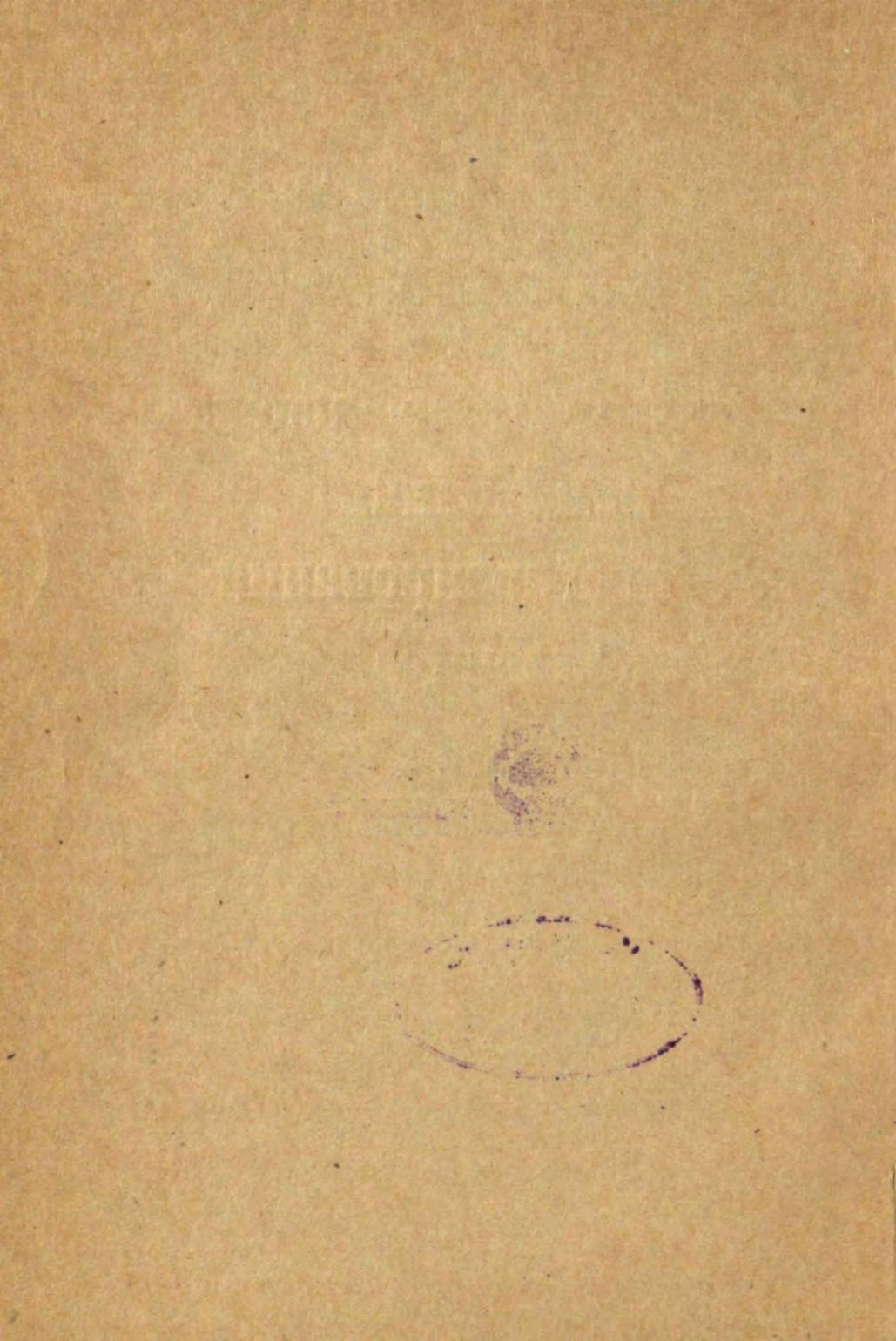
1986

Биол.

KK

**Т**емпоральные аспекты  
моделирования  
и прогнозирования  
в экологии





Министерство высшего и среднего специального  
образования Латвийской ССР  
Латвийский ордена Трудового Красного Знамени  
государственный университет имени Петра Стучки  
Кафедра ботаники и экологии

ТЕМПОРАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ЭКОЛОГИИ

Сборник научных трудов



Латвийский государственный университет им. П. Стучки  
Рига 1986

УДК 577.4:519

Темпоральные аспекты моделирования и прогнозирования в экологии: Сборник научных трудов. — Рига: ЛГУ им. П. Стучки, 1986. — 184 с.

Межведомственный тематический сборник научных трудов по концептуальным, методологическим и методическим вопросам формализации временных отношений (темпоральности) в биоэкологическом прогнозировании, при моделировании экосистемы и ее биотических элементов. Тематика сборника в определенной мере отражает широкий диапазон и многогранность проблемы темпорализма в биоэкологии. В статьях А.М. Мауриня, А.П. Левица, Р.Г. Баранцева, И.А. Аршавского, Н.Н. Панкратова рассматриваются концептуально-теоретические и методологические вопросы темпоральности сложных развивающихся природных систем. С позиций современной системологии эти вопросы обсуждаются в статье Б.С. Флейшмана. Конструктивные теоретико-методические подходы к анализу и формализации темпоральности экосистемы и ее биотических элементов излагают в своих статьях И.Я. Лиєпа с соавторами, Г.Е. Поспелова с соавторами. Сборник представляет интерес для экологов, системологов, ботаников, лесоводов, а также работающих в области охраны природы, экологического планирования, проектирования и прогнозирования.

Табл. 7, библиогр. 272, илл. 10.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- д-р биол. наук, проф. А.М. Мауринь (отв. редактор)  
д-р биол. наук, проф. И.Я. Лиєпа (зам. отв. редактора)  
д-р физ.-мат. наук, проф. Б.С. Флейшман  
канд. философ. наук, доц. П.П. Лакис

Печатается по решению Издательского совета  
ЛГУ им. П. Стучки

Т 21005-119У 41.86.2001050000  
M8I2(II)-86

© Латвийский  
государственный  
университет  
им. П. Стучки, 1986

А.М.Мауринь  
ЛГУ им. П.Стучки (Рига)

## СТАНОВЛЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ БИСТЕМОРАЛИЗМА

### I. Проблема времени

Последние два десятилетия для естествознания и философии характерны возрастающим интересом к проблеме времени. В конце 60-х и начале 70-х годов созданы Международное общество исследований времени и в ряде стран — национальные общества, регулярно организующие научные конференции и симпозиумы. Растет число публикаций. Появляются новые концепции времени, развиваются старые. Различные аспекты времени занимают все большее место в программах любых научных собраний и на страницах естественнонаучных и философских журналов и сборников статей.

Каковы причины начавшегося "бума времени"? Наиболее общим фактором, обострившим интерес человеческого общества к вопросам времени, является резкое ускорение социальных процессов, вызывающее, по выражению О.Тофлера, шок от столкновения с будущим. "Ведь одно дело жить в ускоряющемся темпе при более или менее знакомых жизненных ситуациях, — пишет он, — и совсем другое — испытывать постоянное ускорение темпов жизни перед лицом неведомых, странных и небывалых ситуаций" [1, с.236]. В общем плане — это разнообразные последствия глобального явления, называемого научно-технической революцией.

За три-четыре десятилетия до начала нынешнего "бума времени" его предсказал В.И.Вернадский. Он считал, что для дальнейшего развития учения о биосфере необходимо более глубокое проникновение в проблему времени. Этой проблеме ученый посвятил целый ряд научных докладов и статей. С сожалением констатируя тот факт, что ученые обычно изучали лишь явления, оставляя вне рассмотрения время, в котором

эти явления совершаются, Вернадский предсказывал существенное изменение ситуации уже в ближайшем будущем, так как потребность в изучении времени назревает в различных областях естествознания [2]. В наши дни число областей науки, нуждающихся в более глубоком познании времени, увеличивается прямо-таки лавинообразно. Это, в первую очередь, научное прогнозирование, затем космогония, геология, физика, экология, физиология, палеонтология, психология, медицина, социология ... [3; 4; 5; 6; 7; 8; 9]. Возникла и успешно развивается темпоральная (временная) логика [10; 11].

Хотя Дж.Т.Фрейзер [12] и предложил называть науку о времени хронософией, однако такой единой науки еще нет. Есть множество различных представлений о характере и свойствах времени. Д.Б.Молчанов [3] представления о времени подразделяет по одному критерию на реляционную и субстанциальную концепции, а по другому - на динамическую и статическую. Время по реляционной концепции - это система отношений (в наиболее обобщенном выражении), находящаяся в неразрывной связи с пространством и образующая с ним континуум пространства-времени. Или, другими словами, время - это некоторая функция изменений, происходящих в объектах [13]. В субстанциальных же концепциях время рассматривается как самостоятельная (материальная или нематериальная) сущность. Четкое определение времени как независимой от материи субстанции дает И.Ньютон: "Абсолютное, истинное математическое время само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью. Все движения могут ускоряться или замедляться, течение же абсолютного времени измениться не может... Относительное, казуальное или обыденное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как-то: час, день, месяц, год" [14, с.30-31]. Есть и

другие субстанциальные представления. Так, по концепции Н.А.Козырева [15], время является физически активной материальной субстанцией, взаимодействующей с энергией и веществом.

## 2. Биотемпоральность

Латинское слово *temporalis* означает "временной", "имеющий отношение к времени". Однако в современной литературе большинство авторов под этим термином подразумевают временные отношения, т.е. представляя понятие "временной" лишь в рамках реляционной концепции. Следуя этой традиции, будем различать понятия "темпоральность", "темпоральный" как более узкие по отношению к более широкому понятию "временной", относящемуся к любому представлению о времени. Темпоральность характеризуется длительность событий и их последовательность. Если в субстанциальной концепции времени генеральной его характеристикой является длительность или даже само понятие времени сводится к длительности, то в реляционной концепции не менее важным аспектом является последовательность. В естественнонаучных исследованиях (например, в геологии и биологии) зачастую главным является установление временной последовательности. Это созвучно представлению Г.Лейбница о времени как порядке последовательности событий и состояний.

Обсуждая временные (точнее, темпоральные) характеристики исследуемой системы, обычно имеет в виду хронологию ее состояний по календарному (планетарному) времени в годах, месяцах, сутках, часах, секундах. Такой подход дает исследователю определенные возможности для познания сторон и характеристик функционирования интересующей его системы, для соотнесения одних событий с другими. Здесь все относительно просто до тех пор, пока имеет дело с одномасштабными уровнями изменчивости. Уже значительно сложнее оперировать разномасштабностью уровней изменчивости, которая имеет как пространственный (локальный, региональный, гло-

бальный, космический), так и темпоральный аспекты. Темпоральная разномасштабность уровней изменчивости оценивается характерными временами явлений. Для колебательных систем характерное время — это длительность периода одного полного колебания, а для саморегулирующихся систем — интервал планетарного времени, в течение которого в основном осуществляется процесс перехода системы в квазиравновесное состояние, если система была выведена из этого состояния или возникла вновь [16]. Для достижения достаточной адекватности модели экосистемы ее компоненты (почва, фитоценоз, зооценоз и др.) расчленяются на ряд объектов, отличающихся характерными временами своего функционирования. Так, по А.Д.Арманду и В.О.Таргульяну [16], температура и влажность почвы изменяется в суточных, сезонных циклах, а реакция, мощность и другие свойства органических веществ в ее профиле — с характерным временем  $10^0 - 10^2$  лет; квазиравновесный дифференцированный по морфологии и химизму почвенный профиль образуется за  $10^3 - 10^4$  лет, зрелый же минералогический профиль почвы — за  $10^4 - 10^6$  лет. Обычно же при исследовании процессов с относительно малым характерным временем результаты процессов с существенно большим его значением принимаются за постоянные характеристики. А изучая процессы с большим характерным временем, результаты процессов с очень малым его значением рассматривают как случайные отклонения от изучаемой закономерности.

Для решения ряда задач оценки и прогнозирования экосистем достаточен анализ хроноструктуры процесса по календарному времени. Однако, как отмечает М.Готтлиб, для более глубокого познания функционирования самоорганизующихся сложных систем явно недостаточно опираться в ходе их анализа на абстрактное календарное время; "нужно исходить из собственного времени системы и ее элементов. Именно здесь начинается подлинная экологическая проблематика" [17, с.52]. Иными словами, "мы должны опираться на такую теоретическую модель времени, которая отражала бы

реально-объективное внутреннее время объекта" [17, с. 53]. Но это уже требование перехода на автотемпоральный уровень изучения системы, что и осуществляют многие работы по созданию концепции и конструктивных подходов к формализации собственных времен (биологического, социального, психологического, геологического и др.) объектов различных форм движения материи.

Проблему специфических временных свойств живого впервые четко поставил К.М.Бэр в речи на открытии Русского энтимологического общества в 1860 году [18]. В своей речи он наглядно и убедительно показал, что для существ с разной скоростью процессов жизнедеятельности различаемые ими минимальные интервалы ("мгновения") времени существенно различаются. Да и по мере старения организма и связанного с этим замедления жизненных процессов темп внешних событий субъективно воспринимается человеком как все более ускоряющийся. Бэр рельефно выделил два аспекта собственного времени живых организмов: скорость протекания жизненных процессов как объективная характеристика хода индивидуального времени и зависимость осознания человеком временных процессов бытия от особенностей хода его собственных "биологических часов".

Мощный импульс развитию исследований биотемпоральности дали работы Эйнштейна по теории относительности. К проблеме специфичности временных отношений в живой природе обращались на протяжении 20-40-х годов А.Каррел, И.Икскуль, Р.Вольтерек, Я.Кризенецкий, И.Шмальгаузен и другие естествоиспытатели. В.Вернадский писал, что "уже одно различие симметрии пространства в пространстве-времени живого и косного вещества заставляет отделять жизненное время (*tempus vitalis*) от планетного времени" [2, с.132]. Особая симметрия здесь "сказывается в том, что необратимые процессы не могут идти вспять и проходить вторично тот же путь: для них нет центра симметрии в направлении их движения" [2, с.136]. Вернадский считал необходимым обозначать специфическое время живой природы "отдельным

словом, для отличия от обычного времени физика, определяемого не реальным однозначным процессом, идущим в мире, а движением. Измерение этого движения в физике основано в конце концов на измерении периодичности - возвращении предмета к прежнему положению. Таково наше время астрономическое и время наших часов. Направление при таком подходе теряется из рассмотрения" [2, с.45]. У биотемпоральности проявляются не только свойства скаляра, как у физического (планетарного, астрономического) времени, но и особенности вектора. Биотические события в течение одинаковых интервалов физического времени распределяются неравномерно. Последовательные, равные между собой интервалы физического времени неравноценны для живого организма (да и любой биотической системы) как в количественном, так и качественном отношении. В начальные этапы онтогенеза за один интервал физического времени (сутки, неделю, месяц) в организме совершается больше событий, чем за последующий такой же интервал. Первый из этих интервалов ближе к моменту возникновения организма, а второй - к периоду его отмирания.

Не менее важным основанием для введения понятия специфического биологического времени служит характерное для биотической формы движения материи существенное усложнение временных отношений, по сравнению с менее сложными формами движения (механическое, физическое, химическое). В этой связи интересна концепция Дж.Т.Фрейзера [19] эволюции темпоральности. Он расчленяет бытие на следующие полуавтономные целостные уровни: 1) уровень частиц, не обладающих массой (фотоны, гравитоны, нейтрино) и движущиеся со скоростью света; 2) уровень элементарных частиц, обладающих конечными ненулевыми массами; 3) уровень астрономической вселенной, состоящей из материи, сгруппированной в тяжелые массы, которые образуют звезды, группы звезд, галактики и группы галактик; 4) биотический (жизненный) уровень; 5) ноотический уровень мыслящего существа (человека); 6) социетальный уровень цивилизации и культур. Основываясь на сформулированном И.Икскулем представлении об умельтах

(сосуществующие разноуровневые миры), Фрейзер каждый из этих целостных уровней рассматривает как отдельный ум-гельт с особым типом временных отношений (темпоральностью). Мир частиц, движущихся со скоростью света, атемпорален (безвременен). Если рассматривать такой умгельт (мир) изнутри, то не располагаем средствами распознавания в нем каких-либо временных отношений. Ведь, согласно теории относительности, по мере приближения к скорости света собственное время движущегося объекта стремится к нулю и равняется ему при достижении световой скорости. Умгельт элементарных частиц с конечной массой протемпорален - в нем очень примитивны временные (и пространственные) отношения, так как здесь проявляется принцип неопределенности. Представления "раньше-одновременно-позже" и "здесь-там" в таком мире применимы лишь условно. Астрономическая вселенная наделенная массой космических тел - звезд и галактик эотемпоральная (от греческого слова *вос* - богиня утренней зари, солнечного восхода). Здесь проявляется "восход", "утренняя зари" времени: уже хорошо различаются "раньше-одновременно-позже". Но различать "прошлое-настоящее-будущее", т.е. события, "текущие" от прошлого к будущему от событий "текущих" от будущего к прошлому в строгом смысле невозможно. О направлении времени здесь в лучшем случае можно судить лишь статистически по направлению изменений (увеличению или уменьшению) уровня энтропии. Прошлое, настоящее и будущее начинают корректно выявляться в биотемпоральном умгельте, на целостном уровне живой материи. Настоящее здесь проявляется в координации, необходимой для обеспечения жизнедеятельности организма. Направление же времени (от прошлого к будущему) однозначно (не статистически!) выражается в онтогенетическом развитии - от зародыша к взрослому состоянию с последующим старением. Однако в эволюционном процессе "стрела времени" проявляется не столь однозначно. В ноотемпоральном умгельте, мире разума, личности и человеческих символов наблюдается еще более ясное различие между

категориями прошлого, настоящего и будущего. Временные отношения здесь сложнее, чем в биотемпоральном умвельте. Еще более сложны временные отношения в социотемпоральном умвельте, в мире глобального человеческого общества.

Схема эволюции форм темпоральности Дж.Фрейзера четко демонстрирует качественные различия временных отношений для "умвельтов" разных форм движения материи. Однако считать эту схему эволюционной можно лишь условно. Ведь представленное этим автором сосуществование структур разного уровня организации (разных умвельтов) с характерными для них формами темпоральности - это лишь результат эволюции. Процесс эволюции не сводим к его результату, ибо, как писал Гегель, "не результат есть действительное целое, а результат вместе со своим становлением" [20, с.2]. Сам же процесс эволюции предполагает диалектическую преемственность, когда возникающий более высокий структурно-функциональный уровень организации включает в "снятом" виде закономерности (в т.ч. временные отношения) низших уровней. С другой стороны, эволюлирующие структуры более высокого уровня оказывают трансформирующее воздействие на закономерности функционирования и развития "снятых", нижележащих уровней. Поэтому, выявляя существенные различия между формами темпоральности, необходимо обращать пристальное внимание и на взаимопереходы между ними с целью познания путей и закономерностей их становления.

### 3. Два подхода к формализации биотемпоральности

Первопроходцем проблемы формализации биотемпоральности по полному праву можно считать советского биолога Н.П.Кренке. Исследованная им специфика временных отношений в живой природе стала краеугольным камнем его теории циклического старения и омоложения растений. Теория Кренке основывается на представлении об организме как динамически (в смысле антистатичности) целостной системе: "орга-

низм, начиная от зиготы, проходит систему непрерывно изменяющихся состояний целостности" [21, с.4]. Важнейшей характеристикой целостности является возрастность - "реальная жизнеспособность индивидуума и его частей в рассматриваемый момент, что обычно не стоит в полной корреляции с календарным их возрастом" [21, с.8]. Кренке убедительно показал, что многие жизненные явления в онтогенезе растений, фиксируемые по календарным датам, не обнаруживают определенных закономерностей. При рассмотрении тех же явлений, но упорядоченных по возрастности изучаемых организмов, они предстают исследователю в закономерной взаимосвязи. В теории Кренке развитие организма предстает как единство противоречивых явлений - старения и омоложения. "В процессе общего индивидуального старения неизбежно происходит неравномерно циклическое омоложение при новообразовании живых элементов индивидуума. Но абсолютная степень этого омоложения прогрессивно падает, т.е. старение выражается в прогрессивном падении омоложения" [21, с.30-31]. На основе своих теоретических представлений о возрастности Кренке разработал способы ранней диагностики и прогнозирования реакции растений на изменение условий их развития, а также установления прошлых условий развития организма по "отпечаткам" их влияния на его возрастных признаках. Он предложил способы прогноза скороплодности и скороспелости семян, а также предвидения их будущих качественных характеристик (вкусовые качества плодов, кормовые свойства листьев шелковицы и др.).

Почему же эти способы диагноза и прогноза хозяйственно важных признаков растений не получили широкого распространения? По-видимому, одним из основных объективных препятствий распространению этих способов явилась недостаточная унифицированность информации о возрастности. Хотя Кренке в своих работах широко применял математические расчеты, однако возрастность он характеризует комплексом качественных и количественных видоспецифических признаков. Конечно, обширную информацию можно обрабатывать на ЭВМ,

но для этого она должна быть унифицирована. Определенную работу в этом направлении проделал А.А.Уранов [22]. Приравняв единице количество энергии, воспринимаемое растением в течение всего онтогенеза, и выразив возрастные состояния в баллах (0-10), он вывел формулу возрастности растения в зависимости от этапа его возрастного состояния в онтогенезе. Хотя формула Уранова и представляет определенный интерес для решения некоторых задач онтогенетических исследований, но она также не получила распространения. Существенно ограничивает сферу применения этой формулы грубо дискретный характер получаемых с ее помощью количественных значений возрастности, а также зависимость их от субъективности определения этапов возрастности. Кроме того, этой формулой не отражаются различия в возрастности разных частей растения, возникающие в результате их неравномерного циклического омоложения. В этой связи уместно заметить, что выразить в единой формуле основные аспекты возрастности — это сложнейшая задача. Не случайно уже к моменту публикации основной теоретической работы Кренке [21] наметились два подхода к формализации возрастности. Первый из этих подходов более распространен. Это выражение биотемпоральности через ритмику жизненных процессов. Такой подход осуществляют многие исследователи биоритмов, обычно сводя проблему биотемпоральности к так называемым "биологическим часам" (квазипериодическая реакция организма), где за единицу собственного времени принимается длина периода ритма [23] или показатель циклического изменения численности популяции [24].

Подход к формализации биотемпоральности с позиций цикличности практикуется и в работах по эволюции, где за единицу собственного времени принимается поколение. Биологическое время организма в ботанике иногда выражают в пластохронах. Понятие пластохрона предложил в 1880 году Э.Аскенази, а Р.Эрикссон и Ф.Мичелини [25] в 1957 году опубликовали формулу для вычисления пластохронного индекса. Пластохрон в широком смысле — это интервал между двумя по-

следовательными биологически аналогичными явлениями, происходящими в серии сходных периодически повторяющихся процессов. По отношению к растению в целом этот термин применяется для выражения его биологического возраста. Так, по формуле пластохронного индекса, если для данного вида за эталон принята длина развивающегося листа 10 мм, то по достижении пятым листом сеянца длины 10 мм биологический возраст этого растения будет 5 пластохронов. В исследованиях с дурнишником итальянским и другими растениями обнаружено, что сухой и сухой вес, синтез хлорофилла и поглощение кислорода отдельным листом связаны прямолинейной зависимостью с его пластохронным индексом (биологическим возрастом).

Второй подход к формализации биотемпоральности основан на представлении и биологическом времени как мере скорости и ускорения жизненных процессов. Одной из первых фундаментальных работ этого направления явилась книга П.Лекомта дю Нови [26] о биологическом времени. Основываясь на экспериментах А.Каррела и И.Эбелинга по росту эксплантатов в питательной среде доноров различного возраста, а также на данных по изменению скорости заживления ран у людей с увеличением их возраста, он выводит формулу ретардации (замедления темпа) собственного биологического времени организма. По его расчетам, произведение скорости заживления раны определенного размера на календарный возраст раненого является постоянной величиной.

Однако, как отмечает К.Уоддингтон, обсуждая проблему формализации специфического времени биосистем, "вместо энергии и даже скорости (которая безразмерна, если пространство и время эквиваленты) мы должны иметь какой-то аналог ускорения" [27, с.177]. Такой аналог ускорения - прирост биомассы использовал Г.Бакман для разработки конструктивного подхода к формализации биотемпоральности. К этой проблеме он подошел, исследуя общие закономерности роста людей, животных и растений. Итогом этих исследований явилась его книга о росте и органическом времени [28]. Свой

теоретико-методический подход он строит как на экспериментально-индуктивной, так и теоретико-дедуктивной основе. Теоретические постулаты он конкретизирует в форме математических моделей и корректных алгоритмов, проверяя их адекватность на обширных экспериментальных данных. Исходной информацией для функции органического (биологического) времени Бакмана служат данные о тренде прироста организма - первой производной процесса роста. Он обосновывает достаточность такой информации тем, что процесс роста отражает особенности онтогенеза, является основой жизни, выражая ее сущность, и тесно связан с другими важнейшими биологическими процессами и явлениями в организме. На такой концептуальной основе Бакман вывел формулы для определения времени максимального проявления жизненных потенциалов - максимального прироста, перехода быстрого старения в замедленное, общей продолжительности жизни и других характеристик организма. Для сопоставления биологического возраста (возрастности) организмов различных видов он вывел формулу пересчета органического времени одного организма в соответствующее время другого.

#### 4. Некоторые прикладные аспекты

Биотемпоральность, измеряемая по онтогенетической шкале, в виде фаз, стадий, этапов, периодов, состояний и т.п. интервалов собственного времени в развитии организмов присутствует в любой концепции онтогенеза. Представление о последовательности событий и состояний индивидуальной жизни организма по ходу его собственного времени не только объединяет различные концепции онтогенеза. Такое обобщение позволяет подойти к оценке эмпирически установленных этапов, периодов и др. с более общих, дедуктивных позиций. Так, например, наши исследования [29] с древесными растениями показали, что выделенные Урановым возрастные состояния в большинстве своем каждое соответствует одному "кванту жизни" (по Бакману). Однако первые

три (из девяти) возрастных состояний в этом отношении оказались комплексными, т.е. состоящими из двух и более "квантов жизни". Примерно те же результаты мы получили и в отношении этапов органогенеза, выделенных Ф.М.Куперман. Здесь также первые два этапа оказались комплексными, вмещающими по несколько "квантов жизни",

Не менее важно и то, что путь формализации биотемпоральности открывает перспективу количественной интегральной оценки адаптации биотических систем и, следовательно, новые возможности управления этим процессом. Представляя адаптацию биосистемы как гармонизацию ее функционирования с внешней средой, задача сводится к оценке гармонии биотемпоральности данной системы. Такой концептуально-методический подход разработан нами и более подробно излагается в [50].

Индивидуальные различия по биотемпоральности семян абрикосов в Ботаническом саду Латвийского госуниверситета, выявленные нами с З.А.Клявинь с помощью функции Бакмана, оказались хорошим показателем для ранней диагностики зимостойкости. Потенциально более зимостойкие семена отличались большей кривизной собственного времени (по отношению к физическому времени, т.е. их календарному возрасту). При этом кривизна собственного времени не находилась в прямой связи со сроком завершения прироста побегов, а лишь с характером роста. Нередко семена, завершившие раньше свой прирост, в последующую зиму обмерзали в большей степени, чем семена с более поздней остановкой роста.

Функцию Бакмана можно использовать для оценки биотемпоральности и одновозрастных группировок вида, условно считая ее комплексным "индивидуумом". Такой подход дал возможность нам при сравнительном изучении микропопуляций древесных видов (*Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) в Латвийской ССР выявить, что более устойчивые к отрицательным антропоген-



ным факторам дерева отличались по тренду своей биотемпоральности от менее устойчивых еще до начала существенного воздействия этих факторов [29, 30]. Следовательно, тренд биотемпоральности уже в начальные периоды онтогенеза отражает экологическую диспозицию (предрасположение) особи. Этот аспект имеет не только прикладное значение для разработки методики прогнозирования дальнейшего роста и развития организма в тех или иных условиях. В биологии и экологии возникает все больше вероятностно-количественных задач, решение которых выходит за пределы возможностей частотной интерпретации вероятности. Многие из таких задач требуют корректной оценки вероятности уникального события, ожидаемого поведения особи в той или иной ситуации. В методологическом плане подобные трудности преодолевает диспозиционная интерпретация вероятности [31, 32]. Однако применению диспозиционного подхода к оценке вероятности биотических и экологических систем препятствует отсутствие конструктивных формализаций. Думается, что исследование свойств специфических времен, формализация биотемпоральности по соответствующим временным шкалам является одним из перспективных путей разработки методики и алгоритмизации диспозиционной интерпретации вероятности ожидаемых состояний или поведения прогнозируемых открытых систем. Некоторым подтверждением такого предположения является тот факт, что включение показателя биотемпоральности в число параметров модели прогноза, как правило, существенно повышает ее информативность.

Одной из весьма значимых теоретических и прикладных проблем биологии, решение которой лимитируется еще недостаточными значениями и биотемпоральности, является относительная инверсия (обратимость) собственного времени особи. В отечественной философской литературе проблема инверсии времени рассматривается в гносеологическом аспекте. "Инверсия времени в гносеологии, - пишет В.Н.Ярская, - выступает как увеличение "степеней свободы" и "эмансипация" времени... В сфере идеального инверсия времени не только

возможна, но и реально существует. Эта операция совершается не с временем объективных движений, а с момента идеального времени: математической координатой, временем перцепций, гносеологическим "образом" времени и т.д." [6, с.127-128]. Другими словами, речь идет, говоря в терминологии Дж.Фрейзера, об инверсии времени в ностемпоральном умweltе. Не обсуждая интереснейшую проблему связи разных видов темпоральности, связи так называемого объективного времени бытия с идеальным временем в сознании субъекта, отметим, что и в биотемпоральном умweltе можно обнаружить проявление относительной инверсии собственного времени организмов. Такой относительной инверсией времени особи является ее циклическое омоложение по Кренке. Уже давно в садоводческой практике осуществляется омоложение стареющих плодовых деревьев, вызывая их повторный усиленный рост и плодоношение путем обрезки. Подобный же эффект можно вызвать определенным составом минерального питания и обработкой деревьев биологически активными веществами. Конечно, это лишь относительная инверсия собственного времени организма, так как ни один из методов омоложения не обеспечивает полной его обратимости. Как отмечает Кренке, пожилой никогда не омолодится до состояния младенца, а за определенным пределом старости омоложение вообще невозможно.

#### 5. О соотношении частнонаучного и общеметодологического уровней темпорализма

Резюмируя обзор темпорализма современной науки В.Н.Ярская отмечает: "Современное учение о времени включает два уровня: частнонаучный и философский. Современный частнонаучный темпорализм дает материал для более высокого по сравнению с предыдущим уровнем философского прочтения категории времени, ее осмысливания в современной культуре" [6, с.106]. Такое более высокое философско-методологичес-



кое прочтение и осмысление категории времени необходимо и для дедуктивного, теоретического подхода к познанию биотемпоральности в тех областях жизненных явлений, где по тем или иным причинам невозможен прямой эксперимент. В первую очередь это эволюция биосферы.

Одна из наиболее дискутируемых проблем в современной эволюционной теории - это соотношение микро- и макроэволюции. Трудности в решении этой проблемы определяются разными причинами, которые в той или иной мере связаны с темпоральностью. Так, во-первых, микро- и макроэволюция существенно различаются своими временными интервалами: первая совершается на относительно коротких, а вторая - на очень длинных интервалах времени. К тому же эволюционный процесс протекает выражено неравномерно. "При постоянстве благоприятных условий существования не замечается образования каких-либо принципиально новых форм организации... На границах же эпох, при значительных геофизических преобразованиях, происходило широкое вымирание одних форм и быстрое рождение новых" [33, с.303-304].

Трудности в соотношении микро- и макроэволюции возникают также из разных подходов к оценке эволюционного времени. Показательна в этом отношении дискуссия о роли рекапитуляций и вообще и репрезентативности палеонтологического материала в филогенетических построениях. Здесь ситуация аналогична изложенной в парадоксе времени Мак-Таггарта: палеонтологический материал отражает временную серию "раньше-одновременно-позже", но интерпретируется по серии "прошлое-настоящее-будущее". Для проведения "стрелы" времени в эволюции на основе палеонтологического материала, по выражению С.В.Мейена [32], исследователь прошлой истории живого должен прочесть все "записанное" при темпоблокации, собрать и воссоединить все разрозненное темпосепарацией и найти способы реконструировать свойства, подвергшиеся темподесиненции ("растворение" времени). Такую "стрелу" времени в эволюции, отмечает Дж.Мейнард Смит [35], невозможно корректно провести ни на основе информации об ус-



ложении строения, ни на базе "основной теоремы естественного отбора" Фишера. По его мнению, отобразить направление времени в эволюции биологических таксонов возможно лишь в общем контексте эволюции биосферы, но для этого еще предстоит создать общую теорию развития экосистем.

Не располагая общей теорией эволюции экосистем и фундаментальной концепцией темпоральности, можно пользоваться лишь отдельными показателями, фиксирующими "прохождение" времени через экосистему. Это сезонно стратифицированные осадки озер, годовые слои прироста древесины и скелетных образований беспозвоночных и др. Однако установление так называемого абсолютного возраста ископаемого материала представляет все еще не решенную проблему. Возлагавшиеся большие надежды на радиохронометрический метод оправдались далеко не полностью. Как отмечает В.А.Красилов [7], этот метод не дает совершенно независимую шкалу времени, поскольку проявляется неслучайное распределение радиоизотопных датировок по геологическому разделу: калий-аргоновые датировки тяготеют к рубежам повышенной тектонической активности, а неслучайное распределение радиоуглеродных датировок связано с климатическими циклами. "Кроме того, в результате метаморфизма и других вторичных изменений в горных породах и минералах получаемые датировки могут свидетельствовать лишь о времени последнего изменения химического состава образца, а не о моменте его образования. Наконец, продолжительность суток, месяцев и лет, принятая нами для современности, вероятно не оставалась постоянной в ходе эволюции Земли" [36, с.83]. Поэтому "более правомочной представляется реконструкция временных отношений путем сопоставления событий непосредственно друг с другом, а не с внешнеотсчетной шкалой" [7, с.15].

Эти трудности в значительной мере определяются слабой разработанностью философского уровня темпорализма, его общеметодологических основ. Еще более наглядно это выступает в проблеме прогностического моделирования эво-

люции биосферы. Компоненты биосферы не только разнородны по своим функциям, значимости и длительности существования, но и представляют различные формы движения материи. Здесь каждая совокупность взаимоподобных компонентов развивается по своим специфическим закономерностям, но вместе они образуют единую, интегрированную эндогенными связями систему. Для представления такой очень сложной, полиерархической системы в модели как целостной ее разнородные компоненты необходимо привести к единой основе. Такой основой может служить темпоральность. Но тут возникает проблема хроноподиморфизма - сложного многомерного времени и его формализации. "Для понимания интегративного времени, - пишет И.В.Круть, - или сопоставления времени объектов различных уровней организации необходимо исследование дискретно-топологических и симметрично-групповых свойств и построение математических моделей многомерного времени" [37, с.12]. Д.И.Кулаков [38] предлагает путь построения модели многомерного времени в рамках теории физических структур.

Проблема хроноподиморфизма возникает при моделировании эволюции биосферы и на уровне биологической формы движения материи. Интересный подход к формализации хроноподиморфизма такой очень большой и сложной развивающейся системы предложен Б.Н.Тардовым [39]. Поскольку спирали частных времен биологических таксонов в длительном процессе эволюции взаимопорядочены (определенным образом "склеены"), то всю их совокупность он представляет в виде клотоидного геликоида как геометрической модели многомерного времени. Для гомеостазисной системы период (шаг) геликоида постоянный. Для развивающейся системы период геликоида падает, если имеет место ускорение прогресса и растет при ускорении регресса. Если ось направить в обратную сторону, повернув геликоид на  $180^\circ$ , то это будет соответствовать "схлопыванию" всех линий и узконаправленному развитию системы, в предельном случае - ее гибели. Замыкание оси самое на себя, по окружности, превращает простой кло-

тоидный геликоид в тороидальный, что соответствует гибели и возрождению системы каждый раз с исходного уровня. Если же ось этой фигуры сама образует геликоид, то это означает, что возрождение новой системы происходит на более высоком уровне, по сравнению с предыдущей. Стремление представить путь эволюции в виде спирали поднимающейся по поверхности стоящего на своей вершине конуса, ось которого "стрела времени", видим в модели эволюции растительного мира, предложенной Х.Ридлем [40]. Эта модель является частным случаем модели клетоидного геликоида.

#### 6. Проблема пространственно-темпоральных состояний экосистемы

Выход на автотемпоральный уровень при формализации временной организованности систем - это, несомненно, существенный шаг вперед в методологии экологического прогнозирования. И все же даже при анализе автотемпоральности исследователь остается в рамках так называемой событийной концепции собственного времени системы. Ведь временная организованность живого тут оценивается характером совершающихся в нем событий, скоростью (или ускорением) его функционирования (частотой биоритмов, интенсивностью обменных процессов, скоростью или ускорением роста и старения, скоростью переработки информации, числом поколений в филогенезе и т.п.). При таком подходе возникают серьезные трудности в формализации хронополиморфизма многоуровневой организации сложных экосистем. Формализованное описание автотемпоральности одного уровня организации (например, организменного) пока еще не удается перенести на другие уровни, (например, эволюции, экосистемных сукцессий или обмена веществ). Более того, по мере все большего проникновения в проблему автотемпоральности, более детализированного изучения временной организованности систем, усиливается абстрагирование от их пространственного аспекта. Это можно проиллюстрировать определениями пространственной и

временной структур геосистем по В.Н.Солнцеву: "Пространственная структура - устойчиво сохраняющаяся во времени упорядоченность размещения составных частей геосистемы. Временная структура - устойчивая во времени последовательность смены состояний геосистем, обеспечивающая возникновение и сохранение ее пространственной структуры" [41, с. 26]. Здесь, как видим, акцент делается на устойчивость структуры системы и упорядоченность ее частей.

Для современных биологов и экологов, занимающихся прогнозированием, уже недостаточно понимания устойчивости и упорядоченности структуры экосистем. Все актуальнее становится проблема постижения процесса функционирования как целого, где "каждый момент существования структуры определяется фазой функциональной активности, стадией индивидуального развития, этапом в общем процессе эволюции" [42, с.82]. Здесь уже внимание акцентируется на самой связи пространственно-временных отношений в целостном процессе функционирования (длении процесса жизнедеятельности) биосистемы как локально (или точечно) ограниченного пространства [43]. Наиболее явно это выражается в идеях А.А.Ухтомского о хронотопе, развиваемой его последователями (см. статью И.А.Аршавского в этом сборнике). Хронотоп в физиологии выражает понятие о пространственно-временном единстве отражения внешней среды организмом, которое осуществляется благодаря нераздельности пространственно-временных параметров его деятельности.

Представление о хронотопе в физиологии тесно связано с понятием доминанты - временно господствующей рефлекторной системы (очага возбуждения), направленно суммирующей и накапливающей поступающие в нервную систему импульсы, одновременно подавляя активность других центров. Адекватный фактор-раздражитель внешней среды не вызывает изменений в организме; в адекватных условиях изменения организма - это реализация доминанты. Экзогенные причинно-следственные связи здесь отсутствуют, впрочем как и между сосуществующими частями одного доминантного процесса, все

этапы которого в биологическом смысле поэтому можно считать одновременными. Отсюда делается вывод, что доминанта - это элемент биологического пространства с нулевым биологическим временем. Лишь при смене доминант, этапов развития, возрастных состояний, т.е. в ходе качественных изменений организма биологическое время становится не-нулевым, происходит переход организма из одной точки биологического пространства-времени в другую.

Подобный методологический подход в общесистемном аспекте сформулирован Д.А.Шрейдером. Считая, что для системы, имеющей возможность свободного выбора, каждый выбор содержит некоторую информацию, он предлагает ее измерять как логарифм вероятности сделать такой выбор, взятый с отрицательным знаком. В несвободных (т.е. не делающих выбора) системах нет личного времени, оно там "имеет чисто геометрический характер". В свободной системе будущее "творится в самом временном потоке, составляющем цепь взаимно привязанных выборов". Это "собственное время привязано к конкретной системе (индивидууму), но не к системе координат, как время по Эйнштейну" [44, с.169-170].

В последние годы и в географии начинает распространяться представление о временной организованности геосистемы как изменении во времени ее целостного состояния - т.е. последовательности смены одних состояний другими. "В проблеме временной организованности геосистем, - пишет А.М.Грин, - одно из ключевых понятий - "состояние геосистемы" - комплексная характеристика, трактуемая в точных науках как некое пространство, каждая точка которого однозначно определяется некоторыми обобщенными координатами. Обобщенные координаты - это минимальное число независимых величин - однозначных функций времени, с помощью которых полностью описывается движение системы. Значение этих величин в любой момент времени выводится из уравнения изменения состояния динамической системы, если эти величины заданы в некоторый начальный момент. А уравнение состояния - это соотношение, связывающее параметры однородного

тела, находящегося в термодинамическом равновесии. Процессу же изменения состояния системы соответствует определенная траектория перемещения" [45, с.9.]

Однако, как справедливо отмечает автор цитированной выше работы, в осуществлении этой концептуальной схемы возникают принципиальные трудности как при попытке нахождения минимального числа независимых величин, адекватно описывающих состояние геосистемы в каждой точке траектории ее изменения, так и при конструировании уравнений состояния. Ведь каждое из множества переменных состояний геосистемы в данный момент "определяется сочетанием по меньшей мере трех видов изменений, имеющих весьма различное характерное время своего осуществления" [45, с.9]. Это изменения в ходе "нормального функционирования" геосистем (суточная, сезонная, межгодовая ритмика), динамические изменения (сукцессии экосистем, восстановление после антропогенных воздействий, долгопериодические циклы) и эволюционные изменения (упорядоченное поступательное историческое развитие). Более фундаментально исследован первый вид изменений геосистем. Так, для комплексной характеристики состояний "нормального функционирования" геосистем - природно-территориальных комплексов (ПТК) Н.Д.Беручашвили предложил понятие о стексах. Стексы - это "состояния структуры и функционирования фаций, обусловленные сезонной ритмикой, погодой и динамической тенденцией развития" [46, с. 19]. Он разработал подробную методику определения стексов и их использования в построении пространственно-временной модели физико-географического региона. "Эти модели позволяют получать информацию о потенциально возможных состояниях ПТК в те или иные моменты времени ( в первом случае) и о состояниях какого-либо ПТК в конкретный промежуток времени (во втором случае). Кроме того, они позволяют рассчитывать ряд других характеристик ПТК" [46, с.172].

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что Н.Д.Беручашвили в определение стексов, наряду с характеристиками "нормального функционирования", вводит показа-

тели динамических изменений. В экологическом плане такое объединение вполне оправданно. Действительно, в экологической оценке и, особенно, экологическом прогнозировании содержательный смысл имеет лишь разделение обратимых (в первую очередь, циклических) и поступательно необратимых (эволюционных) изменений. В темпоральном аспекте к первым можно применить греческий термин "кайрос" (малое время микрокосма), а ко вторым - "хронос" (большое, космическое время). В пространственном же аспекте мы соответственно имеем дело с экосистемой, имеющей ареал (хорос), т.е. занимающей структурированное пространство, и ее элементами, имеющими лишь место (топос), пространство которого представляется гомогенным. Используя сочетания этих греческих терминов, можно терминологически охватить основные типы пространственно-темпоральных состояний в экологии.

Кайротоп - это пространственно-темпоральное состояние в функционировании элемента экосистемы, характеризующегося относительно обратимыми изменениями.

Кайрохор - пространственно-темпоральное состояние модусов функционирования экосистемы с относительно обратимыми изменениями.

Хронотоп - пространственно-темпоральное состояние элемента экосистемы, отражающее определенный этап ее эволюции.

Хронохор - пространственно-темпоральное состояние процесса эволюции экосистемы.

### Заключение

Концепция биотемпорализма переживает начальный период становления и связанные с этим трудности своего развития. Мощным фактором, стимулирующим развитие этой концепции, является растущая потребность в более глубоком постижении темпоральной организации сложных развивающихся систем. Особенно в прогнозировании трендов структурных

и функциональных изменений экосистем. Здесь темпы роста практических потребностей явно опережают накопление фундаментальных знаний. Это обстоятельство придает современному биотемпорализму эмпирико-индуктивный характер. Но несмотря на еще относительно слабое теоретическое обобщение (в смысле фундаментальности), концепция биотемпорализма уже вносит определенный методологический и методический вклад в развитие экологического прогнозирования [47; 48; 49].

Перспективы дальнейшего развития концепции биотемпорализма, по-видимому, связаны с дедуктивным подходом. Однако принципиальные трудности для такого подхода здесь вызываются онтологически очень сложным и многогранным характером биотемпоральности. Эти трудности нарастают по мере все более глубокого проникновения исследователей в проблему автотемпоральности моделируемых и прогнозируемых систем, более детализированного изучения их темпоральной организованности, что связано с абстрагированием от пространственных характеристик этих систем. Поэтому успехи дедуктивного подхода в этой области нами видятся в выходе на уровень познания и формализации пространственно-темпоральных состояний экосистем.

#### Литература

1. Тоффлер О. Столкновение с будущим: Отрывки из книги / Пер. с англ. // Иностранная литература. - 1972. - №3. - С. 228-249.
2. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. - М., 1975.
3. Молчанов Ю.Б. Четыре концепции времени в философии и физике. - М., 1977.
4. Казарян В.П. Понятие времени в структуре научного знания. - М., 1980.
5. Турсунов А. Философия и современная космология. - М., 1977.
6. Ярская В.Н. Научное предвидение. - Саратов, 1980.

7. Проблемы времени в геологии.-Владивосток,1979.
8. Багрова Н.Д.Фактор времени в восприятии человеком.-Л., 1980.
9. Фактор времени в функциональной организации деятельности живых систем//Сборник научных статей/Под ред. Н.И.Моисеевой.-Л.,1980.
10. Ишмуратов А.Т. Логические теории временных контекстов (временная логика).- Киев,1981.
11. Prior A.N. Time and modality.-Oxford.,1957.
12. Молчанов Д.Б. Труды "Международного общества по изучению времени"// Вопросы философии.- 1977.- № 5.- С.159-166.
13. Бунге М. Пространство и время в современной науке // Вопросы философии.-1970.- № 7.- С.81-92.
14. Ньютон И. Математические начала натуральной философии // Собрание трудов акад. А.Н.Крылова.-М.-Л. - УП.- 1936.-С.30-32.
15. Козырев Н.А. Время как физическое явление // Моделирование и прогнозирование в биоэкологии.-Рига,1982.- С.59-72.
16. Арманд А.Д.,Таргульян В.О. Некоторые принципиальные ограничения эксперимента и моделирования в географии // Известия АН СССР. Серия географическая.- 1974.- №4.-С.129-137.
17. Готтлиб М. Значение категорий пространства и времени в геологических исследованиях города // Studia geographica.-Врно. - 1980.- 71.-№2.- С.39-57.
18. Бер К.М. Какой взгляд на живую природу правильный и как применить этот взгляд в энтомологии // Записки Русского энтомологического общества.-1861.-№1.- С.1-39.
19. Fraser J.T. The Individual and Society //The Study of Time III/ Proceedings of the 3d Conference of the International Society for the Study of Time.- Alpbach,1978.-Р.419-443.
20. Гегель Г.В.Ф. Сочинения.- М.,1959.-т.4.

21. Кренке Н.П. Теория циклического старения и омоложения растений и ее практическое применение.-М.,1940.
22. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функции времени и энергетических волновых процессов //Научные Доклады Высшей Школы. Биологические науки. 1975.- № 2.- С.7-34.
23. Winfree A.T. Geometry of Biological Time.- Berlin-Heidelberg-New York,1979.
24. Weiderrmüller H. Zeit und Rhythmus in Biologie und Medizin // Naturwissenschaftliche Rundschau.-1980.- 33.-N 11.- S.458-465.
25. Erickson R.O.,Michellini F.J. The plastochron index // American Journal of Botany.-1957.-44.-P.297-305.
26. Lecomte du Noüy P. Biological time.-London,1936.
27. Уоддингтон К. Замечания // На пути к теоретической биологии. I. Прологомены/Перевод с англ.- М.,1970.- С.176-177.
28. Backman G. Wachstum und organische Zeit. - Leipzig, 1943.
29. Мауринь А.М. Проблема биологического времени и функция Бакмана // Моделирование и прогнозирование в экологии.- Рига,1980.- С.3-22.
30. Мауринь А.М. Проблемы разработки онтогенетической шкалы биологического времени // Моделирование и прогнозирование в биоэкологии.-Рига,1982.-С.73-81.
31. Fetzer J.H. Dispositional probability// Boston studies in the philosophy of science.- Dordrecht,1971.- - v.8.-P.437-482.
32. Поппер К.Р. Логика и рост научного знания //Избранные работы/ Перевод с англ.-М.,1983.
33. Шмальгаузен Н.Н. Проблемы дарвинизма.-Л.,1969.-Изд.2.<sup>е</sup>
34. Мейен С.В. Следы трав индийских.-М.,1981.
35. Maynard Smith J. Time in the Evolution Process// The Study of Time/ Proceedings of the First Conference of the Study of Time.- Oberwalfach. Berlin-Heidelberg-New York,1972.-P.200-206.

36. Краснов Е.В. О моделировании времени в геологии и палеонтологии // Моделирование и прогнозирование в биоэкологии.- Рига, 1982.- С.82-95.
37. Круть И.В. О факторах и компонентах земного планетарного времени // Доклады на ежегодных чтениях памяти Л.С.Берга. XV-XIX. 1967-1971. Ритмичность природных явлений.- Л., 1973.- С.7-25.
38. Кулаков Ю.И. Время как физическая структура // Моделирование и прогнозирование в экологии.- Рига, 1980.- С.23-43.
39. Тардов Б.Н. Клотоидный геликоид предвидения (прогноза) // Вопросы научного прогнозирования, 1969.- № II.- С.18-19.
40. Riedl H.A. Model proposed for the Process of Evolution with special Reference to Plants // Acta biotheoretica.- 1972.- V.21.- N 1-2.- P.63-85.
41. Солнцев В.Н. Пространственная и временная структура геосистем // Международная география, 76/ Докл. 5-й секции XXIII междунар. геогр. конгресса.- М., 1976 / Общая физическая география.- М., 1976.- Т.5.- С.26-28.
42. Павлов Г.Г. Три аспекта пространственно-временной характеристики структуры в морфологических исследованиях // Вестник Академии мед. наук, 1980.- № 4.- С.81-84.
43. Задде И.Н. Пространство-время в биологии.- Томск, Дел.КНИГИ 1984.- № 991-84.
44. Шрейдер Ю.А. Сложные системы и космогонические принципы // Системные исследования /Ежегодник.- М., 1975.
45. Грин А.М. Временная организованность геосистем// Геосистемный мониторинг. Строение и функ-

ционирование геосистем / Материалы к  
Всесоюзному съездию.- М.,1986.- С.  
7-18.

46. Беручашвили Н.Л. Четыре измерения ландшафта.- М.,1986.

47. Мауринь А.М. Проблема времени в экологическом прогнозировании // Человек и биосфера.- М.,  
Вып. 8. Экологический прогноз,1983.  
-С.48-54.

48. Лиела И.Я. Динамика древесных запасов. Прогнозирование и экология.- Рига,1980.

49. Лиела И.Я., Дамрозе И.П. Темпоральная гетерогенность структуры экологических прогнозов // Роль фактора на экологический фактор в территориальной организации на производстве.- Свищов (Болгария),1984.- Т.1.- С.308-314.

50. Мауринь А.М., Трущенко С.Э. Темпоральная гармония как показатель антропоустойчивости растений // Экологические и физиолого-биохимические аспекты антропоустойчивости растений.- Таллин, 1986.

А. П. Левич  
МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва)

## ТЕЗИСЫ О ВРЕМЕНИ ЕСТЕСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Предлагаемые собеседнику заметки не содержат окончательных результатов. Скорее в них представлена попытка осознанно изложить интуитивные представления автора о принципах, которые, может быть, следует положить в основу исследовательской программы по экспликации понятия времени в естествознании. Для автора во многом остается открытым вопрос, не более бы правильным было пройти путь поиска до конца и уже после этого выносить на суд слушателей результаты завершенной работы. Долгие размышления и беседы с коллегами подсказали, что обсуждать нужно не только результаты, но и идеи. Такое обсуждение должно стимулировать мысли и действия; оно предоставляет возможности скрещения идей и взаимодействия единомышленников.

Чтобы сделать изложение более конкретным (и — как следствие, — конечно, более уязвимым для критики), основные положения текста выделяются в виде тезисов, в первую очередь выносимых на обсуждение.

### I. Знаем ли мы, что такое время?

Проблема времени многогранна, и естественно, что предлагаемая исследовательская программа намечает лишь один из возможных путей ответа на имеющий тысячелетнюю историю вопрос "Что есть время?". Следует признать, что в парадигме современного естествознания этот вопрос не выглядит вполне законным и воспринимается, скорее, как наивный или вненаучный. Большая часть человечества либо считает вопрос о том, что такое время, понятным для себя без особых дефиниций, либо уверена, что ответ на него содер-

жится, например, в учебнике физики.

Любая наука базируется на исходных неопределяемых понятиях. В геометрии такие неопределяемые понятия - точка, линия, преобразование и др.; в теории множеств - элемент, принадлежность, множество, упорядоченная пара элементов и т.д.; в механике - материальная точка, расстояние, траектория, взаимодействие, время...

В дедуктивных науках на основе этих фундаментальных понятий (принимаемых в очевидные и - по неявному соглашению - за одинаково понимаемые всеми исследователями) строятся конструкции, составляющие логический и содержательный каркас науки. Так, в теории множеств из упорядоченных пар элементов строятся декартовы произведения множеств, и в качестве особых подмножеств последних появляется понятие отображения с ассоциативной композицией... В механике на основе интуитивных (исходных и не определяемых) представлений о расстоянии, времени и силе удастся сконструировать определения скорости, ускорения, импульса и, главное, уравнения движения ...

**Тезис I. Время в естествознании - исходное неопределяемое понятие.**

Физика в некоторых отношениях уточняет базисные интуитивные представления о времени. Во-первых, времени дается математическая экспликация: моменты времени представляются множеством действительных чисел. Математическая архитектура действительных чисел очень разнообразна - в их конструкции тесно переплетаются структура порядка, несколько алгебраических структур, структура топологии. Видимо, математические структуры действительной прямой должны соответствовать реальным свойствам физического времени. Структура порядка на множестве чисел порождает последовательность моментов времени. Аддитивная группа сложения чисел предоставляет метрику для выражения длительности физического времени. Мультипликативная группа умножения позво-

ляет выбирать произвольную единицу его измерения. Топология действительной прямой индуцирует непрерывность физического времени. Аксиоматика действительных чисел насчитывает полтора-два десятка постулатов. Вне физического анализа остается вопрос о необходимости и достаточности свойств действительной прямой для описания свойств времени. Причина этого как раз сформулирована в утверждении тезиса I: в физике нет явно выраженных нематематических представлений о времени. Действительные числа и есть конструкции физического времени.

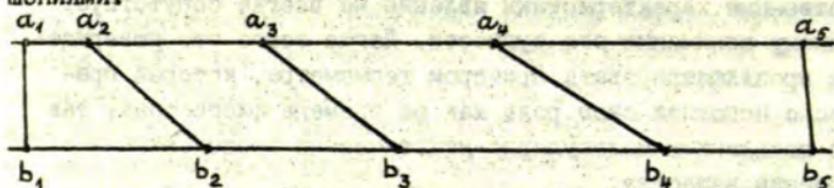
Во-вторых, еще один способ представления физического времени предлагается кинематикой специальной теории относительности, где в качестве исходного понятия фигурирует универсальная скорость распространения сигнала (в отличие от обычной механики, где скорость - конструкт пространственных и временных координат). Наличие физической константы скорости в постулативном базисе теории позволяет вводить время как конструкцию, выполненную из базисных понятий: через расстояние и скорость сигнала время появляется в виде дополнительной координаты мира Минковского.

Третий важнейший вклад физики в раскрытие проблемы времени - набор операциональных способов измерения промежутков времени, способов, основанных на подсчете периодов физических процессов. Заметим, что умение измерять количественные характеристики явления не всегда сопутствует полному пониманию его сущности. Легче всего это утверждение проиллюстрировать примером термометра, который прекрасно исполнял свою роль как во времена флогистона, так и с появлением молекулярно-кинетических представлений о строении вещества.

Всегда ли естествоиспытателей устраивает физический контекст представлений о времени, измеряемом физическими часами и мыслимом точками действительной оси. Специальная теория относительности "опространствливает" время, исключая становление - свойство времени, описываемое не в терминах "раньше-позже", а посредством представлений о прош-

лом, настоящим и будущем. В естествознании, где любые объекты бранны, где так существенно неизбежны начала и концы всех реалит, где необратимость явлений - правило, а не исключение, опространственное видение времени может резко сузить возможности экстраполяции физических представлений о времени за рамки специальной теории относительности. Опасения по поводу того, что время физики, по-видимому, не есть время естествознания, постоянно тревожат исследователей. Соответствующую аргументацию, основанную на различных точках зрения, можно найти у А.Бергсона [1], С.В.Мейена [2], В.П.Казарян [3].

Существуют основания и для сомнений в эквивалентности аксиоматики действительных чисел свойствам реального времени. Например, для действительных чисел их упорядочение однозначно порождается метрикой аддитивной группы ( $a - b > 0$  по определению означает, что  $a > b$ ). Последовательность же моментов времени и длительности временных интервалов - независимые характеристики феномена времени. И чаще всего естественнонаучные наблюдения непосредственно дают нам последовательности событий, а установление длительностей между ними составляет вторичную реконструкционную процедуру [2]. Последовательность событий сама по себе не определяет меру длительности. Изоморфные последовательности событий могут отличаться метрическими соотношениями:



Метрика временных шкал задается способом измерения временных промежутков. В нынешней цивилизации этот способ единствен - часы, основанные на регистрации физических процессов.

Изменения, происходящие в мире, не сводятся к меха-

ническим перемещениям: химические превращения веществ, геологическая летопись, развитие и гибель живых организмов и целых их сообществ, нестационарность Вселенной, социогенез... Но все неисчислимы формы обобщенного движения описываются с помощью физических часов. Не правильнее ли признать, что часы, которые мы устанавливаем в системах отсчета (чтобы относительно этих систем описать наблюдаемые обобщенные движения), могут быть различными? Можно ли при этом утверждать, что одни из этих часов, например физические, — это "хорошие" часы, а непохожие на них — часы "плохие"? Но должны ли физические часы (т.е. часы, основанные на протекании физических процессов) быть наиболее удобны и адекватны при описании нефизических форм движения?

Неудовлетворенность естествоиспытателей в физических экспликациях феномена времени приводит к непрекращающимся попыткам ввести представления о специфических научных временах. В первую очередь нужно упомянуть концепцию биологического времени, ее отстаивали К.Бэр [4] и В.И.Вернадский [5], она возникала под именем органического [6] или физиологического [7] времени и продолжает фокусировать внимание исследователей (более подробные ссылки можно найти в современных работах А.И.Маурина [8; 9]; заметим, что только в десятилетие семидесятых годов опубликовано около 25 книг и более II тысяч журнальных публикаций по тематике, связанной с проблемами времени в биологии [10]). Представления о геологическом времени разрабатывали В.И.Вернадский [5] и И.В.Круть [11]. В литературе появляются упоминания о психологическом [12; 13] (за десятилетие семидесятых годов опубликовано 35 книг и более 1000 журнальных статей [10]), географическом [14; 15], экономическом и социальном [16; 17; 18; 10; 19] временах. Однако содержательное обсуждение представлений о времени, неодинаковым образом наполняемых смыслом в интуиции исследователей различных фрагментов реальности, так же, как и попытки вложить точный смысл в интуитивные представления о целом ря-

де темпоральных характеристик явлений (неравномерность хода времени, дискретность или непрерывность, направленность или обратимость, универсальность или специфичность, аддитивность, системность. становление ...) невозможны, пока время оказывается среди неопределяемых понятий научного знания.

Тезис 2. Нужна конструкция времени, исключая время из исходных, неопределяемых представлений понятийного аппарата науки.

Следует признать, что замена постулата времени в понятийном фундаменте естествознания влечет существенную перестройку всего концептуального каркаса науки. В книге И.А. Акчурина [20] убедительно показано, что переосмысление фундаментальных представлений требует нового решения нескольких классов методологических проблем: выбор абстрактных пространств, вмещающих движения, выбор способов локализации объектов и описания их структуры, задание операциональных процедур сопоставления теоретических конструкторов картины экспериментального опознания реальности, выбор элементарных объектов и, главное, построение уравнений движения. Заметим, что представления о времени тесно взаимосвязаны с категориями изменчивости, обобщенного движения, пространственных измерений, взаимодействия объектов, энергии энтропии. И конструкция времени обязана быть согласована с конструкциями этих и многих других научных понятий. Опыт науки показывает, что несмотря на сложность задачи, перестройки понятийного базиса нередки.

## 2. Исходные принципы для конструкции времени

В настоящем разделе хотелось бы предложить не язык или диалект для конструкции времени (т.е. не какой-либо

формализованный аппарат), а попытаться изложить саму семантику, смысл декларируемых представлений.

### 2.1. Течение времени (принцип изменчивости)

Традиция, идущая от Гераклита и Аристотеля, связывает время с восприятием и переживанием изменений в Мире. Следуя этой традиции, необходимо, тем не менее, совершенно ясно указать, за изменением каких (из многих десятков или тысяч) признаков систем мы собираемся следить. И каким конкретным образом собираемся преобразовать эти изменения в число, что будет названо мерой времени.

Изложение будет вестись на теоретико-системном языке, где любая система представляется состоящей из элементов. В основу конструкции предлагается положить постулат, обобщающий опыт наблюдения за всеми существующими системами. Это свойство, обязательное для всех естественных систем, названо принципом изменчивости.

Тезис 3. Во всех естественных системах существует обязательный феномен изменения набора составляющих систему элементов. Это явление будем называть основным процессом естественных систем.

В живых клетках основным процессом является метаболизм, заменяющий молекулы в составе клетки. Основной процесс для многоклеточных организмов - рост, при котором появляются новые клетки и заменяются или исчезают уже существующие. Динамика численности, резюмирующая рождения и смерти особей, составляет основной процесс для популяций. Смена видов, называемая сукцессией, есть проявление основного процесса в экологических сообществах. Смена ассоциаций живых организмов в биосфере Земли называется процессом экологии. Аналогичные иллюстрации можно привести

из геологических, географических, физических, лингвистических и др. систем.

Уточним термин "изменение набора элементов". Под изменениями понимаются проявления новых элементов в системе (рост системы), замены уже имеющихся элементов на иные их экземпляры (стационарное состояние количественных характеристик системы) и потери элементов (деградация и разрушение системы). Наряду с терминами "изменение набора элементов" и "основной процесс" предлагается синоним "течение времени". Таким образом, вместе с принципом изменчивости появится понятие времени, которое, по меткому замечанию С.В.Мейена, предлагается называть метаболическим временем естественных систем, причем термин "метаболическое" понимается в гораздо более широком смысле, чем специфический метаболизм живых клеток и организмов.

Принцип изменчивости операционально вводит свойство времени описывать последовательности событий, датируя события заменами элементов системы. Но привычные свойства имеющихся представлений о времени заставляют ожидать от конструкции времени уточнений, по крайней мере в двух направлениях:

а) Кроме последовательности моментов, конструкция должна вводить длительности событий, т.е. количественную меру интервалов времени. Другими словами, кроме процессов, определяющих ход времени, нужны измеряющие время часы.

б) Введенное принципом изменчивости время оказывается совершенно не универсальным, т.е. в каждой системе обнаруживается индивидуальный ход времени. Каким образом согласуются индивидуальные времена систем для достижения привычной универсальности времени ?

## 2.2. Измерение времени (принцип императивности)

Человечество лишено свободной подвижности во времени. Мы не можем, ухватив текущую минуту, сравнивать ее с минутой прошедшей. Период нынешнего обращения Земли вокруг Солнца по неясному соглашению поколений исследователей принимается равным каждому предшествующему и последующему году.

Тезис 4. Существует произвол, степень свободы в выборе длительностей, принимаемых за равные.

Для преодоления такого произвола нужна договоренность или инструкция (если угодно, повеление, императив), которые предопределили бы выбор эталонной системы для выделения единицы измерения времени.

Тезис 5 (принцип императивности). Интервалы времени между изменениями набора элементов эталонной системы на один элемент будут считаться единичными.

Тезис 6. Величина интервала времени между событиями есть количество элементов, замененных в эталонной системе. Сама эталонная система играет роль часов.

Время клетки измеряется количеством замененных в ней молекул, время организма исчисляется заменяющимися клетками, популяционное время определяется балансом рождений и гибели особей, время сообщества есть количество сменившихся в сукцессии видов, биосферное время отсчитывается сменяющимися друг друга, исчезающими и вновь образующимися ассоциациями живых организмов.

### 2.3. Многокомпонентность метаболического времени (принцип иерархичности)

Время оказывается понятием теории систем, на языке которой (объект, принадлежность, элемент) формируются его определение и свойства. Для дальнейшего уточнения конструкции времени необходимо усложнение конструкции самих систем. Дело в том, что естественные системы устроены не произвольным образом.

Тезис 7 (принцип иерархичности). Естественные системы иерархичны, т.е. любая система может оказаться элементом системы более высокого типа. И любой элемент может оказаться системой, состоящей из предэлементов. Иерархия уровней строения естественных систем линейна. А именно, если каждому элементу приписать тип, то естественные системы образуются из элементов одинакового типа. Типы объекта и составляющих его элементов называются соседними.

Опишем наш канонический пример биологической иерархии: клетка состоит из молекул, организмы складываются из клеток и сами объединяются в популяции, популяции составляют сообщества, которые, в свою очередь, могут рассматриваться элементами биосферы. Возможно, заслуживает дискуссии вопрос о наличии промежуточных уровней иерархии и о большей или меньшей фундаментальности тех или иных уровней, но несомненен факт существования иерархической организации живых систем. Заметим, что П.Б.Гофман-Кадошников [22] в качестве критерия для выделения ос-

новых уровней этой иерархии предложил наличие замены элементов уровня (т.е. "основного процесса" согласно принципу изменчивости из раздела 2.1) в отличие от промежуточных уровней, элементы которых не заменяются в процессе жизнедеятельности и которые правильнее рассматривать как подсистемы основных уровней. Типы объектов маркируют образуемый этими объектами уровень строения рассматриваемой иерархии (уровень молекул, уровень клеток, уровень организмов и т.д.). Специалисты легко могут привести примеры иерархий, которые можно назвать геологическими, географическими, физическими и т.п.

Оказывается, что типовое строение иерархий [23] - не только естественнонаучное обобщение, но и один из способов аксиоматизации теории множеств, позволяющий избежать логических противоречий, связанных с бесконтрольным построением объектов из элементов [24; 25].

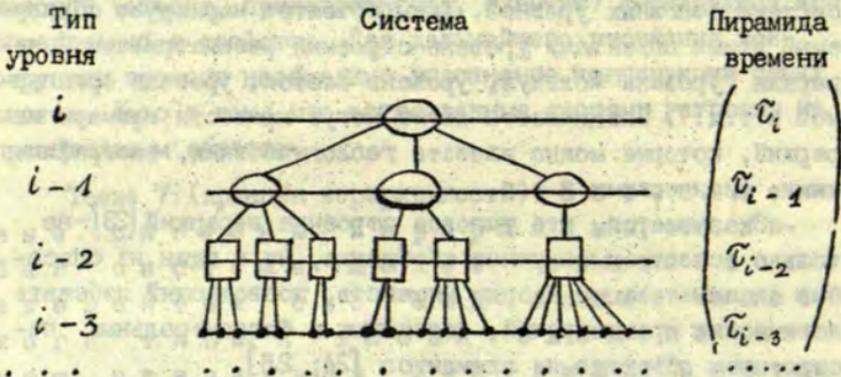
При рассмотрении иерархических систем обычно возникают вопросы о том, насколько далеко "вверх" и "вниз" простираются уровни иерархии. Автору удобно занять позицию, в силу которой глубина иерархии определяется наличием операциональных способов различения элементов "удаленных" уровней. Для любой имеющейся в момент исследования технологии различения существует уровень неразличимости элементов, который и будет приниматься за границу иерархии (относительную - с учетом возможности изменения доступного метода различения объектов).

Иерархичность естественных систем влечет многокомпонентность времени.

Тезис 8. Вре́мя естественной системы описывается многокомпонентной величиной, составляющие которой представляют количества замененных элементов системы на каждом из уровней ее иерархического строения. Эту величину будем называть пира-

мидой времени системы.

Как любая система есть армада [23], состоящая из элементов нескольких уровней, так же и время есть "пирамида", компоненты которой описывают количества измененных элементов системы каждого из ее уровней.



В силу принципа иерархичности индивидуальные времена систем группируются во временные шкалы, соответствующие уровням естественных иерархий. В нашем примере биологической иерархии биосферному уровню соответствует эволюционная шкала времени, уровню сообществ - сукцессионная шкала, популяционному уровню - шкала смены поколений, уровню организма - онтогенетическая шкала, на клеточном уровне появляется шкала метаболизма. На более глубоких уровнях естественной иерархии возникают шкалы, связанные с физическими процессами.

В примерах разделов 2.1 и 2.2 шла речь о компоненте пирамиды времени, "ближайшей" к системе, т.е. время определялось через замены элементов соседнего типа. В настоящем разделе представление о времени обобщено: время - многокомпонентная величина, изменения систем складываются из замен элементов на всех уровнях их иерархической организации. Но обычно для описания времени выбирают одну из компонент, почти всегда наиболее глубокую, находящуюся вблизи уровня неразличимости и связанную с физическими процес-

сами (например, электромагнитную шкалу, соответствующую обменам фотонами между атомами.). Принцип императивности возволяет выбирать в качестве эталонных часов систему любого уровня естественной иерархии.

Проследим на ряде примеров практику применения нестандартных шкал времени. Применение концепции собственного (кислородного) времени организма оказалось полезным при анализе медико-биологической информации [26]. Время отсчитывалось по потреблению организмом молекул кислорода; т.е. в качестве эталонных часов использовалась биологически значимая функция организма. При изучении процессов роста и потребления компонентов минерального питания в альгоценозах [27] закономерности роста и уравнения роста клеточных популяций описаны в шкале изменения количества молекул питательного субстрата в клетках. Т.А.Детлаф [28; 29] предложила измерять время развития организмов в биологически значимых единицах времени, равных длительности между клеточными делениями дробления у эмбрионов; т.е. в определенном смысле время организма измеряется количеством поколений его клеток. Известны попытки измерения возраста организма количеством его вновь образованных клеток: площадью заживления ран [30], ростом выделенных органов тела (например, размер хрусталика глаза у млекопитающих считается одним из лучших коррелятов "биологического возраста" [31]), количеством дочерних отпочковавшихся клеток у дрожжей [32] (которые есть их единственная стабильная возрастная характеристика в отличие от любых хронологических датировок). Описание роста растения существенно упрощается при использовании временной шкалы, построенной из моментов появления междуузлий у гороха [33]. Этнограф В.П.Алексеев [34] измеряет популяционное время количеством сменившихся поколений (как, впрочем, часто поступают и в математической генетике популяций [35]). Палеонтологические (эволюционные) промежутки времени порою описываются количеством сменившихся видов или целых флор и фаун [36]. В причинно-целевой модели психологического времени

[13] длительности значимых для личности событий измеряются количеством межсобытийных связей.

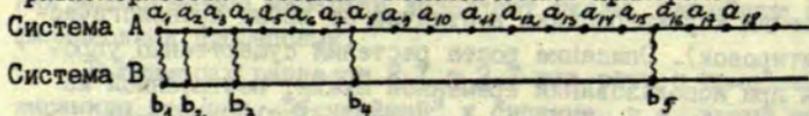
### 3. Свойства метаболического времени

#### 3.1. Равномерен ли ход времени?

Течение времени обладает важным свойством, обсуждение которого не было возможным до предъявления явной конструкции времени. Это свойство можно назвать равномерностью хода времени. Обычно о равномерности или неравномерности процессов мы говорим относительно хода времени. Сам же ход времени принимается за равномерный или постулативно, как, например, у И. Ньютона [37], или конвенциально, как в обсуждаемой модели метаболических часов.

В конструкции метаболического времени часы - одна из естественных систем, принимаемая за эталонную. Различные эталонные системы в силу принципа императивности могут порождать различные равномерности хода времени. Равномерность времени оказывается не абсолютным свойством систем, а их относительным свойством, зависящим от выбранного эталона. О равномерности или неравномерности хода времени бессмысленно говорить при наличии лишь единственной его шкалы: ход времени по определению (как у Ньютона) оказывается равномерным.

Проиллюстрируем существование систем с различной "равномерностью" событий схематическим примером:



На схеме точки  $\{a_1, a_2, \dots\}$  - события, состоящие в замене элементов системы А; точки  $\{b_1, b_2, \dots\}$  - события замены элементов системы В. Если система А принята за эталонную, т.е. промежутки между заменами элементов в ней приняты за одинаковые, то замены элементов в системе В происходят неравномерно - каждое последующее событие наступает через возрастающие промежутки эталонного времени.

Если же за эталон выбрать систему В, то события в системе А сменяются неравномерно, и промежутки между ними убывают. В эталонных часах существенен не только один акт, принимаемый за единицу времени (замена одного элемента, период обращения или колебаний ...), а целая последовательность актов, задающая свойство часов, названное равномерностью их хода.

Существующий, как правило, до сих пор при описании Мира выбор достаточно "глубинной" компоненты пирамиды времени в качестве единственного ее представителя автоматически приводит к принятию эталона равномерности физических шкал времени. Существующие способы времяопределения (например, сторающая свеча с нанесенными на ней делениями; песочные или водяные часы; часы с упругим или гравитационным маятником; системы, фиксирующие вращение Земли вокруг оси или вокруг Солнца; цезиевые или иные источники электромагнитных колебаний; интенсивно обсуждающийся в последние годы пульсарный эталон сверхстабильных периодов) обладают почти одинаковой взаимной равномерностью. Это вполне понятно, поскольку создаваемые человеком приборы должны воспроизводить свойственную человеческому организму равномерность, которая исторически индуцировалась планетными условиями обитания человека. Такой равномерностью астрономических и физических процессов полностью определяется контролируемое сознанием человеческое бытие - наука, техника, культура, быт и пр. Возникновение антропоморфической выделенности физических шкал времени вполне понятно, но не должно заслонять возможностей применения шкал с иными равномерностями.

До сих пор в системах отсчета при описании движения (в частности, и весьма обобщенного движения различных форм материи) устанавливались часы, основанные на равномерности физических процессов. Но, например, геологические процессы неравномерны в астрономическом времени, многие биологические процессы неравномерны ни в астрономической, ни в геологической шкалах. Так не правильнее ли при исследо-

вании фрагментов реальности применять специфические для них эталонные часы? Что может дать такая нелинейная замена временных шкал? Во-первых, простоту описания и, во-вторых, надежду на обнаружение закономерностей, ускользающих при ином описании явлений.

Проанализируем еще раз примеры использования естественными исследователями нестандартных временных шкал. Применение шкалы кислородного времени [26] при обработке медико-биологических данных позволило резко повысить чувствительность методов исследования процессов газообмена, что особенно важно для космической медицины. При исследовании альгоценозов в метаболической шкале времени [27] обнаруживаются стадии процесса потребления и роста, ускользающие при анализе традиционных кривых роста (рис.1). Измерение продолжительности стадий развития животных в детлафах (единица биологического времени, равная интервалу между одноименными фазами митоза двух последовательных делений дробления [28; 29]) позволяет сравнивать времена развития как у животных различных видов, так и у одних и тех же видов, но в различных условиях развития (например, при различных температурах). Времена развития, измеренные в астрономической шкале, не позволяют делать необходимых сопоставлений. Шкала, основанная на скорости заживления ран [7], оказывается неравномерной по отношению к хронологическому возрасту организма: рана пятилетнего ребенка заживает в десять раз быстрее, чем рана пятидесятилетнего мужчины. В.П.Алексеев [34] убедительно доказывает, что в случае перекрытия поколений введенная им шкала популяционного времени (задаваемая количеством сменившихся поколений) существенно неравномерна относительно традиционного планетного хода времени. Неравномерны относительно астрономического времени эволюционные преобразования биосферы и связанные с ними эволюционные шкалы [36]. Неравномерной в обыденном времени оказывается и шкала психологического времени личности, основанная на причинно-целевом анализе межсобытийных связей [13], но позволяет проводить психо-

диагностику личности и прогнозирование в психотерапевтической работе.

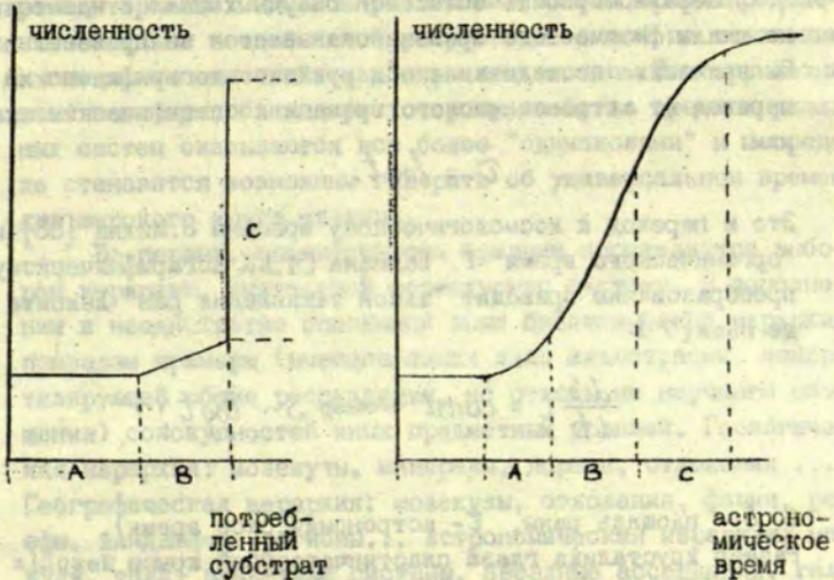


Рис. I. Стадии процесса роста и потребления для культур микроводорослей

- A - стадия накопления субстрата в клетках без роста культуры;
- B - стадия деления клеток за счет субстрата среды;
- C - стадия деления клеток за счет внутриклеточных запасов.

Изучая кривые роста живых организмов, Гастон Бакман [6] ввел нелинейное преобразование астрономической шкалы времени, благодаря которому добился симметрии кривых роста, выявил существование элементарных длительностей, названных им "квантами жизни", и сумел дать количественное предсказание стадий развития организмов. Эдвард Милн [38] ввел логарифмическую шкалу для космологического времени

Вселенной. Преобразование шкалы элиминировало гравитационное взаимодействие из фундаментальных уравнений движения и кардинально упростило описание нестационарности Вселенной.

Неравномерность естественнонаучных шкал относительно шкалы физического времени оказывается не произвольной. Эмпирические исследования обнаруживают логарифмический переход от астрономического времени к специфическим шкалам:

$$\tau = \log t.$$

Это и переход к космологическому времени Э.Милна [38] и "органического время" Г. Бакиана [6]. К логарифмическому преобразованию приводит "закон заживления ран" Леконта де Ньюи [7].

$$\frac{dS}{dt} t = const \implies S \sim \log t,$$

( $S$  - площадь раны,  $t$  - астрономическое время).

Размер хрусталика глаза пластинчатозубой крысы *Neotoma indica* (как индикатор биологического возраста) и ее хронологический возраст связаны логарифмическим преобразованием [31]. Попытка подобрать статистическими методами наиболее адекватную аппроксимацию зависимости биологического возраста (определявшегося по 23 физиологическим характеристикам у крыс) от обычного хронологического возраста также привела [39] к логарифмической функции. Происхождение обнаруживаемого в опыте "закона логарифма" составляет одну из проблем количественного описания неравномерности шкал многокомпонентного времени.

### 3.2. Специфичность или универсальность

Если потребовать категорический ответ на вопрос о специфичности или универсальности времени для различных

естественных систем, то следует предпочесть представления о специфичности временных свойств, например, масштабной единицы, равномерности шкалы, существенных компонент пирамиды времени. Однако различные способы времяопределения обладают неодинаковой разрешающей силой по отношению к специфичности свойств конкретных систем. Поэтому возникает механизм, благодаря которому свойства времени различных систем оказываются все более "одинаковыми" и в пределе становится возможным говорить об универсальном времени для широкого круга явлений.

Во-первых, специфичность времени определяется выбором иерархии, включающей исследуемую систему. В дополнении к неоднократно описанной выше биологической иерархии приведем примеры (имеющие смысл лишь иллюстрации, конкретизирующей общие рассуждения, но отнюдь не научного обобщения) совокупностей иных предметных уровней. Геологическая иерархия: молекулы, минералы, породы, отложения ... Географическая иерархия: молекулы, отложения, фации, рельефы, ландшафты, регионы... Астрономическая иерархия: молекула, тела, планетные системы, звездные ассоциации, галактики...

Во-вторых, специфичность времени исследуемых систем определяется выбором эталонной системы, требуемой согласно принципу императивности. Другими словами, специфичность временной шкалы обуславливается принадлежностью эталонных часов к той или иной предметной области. Так, пульс человеческого организма или процесс поглощения молекул кислорода при дыхании задают измерение времени, которое можно назвать биологическим. Выбор последовательности слоев палеонтологических отложений определяет шкалу геологического времени. Колебания маятника порождают шкалу, называемую физическим временем... Время любой системы может быть измерено в различных специфических шкалах, порождаемых принадлежностью эталона любым "нижним" уровням иерархического строения систем. Выбор эталонной системы выделяет компоненту из пирамиды времени, представляющую исследуемую

систему. При необходимости описания системы несколькими компонентами времени следует фиксировать несколько эталонных часов, принадлежащих соответствующим уровням строения системы.

Об универсальности времени нескольких систем можно говорить, если для всех них при времяопределении используется одна и та же эталонная система или хотя бы системы, принадлежащие одному уровню иерархической организации. Чем более "глубок" уровень иерархии, делегировавший эталонную систему, тем для более широкого набора систем вышележащих пригоден эталон. Потoki заменяющихся молекул удачно могут измерять время клеток, организмов, экосистем. Но время отдельного организма или клетки в экологическом сообществе бессмысленно измерять заменами организмов в популяции или сукцессионной сменой видов в сообществе. С позиции операциональности измерений замены элементов на нижележащих уровнях неразличимы в единицах длительности, задаваемых заменами объектов, построенных из этих элементов.

Единство материального строения естественных систем обеспечивает возможность выбора уровня и эталона, общих для нескольких предметных иерархий. В приведенных примерах биологической, геологической, географической и астрономической иерархий такими уровнями являются уровень молекул и все предшествующие "физические" уровни строения. И именно принятое ныне использование в качестве эталонных систем часов, основанных на физических процессах и принадлежащих достаточно "глубоким" уровням естественных иерархий, создает представление об универсальности (или абсолютности - по терминологии И. Ньютона) физического времени.

За универсальность времени, обуславливаемую применением "глубинных" эталонов, приходится расплачиваться определенной ценой. Эта цена - потеря представлений о структуре системы. Универсальность как бы "стирает" структуры уровней, лежащих выше уровня эталонной системы, а вместе

со структурами делает несущественными характеристики основных процессов, происходящих в вышележащих уровнях. "Стирающую" роль универсальности удобно продемонстрировать на примерах. Представим себе экосистему как объединение молекул, из которых состоят все биотические ее компоненты и неживые пулы веществ, оборачивающиеся в экосистеме. Исследуя лишь эти получившиеся молекулярные потоки, мы сможем многое сказать о свойствах вещественной основы функционирования экосистем. Многое, но далеко не все. На молекулярном языке трудно сформулировать представления о трофических взаимодействиях видов; о возрастной, половой и др. структурах популяций; о сезонных и иных сукцессионных преобразованиях сообществ; о поведении особей ... Если представить себе университет конгломератом работающих в нем специалистов, то многое ли удастся понять, описать и обеспечить управлением без разделения специалистов на факультеты, кафедры, научные подразделения? При физическом описании как распространенный "стирающий функтор" можно рассматривать понятие энергии.

Применение специфических шкал позволяет эксплуатировать свойства времени, задаваемые конкретными структурами систем, но приводит к "неразличимости" темпоральных свойств объектов на нижележащих уровнях строения систем. Очевидно, что выбор глубины уровня эталонной системы и вместе с ней - степени универсальности или специфичности задаваемой эталоном временной шкалы, зависит от поставленных в исследовании целей.

### 3.3. Дискретность или непрерывность

Поскольку время определяется заменами элементов в системах, то вместе с дискретностью самих элементов (по крайней мере, в рассматривавшихся примерах естественных систем) дискретным оказывается и ход времени. Но степень дискретности временной шкалы (так же, как и степень дискретности структуры системы) зависит от выбора глубины

эталонного уровня времяопределения. Назовем степень дискретности эталонной шкалы величину  $I/N$ , где  $N$  - количество элементов эталонного объекта, заменяющихся между заменами на один элемент в исследуемой системе. Рассмотрим в качестве исследуемой системы популяцию организмов. Замена одного организма ( $N=1$ ) в популяции соответствует заменам  $N=10^2-10^6$  его клеток или  $N \sim 10^{23}$  содержащихся в организме молекул (для более глубоких физических процессов окажется, очевидно,  $N \gg 10^{23}$ ). То есть выбор глубинных шкал измерения времени приводит к резкому снижению степени его дискретности.

Еще один источник смягчения утверждений о дискретности времени состоит в размытии представлений о жесткой дискретности самих систем. В тех случаях, когда оказываются нечеткими границы элементов системы (например, феноменов психики или объектов в ландшафтоведении, биогеоценологии ...), теряют определенность и представления о заменах размытых элементов, что требует специального концептуального и формального аппарата при описании основного процесса.

### 3.4. Поляризация времени

Замены элементов, образующие течение времени, неравноценны по отношению к содержащему элементу объекту. Элементы могут входить в систему, возникать в ней, зарождаться или выходить из системы, разрушаться, погибать. В связи с указанными свойствами И.А. Аршавский [40] различает анаболическую и катаболическую фазы процессов, связывая их с положительным или отрицательным направлением физиологического времени. В конструкции метаболического времени интервал времени системы складывается из интервалов его анаболической и катаболической составляющих (ср. с формулой для изменения массы в разделе 4):

$$\Delta t = \Delta t_{\text{анаб.}} + \Delta t_{\text{катаб.}}$$

#### 4. Метаболическое время и понятийный аппарат описания естественных систем

Время - одно из базовых общенаучных понятий естествознания. Поэтому разрабатываемая эксплицитная конструкция времени должна быть по возможности согласована с другими составляющими понятийного каркаса науки. Традиция естествознания тесно связывает представления о времени с понятиями изменчивости и движения, широкий ряд контекстов используют время и изменчивость, время и движение практически как синонимические понятия. Также достаточно традиционны сопоставления времени и энтропии, связывающие направленные стрелы времени с законом возрастания энтропии. Специальная теория относительности почти уравнивает в правах пространственные и временные измерения мира Минковского. Общая теория относительности и вслед за ней геометродинамические концепции отождествляют метрические и топологические свойства пространства-времени с представлениями о физических взаимодействиях материи. Итак, время и изменчивость, движение, пространство, масса, энтропия, взаимодействие. Метаболическая конструкция времени позволяет предложить явное построение этого ряда взаимосвязанных понятий. Однако в настоящей главе уместно напомнить читателю о начальной стадии разработки подхода и высокой степени гипотетичности выдвигаемых положений.

Предполагается, что для описания динамических свойств естественных иерархических систем весьма разнообразные пути изменчивости (изменение количеств, качеств, отношений и др.) можно свести к определенному рода количественным изменениям.

Тезис 9 (принцип унификации изменчивости). Любые изменения системы предлагается эксплицитировать через изменения набора элементов на определенной глубине уроне ес-

т е с т в е н н о й и е р а р х и и , с о д е р ж а щ е й с и с т е м у .

То есть описать изменчивость - значит отыскать уровень иерархии, на котором происходят замены предэлементов системы. Исповедованием указанных представлений об изменчивости объясняется использование для определения времени (принцип изменчивости, раздел 2.1) только изменений в наборе элементов иерархических систем (заметим, что при отсутствии роста или распада замены элементов могут не сопровождаться изменениями их количества). Качественная специфика изменений описывается принадлежностью замен предэлементов различным компонентам пирамиды времени. Основной процесс замены элементов системы, введенный в разделе 2.1, отождествлен с течением метаболического времени. В настоящем разделе вводится еще один синоним для основного процесса - предлагается отождествить течение времени с представлениями об обобщенном движении.

Тезис 10 (принцип унификации движения). Основной процесс замены элементов называем движением системы.

В силу принципа иерархичности (раздел 2.3) движение, как и сами системы, и само время, оказывается многоуровневым понятием. При этом движение на уровне  $i$  (замена элементов типа  $i - I$ ) обязательно будет движением и на всех предшествующих уровнях, поскольку вместе с элементами типа  $i - I$  заменятся и все включенные в них предэлементы. Так, рост растения (движение на уровне организма) сопровождается обязательным обменом молекулами со средой (движение на уровне субстрата), а также механическим движением (т.е. движением на предмолекулярных уровнях) органов растения и механическими перемещениями молекул.

Переходя к попытке унифицировать общенаучные представления о движении следует несколько ограничить свое право на экстраполяции. Конструкцию метаболического времени можно рассматривать в рамках двух вариантов ограничений на область ее применения.

Слабая гипотеза. Конструкция относится лишь к надмолекулярным уровням строения материи, и такие термины, как время, движение, пространство имеют лишь метафорический смысл. Реально идет речь о метаболических процессах в системах определенного уровня естественных иерархий.

Сильная гипотеза. Механическое движение, физическое время обусловлены заменами элементов на глубинных (предатомных) уровнях иерархического строения естественных систем. Потенциальная допустимость сильной гипотезы оправдывает применение для метаболических процессов во всех системах физических по происхождению терминов "течение времени", обобщенное "движение", "пространство" и экстраполяции физических представлений об этих понятиях до обобщенных общесистемных представлений. Сильная гипотеза утверждает, что существует субстанция, метаболические изменения которой обуславливают ход физического времени. И термин "метаболическое время" буквален, другого времени не бывает. Любые движения есть совокупность метаболических процессов на нескольких уровнях иерархического строения естественных систем. Утверждения сильной гипотезы могут принять значительно более осторожное звучание (при сохранении их эвристической роли) в случае отказа от онтологического статуса метаболической природы движения и течения времени: метаболические представления о движении ("вхождение" и "выход" точек пространства в движущийся объект) можно рассматривать лишь как удобный прием описания движения.

Совокупность всех элементов одного типа (раздел 2.3) названа уровнем данного типа (уровень молекул, уровень клеток, уровень организмов и т.д.). Любая система рассматривается как многоуровневый объект, где отсчет уровней ведется от уровня неразличимых предэлементов.

Тезис II (принцип локализации). Принадлежность элементов типа  $i$  изучаемой системе можно рассматривать как локализацию этой системы на уровне  $i$ .

Замена элементов типа  $i$  задает движение системы среди элементов уровня  $i$ . Количество элементов системы, замененных при переходе из одного состояния в другое, может быть легко преобразовано в аналог расстояния между состояниями. Из анализа указанных свойств уровней строения системы можно заключить, что эти уровни играют роль пространства, "вмещающего" систему.

Тезис I2 (принцип конвенциональности). Уровни иерархического строения системы составляют компоненты ее пространства.

Величиной интервала расстояния на уровне  $i$  между состояниями системы 1 и 2 назовем количество элементов уровня  $i$ , замененных в системе при движении из состояния 1 в состояние 2. Совокупность расстояний между двумя состояниями на каждом из уровней строения системы назовем пирамидой расстояний системы. Пирамида расстояний совпадает с пирамидой времени (раздел 2.3). Эталонные часы могут играть роль эталонной линейки. Выбор пространственных или временных "измерений мира" среди уровней строения системы определяется договоренностью между исследователями.

Концепция по выбору измерений может определяться положением уровня исследуемой системы в содержащей ее иерархии, одни и те же уровни могут играть роль пространственных измерений для одних объектов и временных измерений для объектов других уровней. Конвенциональность временного или пространственного рассмотрения уровней строения системы обязана введению двух языков описания основного процесса или двух точек зрения на один и тот же феномен. Например, о замене молекул в клетке можно говорить на языке течения времени (мысленный образ: неподвижная клетка с входящими в нее и выходящими во вне молекулами, отсчитывающими такты метаболического времени, — "клеткоцентристская" точка зрения). Или говорить о том же явлении как о движении клетки в молекулярной среде, где движением назван переход от включения клеткой одной из молекул среды к включению другой.

(мысленный образ: неподвижные точки-молекулы среды-пространства и передвигающаяся от молекулы к молекуле клетка - "молекулоцентристская" точка зрения).

Уровень естественной иерархии, используемый для локализации объекта, играет роль пространственного измерения мира системы, уровень - носитель эталонных часов, может рассматриваться как временное измерение. При этом элементы различных уровней могут иметь различающиеся по отношению к исследуемой системе собственные времена существования. Уровни с короткими временами жизни объектов, видимо, более привычны в качестве временных измерений, с длительными временами - в качестве пространственных (интуитивно более приемлема конструкция, в которой точки пространства не исчезают после прохождения через них объектов!). Например, для организма клеточный уровень может служить для отсчета физиологического времени, молекулярный уровень - играть роль собственного пространства. Эталон часов и эталон длин могут как совпадать, так и быть различными, тогда и единицы времени и длины будут совпадать или отличаться.

В настоящем разделе идет речь о пространстве в обобщенном смысле, физическое же пространство (пространство механических перемещений, а не обобщенного движения) представляет собой (в рамках "сильной" гипотезы) некоторые из предмолекулярных уровней строения естественных иерархий. Течение времени обязательно сопровождается движением в пространстве, задаваемом неким уровнем строения системы.

В заключение раздела отметим, что вводя близкое пространству системы понятие среды системы, П.Б.Гофман-Кадошников [22] рассматривает "высшие" по отношению к системе уровни иерархии, т.е. средой системы назван уровень иерархии, в которой данная система входит как элемент. Например, для клетки пространством будет совокупность молекул потенциально потребляемых и выделяемых клеткой, а средой - содержащий клетку организм.

Течение времени определяется заменами элементов сис-

темы и оказывается связанным с ее массой:

$$\Delta m^i = m_0^{i-1} (t_{\text{анод}}^{i-1} - t_{\text{катод}}^{i-1}).$$

Здесь  $t_{\text{анод}}^{i-1}$  и  $t_{\text{катод}}^{i-1}$  составляющие компоненты пирамиды времени уровня  $i - 1$ , обязанные "вхождениям" и "выходам" элементов типа  $i - 1$  из системы и введенные в разделе 3.4 о поляризации времени. Параметр  $m_0^{i-1}$  есть масса элементов типа  $i - 1$ , порождаемая заменами предэлементов на предшествующих уровнях строения системы.

Один из физических подходов к конструкции взаимодействия описывает его механизм как процесс обмена промежуточными частицами между взаимодействующими объектами (например, фотонами при электромагнитном взаимодействии). Т.е. акт взаимодействия сопровождается заменами элементов во взаимодействующих объектах и может описываться как движением на определенных уровнях строения объекта, так и течением глубинных компонент пирамиды времени.

Заметим, что существующая в ньютоновской механике согласно принципу императивности (раздел 2.2) необходимость ограничения степени свободы в определении равных отрезков времени реализуется первым законом Ньютона: "равны отрезки времени, в течение которых любое тело, не подверженное действию сил, изменяющих скорость его движения, проходит равные отрезки пространства" [41]. Т.е. равномерность существующей физической шкалы времени определяется отсутствием взаимодействия. Наличие же взаимодействия влечет изменение "равномерности" сопутствующей шкалы времени. И наоборот, изменение "равномерности" традиционной шкалы времени приводит [38] к возможности элиминации взаимодействия из уравнения движения тел. Заметим, что в настоящем тексте понятие "равномерности" используется имплицитно. Формализация равномерности временных шкал приводит к конструкциям, аналогами которых служат представления о кривизне континуальных геометрических пространств.

Энтропия объекта - это логарифм количества его микросостояний. От количества состояний, определяемых элемен-

тным строением объекта, легко перейти к количеству допустимых структурой объекта преобразований, поскольку любое допустимое преобразование определяет переход в иное состояние объекта (поэтому появляется возможность рассчитывать энтропию и информацию как инварианты структуры систем [23]). Преобразования объектов мы определяем через замены предэлементов на различных уровнях иерархического строения. Количество замен элементов определяет интервалы пирамиды времени. Таким образом, как энтропия, так и метаболическое время естественных систем связаны с феноменом замены составляющих их элементов.

### Заключение

Проблема времени нами была сформулирована как необходимость разработки явной конструкции времени, т.е. такой перестройки понятийного аппарата естествознания, при которой время перестает быть базовым неопределяемым компонентом понятийного каркаса. В качестве исходного постулативного понятия для конструкции времени введены представления о процессе обязательной замены составляющих любую систему элементов. Таким образом, время оказывается понятием, производным от реальных процессов замены элементов в системах, процессов многоуровневых вместе с иерархичностью самих естественных систем. Феномен времени появляется при абстрагировании от всех свойств метаболических процессов, кроме самих актов замены элементов и длительностей, что измеряются количеством замененных элементов в эталонных системах. Постулаты изменчивости императивности и иерархичности позволяют операционально вводить в естественных системах течение времени и измерение его иерархических компонент.

Обыденно время воспринимается как тактовый, или связанный с повторяющимися периодами, процесс: смена дня и ночи, колебания маятников и тикание часов, ритм метронома... Существующее физическое времяопределение также свя-

зано с периодическими процессами: вращением Земли вокруг Солнца, электромагнитными колебаниями излучений, сверхстабильными возможностями пульсарного эталона. Метаболическое время переносит акцент на процессы неперiodические, более близкие к эволюционным и нестационарным. Для таких процессов периодическое движение — частный случай (как гармонические колебания или вращения — частный случай механических движений). Предложенное определение времени требует некоторого отстранения от привычного времяопределения через гармонические процессы и заменяет "тактовые" часы на часы "метаболические".

Последовательности и длительности событий — традиционные характеристики времени. В описываемой конструкции менее привычным, но очень важным видится принцип иерархичности, предлагающий оперировать временем как существенно многокомпонентной величиной. Многокомпонентность метаболического времени дает исследователю некоторую свободу в выборе временных шкал, которые могут отличаться друг от друга по "равномерности" — свойству шкал, определяемому договоренностью о том, какие временные интервалы принимаются за равные. Существование различных по "равномерности" временных шкал — существенное отличие императивного метаболического времени от абсолютного времени механики: "Абсолютное, истинное математическое время само по себе и по самой своей природе, без всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью. Все движения могут ускоряться или замедляться, течение же абсолютного времени измениться не может" [37].

Однако существование для различных систем в их иерархическом строении предэлементов одинакового типа позволяет выбирать универсальную для этих систем шкалу времени.

О феномене замены элементов в иерархически организованных системах можно говорить не только в терминах течения времени, но и как об обобщенной изменчивости или об-

обобщенном движении естественных объектов. При этом конструкция метаболитического времени с не меньшим основанием может быть названа конструкцией иерархического пространства. Выбор пространственных или временных измерений мира системы также представляет собой степень свободы для исследователя. Целый ряд общенаучных понятий (массы объектов, их взаимодействие, энтропия и др.) может быть описан в терминах замены предэлементов объектов и тем самым оказывается связанным с течением времени систем и их обобщенным движением.

Предложенный вариант аксиоматизации феномена времени, конечно, не охватывает всех сторон и проявлений течения времени. Так, метаболитическая конструкция, по-видимому, не описывает времени, в котором возникают новые уровни естественных иерархий. Вне обсуждения остается проблема происхождения основного процесса - проблема его "двигателя" и "координатора". Предложен один из возможных вариантов конструкции времени. Точнее, сформулированы методологические предпосылки для построения этой конструкции, за чем должно последовать предъявление аппарата, на основании которого необходимо строго сформулировать представления об иерархической структуре систем, об основном процессе, о равномерности временных шкал, о пространственно-временных измерениях мира системы и их интервалах, о взаимодействии объектов, их зарядах и массе, об энтропии и информации структур и процессов. Формализация должна дать возможность описывать одновременность событий, направленность временных шкал, энергию и импульсы обобщенных движений и т.д.

В качестве аппарата для описания естественных систем и основного процесса, для поиска инвариантов структур, экстремизация которых может позволить получить законы функционирования систем [23], предлагается теория категорий и функторов, язык которой, по-видимому, более адекватен естественному, чем язык теоретико-множественного фундамента математики [23]. На основе указанных выше этапов можно пытаться вывести уравнения обобщенных движений, т.е. законы изменчивости на различных уровнях иерархического

строения естественных систем. В этом, собственно, и состоит "сверхзадача" осуществляемой разработки. По мере достижения этой цели станет возможной постановка целого ряда задач, имеющих как фундаментальное, так и вполне прикладное значение, например, задачи описания взаимодействий через равномерности временных шкал, попытки расчетов собственных времен естественных систем, переход к управлению масштабами метаболического времени с помощью субстанциональных потоков на различных уровнях естественных иерархий.

"Основной процесс", лежащий в основе метаболической конструкции времени, обладает целым рядом свойств, которые подталкивают к подчеркиванию его сходства с процессом, называемый обычно жизнью и рассматриваемым как совокупность целого ряда изменений: обмена веществ, роста, развития, размножения, эволюционных преобразований... Хотя, по-видимому, основной процесс - более широкое понятие, чем, например, "устойчивое неравновесие" Э.Бауэра [30], поскольку включает также процессы деградации и распада. Тем не менее, попытки осмысливания свойств биологического времени могут оказаться почти тем же самым, что и описание сущности жизни. К такому заключению приходит В.П.Войтенко: "Сопряженность "технологии" измерения времени с такими фундаментальными процессами, как рост и деление клетки или обмен веществ указывают на то, что биологические часы не пристройка к зданию биосистемы, а само здание" [32, с.74]. На сходство жизни и основного процесса обращает внимание П.Б.Гофман-Кадошников, подчеркивая, что "самообновление путем смены элементов - основное системное свойство жизни, отличающее биологические системы от физических и химических" [22]. Тождественность двух так интересующих нас процессов хотел подчеркнуть и В.И.Вернадский [42, с.65], приводя слова, принадлежащие еще Жоржу Кювье: "Жизнь представляет более или менее быстрый, более или менее сложный вихрь, направление которого постоянно и который всегда захватывает молекулы, обладающие опреде-

ленными свойствами; но в него постоянно проникают и из него постоянно выбывают индивидуальные молекулы, так что форма живого тела для него существеннее, чем его вещество. Пока это движение существует, тело, в котором оно имеет место, живо, оно живет. Когда движение окончательно останавливается, тело умирает" [43].

### Литература

1. Бергсон А. Длительность и одновременность. - СПб, 1923.
2. Мейен С.В. Понятие времени и типологии объектов (на примере геологии и биологии)//Диалектика в науках о природе и человеке. - М., 1983. - С. 311-317.
3. Казарян В.П. Понятие времени в структуре научного знания. - М., 1980. -
4. Бэр К. Какой взгляд на живую природу правильный и как применять этот взгляд к энтомологии. Речь, говоренная при открытии Русского энтомологического общества в октябре 1860г.//Записки Русского энтомологического общества. - 1861. - №1. - С. 1-39.
5. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Пространство и время в живой и неживой природе. - М., 1975.
6. Backman G. Wachstum und organische Zeit. - Leipzig, 1943.
7. Lecompte du Noüy P. Biological Time. - London, 1936.
8. Мауринь А.М. Бэр и проблема биологического времени //Folia Baeriana. III. - Таллин, 1978. - С. 119-126.
9. Мауринь А.М. Проблема биологического времени и функция Бакмана//Моделирование и прогнозирование в экологии. - Рига, 1980. - С. 3-22.
10. The Study of time// Proc. 11th Conference of the international Society for the study of time. - N.Y., 1972. - Vol. 1.
11. Круть И.В. Введение в общую теорию Земли. - М., 1978.
12. Doob G.W. Pattering of Time. - London, 1971.

13. Головаха Е.И., Кроник А.А. Психологическое время личности.-Киев, 1984.
14. Марков К.К. Пространство и время в географии//Природа.-1965.-№5.
15. Рычков Д.Г. Пространство и время в геногеографии//Вестн.АМН СССР.-1984.-№7.-С.11-16.
16. The Study of Time//Proc.2th conference of the international Society for the study of time.-N.Y., 1975.-Vol.2.
17. The Study of Time//Proc.3th conference of the international Society for the study of time.-N.Y., 1978.-Vol.3.
18. The Study of Time//Proc.4th conference of the international Society for the study of time.-N.Y., 1981.-Vol.4.
19. Гуревич А.Я. Время как проблема истории культуры//Вопросы философии.-1969, №3.
20. Акцурин И.А. Единство естественно-научного знания.-М., 1974.
21. Бурбаки Н. Теория множеств.-М., 1965.
22. Гофман-Кадошников П.Б. Системный анализ иерархии уровней жизни//Системные исследования/Ежегодник 1984.-М., 1984.-С.322-328.
23. Левич А.П. Теория множеств, язык теории категорий и их применение в теоретической биологии.-М., 1982.
24. Whitehead A., Russel B. Principia Mathematica.-Cambridge, 1910-1913.-Vol.3.
25. Френкель А., Бар-Хиллел И. Основания теории множеств.-М., 1966.
26. Васильев В.К., Лукьянов М.К., Саввин А.Б. Концепция собственного времени биологических процессов и ее применение для изучения динамики газообмена//Космическая биология и авиакосмическая медицина.-1974.-№5.-С.12-17.
27. Левич А.П. Процесс "потребление-рост" в культурах микроводорослей и потребности клеток в компонен-

- тах минерального питания // Экологический прогноз.- М., 1986.
28. Детлаф Т.А., Детлаф А.А. О безразмерных характеристиках продолжительности развития в эмбриологии // Докл. АН СССР, 1960.-т.134.-№ 1.- С.199-202.
29. Детлаф Т.А., Детлаф А.А. Безразмерные критерии как метод количественной характеристики развития животных // Математическая биология развития.- М., 1982.-С.25-39.
30. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. - М., 1935.
31. Shaher B.L. Ageing of *Nesokia indica* by weighing the eye lens // Pakistan J. Zool. 14 (1). - 1982.- P.103-105.
32. Войтенко В.П. Время и часы как проблема теоретической биологии // Вопр. философии,-1985.- № 1.- С. 73-82.
33. Thornwaite C.W. Operations research in agriculture // J. of the operations research society of America.-1953.-N 1.- P.33-38.
34. Алексеев В.П. Вектор времени в таксономическом континууме // Вопр. антропологии,-1975.- Вып.49.- С.65-77
35. Свирижев Д.М., Пасенов В.П. Основы математической генетики.- М., 1982.
36. Simpson G.G. The major features of evolution.- N.Y., 1955.
37. Ньютон И. Математические начала натуральной философии // Собрание трудов акад. А.Н.Крылова. - М.-Л., 1936. - Т.УШ.- С.30-32.
38. Milne E.A. Kinematic Relativity .- Oxford Press.- 1948.
39. Hofecker G., Skalicky M., Kment A. and Niedermüller M. Mathematical models of the biological age of the rat // Adv. Physiol. Sci.-

1981.-Vol.34.-P.47-52.

40. Аршавский И.А. Проблема времени в индивидуальном развитии организма // Фактор времени в фундаментальной организации деятельности живых систем .- Л.,1980.- С.26-29.
41. Thomson W., Tait P.G. Natural Philosophy. - Cambridge, 1890.
42. Вернадский В.И. Очерки геохимии // Биосфера. - М., 1967.- С.65.
43. Cuvier G. Le regne animal distribue d'apres son organisation I.- Paris, 1817.- P.12-13.

Р.Г.Баранцев  
ЛГУ им.А.А.Жданова (Ленинград)

## ВРЕМЯ, ДИНАМИКА, СИНТЕЗ

Вечный покой и вечная деятельность совместимы в высшем синтезе.

П.Г.Светлов

Время - неравномерно. И физическое [1], и биологическое [2], и социальное [3], а в целом космическое, во всех его масштабах и проявлениях. При переходе от хронометрии к хронософии [4] на первый план выдвигаются сингулярные проблемы времени, связанные с качественным изменением сущности. В экологическом аспекте речь идет о синтетической способности живых существ, в особенности тех, что наделены разумом [5].

### 1. Проблема

Относительные роли анализа и синтеза со временем периодически меняются. В современной науке заметно насыщение анализом и характерна тяга к синтезу [6]. Процесс дифференциации начинает уравниваться встречными тенденциями интеграции. Возникают и утверждаются такие синтезирующие науки, как экология, синэргетика, семиодинамика.

Мысль о том, что синтез достигается в движении, несомненно, стара и на первый взгляд тривиальна. Тем не менее, проблема существует. Вопрос о структуре перехода к синтезу продолжает оставаться открытым. Традиционная формула "тезис-антитезис → синтез" дает лишь скелет, подлежащий реанимации. Содержательное понимание синтетических процессов становится особенно актуальным в связи с увеличением

внутренних масштабов биозологии: от молекулярных - до космических.

Трудность проблемы состоит в том, что акт появления новой целостности не поддается адекватному описанию формализованным языком науки. Какая-то эфемерная субстанция ускользает из когнитивных сетей. "Самый факт описания, - пишет Д.М.Лотман, - превращает динамический объект в статическую модель... В процессе структурного описания объект не только упрощается, но и доорганизуется, становится более жестко организованным, чем на самом деле" [7]. Еще резче писал А.Бергсон: "Действительность есть вечное становление, поток, порыв, изменение, творчество, насилуемое формами мышления... Формы эти старательно классифицируются, создавая нам многообразие "научных картин". Мы, таким образом, обречены на "оформленность" " [8, с.46].

Однако встречаются и оптимистические оценки перспективы. Так Д.В.Линник, отмечая, что "попытки постичь целостность аналитическими методами приводят к драматическим антиномиям", все-таки утверждает: "Если научно-аналитические методы иногда пасуют перед феноменом целостности, то это не значит, что целостность вообще не познаваема" [9]. Вопрос, таким образом, сводится к средствам познания.

Освоение феномена целостности, видимо, потребует повышения уровня осознания мира. На подступах к такому скачку происходит постепенное уяснение глубинности проблемы путем освобождения от редукционистских версий. Прекрасно продемонстрировал этот процесс К.А.Свасьян [8], показав несводимость символа к любой из образующих его морфем. Аналогично - тип, являясь чистой идеей многообразия форм, не может быть адекватно воплощен, а лишь манифестируется через эти формы [10]. Отмежевываясь от того, что не суть, апофатический метод фактически проводит границы рассматриваемой субстанции в каком-то обобщенном пространстве. Очертив объем, так сказать, вширь, можно попытаться проникать вглубь, разрабатывая адекватные методы. Эта задача не кажется нам безнадежной, ибо, следуя А.А.Любичеву [11], мы

не ставим априорных пределов познания. "От синкретического единства через анализ к синтетическому единству" - таков путь разума [12].

## 2. Метод

Познание движется не только рациональными, но и вне-рациональными путями. Наше мышление способно оперировать и четкими понятиями, и художественными образами, и размытыми символами одновременно. Соответственно выделяются рациональный, сенситивный и интуитивный способы познания. Иными словами, можно говорить об аналитическом, качественном и субстанциальном аспектах мышления. Постулат о равноправии и единстве этих сторон ведет к следующей структурной формуле:



Такая триада, названная нами системной [3], оказалась весьма плодотворной при исследовании целостных объектов. Она помогает сознательно контролировать полноту описания и позволяет дополнять отдельные монады и диады до целостных комплексов. Интересны также классификационная и дефинитивная функции этой структуры [14].

Триадические конструкции системного типа имеют глубокие исторические корни [15, 16]. Встречаются они и в современной научной литературе (см. [17-19] и библиографию в [13, 14]). Но доминирует в настоящее время диадная схема мышления. Поэтому восстановление триадного сознания требует значительных усилий и качественной перестройки. Первым действительно трудным шагом оказывается различение "интуицио" и "эмоцио". Следует подчеркнуть, что системная триада - структура двумерная, причем равноправие сторон заставляет мыслить ее плоскость горизонтальной. Этим она

существенно отличается от переходной триады Гегеля, которую естественно представлять вертикальной. Пользуясь для экономии места одномерной разверткой вида "рацио-эмоцио-интуицио", мы всегда будем подразумевать правильный треугольник. При чисто рациональном подходе это не принципиально [20]. Однако системная триада - не просто моделирующая структура.

По своему определению системная триада обязана обладать внерациональными свойствами: иначе от слов "интуицио" и "эмоцио" останутся только пустые оболочки. Эти свойства действительно существуют и проявляются они, прежде всего, в семантической мягкости структурной формулы. Используя ее как эталон или генетическую матрицу, можно варьировать названия аспектов, сохраняя их специфику и взаимное равновесие. Но все варианты каждого угла будут лишь представителями того целого, чему пока не дано общего имени. Конкретное понятие может занимать в триаде различные места в зависимости от соседей. Так, "структура" замыкает диаду "сущность-явление" в аналитической роли, а диаду "часть-целое" - в качественной. Смысловая нагрузка при этом меняется. Тем более она меняется при переходе понятия из диады в триаду, когда существенно уточнение объема понятия в результате разрешения смесей диадного мира. Таким путем "рацио" и "эмоцио" очищаются от примесей "интуицио". Правда, инерция диадного мышления мешает этому процессу, заставляя сохранять привычные объемы и искать более узкие понятия. Так появляются тенденции панрационализма [21] и редукции рационального к формально-логическому.

Формула системной триады допускает и действие субъективного фактора. Трихотомия одного и того же понятия даже в заданной плоскости у разных людей получается, вообще говоря, разной. Более того, неоднозначно видится иерархия понятий. Например, у Ю.К.Лекомцева [22] символ - тип знака, у К.А.Свасьяна [8] знак - актуализация символа, у А.Ф.Лосева [23] "знак-миф-символ" - триада языка. Такая раз-

мытость конструкции, возможная неубедительность выбора, неполная определенность решения - настораживают, мучают, смущают. В рациональной плоскости сила гибкости смотрится как слабость. Однако, задавая вопрос "Почему так, а не иначе?", следует осознать, что он - из диадной парадигмы. Триада же больше сопоставляет, соединяет, сращивает, чем противопоставляет, расщепляет, оттачивает. Различение признаков, сторон, аспектов не должно переходить в разделение, уничтожающее целостность. Чрезмерный анализ губителен для триады. А степень неточности соответствует естественной гибкости языка. При всей неопределенности триадических процедур их ценность для осмысления понятий на пути синтеза достаточно велика. Правильный аспект, подходящие соседи, надлежащий уровень придадут термину точность, убедительность, основательность. Используя системную триаду как метод, мы настаиваем на гносеологичности ее статуса. В триаде "гносеология-аксиология-онтология" ее роль, на наш взгляд, потенциально равномерна.

### 3. Динамика

Согласно словарям, термин "динамика" означает состояние движения, ход развития, изменение под действием каких-либо факторов; динамизм - подвижность, изменчивость, действенность, напряженность. В механике это просто перемещение под действием силы. Если ось времени направить вверх, то горизонтальные сечения дают статистические срезы, вертикальные - динамические. Динамика противопоставляется статике. В более общих случаях говорят о движении как изменении состояния, вводят уровни развития и динамику объекта характеризуют сравнением уровней; выделение вертикальных сечений дается труднее. Перемещение и развитие можно рассматривать как аналитический и качественный аспекты динамики. Без компоненты, отвечающей непосредственно за появление новой целостности, представление с динамике не является полным. Необходимо добавить субстанциальный ас-

пект — скажем, преобразование. Из рационального угла такая динамика видится как переход к сингулярному пределу. Математическая теория особенностей, по-видимому, не случайно привела к теории катастроф, в которой авторы, наделенные интуицией, видят нечто большее, чем формализованное описание скачкообразных изменений [24].

Преобразование связано с расширением сознания [25], т.е. с обретением нового видения, нового измерения внутреннего пространства. Для описания этого явления попытаемся воспользоваться образными, метафорическими средствами. Представим себе конечномерный мир, например, одномерный. Он — неполон. Чувство невыразимости заставляет его содрогаться, корчиться, гнуться. Колебания происходят в новом измерении, но он еще не знает об этом, не видит себя частью большего мира. Однако сильный изгиб может привести к складке, свертыванию, смыканию, при котором бесконечность превращается в точку на  $(n+1)$ -мерной сфере. Так, прямая, свертываясь в окружность, обретает плоскость, т.е. двумерность. С достижением беспредельности появляется равноправие, равновесие, гармония. Уходя из себя,  $n$ -мерный мир обращается в часть  $(n+1)$ -мерного и здесь обретает покой в совершенстве. Достигая совершенства, мир исчезает как всеохватный и становится каплей расширенного. Но в этом плену дух снова начинает томиться. Дальнейшее расширение ведет к очередному порогу, новому превращению, следующему циклу.

Ортогональная к исходному пространству напряженность создается не без влияния внешнего мира. Рассматривая механизм свертывания, приходится учитывать виртуальные измерения. В одномерном случае исходная ось задается диадой, финальная плоскость — триадой; взаимодействие происходит с дополнительной диадой, которая и провоцирует выход в новое измерение. В двумерном случае начальная плоскость задается триадой, финальное трехмерное пространство — тетраэдром; движение стимулируется диадой, ортогональной исходной плоскости. Формула перехода  $n \rightarrow n+2 \rightarrow n+1$  оз-

начает, что системная плеяда из  $n+1$  элементов является символом статического совершенства в  $n$ -мерном пространстве, а для движения требуется наличие избыточного элемента, т.е. какая-то степень свободы. Так, на плоскости устойчивый комплекс создается системной триадой, а движение - вырожденной тетрадой; на прямой статична системная диада, динамична - вырожденная триада [26].

Антитеза статика-динамика находит субстанциальное замыкание в ритмике. Это решение помогает избежать дурной бесконечности при последовательном увеличении размерности внутреннего пространства. Ритм предполагает возврат к исходной размерности под действием фактора, ортогонального описанному алгоритму. Возможно, что на 4-м измерении наша интуиция испытывает нечто вроде коллапса [27].

В триаде "статика-динамика-ритмика" динамика играет качественную роль. Для постижения сути этого понятия полезно сопоставить его с носителями качества в других триадах из окружающего семантического пространства. Возьмем, например, познание-ценность-сущее, наука-искусство-нравственность, зло-жизнь-добро. Вторые элементы здесь разрешают известные антитезы. Именно эти понятия - ценности, искусство, жизнь - родственны динамике.

Остановимся еще на сходстве динамики с асимптотикой как качественным элементом триады методов прикладной математики: точные-асимптотические-эвристические [28]. В асимптотике разрешается антитеза точность-простота путем локализации [13]. При переходе к сингулярному пределу внешний масштаб сменяется на внутренний. Совмещение их в переходном слое таит в себе структуру преобразования. Слова "его зарыли в шар земной", сказанные о солдате, потрясают именно в силу соединения масштабов. Подобное соотношение масштаба личности с масштабом космоса включает человека во вселенский ритм.

#### 4. Синтез

Диалектическая спираль обычно строится на основе вертикальной триады "тезис-антитезис-синтез". Однако для получения пространственной фигуры необходимы и боковые импульсы. Как показано в [13,14], синтез фактически всегда достигается с помощью третьего элемента. Попытки примирения в рамках одномерного мышления не приводят к успеху, ибо, как заметил еще Гете, между двумя противоположными мнениями находится не истина, а проблема. В разрешении любого бинарного противоречия участвует третий фактор, расположенный вне оси исходной оппозиции. Так, диада "отталкивание-притяжение" замыкается через "вращение" после включения расстояния; оппозиция "наказание-преступление" разрешается через "раскаяние" после дополнения пространства мышления духовной компонентой. При системном анализе окружающей среды к экономическим и социальным факторам оказывается необходимым добавить природные, чтобы получить сбалансированный "треугольник точек зрения" [29]. Имя порождаемого в синтезе устойчивого комплекса принадлежит новому уровню. Например, "элементность-связанность-целостность" - основание тетраэдра с вершиной "система". Таким образом, на пути к синтезу диада сначала становится системной триадой, затем - переходной тетрадой.

Формула системной триады помогает разрешать антитезы, подсказывая, где искать элементы, дополняющие их до целостных комплексов. Замыкание диады "статика-динамика" имеет субстанциальный характер, диады "точность-простота" - качественный, "явление-сущность" - аналитический. Следовательно, можно говорить о трех путях синтеза.

Расширение пространства иногда достигается с помощью диады, элементы которой принадлежат разным уровням. Тогда крест, образуемый вырожденной тетрадой, оказывается вертикальным; и замыкание может происходить с повышением или понижением начального уровня. Например, если оппоненты в

споре акцентируют сильные стороны противника, то тем самым они обогащают друг друга и диалектическая спираль разворачивается вверх; если же слабые, то обедняют и скатываются вниз. Так культура дискуссии определяет направленность по шкале уровней.

При подъеме на новый уровень через субстанциальный элемент нередко возникают трудности с различением аспектного и интегрального понимания целостности. Диадная парадигма не выработала соответствующего расщепления понятий. Поэтому во многих случаях приходится специально оговаривать или маркировать наличие широкого и узкого смысла. Такие понятия, как космос, жизнь, добро, без расщепления вытянуты вверх наподобие вертикальных мостов. Близость аспектного и интегрального понятий целостности создает впечатление о преобладании субстанциального пути к синтезу. Постулат равноправия элементов системной триады сохранится, если будут показаны столь же доступные способы подъема по другим ребрам тетраэдра. Преодоление рационального уклона можно мыслить путем отрицания метода отрицания, снимая реакцию отторжения инородных целостностей. Изживание эмоционального комплекса связано видимо с жертвоприношением, имевшим когда-то глубокий смысл, утраченный утилитарной эпохой.

Аналогия между динамикой и асимптотикой подсказывает, что синтезирование сопровождается не только сборанием, но и пренебрежением, очищением, освобождением. Простота асимптотики достигается за счет отбрасывания внепорядковых членов [28]. Представление о порядках, т.е. об относительной ценности членов, создается на основе масштабов. Борьба масштабов в переходном слое и составляет динамический путь к синтезу. Кстати, область действия аксиологии — именно отношения, а не вещи или свойства. Субстанция, как и теорема, суду не подвластна.

Сама целостность также имеет аналитический, качественный и субстанциальный аспекты. Проводя соответствующую трихотомию, получаем "интегральность-характерность-синтетич-

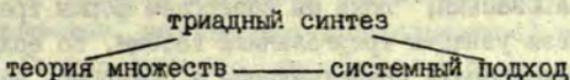
ность". В синтезе рождается субстанция новой целостности. Устойчивость, симметрия, гармония - черты, которыми ее обычно характеризуют [9, 30]. Именно их выражает системная триада, объединяя свойства нашего мышления в целостное единство. Диада - разделяет, триада - соединяет, путь к целому лежит через вырожденную тетраду;  $2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$  - такова динамика синтеза в двумерном мышлении. В трехмерном сознании формула  $3 \rightarrow 5 \rightarrow 4$  означает неполноту триады, устойчивость системной тетрады и динамичность пентады. Если треугольник - закон духа, а тетраэдр - закон природы, то динамика жизни структурируется вырожденной пентадой, так же как динамика идей - вырожденной тетрадой.

Системная триада обычно встречается как раз в узловых, синтезирующих концепциях. Таков, например, известный треугольник Фреге "денотат-сигнификат-концепт". Через нашу структурную формулу он легко связывается с триадой знака по Пирсу [31], который подчеркивал неразрывность и посредничество всех элементов. Кстати, в соответствующей триаде семиотики "логика-риторика-семантика" у Пирса отсутствует прагматика, потому что актуализацию он оставляет вне этого замкнутого единства. Такое решение согласуется с нашим переносом "действия" в отдельную триаду [13]; попытки помещения "акцио" на уровень "рацио-эмоцио-интуцио" (дополнительно или вместо "эмоцио") нарушали устойчивость структурной формулы. В психологии на основе триады "ум-чувство-воля" различают три основных вида общения: когнитивно-информационное, эмоционально-личностное и социально-организационное [32]. В эволюционной биологии плодотворно используются такие триады, как изменчивость-отбор-наследственность, закономерность-квантованность-целесообразность [33].

Название системной триады появилось в связи с тем, что триада системы была одним из вариантов генетической матрицы для структурной формулы. Нам уже приходилось отмечать [14], что рожденное таким образом понятие шире своего источника. В рамках системного подхода целостность появляется, но еще не раскрывается, т.е. остается преимущест-

венно потенциальной. Субстанция целостности находится, по-видимому, за рамками системного подхода. Однако, как подчеркивает Ю.М.Лотман, "внесистемное - не синоним хаотического ... возможно иносистемное" [7].

Система - лишь качественный вход в триаду, и в нашей более емкой структуре, включающей разные аспекты, больше возможностей для актуализации целого. В книге [34] хорошо продемонстрировано отличие системного подхода от теории множеств. Нам представляется, что триадный синтез должен замкнуть эту диаду следующим образом:



Место всей плеядологии структурно определить пока трудно.

Доминирование отдельных сторон системной триады нарушает гармонию жизненного равновесия. Гегемония анализа сместила критерии ценности в сторону утилитаризма, практицизм привел к экологическому кризису. Научно-техническая революция может обернуться катастрофой, если не подкрепить ее соответствующим подъемом культуры и духа [35, 21]. Триадный синтез может восстановить связи, разрушенные господствовавшей антитетикой. Многие хронические оппозиции разрешаются на его основе.

## 5. Время

Загадка времени таится, видимо, не ближе, чем загадка жизни. Пока во всяком случае складывается впечатление, что наши знания о времени беднее, чем о жизни, хотя трудов тут потрачено не меньше. Низкая эффективность этих трудов ведет к выводу о принципиальной недостаточности, неадекватности методов поиска. Дж.Вейценбаум [21] говорит об экспансии инструментального мышления, дегуманизирующего науку. К.А.Свасьян [12] демонстрирует бесплодность альтернативного мышления. И.Пригожин, отмечая ограниченность научного знания, заявляет: "Существует более утонченная фор-

ма реальности, включающая и законы, и игру, и время, и вечность" [36, с.215].

Проникновение триадного мышления в хронософию становится неизбежным [37]. Формально триады встречались в работах о времени и раньше. Так, в [38] отмечаются три аспекта понятия времени у Ньютона: гесметрический, астрономический, теологический; в [39] исследуются три концепции времени: физическое, эволюционное, сознательное; в [40] различаются три пути определения времени, связанные с длительностью, последовательностью, изменчивостью. Однако, как указывает К.А.Свасьян, "пока мы созерцаем формы треугольника, ... нельзя увидеть треугольника вообще. Но если нам удастся динамизировать представление и созерцать не формы, а метаморфоз..., то непрерывность этого движения окажется чреватой живыми мгновенными откровениями треугольника вообще... Все три ракурса берутся ... как приемы объяснения; суть не в них самих, а в способе организации ими материала" [12, с.124-125]. Иными словами, статическая трихотомия еще недостаточна для синтеза. Но и простое добавление оси времени к совокупности неподвижных картин еще не есть динамизация. Примером существенно динамического описания в физике может служить теория относительности. Нет оснований ожидать, что в органическом и социальном мире структура времени окажется проще.

Будучи проявлением динамики [40], время объединяет в движении идеи детерминизма и свободы воли, жизни и цели, бытия и становления [4]. Для живых систем это кардинальные понятия. "Понять становление - пишет К.А.Свасьян, - значит перейти из сферы форм в сферу метаморфоза, или движения, и сделать мысль столь же текучей и динамичной, как и ее объекты" [12, с.112]. Сопоставляя триады "пространство-время-разум" и "тело-душа-дух", нетрудно видеть, что семантически время так же родственно душе, как пространство - телу, а разум - духу. Последние раньше были слиты синкретически в греческом ноосе, а теперь синтезируются в понятии ноосферы [5]. Воспользуемся такими сопоставлениями

при осмыслении внутренних свойств времени.

Центральная триада хронософии: прошлое-настоящее-будущее. Почему она не одномерна? Что сближает прошлое с будущим? Попытаемся направить мысль к осознанию целостности этой триады, сопоставляя ее с такими, как миг-век-вечность и  $0 - I - \infty$ . В числовой символике наиболее ясно, что объединяющим качеством является абсолютность, свойственная и рацио, и интуицию, в отличие от эмоцио. Абсолютное время может быть либо всеохватывающим. Эта оппозиция могла бы замкнуть два звена Ю.Б.Молчанова [41] (статическое-динамическое, реляционное-субстанционное) в триадную цепочку. Синтез прошлого, настоящего и будущего реализуется в целостном восприятии времени, достижение которого возможно по любому ребру тетраэдра, но всегда сопровождается преобразованием исходной позиции. Совмещение таких представлений, как последовательность и одновременность, происходит через осознание принципа неопределенности-дополнительности-совместимости [42].

Появление новой сущности обычно связывается с завершением некоторого цикла. Так, времена жизни элементарных систем определяются циклами, характеризующими эволюцию структуры информационного пространства [43]. Простейшая структура цикла задается триадой. Например, в древнекитайской теории трех видов наставлений различались династии, воспитывавшие в народе последовательно утонченную форму, искренность и почитание [44]. В классификационном процессе выделяются мерономический, таксономический и холономический этапы [45].

Цикл выделяет масштаб. В книге [46] различаются три масштаба психологического времени личности - ситуативный, биографический, исторический - и три временных масштаба в развитии цивилизации - эон, эсхатон, хронон. "Самое характерное явление в смысле времени в жизни", пишет В.И.Вернадский, - существование поколений.". И далее: "Для жизни время... выражается в трех разных процессах: во-первых, время индивидуального бытия, во-вторых, время смены поко-

лений без изменения формы жизни и, в-третьих, время эволюционное - смены форм одновременно со сменой поколений" [5, с.31].

Существование разномасштабных циклов приводит к характерному и очень важному для синтеза явлению резонанса. Если всякая целостность обладает собственным ритмом, то их эффективное взаимодействие наступает, должно быть, при соизмеримости ритмов. Хорошо известен (см., например, [11]) парадокс осуществления преемственности поколений, сформулированный Ю.Н.Тыняновым: внуки подают руки дедам через головы отцов. В последние десятилетия резонанс взаимопонимания дедов и внуков нарушился и происходят болезненные биения. Рост темпов в социуме привел к тому, что актуальность индивидуальной парадигмы жизни стала короче не только продолжительности активной жизни человека, но и времени двух поколений. Периода одного поколения она еще не достигла, однако такая ситуация, небывалая в истории человечества, приближается: отцы будут вынуждены менять свою парадигму как раз тогда, когда сыновья определяют свою. Этот резонанс должен быть сильнее, чем предыдущий, с внуками, так как совпадать будут не только ординаты, но и производные. Можно ожидать, что он явится существенным фактором в развитии ноосферы. Психологические, экологические и социальные последствия этого явления пора прогнозировать, ибо уже сейчас, прислушиваясь к звучанию будущего в оркестре целостного времени, можно различить ритмы грядущего резонанса.

Биоэкология неизбежно включает и проблему сохранения самого человека [47] без утраты человеческого достоинства, составляющего основу нравственности [48]. Поэтому так важны поисковые исследования на стыке естественных и гуманитарных наук [6], где как раз и формируется глобальная социоэкология.

Литература

- I. Козырев Н.А. Время как физическое явление// Моделирование и прогнозирование в биоэкологии.-Рига, 1982.-С.59-72.
2. Мауринь А.М. Проблема биологического времени и функция Бакмагиа// Моделирование и прогнозирование в экологии.-Рига,1982.-С.3-22.
3. Казначеев В.П. Очерки теории и практики экологии человека.-М.,1983.
4. The Study of Time//Proc.Confer.Intern.Soc.- Berlin.- 1- 1972.- 550 p.-2-1975.- 486 p.3-1978.- 727 p.-4-1981.-286 p.
5. Вернадский В.И. Размышления натуралиста.Пространство и время в неживой и живой природе.-М.,1975.
6. Пути интеграции биологического и социогуманитарного знания.-М.,1984.
7. Лотман Ю.М. Динамическая модель семиотической системы // Труды по знаковым системам.-Тарту,1978.- т.10.-С.18-33.
8. Свасьян К.А. Проблема символа в современной философии.- Ереван,1980.
9. Линник Ю.В. О взаимодействии гуманитарной культуры и естественных наук на понятийном уровне (космос,целостность, стиль)//Художественное творчество.-Л.,1982.-С.83-97.
10. Проблемы систематики и классификации в переписке А. А.Любищева и Б.С.Кузина// Теория и методология биологический классификаций.-М.,1983.- 141-168.
- II. Александр Александрович Любищев (1890-1972).-Л.,1982.
12. Свасьян К.А. Философское мировоззрение Гете.-Ереван, 1983.
13. Баранцев Р.Г. Дефиниция асимптотики и системные триа-

ды// Асимптотические методы в теории систем.-Иркутск,1980.-С.70-81.

14. Баранцев Р.Г. Системная триада дефиниции//Международный форум по информации и документации, 1982.-Т.1.-№ 1.-С.9-13.
15. Piolin M. Les philosophies de la Triade ou l'histoire de la structure ternaire.-Paris,1980.
16. Floss K. Triady v myšlení a v tvorbe // Studia Comeniana et historica.-1983-13.-Č.26.-59-67.
17. Weiss Ph. Possibility: three recent ontologies //Intern.philos.quart.-1980.-V.20.-No 2.-P. 199-219.
18. Känisch-Trill B. Positive Wissenschaft, schöne Kunst und schöpferische Einbildungskraft // Z. für Aesthetik und allgem. Kunstwiss.-1980.-B.25.-No 2.-S.172-201.
19. Beck H. Analogia Trinitatis : Natur und Geschichte in Ausgliederung und Rückverbundenheit // Z. für Ganzheitsforschung.-1981.-B.25.-No 1.-S.3-23.
20. Колесникова С.Н., Хованов Н.В. О возможности линейной развертки произвольного пространства образов//Техн.киберн.,1981.-№ 5.-С.161-164.
21. Вейценбаум Дж. Возможности вычислительных машин и человеческий разум.-М.,1982.
22. Лехомцев Ю.К. О семиотическом аспекте изобразительного искусства// Труды по знаковым системам.-Тарту,1967.-Т.3.-С.122-129.
23. Лосев А.Ф. Знак, символ, миф.-М.,1982.
24. Арнольд В.И. Теория катастроф.-М.,1981.
25. Линник Д.В. Мастер духовного синтеза//Север,1979.-№ 4.-С.105-114.
26. Топоров В.Н. О числовых моделях в архаических текстах // Структура текста.-М.,1980.-С.3-58.

27. Сухонос С.И. Пространственная модель системы данных// Основные направления повышения эффективности общественного производства.-Волгоград,1983.-С.62-65..
28. Баранцев Р.Г. Аналитические методы в динамике разреженных газов//Итоги науки и техники,Серия :механика жидкости и газа.-М.,1981.-Т.14.-С.3-65.
29. Пэнтл Р. Методы системного анализа окружающей среды /Перевод с англ.-М.,1979.
30. Марутаев М.А. О гармонии как закономерности// Принцип симметрии.-М.,1978.-С.363-395.
31. Wuczynska-Gerewitz H. Peirce' method of triadic analysis of signs // Semiotica,1979.-V.26.- No 3/4.-P.251-259.
32. Танаев В.П. Виды общения в групповой деятельности// Институт Психологии АН СССР.-М.,1983.- 23с.- Деп.№ 3154-83.
33. Корочкин Л.И. О путях логического анализа индивидуального развития // Математическая биология развития.-М.,1982.-С.224-231.
34. Шрейдер Ю.А.,Шаров А.А. Системы и модели.-М.,1982.
35. Каландия И.Д. Влияние НТР на духовную культуру/Автореферат канд.дисс.-Тбилиси,1983.
36. Prigogine I. From being to becoming : time and complexity in the physical sciences.- San Francisco,1980.
37. O'Donnell J.J. Trinity and temporality.-Oxford,1983.
38. Gandt F. Duratio, fluxio, aequatio: trois aspects du temps Newtonien // Arch. de philosophie,1981.-Т.44.-С.3.-P.353-370.
39. Denbigh K.G. Three concepts of time.-Berlin e.a., 1981.
40. Канке В.А. Формы времени.-Томск,1984.

41. Молчанов Д.Б. Четыре концепции времени в философии и физике.- М., 1977.
42. Баранцев Р.Г. Принцип неопределенности в асимптотической математике // Асимптотические методы в механике.-Иркутск, 1984.
43. Мюллер Х. Спектр масс и времена жизни элементарных систем.- Волгоградский политехн. инст. 1982.-23с.-Деп № 3098-82.
44. Кроль Ю.Л. Проблема времени в китайской культуре...// Из истории традиционной китайской идеологии.-М., 1984.-С.53-127.
45. Баранцев Р.Г. Системные триады и классификация // Теория и методология биологических классификаций.-М., 1983.-С.81-89.
46. Головаха Е.И., Кроник А.А. Психологическое время личности.-Киев, 1984.
47. Казначеев В.П. Космическая антропоэкология// Будущее науки.-М., 1984.-Вып.17.
48. Бандзеладзе Г.Д. О понятии человеческого достоинства.- Тбилиси, 1979.

Б.С.Флейшман  
Ин-т океанологии АН СССР (Москва)

ТЕМПОРАЛЬНО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ "ЗАКОН ЛОГАРИЗМА"  
КАК СЛЕДСТВИЕ ОБЩЕСИСТЕМНОГО ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО  
ЗАКОНА НАДЕЖНОСТИ РЕГЕНЕРИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Для основных общебиологических процессов рождения, роста и гибели установлено много эмпирических темпоральных зависимостей. Результатом этой работы является теоретическое установление следования закона логарифмического роста из гиперболического закона надежности биологических систем. Эта связь и теоретический вывод каждого из указанных законов следуют из теории потенциальной эффективности сложных систем [1], развитой автором в направлении стохастической теории регенерирующих систем [2].

Учитывается углубление теоретических представлений биологии в широком понимании метаболических уровней иерархии биологических систем [3]. Эти представления расширяются выделением структурных уровней той же иерархии.

В наших работах [2; 4; 5] развивалась теория адаптации регенерирующих систем в стационарном режиме, а также оценивалось время переходного режима. Это время может быть того же порядка, что и время жизни системы, связанное с ее надежностью. Поэтому в настоящей работе исследуется "звонильный" период жизни регенерирующей системы, связанный с переходным режимом, и находятся условия, при которых она может дожить до зрелого возраста, переходя на стационарный режим.

Во всех рассматриваемых моделях отсчет астрономического времени  $t$  ведется с момента  $t=1$  возникновения системы и далее ведется дискретно с интервалом, принятым за единицу  $t=1, 2, \dots$ . Другими словами, символ  $t$  означает астрономический возраст системы. В качестве единицы астроно-

мического времени  $t$  выбираются величины характерные для рассматриваемой биологической системы: час, сутки, сезон или год.

### 1. Эмпирический закон логарифмического роста

Эмпирически установлена логарифмическая зависимость пространственного роста биологических систем или их биологического возраста, или его индикатора  $V = V(t)$  от возраста в астрономическом времени  $t$  (темпоральный "закон логарифма")

$$V = V(t) = V_I \ln t + V(I), \quad (I)$$

где  $V_I$  и  $V(I)$  - некоторые положительные константы, отражающие биологическую специфику рассматриваемой системы.

Величина  $V(t)$  в различных случаях имеет следующий смысл: площадь заживления ран [6], размер хрусталика пластинчатозубой крысы *Nezokia indica* [7], другие до 23-х физиологических индикатора биологического возраста [8] и, наконец, приращение биомассы  $V(t) - V(I)$ . Последняя, наиболее универсальная закономерность носит название закона "органического времени" [9; 10].

Приведенные примеры показывают, что темпоральный логарифмический закон является достаточно общим биологическим законом. Качественно он означает, что возникнув биологическая система продолжает расти всю жизнь, но с непрерывным замедлением темпа роста. Однако, кроме логарифмической имеется много функций  $V = V(t)$  с замедленным во времени ростом. Это все функции, для которых  $V''(t) < 0$ . Поэтому важно теоретическое обоснование именно логарифмической зависимости (I).

### 2. Эмпирический гиперболический закон гибели

Эмпирически установлена гиперболическая зависимость числа особей непополняемой когорты (одновременно родившейся генерации), доживших до момента

$$N = N(t) = N(1)(tc_1^{-\eta} + c_2), \quad (2)$$

где  $N(1)$  - начальная численность генерации,  $\eta$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  - некоторые положительные числа.

Автор работы [II] пишет: "У многих рыб, морских беспозвоночных, большинства насекомых, а также у многих растений смертность на ранних стадиях развития очень высокая, а в более поздний период - низкая, что отражается кривой выживания, напоминающей вогнутую гиперболу". Это иллюстрируется, например, кривой рис. I, соответствующих соотношению (2). Однако не ясен биологический смысл параметров, определяющих эту гиперболическую зависимость.

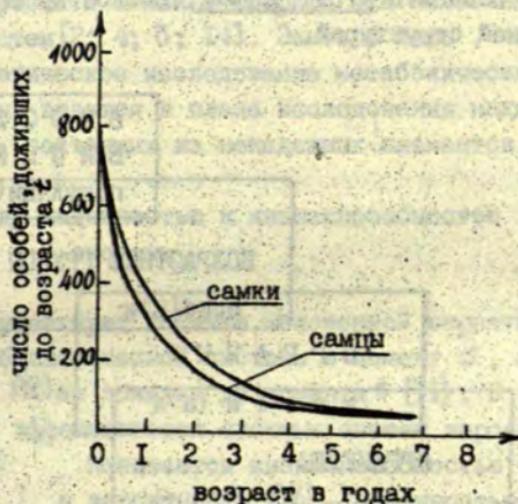


Рис. I. Число  $N \approx 1000 P(t)$  доживших до возраста  $t$  лет самцов и самок ящерицы *Uta stansbiriana* [18]  $P(t)$  - вероятность дожития особи до возраста (надежность).

Закон чередования метаболических и структурных уров-

ней иерархии биологических систем.

Метаболический процесс вначале ассоциировался с клеточным уровнем организма (особи). Широкое общебиологическое толкование метаболического процесса как обмена произвольных взаимозаменяемых элементов [3;12] позволяет по этому критерию отнести к метаболическому уровню особей в популяции и популяций в биосфере. Последнее толкование все еще дискусируется, так как не ясно, что рассматривать в качестве первичных элементов - целые популяции или их части, а если части, то какие? [13]

Под, между и над метаболическими уровнями в иерархии биологических систем (рис.2) расположены: молекулы, органеллы, органы, возрастные группы и биоценозы, которые не удовлетворяют критерию метаболического уровня. Эти уровни будем называть структурными, поскольку они обладают фиксированной структурой.

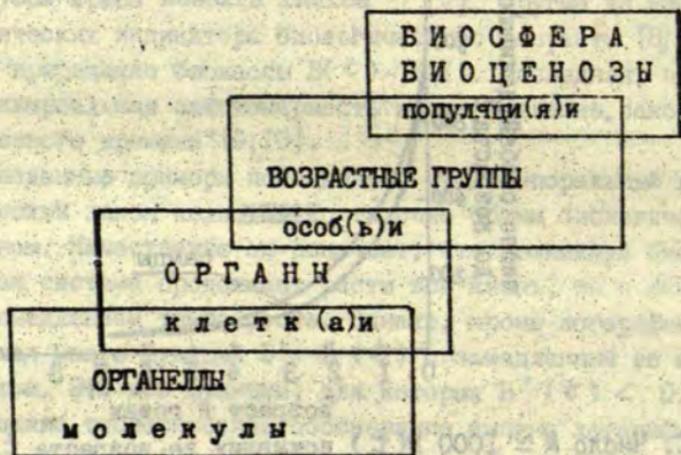


Рис.2. Закон чередования метаболических и структурных уровней иерархии биологических систем.

Таким образом, в иерархии биологических систем обна-

руживается чередование качественно различающихся метаболических и структурных уровней. При этом, каждый элемент высшего метаболического уровня как надсистема содержит фиксированный структурный уровень систем, внутри каждой из которых происходит метаболизм элементов нижестоящего метаболического уровня.

Темпорально-биологические рассуждения всегда сопровождаются указаниями на их связь с метаболическими процессами роста и гибели биологических систем. При этом, говорят о метаболическом, биологическом времени, но до сих пор не была исследована связь между гиперболическим законом гибели и логарифмическим законом роста биологических систем, а также не было обращено внимание на чередование их метаболических и структурных уровней. Далее мы остановимся на этих вопросах в связи с теорией так называемых регенерирующих систем [2; 4; 5; 14]. Заметим лишь, что нефизическое кибернетическое исследование метаболических процессов уже давно ведется в плане исследования надежности сложных систем, состоящих из ненадежных элементов.

### 3. Связь между надежностью и жизнеспособностью системы

В экологии существует понятие мгновенной вероятности  $N(s)$  гибели биологической системы в момент  $s$ , а также вероятности  $P(t)$  ее дожития до момента  $t$  [1]. В теории потенциальной эффективности сложных систем вероятность  $1 - N(s)$  ( $N(s)$ ) называется жизнеспособностью (нежизнеспособностью), а вероятность  $P(t)$  - надежностью. Между ними имеется следующая связь [1].

Если

$$N(s) \leq (1/s)^{1+\epsilon} \quad \text{для } s = 1, 2, \dots, t, \quad (3)$$

то 
$$P(t) \geq 1 - \epsilon [1 - (1/t)^{1/\epsilon}] > 1 - \epsilon \quad \text{для } t = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

где  $\epsilon > 0$  - произвольное положительное число. Если  $\epsilon < 0$ , то при независимости гибели системы в различные моменты

времени и при  $t \rightarrow \infty$   $P(t) \rightarrow 0$ . Поэтому единица является критическим показателем оценки (3) жизнеспособности в том смысле, что при достаточно большом показателе степени оценки (малом  $\xi > 0$ ) надежность системы на сколь угодно большом интервале времени может быть сколь угодно близкой к единице. Но при показателе степени меньшем единицы ( $\xi < 0$ ) надежность системы при достаточно общих предположениях стремится к нулю.

Если положить  $N(t) = N(1)P(t)$ ,  $\eta = 1/\xi$ ,  $c_1 = \xi$ ,  $c_2 = 1 - \xi$ , то, как легко видеть, соотношение (2) идентифицируется с нижней теоретической оценкой (4).

Итак, из оценок (3) и (4) следует, что оценка надежности может быть сведена к оценке жизнеспособности.

#### 4. Оценки жизнеспособности

В общем случае, если в момент  $S$  имеется  $N_S$  причин гибели системы и при этом вероятность  $M_n(s)$  гибели от  $n$ -ой причины, то нежизнеспособность  $M(s)$  вычисляется по формуле "четыре минус единица" [4; 15].

$$M(s) = \left( 1 + \left( \sum_{n=1}^{N_S} (M_n(s)^{-1} + 1)^{-1} \right)^{-1} \right)^{-1} \quad (5)$$

учитывающей невозможность "многократной" гибели системы. В частности при  $N_S = \text{const.}$  и  $M_n(s) \rightarrow 0$  из соотношения (5) имеем

$$M(s) \sim \sum_{n=1}^{N_S} M_n(s), \quad (6)$$

а при  $N_S \rightarrow \infty$ , если

$$\bar{M}(s) = \frac{1}{N_S} \sum_{n=1}^{N_S} M_n(s) \leq c_3 N_S^{-(1+\varphi)}, \quad (7)$$

то

$$M(s) \leq c_3 N_S^{-\varphi}, \quad (8)$$

где  $c_3 > 0$  и  $\varphi > 0$  играет роль показателя адаптивности системы к потоку пагубных факторов.

Имея в виду динамические рассмотрения, будем считать, что система возникает в стационарной среде и случайно

встречает все новые и новые пагубные факторы. Или, наоборот, стационарная система в результате некоторой катастрофы среды начинает испытывать все новые и новые воздействия пагубных факторов. Если продолжительность их воздействия превосходит время жизни системы (учитываются только такие факторы), то их число  $N_s$  является возрастающей в частности степенной функцией времени жизни системы

$$N_s = c_\psi S^\psi, \quad (9)$$

где показатель  $\psi > 0$  играет роль характеристики интенсивности потока пагубных факторов и  $c_\psi > 0$ .

Подставив соотношение (9) в соотношение (8) и сравнивая последнее с соотношением (3), найдем асимптотическое при  $S \rightarrow \infty$  выражение параметра  $\epsilon$  через параметры  $\psi$  и  $\Psi$  вида

$$\epsilon \sim 1/(\psi - 1). \quad (10)$$

Перейдем к рассмотрению внутренних причин, влияющих на жизнеспособность биологической системы. Будем различать механизмы ее гибели на метаболическом и структурном уровнях. Пусть система в момент  $S$  состоит из  $n_s$  первичных элементов метаболического уровня, структурированных в  $m_s$  структурных элементов по  $n_{i,s}$  в каждом  $i$ -м структурном элементе, так, что

$$\sum_{i=1}^{m_s} n_{i,s} = n_s. \quad (II)$$

На метаболическом уровне гибель системы связана с гибелью хотя бы одного из ее структурных элемента, гибель же последнего связана с недопустимой потерей его первичных элементов. На структурном уровне гибель системы связана с потерей ее целостности. Биологическая оправданность таких определений состоит в следующем. Метаболическая гибель органов при сохранении их связей в организме может происходить из-за истощения их клеточного состава. То же можно сказать и о метаболической гибели популяции, связанной с резким падением численности составляющих ее особей.

Оправдание структурной гибели системы как потери целостности связано со следующими биологическими соображениями. При расчленении биологических систем на две части возможны три случая: 1) обе части остаются живыми, 2) одна часть остается живой, а другая гибнет, 3) обе гибнут. Первый случай соответствует размножению с помощью деления. Второй - может касаться отделения от организма нежизнеспособных и не жизненноважных для него частей, или, например, стайных организмов от стаи, или отделения от биоценозов высших трофических уровней и т.д. Все эти случаи далее не рассматриваются. Рассматривается лишь последний случай, соответствующий структурной гибели системы, рассматриваемой как потерю целостности системой в указанном выше смысле.

Приведенные биологические соображения являются основанием для следующей математической формализации понятий метаболической и структурной гибели системы.

Метаболическая гибель системы определяется так. Пусть в момент  $S$   $i$ -й структурный элемент имеет на метаболическом уровне  $n_{iS}$  первичных элементов. Считается, что он погиб, если на интервале времени от  $S$  до  $S+1$  в нем оказывается  $v_{iS} < \theta_{iS} n_{iS}$  первичных элементов, то есть гибнет более чем  $1 - \theta_{iS}$ -ая доля их первоначального числа. Считается, что система погибла, если погиб хотя бы один из ее структурных элементов.

На структурном уровне гибель системы определяется так. Считается, что она погибла, если потеряла целостность. Потеря целостности фиксируется, если находится какое-либо разделение ее на две части, элементы каждой из которых имеют с элементами другой части число связей  $v_s < \theta_s l_s$ , где  $\theta_s$  и  $l_s$  - некоторые фиксированные числа ( $0 < \theta_s < 1$ ,  $1 \leq l_s \leq n_s - 1$ ).

Будем полагать, что в момент  $S$  первичные элементы в составе  $i$ -го структурного элемента независимо друг от друга выживают (гибнут) с вероятностью  $p_{iS}$  ( $1 - p_{iS}$ ). Одновременно пары структурных элементов независимо от дру-

гих пар сохраняют (теряют) связи между собой с вероятностью  $d_s$  ( $1-d_s$ ).

Тогда обобщая оценки работы [I6] и используя предельный закон жизнеспособности [I] при  $n_{is} \sim \theta(\ln m_s)$  и  $m_s \rightarrow \infty$  получим для метаболической жизнеспособности

$$1 - M_{m_s}(s) \sim \begin{cases} 1 - c_s m_s^{-\delta} \\ 1 - \exp[-(1+\delta)m^3] \end{cases}$$

при

$$n_s = \frac{\ln c_s^{-1}}{\Gamma_s} m_s + \frac{1+\delta}{\Gamma_s} m_s \times \begin{cases} \ln m_s & a) \\ m_s^3 & \delta) \end{cases} \quad (I2)$$

и при  $m_s = 1$

$$1 - M_s(\delta) \sim 1 - \exp(-n_s \kappa_{is}), \quad (I3)$$

а при  $l_s \rightarrow \infty$  для структурной жизнеспособности

$$1 - M_{l_s}(s) \sim 1 - m_s \exp(-l_s \kappa_s), \quad (I4)$$

где  $c_s, \delta, \beta > 0$ ;  $\Gamma_s = (\sum_{i=1}^{m_s} \kappa_{is}^{-1} / m_s)^{-1}$ ,  $\kappa_{is} = \kappa(\theta_{is}, \rho_{is})$ ;

$\kappa_s = \kappa(\theta_s, d_s)$ ;  $\kappa(\theta, \rho) = \theta \ln(\theta/\rho) + (1-\theta) \ln[(1-\theta)/(1-\rho)]$ .

Для  $m_s = 1$  структурный уровень исчезает и система вырождается в чисто метаболическую, совпадая со своим метаболическим уровнем. Приблизительно такого рода модель может описывать низших животных и растений.

## 5. Теоретический вывод закона логарифмического роста

С учетом соотношения (6), полагая в качестве слагаемых метаболическую и структурную жизнеспособности, видим, что порядок общей нежизнеспособности определяется максимальной частной нежизнеспособностью. Поэтому ил оптималь-

ное значение имеет место, когда они совпадают  $\mu_{m_s(s)} = \mu_{l_s(s)}$ , что эквивалентно требованию

$$l_s \sim \Gamma_s m_s / \kappa_s m_s. \quad (I5)$$

При этом в асимптотическом случае  $n_s \rightarrow \infty$  имеем

$$\mu(s) \sim \mu_{m_s}(s) + \mu_{l_s}(s) \sim \mu_{m_s}(s) \quad (I6)$$

оценку по "узкому месту".

Используем условия (3)  $\mu(s) \leq (1/s)^{1+1/\epsilon}$  высокой надежности системы для получения эквивалентных им условий для первичных  $n_s$  и структурных  $m_s$  чисел элементов как функций возраста системы  $s$ . Из соотношений (3), (I6), (I2) и (I3) получим для асимптотического случая

$$m_s \sim \begin{cases} c_5 s^{c_6} \\ c_7 (\ln s)^{1/\xi} \end{cases}, \quad n_s \sim \begin{cases} c_8 s^{c_8} \ln s^{(1+\xi)/\xi} \\ c_9 (\ln s)^{(1+\xi)/\xi} \end{cases}, \quad \begin{matrix} a) \\ b) \end{matrix} \quad (I7)$$

где  $c_6 = (1+1/\epsilon)/\delta$ ,  $c_7 = [(1+1/\epsilon)/(1+\delta)]^{1/\xi}$ ,

$$c_8 = \frac{1+\delta}{\Gamma_s \delta} c_5^{1/\delta} (1+1/\epsilon), \quad c_9 = c_7^{1+\xi}$$

и для вырожденного случая

$$m_s = 1, \quad n_s \sim c_{10} \ln s, \quad (I8)$$

где  $c_{10} = (1+1/\epsilon)/\kappa_{is}$

Соотношение (I8) впервые было получено в работе I7.

Лишь при нем имеет место логарифмический закон в "чистом" виде. Однако при достаточно большом значении параметра  $\xi$  в варианте б) асимптотического случая он также имеет место. Таким образом, логарифмический закон имеет место в крайних случаях предельно большого насыщения одного структурного элемента ( $m_s = 1$ )  $n_s$  первичными элементами и существенного насыщения  $m_s^{\xi}$  ( $\xi \gg 1$ ) первичными элементами каждого их  $m_s \ll m_s^{\xi}$  структурных элементов. Итак, логарифмический закон имеет место в случае преобладания метаболического уровня над структурным. Это соответствует хорошему подци-

нению "закону Бакмана", например, растущей древесины. В общем случае, полагая  $V(t) = n_t b$ , где  $b$  - средняя биомасса первичного элемента биологической системы,  $V_I = C_9$  и  $C_{10}$  с учетом асимптотического характера теоретических соотношений (17 б) при  $\xi \gg 1$  и (18) видим их соответствие эмпирическому соотношению (1).

Может показаться, что логарифмический закон противоречит известному логистическому закону роста биологических систем. Однако, если выделить следующую после экспоненциальной части логистической кривой ее асимптотически стремящуюся к константе часть, то последняя вполне сопоставима с логарифмической зависимостью на ограниченном интервале времени жизни системы. Но вопрос не в лучшей математической аппроксимации эмпирических данных, которая может быть достигнута, например, стандартными статистическими методами. Ставится вопрос об адекватности теоретических посылок и выводов биологической действительности.

Логистические кривые роста являются следствием законов сохранения и устойчивость биосистем здесь понимается как устойчивость соответствующих дифференциальных уравнений в смысле Ляпунова.

Логарифмические кривые роста являются следствием оптимизационных законов системологии и устойчивость биосистем здесь понимается как их высокая надежность, обеспечиваемая минимальным порядком роста их элементов.

Однако в первом случае рост постулируется самим видом рассматриваемых уравнений, а во втором случае он является следствием общего принципа оптимальности в системологии (в частности в биологии).

В заключении выражаю благодарность А.П.Левичу и А.М.Маурино за привлечение внимания автора к темпоральной тематике.

Литература

1. Флейшман Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем.-М.,1971.
2. Fleishman B.S. On the adaptation theory of the regenerating system// Fourth Formentor Symposium on Mathematical Methods for the Analysis of Large-Scale System.-Prague,1983.-P.207-222.
3. Мейен С.В. Понятие времени и типологии объектов (на примере геологии и биологии)//Диалектика в науках о природе и человеке.-М.,1983.-С.311-317.
4. Fleishman B.S. Stochastic theory of ecological interactions// Ecol.Modelling,-1982b.-17.-P.65-73.
5. Fleishman B.S. Contribution to the theory of adaptation with application to ecology // Ecol. Modelling-1984.-26.-P.21-31.
6. Lecompte du Nohy P. Biological Time.-London,1936.
7. Shaher B.L. Again of Nesokia indica by Weighing the eye lens//Pacistan J.Zool.-1982.-14(1).-P.103-105.
8. Hofecker G.,Skalicky M.,Kment A., Niedermüller M. Mathematical models of the biological age of the rat// Adv.Physiol.Sci.-1981.-Vol.34.-P.47-52.
9. Backman G. Wachstum und organische Zeit.-Leipzig,1943.
10. Мауринь А.М. Проблема биологического времени и функция Бакмана//Моделирование и прогнозирование в экологии.-Рига,1980.-С.3-22.
11. Pianka E.R. Evolutionary ecology/Second edition // Harper and Pow.Publishers.N.Y./Hogerstown/. -San Francisco/London,1978.
12. Гофман-Кадошников П.Б. Системный анализ иерархии уровней жизни // Системные исследования/Ежегодник 1984.-М.,1984.-С.322-328.

13. Беклемишев К.Е. Регуляция на биоценологическом уровне организации жизни // Бюлл.МОИП/Сер.биол., 1969.-Т.73(3).-С.144-157.
14. Fleishman B.S. Information theory of collective behaviour, applied for fish schools // ISEM Journal, 1980.-Vol.2.-Nos.1-2.-P.33-41.
15. Флейшман Б.С. Основы системологии.-М.,1982.
16. Gilbert E.N. Random graphs // Ann.Math.Statistics, 1959.-V.30.-N 4.-P.1141-1144.
17. Флейшман Б.С. Статистический последовательный анализ и автоматический самоконтроль // Ученые записки по статистике.-М.,1964.- Т.8.-С.57-77.
18. Tinkle D.W. The life and demography of the sideblatched lizard *Uta stansburiana* // Misc.Publ. Mus.Zool.Univ.Mich.,1967.-N 132.-P.182.

И.Я.Лиєпа, Г.Е.Поспелова, Э.Ф.Клявина  
ЛГУ им. П.Стучки (Рига)

### СТРУКТУРА ТЕМПОРАЛЬНОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ

Под темпоральной гетерогенностью экосистемы понимается неоднородность воздействия окружающей среды во времени. Отклик живых систем на воздействие экологических факторов в различные периоды времени отличается. Это характерно и для тех случаев, когда интенсивность воздействия факторов не изменяется, например, при загрязнении воздушного бассейна поллютантами. Отношение биосистем к любой разновидности воздействия выражается в их ответной реакции. Если в системе декартовых координат величину этой реакции отложить на оси ординат, а время - на оси абсцисс, образуется ломаная линия с более или менее выраженными числом и величиной локальных экстремумов. Экстремумы, которые превышают статистически достоверный уровень реакции биосистемы, характеризуют те интервалы времени, в которые она особенно чувствительна. Эти интервалы времени называются активными периодами соответствующих факторов [1]. Во время активных периодов в биосистеме происходят определяющие ее существование физиологические процессы, что обуславливает повышенные требования к обеспеченности экологическими ресурсами. Уровень обеспеченности характеризуется степенью выраженности активных периодов. Чем ярче выражен активный период, тем интенсивнее отношение системы к соответствующему фактору. К тому же, положительное значение активного периода свидетельствует о недостаточной обеспеченности фактором, отрицательное - о его избыточности. В свою очередь, в интервалах времени между активными периодами биосистема данным фактором обеспечена достаточно. В общеизвестной диаграмме В.Шелфорда

эти отрезки соответствуют зоне оптимума фактора, а активные периоды - зонам недостаточности или перенасыщенности. Поэтому число активных периодов, их величина и частота образования характеризуют жизнённость биосистемы, степень ее приспособленности к данным экологическим условиям. Более того, знаки активных периодов однозначно показывают, в каком направлении следует изменить их воздействие, чтобы достигнуть желаемой ответной реакции биосистемы.

Активные периоды можно определить различными способами. Традиционный подход к исследованию неоднородности функционирования биосистем предусматривает проведение последовательной серии опытов с четкой фиксацией уровней развития изучаемого процесса. Здесь активные периоды выделяются по тесноте взаимообусловленности показателей процесса жизнедеятельности организмов и рассматриваемых экологических факторов в соответствующих интервалах времени. Однако такое решение неудобно, а часто и невозможно. Проще, но не менее адекватно, связывать изменения экологических факторов с конечным результатом исследуемого процесса, например, текущим приростом отдельного дерева или летонасаждения или их ответной реакцией как показателем антропогенного воздействия. В этом случае конечные результаты процесса за данный период ретроспекции, например предшествующие двадцать лет, сопоставляются со значениями параметров экологических факторов, характеризующими определенные периоды времени (месяцы, декады, недели и т.д.). Тесноту зависимости можно оценить по-разному. Однако удобнее использовать коэффициент корреляции К.Пирсона, который одновременно указывает на положительный или отрицательный характер влияния данного фактора. К тому же его квадрат, или коэффициент детерминации, интерпретируется как доля общего влияния окружающей среды, обусловленная воздействием изучаемого фактора. Таким образом, выделенные и отложенные в системе координат, активные периоды информативно и наглядно отражают темпоральную структуру данной экосистемы.

Дальнейшая задача состоит в выяснении, как темпораль-

ная структура характеризует степень соответствия биосистемы и среды. Можно считать его полным, если колебания всех факторов среды не выходят за границы зон экологического оптимума. Иными словами, биосистема приспособилась к существующим условиям среды, она стабильна, устойчива и максимально использует ресурсы среды в борьбе за существование. Такому положению биосистемы соответствует темпоральная структура, в которой нет активных периодов. В то же время, если экосистеме не хватает экологического обеспечения, все факторы влияния колеблются вблизи минимальной и максимальной кардинальных точек. В этом случае положение биосистемы неустойчиво, так как с уменьшением какого-либо фактора ниже критического уровня или увеличением до превышения максимальной кардинальной точки, начинается ее необратимая деградация. Для темпоральной структуры такой экосистемы характерно наличие множества хорошо выраженных активных периодов. К тому же, они плотно следуют друг за другом, образуя в каждом интервале времени группировки активных периодов большинства факторов.

Из этого следует, что соответствие биосистемы условиям среды нельзя оценивать по влиянию только одного или нескольких факторов. Их число следует по возможности увеличивать. Еще больше потому, что каждой экосистеме присуща известная биологическая инерция. В ответной реакции биосистемы она выражается в запаздывании воздействия фактора. Реальность существования различных гелиобиологических циклов (особенно одиннадцатилетний цикл солнечной активности) можно выразить при детальном исследовании лага биоинерции одиннадцатью, двенадцатью и более годами. Кроме того, не следует забывать, что соответствие биосистемы среде является стохастическим понятием. Поэтому, для ее количественной характеристики необходимо учитывать уровень существенности результатов и длительность периода ретроспекции, за который вычислялись коэффициенты корреляции. Такое же важное значение имеет длина интервала времени или, иначе говоря, их количество в одном году. Например, если за ин-

тервал времени выбирается декада, то их количество равно тридцати шести и темпоральная структура биосистемы открывается детальнее чем тогда, когда за интервал времени принимается месяц.

В общем это основные условия количественной оценки темпоральной гетерогенности экосистемы. Дальнейшая задача состоит в ее интегральной аппроксимации в виде математических формул. Мы считаем, что вышеназванные требования удовлетворяет выражение

$$\Psi = 1 - \frac{\chi_{\alpha, n}^2 (m-u) + \frac{1}{g \cdot p} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p \sum_{l=1}^g \chi_{ijl}^2}{m}$$

где  $\Psi$  - коэффициент темпоральной гетерогенности экосистемы ( $0 \leq \Psi \leq 1$ );

$\chi$  - коэффициент корреляции;

$\chi_{\alpha, n}$  - критическое значение коэффициента корреляции;

$\alpha$  - уровень значимости;

$n$  - длительность периода ретроспекции в годах;

$m$  - количество интервалов времени в году;

$u$  - количество интервалов времени с активными периодами в году;

$p$  - количество исследуемых факторов;

$g$  - лаг биоинерции в годах.

#### Литература

1. Лица И.Я. Методика составления хронологической схемы активных периодов влияния факторов воздействия // Ель и ельники в Латвии.- Рига, 1975.- С.152-158.

З.Д.Мешковский  
Лиепайский педагогический ин-т  
им.В.Лациса (Лиепая)

### ТЕМПОРАЛЬНОСТЬ РЕАКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Исследования реакции лесных экосистем на антропогенные воздействия в проблематике количественной экологии в последние годы выходят на передний план. Такое положение объясняется важностью и многоплановым значением в формировании и поддержании качества среды обитания человека.

Важнейшими свойствами биоэкологических систем вообще, а лесных фитоценозов в частности, являются многокомпонентность их структуры и динамизм. Каждая группа схожих компонентов лесного фитоценоза развивается по своим специфическим закономерностям, в своих временных масштабах, но все они образуют единую, интегрированную внутренними связями систему, имеющую собственный тренд динамики, не сводимый к сумме трендов своих компонентов. Трудности, возникающие из-за чрезвычайной сложности изучения такой системы в ее целостности и динамике, с необходимостью ставят перед исследователями проблему допустимого упрощения ее анализа. Одним из подходов в решении этой проблемы является комплексное изучение временной организации (темпоральности) биоэкологических систем, т.е. комплексного исследования таких вопросов как ритмика, согласованность или несогласованность протекания во времени отдельных событий, продолжительность типичных процессов, их фаз или стадий и т.п. Изучение подобных композиционных и структурно-морфологических характеристик протекания процессов во времени является специфическим предметом особого направления исследования действительности - структурно-диахронического анализа [1,2]. И.Т.Фролов [2] считает, что методы структурно-диахронического анализа способны внести элементы коли-

качественного подхода в такие области исследования, где до сих пор господствовали качественные описания, например, в целостные исследования сложных биологических систем. Однако использование этого многообещающего подхода здесь пока затруднительно, так как его положения еще только начинают переводиться на язык конкретных биологических методик исследования.

В кандидатской диссертации автора настоящей статьи, защищенной в 1984 году, ставилась цель разработки методических вопросов исследования темпоральности реакции древесных растений - основного элемента лесных фитоценозов - в условиях воздействия на них антропогенных факторов. Эмпирический материал собирался в 1978-1982 гг. на территории Латвийской, Эстонской, Украинской и Грузинской ССР. Он состоял из двух частей: биологической и экологической. Биологическая часть эмпирического материала была представлена обмерами 45 000 годичных колец и таксационными данными 745 модельных деревьев 6 видов, произрастающих на 15 станциях, а также архивными данными кафедры ботаники и проблемной лаборатории физиологии развития растений ЛГУ им. П. Стучки. Экологическая часть эмпирического материала включала данные о многолетней (30-68 лет) подекадной динамике основных метеорологических факторов места произрастания модельных деревьев. Одновозрастные ценопопуляции модельных деревьев, а также отдельные их особи выбирались нами с таким расчетом, чтобы была отражена различная степень антропогенного угнетения деревьев.

Исследования проводились нами на уровне локальных популяций. Сбор эмпирического материала основывался на разовом обследовании всех деревьев пробной площади модельного насаждения по методике, принятой в лесной таксации [3] с незначительными модификациями.

Основной задачей изучения темпоральности модельных ценопопуляций являлось выделение в них однородных по своей реакции групп деревьев и оценка ранг деревьев таких групп в общей реакции насаждения на воздействия. Динамика

прироста деревьев образуется, как известно, в сочетании воздействия комплекса изменчивых биотических и абиотических факторов среды со специфическими особенностями реакции деревьев. В число таких особенностей входит видовая норма реакции, изменяющаяся во времени ( в онтогенезе), а также индивидуальные отклонения от этой нормы. Индивидуальная гетерогенность реакции отдельных деревьев нередко превышает те различия, которые зависят от видовых особенностей их реакции [4;5]. В условиях воздействия антропогенных факторов различия в характере реакции отдельных деревьев отражают их индивидуальную антропоустойчивость. Так как реакция деревьев, обладающих различной антропоустойчивостью, проявляется с различным запаздыванием и неодинаковой интенсивностью, изучение динамики реакции деградировавших насаждений представляет значительные трудности. В качестве концептуальной основы выделения в насаждениях групп деревьев со сходным типом реакции мы руководствовались рядом предпосылок. Во-первых, в одновозрастной ценопопуляции деревьев на ограниченной и однородной территории основные факторы среды воздействуют одновременно и одинаково на динамику трендов прироста всех деревьев. Во-вторых, основной причиной, вызывающей различия трендов прироста деревьев при общности экологического фона, является гетерогенность индивидуальной нормы их реакции на средовые воздействия. В-третьих, одинаковое воздействие экологического фона выражается в синхронной изменчивости трендов прироста отдельных деревьев исследуемого дема. В четвертых, наконец, индивидуальная норма реакции дерева проявляется в значениях показателей меры синхронности тренда прироста этого дерева с трендами прироста всех остальных деревьев исследуемой совокупности.

В качестве числовой меры синхронности трендов прироста двух деревьев одного и того же дема нами использовались значения коэффициента парной линейной корреляции. Значения этого чувствительного и относительно легко вычисляемого показателя интерпретировались нами как мера морфоло-

гического сходства, подобия двух сопоставляемых трендов, а не как мера их взаимозависимости. Для каждого из модельных насаждений нами была вычислена матрица коэффициентов парной корреляции между трендами радиального прироста деревьев. По данным корреляционной матрицы каждого модельного насаждения по методу П.В.Терентьева [6] были построены корреляционные плеяды (графы), вершинами которых являлись деревья насаждения, а ребрами - корреляция трендов радиального прироста деревьев. Корреляционная плеяда радиального прироста наименее объемистой совокупности бука европейского показана на рисунке I. На графе изображены только наиболее сильные связи. Анализ графа бука европейского (рис. I), а также остальных насаждений показывает, что уровень корреляции трендов радиального прироста между отдельными деревьями каждой плеяды неодинаков: преимущественное количество слабых и несущественных связей характерно для одних и тех же немногочисленных деревьев периферии каждой плеяды, а наиболее тесная положительная корреляция трендов наблюдается между центральными деревьями каждой из плеяд. Так, например, к центральному дереву № 2 на корреляционной плеяде (рис. I) подходит 11 связей, находящихся в пределах 0,6-0,9, к центральному дереву № 16 - 12 таких связей, а к дереву № 15, расположенному на периферии - всего лишь одна такая связь. Среднее арифметическое значение коэффициентов корреляции в центре плеяды, таким образом, выше, чем это же значение у группы периферических деревьев. Это значение ( $\bar{r}_i$ , где  $i = 1, n$ ) у 2-го дерева 0,479, у 16-го дерева 0,504, а у дерева № 15 - 0,292.

Значение показателя  $\bar{r}_i$  характеризует средний уровень сходства (коррелированности) тренда прироста  $i$ -го дерева с трендами приростов всех остальных деревьев данного насаждения. Разделение насаждений на группы реакции проводилось нами по величине показателя  $\bar{r}_i$ . Дело в том, что особи, имеющие невысокий уровень  $\bar{r}_i$ , можно отнести к той совокупности деревьев, которые на изменение факторов среды реагируют в незначительной степени. Подобную совокуп-

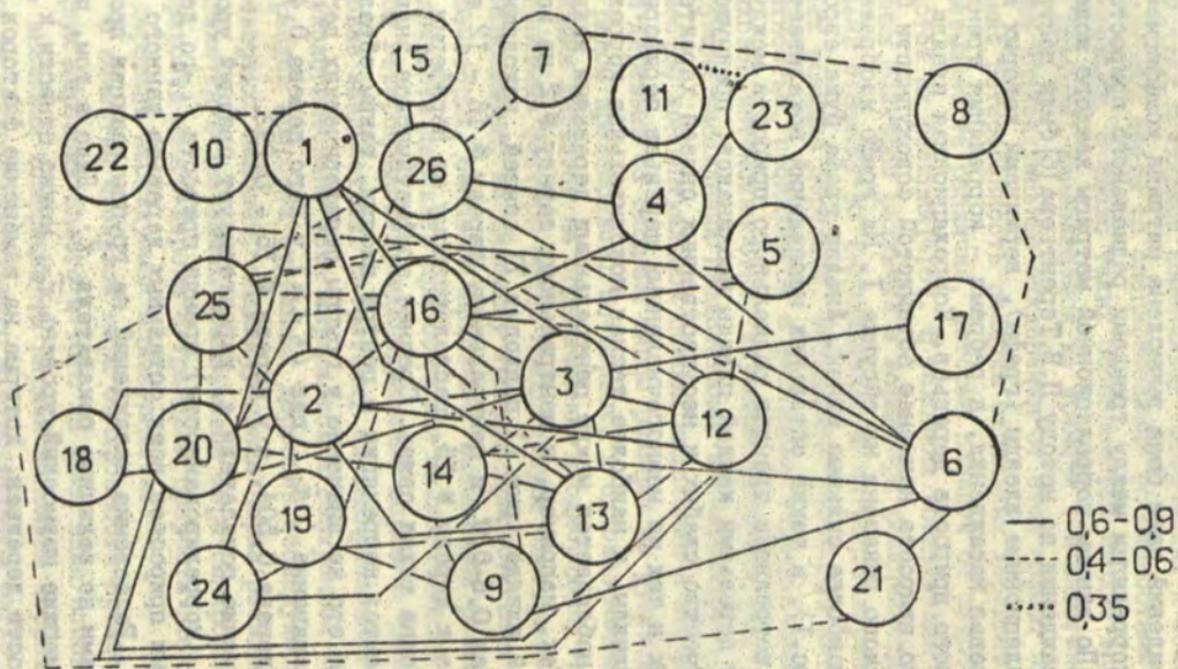


Рис. I. Корреляционная поезда трендов радиального прироста модельного насаждения бука европейского.

ность деревьев каждого дема мы назвали неоднородной группой (НГ), а деревья с высокими значениями  $\bar{u}_i$  - однородной группой деревьев (ОГ). Относительной границей, разделяющей деревья обеих групп, в наших исследованиях являлось критическое значение коэффициента парной корреляции при доверительном уровне  $\alpha = 0,05$ . Деревья,  $\bar{u}_i$  которых был равен или выше этого значения, нами относились к ОГ, остальные - к НГ.

Известно, что в результате антропогенной депрессии деревья снижают свой прирост, уменьшается также амплитуда колебания прироста по годам. Нами [7;8] установлено, что в условиях умеренного, не носящего катастрофического характера, отрицательного антропогенного воздействия (задымление, утаптывание почвы) деревья НГ существенно не снижают своего прироста, не снижается также амплитуда колебаний прироста в отдельные годы. Это дает основания отождествлять НГ с группой антропотолерантных деревьев. В том случае, если непосредственное антропогенное воздействие на насаждение не проявляется, это свойства деревьев НГ является потенциальным. При положительном антропогенном воздействии (гидромелиорация), деревья НГ также реагируют консервативно в том смысле, что сохраняют предшествовавший воздействию тренд накопления прироста, в то время как деревья ОГ интенсивно увеличивают свой прирост. Обнаружение обеих групп реакции также и в тех популяциях, деревья которых не испытывают видимого воздействия антропогенных факторов, приводит к выводу, что различия трендов роста, характеризующие деревья ОГ и НГ, являются приспособлением популяции к любому, а не только к антропогенному, изменению условий произрастания, двумя адаптивными стратегиями роста деревьев в популяции. При произрастании популяции в условиях, близких к оптимальным, деревья относительно однородной по своей реакции группы (ОГ) лучше используют факторы среды и отличаются большей продуктивностью. Деревья другой совокупности по трендам реакции неоднородны (НГ) и существенно менее сопряжены с временной траекторией измене-

ния экологических факторов. Уступая по продуктивности деревьям ОГ в условиях, близких к оптимальным, деревья НГ получают явное преимущество при ухудшении условий произрастания.

Специфической формой антропогенного воздействия на растения и растительный покров земли в целом является интродукция. Интересно было проверить, как в условиях интродукции проявляются те особенности роста, которые были обнаружены у деревьев ОГ и НГ. Можно было ожидать, что при произрастании первого поколения растений, интродуцируемых в новые условия, менее подверженными неблагоприятному воздействию среды окажутся те особи, которые по тренду реакции менее сопряжены с экологическими условиями, т.е. деревья НГ. Из-за гетерогенности трендов прироста деревьев НГ среди них могут оказаться такие особи, ритмика прироста которых будет находиться в соответствии с ритмикой условий нового места произрастания. Временная гомогенность приростов деревьев ОГ выработалась как адаптация к динамике условий естественного ареала вида. В новых условиях такая адаптация деревьев ОГ поставит их в невыгодные, по сравнению с деревьями НГ, условия и, вследствие этого, деревья ОГ хуже должны приживаться в новых условиях. Такой прогноз будет относиться лишь к таким особям, у которых отсутствует сколько-нибудь выраженная адаптация к условиям интродукции. Другими словами, если условия естественного ареала и района интродукции по условиям сильно отличаются и рассматривается первое, неакклиматизированное поколение растений. Как известно, продолжительность периода адаптации с каждым поколением сокращается [9]. Это означает, что во втором и последующих поколениях интродуцируемых растений естественный отбор отбракует деревья ОГ, а интродуцированная совокупность будет увеличиваться за счет уцелевших деревьев НГ. Поскольку индивидуальные различия между трендами показателей реакции этих деревьев с каждым последующим поколением будут уменьшаться вследствие канализирующего роста растений воздействием ритмики условий новой среды, на-

чальная совокупность из нескольких деревьев приобретет со временем свойства другой группы реакции - ОГ. Если приведенные выкладки верны, то в первых поколениях интродукента более приспособленными окажутся деревья НГ, а в последующих - деревья ОГ.

Проверка применимости нашей гипотезы проводилась на материале хода интродукции в Латвийской ССР двух видов - гибискуса сирийского (неопубликованные данные А.М.Мауриня) и абрикоса обыкновенного (неопубликованные данные З.С.Клявини). Использовались данные хода роста первого поколения 662 семян гибискуса и аналогичные данные третьего поколения 100 семян абрикоса. В качестве показателя реакции семян использован их прирост в высоту, измерявшийся с интервалом в одну неделю в течение их первого периода вегетации (май-сентябрь). Замеры прироста семян гибискуса проводились в 1972 г., а семян абрикоса - в 1981 г. В качестве критерия успешности интродукции использовались результаты экспертной оценки степени обмерзания во время следующей за периодом вегетации зимой, выраженные в процентах. Используя измерения роста семян в высоту, для каждого из интродуцируемых деков по методике, рассмотренной выше, выделялись особи ОГ и НГ. В таблицах 1 и 2 даны распределения численности семян обоих видов по группам степени обмерзания. Степень синхронности трещин прироста здесь представлена пределами значений показателя  $\bar{\kappa}_i$ . Напомним, что для ОГ характерны положительные высокие, а для НГ - низкие значения этого показателя.

Анализ данных обеих таблиц в целом подтверждает нашу гипотезу. У обоих деков различия по степени обмерзания между группами семян, выделенными по значению  $\bar{\kappa}_i$ , и всей совокупностью семян дема, статистически достоверны. Это позволяет заблаговременно (еще в конце периода вегетации) выделить из общей массы семян те особи, степень обмерзания которых последующей зимой окажется существенно ниже, чем в среднем по всей совокупности интродуцируемых особей. Другими словами, на основе методического подхода

Таблица I

Распределение численности семян гибискуса сирийского по группам степени обмерзания и синхронности трендов прироста в высоту.

( $N = 662$  шт.;  $t_{\alpha=0,05} = 1,96$ )

Пределы значений $\bar{x}_i$	Численность семян по группам										Сумма, шт.	Средний % обмерзания	$t_{\text{эмп.}}$
	% обмерзания												
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10			
0,001-0,100		3	1		1		4	2	7	3	21	38 $\pm$ 6	6,16
0,101-0,200	1	10	7	2		2	15	8	3	1	49	56 $\pm$ 4	4,14
0,201-0,300	4	2	13	1	12	8	13	6	5	2	66	55 $\pm$ 3	4,89
0,301-0,400	8	11	16	13	14	29	4	11	4		110	62 $\pm$ 2	3,11
0,401-0,500	15	19	27	22	21	10		3		1	118	74 $\pm$ 2	2,23
0,501-0,600	25	32	19	24	15	7	2	1	5	1	131	77 $\pm$ 2	3,41
0,601-0,700	10	23	36	21	11	1	4	2	1		109	77 $\pm$ 2	3,25
0,701-0,800	17	10	10	16	2	2	1				56	82 $\pm$ 2	4,26

Таблица 2

Распределение численности семян абрикоса по группам степени обмерзания и синхронности трендов прироста в высоту ( $N = 100$  шт.;  $t_{\alpha=9\%} = 1,65$ )

Пределы значений $\bar{x}_i$	Численность семян по группам % обмерзания										Сумма, шт.	Средний % обмерзания	$t_{\text{эмп.}}$		
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10				0	
0,20I-0,300	I	I										2	95 $\pm$ 5	2,04	I - III
0,30I-0,400	2	I			6				I	I	II	6I $\pm$ 9	1,89		
0,40I-0,500	I	2		I					2	2	3	II	37 $\pm$ 12	0,01	
0,50I-0,600	5	I				I			2	3	5	I7	42 $\pm$ 11	0,41	
0,60I-0,700	6		3	I			I	2	4	7	8	32	36 $\pm$ 7	0,15	
0,70I-0,800	I	2		I	I			I	3	4	14	27	20 $\pm$ 6	2,11	

к выделению групп одинакового типа реакции (ОГ и НГ) возможен всроятностный прогноз степени обмерзания отдельных представителей популяции интродуцируемого вида.

Анализ хода начальных этапов интродукции семян двух видов показывает принципиальную схожесть функциональной структуры популяции в условиях отрицательного воздействия антропогенных факторов и в условиях интродукции, а также схожесть механизмов адаптации популяции в обоих случаях. Функциональная структура популяции включает две группы реакции деревьев ОГ и НГ, которые существенно отличаются темпоральностью своей реакции на воздействия. При относительном постоянстве динамики среды особи ОГ составляют большинство деревьев популяции и отличаются высокой степенью адаптации к этой динамике. Другая совокупность деревьев популяции (НГ) в меньшей, чем деревья ОГ, мере сопряжена с динамикой факторов среды. В экологически оптимальных условиях количество деревьев НГ в популяции, обычно не превышает одной десятой общей численности.

При смене типа динамики среды, в том числе вызванной антропогенным воздействием, отбор направлен на элиминацию тех особей, динамика реакции которых сформирована в старых условиях, в первую очередь особей ОГ. Поскольку деревья НГ по трендам реакции неоднородны, разнообразие динамики трендов реакции этой группы представляет богатый материал для успешного отбора особей, соответствующих условиям изменившейся среды. Таким образом, можно сказать, что гомогенная по темпоральности реакции группа деревьев (ОГ) является основной формой существования популяции в экологически оптимальных и устойчивых по типу динамики условиях существования. Гетерогенная по темпоральности реакции группа деревьев (НГ) является резервом, обеспечивающим существование популяции в переходный период коренного изменения динамики параметров среды.

Методический подход, основывающийся на исследовании темпоральных закономерностей в реакции популяции древесных растений позволяет, таким образом, выявить существен-

ные стороны процессов взаимодействия растений и среды в их целостности и динамике, глубже заглянуть в сущность процессов протекающих в лесных экосистемах. Это имеет особое значение в условиях усиления их антропогенной депрессии.

### Литература

1. Серов М.К. Процессы и мера времени: проблемы методологии структурно-диахронического исследования в современной науке. - Л., 1974.
2. Фролов И.Т. Системно-структурный анализ и диалектика // Вопросы философии, 1969. - № 12. - С. 153-155.
3. Ануцин Н.П. Лесная таксация / Изд. 3-е, исправ. и доп. - М., 1971.
4. Балодис В.А., Раман К.К. Методический подход к определению антропогенной гетерогенности древостоя // Антропопотолерантность наземных биоценозов и прикладная экология / Тез. докл. Прибалтийской конф. 27-28 сентября 1977 г. - Таллин, 1977. - С. 117-119.
5. Лиела И.Я. Динамика древесных запасов. Прогнозирования и экология. - Рига, 1980.
6. Терентьев П.В. Метод корреляционных плед // Вестник Ленинград. ун-та / Серия биол. - Л., 1959. - № 2. - С. 136-141.
7. Мешковский З.Д. Адаптивное значение групп деревьев со сходным типом реакции // Моделирование и прогнозирование в биоэкологии. - Рига, 1982. - С. 130-135.
8. Мешковский З.Д. Изменения тренда реакции древесных растений под влиянием антропогенного воздействия // Известия АН Латв. ССР. - Рига, 1983. - № 10. - С. 103-109.
9. Аврорин Н.А. Переселение растений на полярный север. Эколого-географический анализ. - М.-Л., 1956.

И.Я.Лица, О.Э.Никодемус, К.К.Раман,  
А.Я.Скудра  
ЛГУ им. П.Стучки (Рига)

### ВРЕМЕННОЙ ХОД РЕАКЦИИ СОСНЯКОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЧИВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

Влияние загрязненного воздуха на лесные экосистемы обусловлено качественным составом, количеством и продолжительностью воздействия индустриальных выбросов, токсичностью отдельных поллютантов и экологическими условиями, повышающими или снижающими уровень отрицательного эффекта. В зависимости от степени повреждения насаждения лесные экосистемы, прилегающие к источникам эмиссии, подразделяются на три категории. Первую категорию составляют экосистемы без визуальных признаков ухудшения роста древесных растений. В этот период реакция деревьев на воздействие загрязнителей отличается высокой эластичностью, что четко и однозначно отражается в их ежегодном приросте фитомассы. При существенном снижении или прекращении загрязнения эти насаждения немедленно переходят на их естественный ход роста и сохраняются без применения каких-либо специальных мероприятий. Безусловно, убыль фитомассы и соответственно причиненный экономический ущерб лесному хозяйству неизбежны. Однако эти насаждения продолжают выполнять свою экологическую роль, а их судьба беспокоит лишь специалистов. Основная задача мониторинга леса таких экосистем заключается в оценке и прогнозировании их состояния с целью предотвращения дальнейшего снижения продуктивности древостоев.

Вторая категория лесных экосистем характеризуется явными визуальными признаками повреждения: пожелтением хвои, усыханием ветвей, вершук и отдельных деревьев в целом. Появление этих признаков свидетельствует о летальной опасности существованию самих лесных экосистем. Даже прекращение загрязнения воздуха не всегда гарантирует и приоста-

новку деструкционного процесса. Регенерация насаждений крайне ограничена. Более того, пониженная поллютантами, их резистентность способствует усиленному размножению вредителей и распространению болезней леса. Сохранение этих насаждений требует осуществления ряда лесохозяйственных и природоохранных мероприятий. В условиях продолжения эмиссии с прежней интенсивностью изреживание древостоев происходит с неуклонным ускорением и быстро приводит к их полной деструкции, вследствие чего вместо лесонасаждения образуется дряхлое редколесье или полная "промышленная пустыня". Эти территории, практически исключенные из биопродукционного процесса, причисляются к третьей категории. При условии снятия антропогенного давления здесь можно предпринимать меры, направленные на их рекультивацию.

Наши исследования проведены в сосняках второй категории. Они находятся в зоне влияния бывшего Рижского суперфосфатного завода (РСЗ) и образовались под воздействием загрязнения изменчивой интенсивности. РСЗ был основан в 1892 году и до 1967 года постепенно увеличивал производственные мощности и, следовательно, интенсивность загрязнения воздуха. Исключение составляет период с 1941 по 1945 году, когда завод был закрыт. В 1967 году РСЗ был переоборудован на производство другой продукции. В качестве основных поллютантов РСЗ можно отметить окиси азота и серы, а также аммиак - вещества, отличающиеся особой опасностью для хвойных растений. Количественные данные прямых измерений уровня загрязнения воздуха выбросами завода за отмеченный период отсутствуют. Некоторую косвенную оценку дает характеристика производительности завода, представленная в табл. I [1].

Данные таблицы I показывают, что по производительной мощности период с 1946 г. по настоящее время подразделяется на четыре этапа. Первый этап (1946-1955) характеризуется неуклонным возрастанием производительности минеральных удобрений и эмиссии поллютантов. Во время второго этапа

повышение уровня этих показателей продолжается, но с меньшим темпом. В начале третьего этапа были установлены мощные очистные сооружения. Этому этапу свойственна практически постоянная интенсивность выпуска продукции. В 1967г. РСЗ был переоборудован и выброс заводом вредных веществ прекращается.

Таблица I  
Относительная оценка интенсивности загрязнения воздуха РСЗ

Годы	Производительность		Характер эмиссии
	тыс. т/год	к 1940г.	
до 1940	99	1,0	возрастающая
1941-1945	0	0,0	фоновая
1946-1955	286	2,9	возрастающая
1956-1961	324	3,3	высокая
1962-1967	333	3,4	внизходящая
1967 по наст. время	другая продукция		фоновая

Таким образом, лесонасаждения прилегающих к РСЗ территорий развивались под непосредственным и изменчивым воздействием загрязнения воздуха. С методической точки зрения они являются удобным модельным объектом как для изучения специфики реакции деревьев, произрастающих в условиях изменчивого давления поллютантов, так и для проверки методов оценки влияния различных факторов на лесные экосистемы.

Исследованные лесонасаждения произрастают на типично среднеподзолистой почве с песчаной материнской породой. Они представляют собой чистые сосняки IV и V классов возраста. Тип леса - *Pinetum hylacomiosum*. В зависимости от удаленности центра эмиссии, направления господствующих ветров и условий рельефа были заложены пять пробных площадей (рис. I, табл.2).

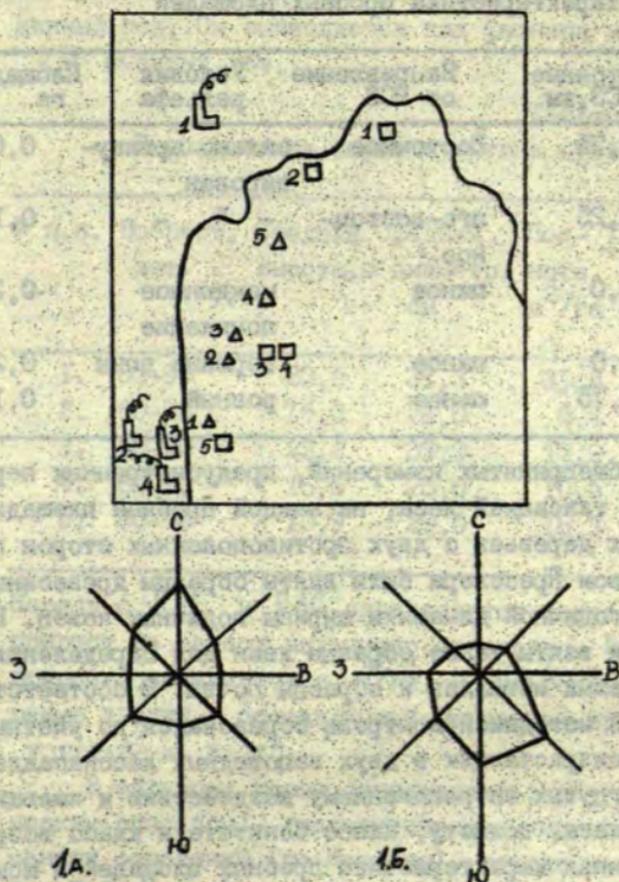


Рис. I. Схема размещения пробных площадей, эталонных площадей и источников эмиссии, а также направления господствующих ветров по периодам (I.A. - IV-УП; I.B. - I-III, IX-ХП).

Обозначения:  $\square_{1-5}$  - пробные площади;  $\triangle_{1-5}$  - эталонные площади для сбора хвои;  $\text{L}$  - источники эмиссии.

Таблица 2

Общая характеристика пробных площадей

№ п.п.	Расстояние от РСЗ, км	Направление от РСЗ	Условия рельефа	Площадь, га
1.	1,75	Восточное	сильно артикулирован	0,09
2.	1,25	юго-восточное	- " -	0,15
3.	3,0	южное	междонное понижение	0,24
4.	3,0	южное	вершина дюны	0,24
5.	3,75	южное	ровный	0,12

Кроме общепринятых измерений, предусмотренных перечислительной таксацией леса, на каждой пробной площади у всех растущих деревьев с двух противоположных сторон приростным буровом Пресслера были взяты образцы древесины для выявления погодичной динамики ширины годичных колец. Кроме того, были взяты также образцы хвои для определения содержания тяжелых металлов и образцы почвы. В соответствии с примененной методикой контроль образовался по учетным деревьям, произрастающим в двух заповедных лесонасаждениях, неподвергнутых антропогенному воздействию и имеющих сходные тип леса, полноту, класс бонитета и класс возраста. Таксационная характеристика пробных площадей в момент оценки представлена в табл. 3.

Оценка реакции древостоев проводилась по единой методике [2]. В качестве основных показателей, наиболее адекватно отражающих влияние атмосферного и почвенного загрязнения, определялись редуцированные значения (в переводе на  $1 \text{ м}^2$  суммы площадей сечений) кумулятивного и текущего дополнительного приростов по запасу RAI и RAC соответственно. Под кумулятивным дополнительным приростом по запасу (RAI) понимается та часть прироста, которая обра-

зуется в результате воздействия исследуемого фактора за оцениваемый период.  $RAC$  же отражает эффект влияния за данный год. Он вычисляется как разница между значениями  $RAI$  смежных лет.

Таблица 3.  
Таксационная характеристика древостоев

№ п.п.	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Полнота, м <sup>2</sup> /га	Текущий прирост по		
					высо-те, м	диа-метру, мм	запа-су, м <sup>3</sup> /га
1.	80-90	20,6	31,3	31,3	0,14	1,5	4,6
2.	60-70	16,0	25,0	8,4	0,30	2,9	2,5
3.	80-90	23,2	33,9	17,9	0,15	1,6	2,7
4.	80-90	15,6	25,0	10,5	0,15	1,5	1,4
5.	80-90	10,9	29,0	18,3	0,09	1,2	1,3

Наряду с  $RAI$  и  $RAC$  определяется также  $Z_m$  - текущий прирост по запасу наличного древостоя. Все разновидности прироста выражаются в м<sup>3</sup>/га. Результаты получены по программе FLOWER, составленной на языках программирования FORTRAN и BASIC.

В образцах почвы определялись:  $pH_{H_2O}$  (потенциметрическим способом), гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований (по Каппену), подвижные калий  $K_2O$  и фосфор  $P_2O_5$  (по Эгнеру-Риму), гумус (по Тюрину), общий азот (по Кьельдалю) [3]. Уровень загрязнения тяжелыми металлами хвои сосны оценивался атомно-абсорбционным способом [4].

Количественные характеристики реакции древостоев исследованных пробных площадей представлены на рис. 2, 3, 4 и 5. Их анализ приводит к следующим выводам.

1. Сопоставление графиков рис. 3 с данными табл. I показывает полное совпадение характера уровней изменения интенсивности производительности  $PC3$  и реакции лесонасаждений. На рис. 3 по реакции деревьев четко прослеживаются

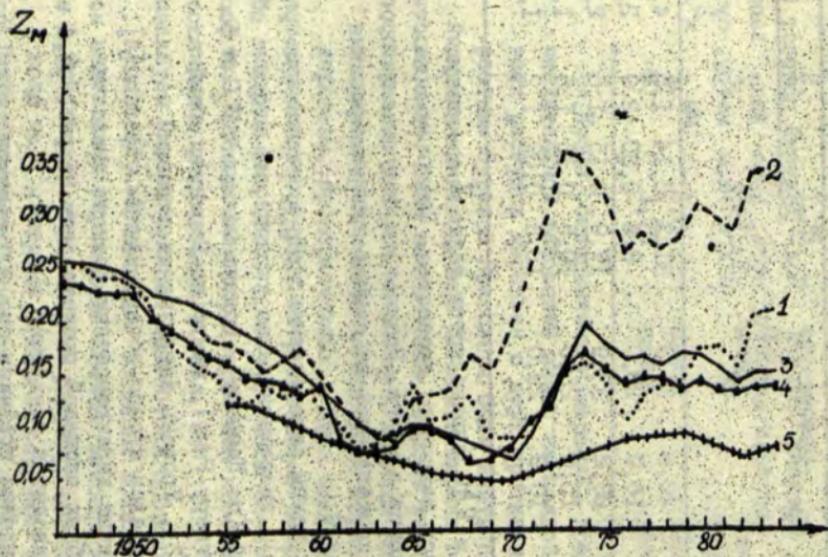


Рис.2. Динамика текущего прироста по запасу ( $Z_M, \text{м}^3/\text{м}^2$ ):  
1,2,3,4,5 - номера пробных площадей.

те же самые этапы развития завода, которые выделялись по архивной информации. С одной стороны, это свидетельствует о последовательном реагировании деревьев на изменение загрязнения; с другой - подтверждает адекватность примененной методики отражения этого влияния.

2. Все пробные площади заложены в одной зоне воздействия. Различия в  $RAC$  (рис.3) и  $RAI$  (рис.4) за период с 1946 по 1967 гг. объясняются фитоценотическими, орографическими и эдафическими условиями, а также местоположением лесонасаждений по отношению к преобладающему направлению ветра.

3. После прекращения выброса загрязнителей РСЗ в 1967 г. гетерогенность реакции древостоев резко повысилась. Для лесонасаждений I-4 свойственна более или менее выраженная регенерация оставшихся деревьев. Это подтверждается также результатами глазомерной оценки. Судя по визуальным признакам, эти древостои пришли к нормальному ходу роста. Напротив, физиологическое состояние древостоя в пятой пробной площади неуклонно ухудшается. Это относится также к периоду после 1967 г. К тому же, этот процесс с каждым годом ускоряется. Уже появившиеся визуальные признаки (пожелтение хвои, изреживание крон, усыхание ветвей и вершин деревьев) свидетельствуют о том, что это лесонасаждение находится на грани полной деградации. Гетерогенность реакции объясняется, в частности, активизацией других источников эмиссии вредных веществ, расположенных в юго-западной части оцениваемой лесной территории (рис.1).

4. С 1980 г. происходит последовательное расширение зоны отрицательного влияния источников 2,3 и 4 (рис.1). Визуально оно пока еще проявляется только на юго-западной части исследуемой территории. Однако в реакции деревьев процесс ухудшения прослеживается весьма убедительно, что выражается в уменьшении значений  $RAC$  на всех пробных площадях. Сказанное подтверждается также результатами химического анализа хвои и почвы. По мере приближения к выше отмеченным объектам эмиссии в хвоях резко увеличивает-

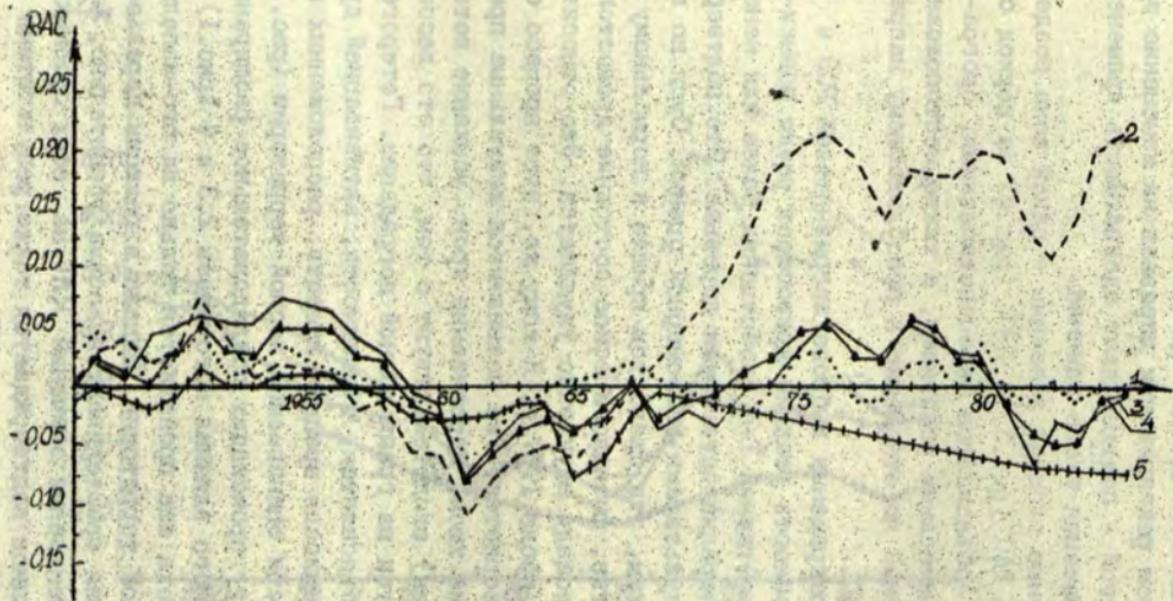


Рис.3. Изменения текущего дополнительного прироста по запасу (RAC, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>) : 1,2,3,4,5 - номера пробных площадей.

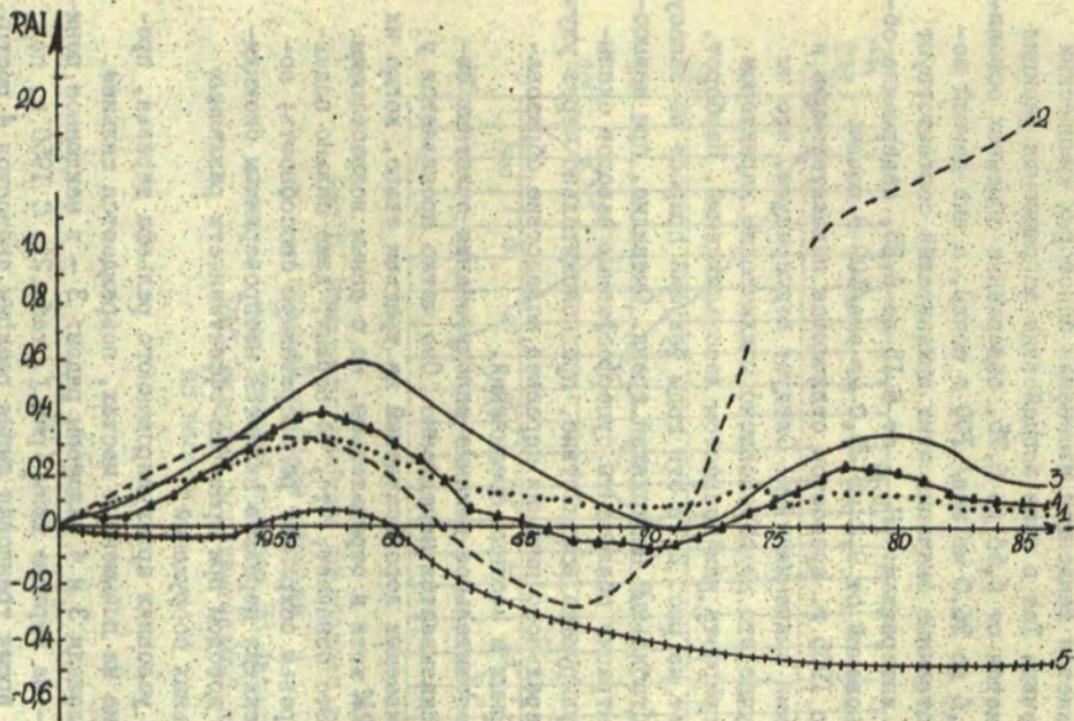


Рис.4. Изменения кумулятивного дополнительного прироста по запасу (RAI, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>): 1,2,3,4,5 - номера пробных площадей.

ся содержание хрома, железа, свинца и др. элементов (рис. 6). Проявляется тенденция изменения некоторых химических свойств почвы. Так в зоне воздействия загрязнения реакция почвы меняется от 6,56 до 6,75, содержание обменных оснований от 20,6 до 36,0 мг экв/100 г почвы, а вне данной зоны количественные значения этих показателей соответствуют следующим интервалам:  $pH_{H_2O}$  от 6,15 до 6,35, содержание обменных оснований от 9,2 до 25,0 мг экв/100 г почвы.

5. До 1955 г. древостои отличаются положительными и неубывающими значениями  $RAC$ . Следует подчеркнуть, что ни в коем случае это не обусловлено циклическим характером текущего прироста или возрастом лесонасаждений. Наоборот, как следует из рис. 2, в эти годы текущий прирост по запасу образует стабильный нисходящий тренд. Очевидно, при невысокой концентрации поллютанты суперфосфатных заводов оказывают стимулирующее воздействие, предположительно через улучшение минерального питания деревьев вследствие образования фосфорных и азотных соединений.

6. Положительное влияние использования очистных сооружений сказывается немедленно. Оно четко проявляется у всех оцениваемых лесонасаждений на третьем этапе, когда их значения  $RAC$  хотя и отрицательны, но с явным возрастающим трендом. Это означает, что, во-первых, даже сильно подавленные деревья сохраняют регенеративную способность; во-вторых, реакция деревьев является неопровержимым биоиндикационным доводом при проверке эффективности различных очистительных сооружений.

7. В условиях артикулированного рельефа деревья, произрастающие на повышенных местах, повреждаются сильнее. Пробные площади 3 и 4 заложены рядом: 3 - в междунное понижение, 4 - на вершине дюны (рис.1, табл.2). С 1950 г. по настоящее время трендовая линия реакции древостоя 4 постоянно ниже соответствующей линии для древостоя 3 (рис.4). Регенерация же быстрее протекает на повышениях (рис.3). По всей вероятности, в данном случае это обусловлено пониженными полнотой и, следовательно, межконкуретными отношения-

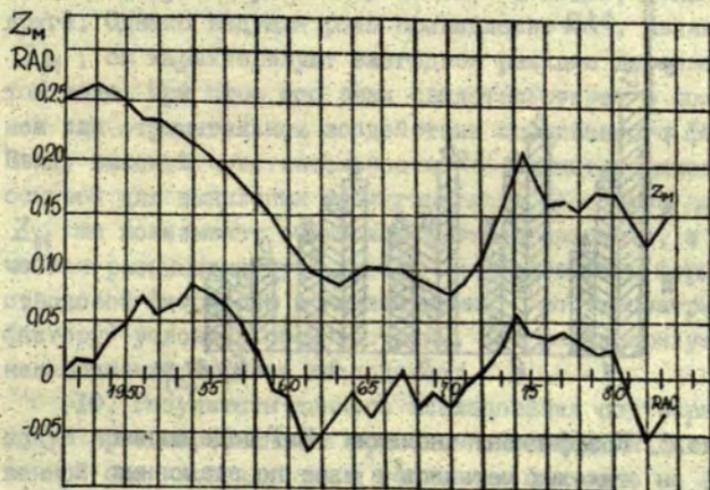


Рис.5. Изменения реакции древостоев в третьей пробной площади.

$Z_M$  - текущий прирост по запасу;

RAC - текущий дополнительный прирост по запасу.

ми. Сказанное подтверждается также данными пробной площади 2.

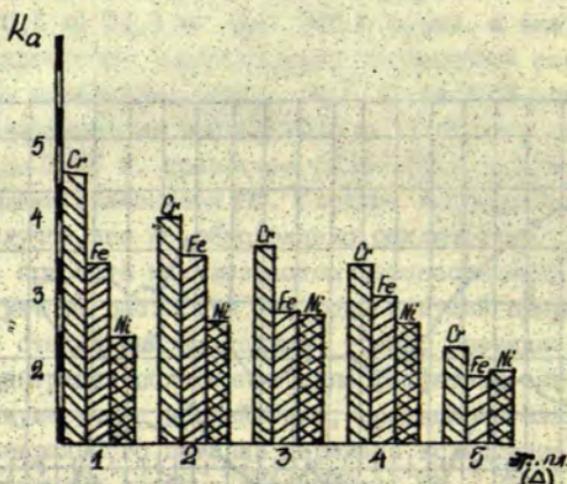


Рис.6. Коэффициент аномалии (Ka) содержания тяжелых металлов в хвое по эталонным площадям.

В. Древозой на второй пробной площади характеризуется повышенной чувствительностью (рис.3). По сравнению с лесонасаждениями 1,3 и 4 во время усиленной антропогенной нагрузки (1955-1961 гг.) его физиологическое состояние ухудшилось наиболее быстро. Также по уровню RAC он уступает другим. Однако на снижение загрязнения (1962-1967 гг.) и особенно на прекращение эмиссии поллютантов оставшиеся деревья этого лесонасаждения отвечают выраженным повышением RAC. Очевидно, это явление объясняется несколькими причинами. Во-первых, здесь сказывается влияние возраста, так как рассматриваемый древозой на 20 лет моложе других (табл.3). Во-вторых, в реакции деревьев этого лесонасаждения проявляется воздействие ветров за биологически наиболее активный весенний сезон. В это время преобладают северные и северо-западные ветра. В третьих, к особенностям

этого древостоя относится также исключительно низкая полнота, по крайней мере, продолжающаяся уже 20-25 лет.

9. При оценке реакции лесонасаждений использованы три показателя запаса:  $RAC$  - текущий дополнительный прирост,  $RAI$  - кумулятивный дополнительный прирост и  $Z_M$  - текущий прирост наличного древостоя. Все они сопоставимы между собой и, отражая различные аспекты реакции, дополняют друг друга. Однако ведущая роль принадлежит  $RAC$ . Являясь частью

$Z_M$ , он характеризует ежегодную реакцию деревьев в чистом виде. При этом его знак свидетельствует о положительном или отрицательном воздействии оцениваемого фактора.

Ввиду высокой чувствительности  $RAC$  служит количественной основой для выявления экологического состояния деревьев.

$Z_M$  же показывает общий ход роста древостоев, а алгебраическая разница между  $Z_M$  и  $RAC$  - интенсивность формирования стволовой фитомассы в неизменных (по рассматриваемому фактору) условиях произрастания.  $RAI$  характеризует тренд накапливания эффекта воздействия.

10. Результаты данного исследования подтверждают высокую приспособленность примененной методики для количественной оценки воздействия различных факторов на лесные экосистемы. Кроме точности и однозначности характеристик реакции деревьев, малотрудоемкости и простоты проведения полевых работ, она отличается сопоставимостью оценок, полученных в различных географических и экологических условиях. Мы рекомендуем ее в качестве унифицированной методики мониторинга леса.

#### Литература

1. Latvijas PSR Mazā enciklopēdija / III sējums. - Rīga, 1970.
2. Лица И.Я. Единый метод таксации реакции древостоя на антропогенное воздействие // Лесоведение, 1985, №6, - С.12-18.
3. Agroķīmija rokasgrāmata. - Rīga, 1978.
4. Прайс В.П. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия. - М., 1976.

Г.Е.Поспелова, Л.А.Харитоновна,  
С.Э.Трущенко  
ЛГУ им. П.Стучки(Рига), КГУ(Калининград)

ТЕМПОРАЛЬНАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ РЕАКЦИИ  
ИНТРОДУЦЕНТОВ НА МИНИМАЛЬНУЮ ТЕМПЕРАТУРУ  
В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ

В исследованиях по экологии интродуцентов широкое применение получили такие показатели, как сумма эффективных и активных температур. Метод суммы температур критически анализировался рядом исследователей. Основные возражения он вызывает, во-первых, потому, что при этом температура воздуха рассматривается практически в отрыве от других экологических факторов. Во-вторых, чрезвычайная трудоемкость определения биологического минимума активной температуры или критического порога, при котором прекращается или существенно нарушается изучаемый процесс, привели к тому, что в качестве такого порога использовались усредненные  $5^{\circ}\text{C}$  для вегетативных и  $10^{\circ}\text{C}$  для генеративных процессов. Однако экспериментальные данные показали, что нижний критический порог в разные периоды онтогенеза значительно меняется. Особенно увеличивается потребность растений в тепле в те периоды, когда совершаются интенсивные ростовые процессы, связанные с новообразованием [1]. В третьих, у видов с ранним началом вегетации первые фенологические фазы проходят ранее устойчивого перехода температуры через  $+5^{\circ}\text{C}$ . Например, в условиях ботанического сада Калининградского государственного университета (КГУ) у большинства видов барбариса набухание почек начиналось в конце марта начале апреля, с середины апреля появлялись конусы листьев. Вычисление суммы эффективных температур для прохождения этих фенофаз невозможно без определения истинного критического порога каждой фенофазы. Следовательно, точность определения суммы эффективных температур

и правомерность использования этого показателя существенно зависят от критического порога.

На кафедре ботаники и экологии Латвийского государственного университета им. П.Стучки была разработана математическая модель стохастического типа для определения критических порогов экологических факторов. В этой модели температура рассматривается в единой системе с другими экологическими факторами. Ее адекватность была проверена на кафедре физиологии растений и микробиологии того же университета [2]. Вычисленные с помощью математической модели критические пороги фенофаз по различным экологическим факторам, показали темпоральную гетерогенность реакции автохтонных и интродуцированных видов древесных растений в период вегетации. Особенно интересные результаты получены по изучению критических порогов минимальной (за сутки) температуры различных фенофаз. Например, у интродуцированного в условиях Ботанического сада АН Латв.ССР *Acer ginnala* Maxim. критические пороги минимальной температуры генеративных фенофаз были следующими: начало цветения  $+1^{\circ}\text{C}$ , образование завязи  $+3^{\circ}\text{C}$ , появление плодов нормальной формы  $+12^{\circ}\text{C}$ , достижение плодами нормальных размеров  $+8^{\circ}\text{C}$ . При этом наблюдается определенный параллелизм между ходом минимальной температуры и изменением критического порога этого показателя за вегетационный период [3].

Критические пороги минимальной температуры некоторых фенологических фаз одного автохтонного (*Berberis vulgaris* L.) и девяти интродуцированных видов рода барбарис представлены в таблице 1, а семи хвойных интродуцентов в таблице 2. Все эти виды из коллекций Ботанического сада КГУ. Изменение значений критических порогов представленных в таблицах 1 и 2 не только подтверждают темпоральную гетерогенность реакции интродуцентов в период вегетации, но и отражают особенности географического происхождения видов. У видов барбариса (2,3,4,5 и 6 таблицы 1), происходящих из Китая и Средней Азии, критический порог минимальной температуры фазы насухания почек находится в пре-

Таблица I

Значения критических порогов минимальной температуры по фенологическим фазам для некоторых видов рода *Berberis* L. в условиях г. Калининграда

Секции, виды	Набухание почки	Появление конуса листьев	Цветение
<u>Canadenses</u> Ahrendt			
1. <i>B. canadensis</i> Mill.	-4	-4	+2
<u>Integerrimae</u> Schneid.			
2. <i>B. integerrima</i> Bunge.	+1	+2	+5
3. <i>B. jamesiana</i> Forrest et W.W.Sm.	0	0	+5
4. <i>B. francisci-ferdinandii</i> Schneid.	0	+1	+3
5. <i>B. turcomanica</i> Kar. ex Leb.	0	+1	+3
<u>Polyanthae</u> Ahrendt			
6. <i>B. arido-calida</i> Ahrendt	+1	+1	+3
<u>Tschonoskwanae</u> Schneid.			
7. <i>B. thunbergii</i> DC.	-8	0	+3
<u>Vulgares</u> Schneid			
8. <i>B. amurensis</i> Rupr.	-10	-4	+3
9. <i>B. koreana</i> Palib.	-5	-2	+1
10. <i>B. vulgaris</i> L.	-2	-2	+2

лах от 0 до 1°C, а у видов из Дальнего Востока, Японии, Сев.Америки (1,7,8 и 9 таблице I) пороги этой же фазы ниже и варьируют в пределах от -4°C до -10°C. У последних в условиях г. Калининграда набухание почек отмечалось в период зимних оттепелей без существенных отрицательных последствий для растений, очевидно, у них отсутствует или является непродолжительным период покоя. Критические пороги минимальной температуры фазы цветения у видов пер-

вой группы в среднем выше (от +3 до +5°C), чем у второй (от +1 до +3°C). У хвойных интродуцентов, происходящих из Сев.Америки (1,5,6 и 7 таблицы 2), критические пороги ниже, чем у видов, происходящих из Японии, Балкан,Крыма (2,3 и 4 таблицы 2).

Таблица 2

Значение критических порогов минимальной температуры по фенологическим фазам для некоторых видов хвойных интродуцентов г.Калининграда

Виды	Конец пыления	Начало изменения окраски женских стробиллов	Начало созревания шишек
1. <i>Larix laricina</i> (Du Roi) C.Koch	+2	+2	+8
2. <i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Garr.	+4	+4	+10
3. <i>Pinus pallasiana</i> Lamb.	+3	+11	+8
4. <i>Pinus peuce</i> Gris.	+6	+7	+9
5. <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco var. menziesii	-2	+3	+3
6. <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco var. glauca (Beissn.) Franco	0	+5	+4
7. <i>Thuja occidentalis</i> L.	-1	+1	+1

Для фазы конца пыления у первой группы от -1 до +2°C, у второй - от +3 до +6°C; для фазы начала изменения окраски женских стробиллов у первой группы от +1 до +5°C, у второй от +4 до +11°C; для фазы начала созревания шишек у первой группы от +1 до +8°C, у второй - от +8 до +10°C. Некоторая общность экологической реакции просле-

живается также в пределах секций видов рода барбарис (таблица I). Очевидно здесь отражается филогенетическое родство этих видов.

Сопоставление хода кривой минимальной температуры с критическими порогами и длиной фазы показало, что в годы, когда кривая минимальной температуры проходила ниже или частично ниже критического порога фазы, продолжительность ее увеличивалась. Например, у *Acer ginnala* Maxim. в прохладную весну 1961 года период от набухания почек до начала цветения вместо обычных в среднем 30 дней проходил за 48.

На рис. I представлены графики ежесуточного хода минимальной температуры в 1950 и в 1952 годах, а также критические пороги и длина в эти же годы следующих фаз: конец пыления (А), начало изменения окраски женских стробиллов (Б) и начало созревания шишек (В) у *Larix laricina*. На графике (рис. I - 1952 год) видно, что снижение минимальной температуры ниже критического порога фазы А вызвало ее удлинение почти в три раза. Удлинение фазы Б наблюдалось в 1950 году, когда минимальная температура опускалась ниже критического порога (78 суток в 1950 году против 62 в 1952). На графике (рис. I - 1950 год) видно существенное удлинение (почти в два раза) фазы В по отношению к ее продолжительности в 1952 году. Однако минимальная температура во время этой фазы не опускалась ниже критического порога. При недостаточной теплообеспеченности фазы В (от конца опыления до начала изменения окраски женских стробиллов), очевидно задерживаются процессы не только этой фазы, но и подготовки следующей фазы В (от начала изменения женских стробиллов до созревания шишек). Очевидно, в этом отражается эффект последствия данного экологического фактора. Такая же закономерность наблюдалась у *Larix kaempferi* в 1955 году.

Последствие недостаточной теплообеспеченности предшествующей фазы на последующую наблюдалось и у листовенных интродуцентов. Так, у *Acer ginnala* в 1961 и 1955

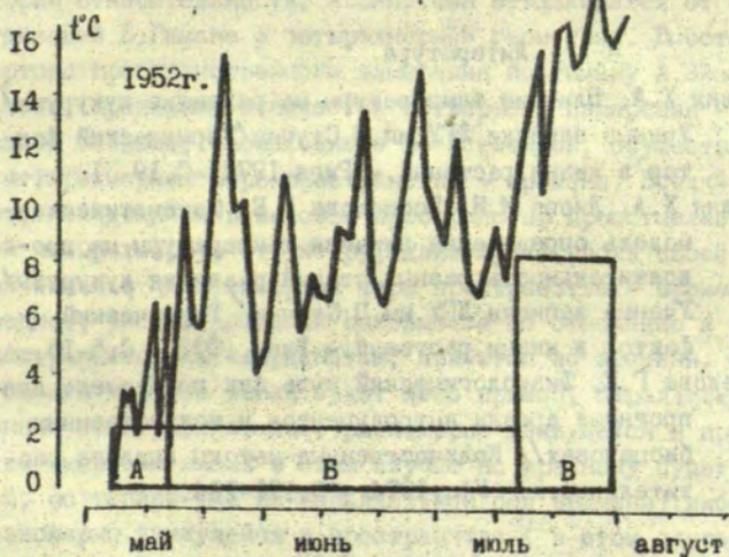
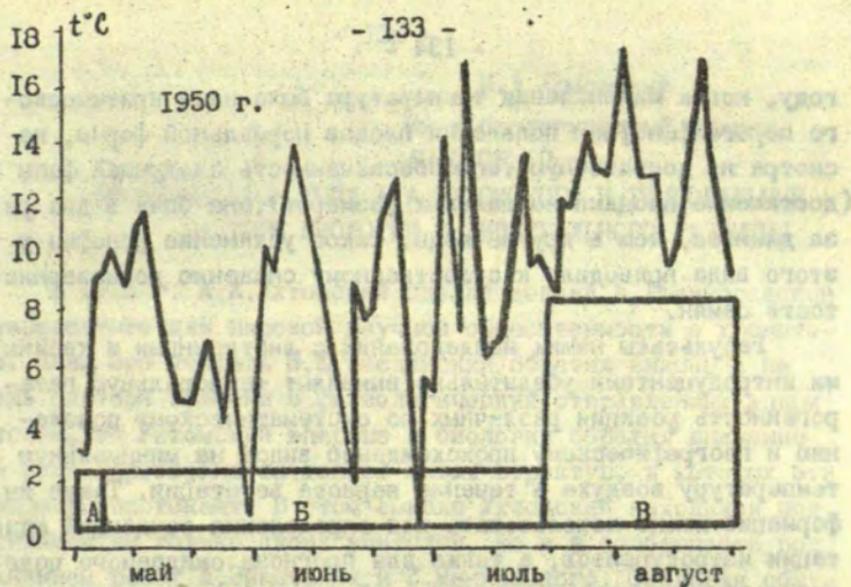


Рис. I. Влияние минимальной температуры на продолжительность фенофаз у лиственницы американской. Пояснение в тексте.

году, когда минимальная температура была ниже критического порога фазы появления плодов нормальной формы, несмотря на достаточную теплообеспеченность следующей фазы (достижение плодами нормальных размеров), она была в два раза длиннее, чем в другие годы. Такое удлинение фазы у этого вида приводило к существенному снижению полноты семян.

Результаты наших исследований с листовыми и хвойными интродуцентами убедительно выявляют темпоральную гетерогенность реакции различных по систематическому положению и географическому происхождению видов на минимальную температуру воздуха в течение периода вегетации. Такую информацию можно использовать для определения тенденций адаптации интродуцентов, а также для прогноза ожидаемого поведения вида в месте предполагаемой интродукции.

#### Литература

1. Мауриня Х.А. Влияние температуры на развитие кукурузы// Ученые записки ЛГУ им.П.Стучки/Термический фактор в жизни растений.- Рига, 1972.- С.19-31.
2. Мауриня Х.А., Лиеса И.Я., Поспелова Г.Е. Математическая модель определения влияния температуры на продолжительность разных стадий развития кукурузы// Ученые записки ЛГУ им.П.Стучки/ Термический фактор в жизни растений.- Рига, 1972.- С.5-15.
3. Поспелова Г.Е. Физиологический нуль как показатель для прогноза ареала интродуцентов в искусственных биоценозах// Количественные методы анализа растительности.- Уфа, 1974.- С.191-194.

И. А. Аршавский

Ин-т биологической физики  
АН СССР (Пушино)

ПРОБЛЕМА ХРОНОТОПА А. А. УХТОМСКОГО И ТЕМПОРАЛЬНЫЕ  
ФАКТОРЫ БИОЛОГИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

В 1925 г. А. А. Ухтомский сделал доклад в Ленинградском университете для широкой научной общественности о хронотопе. Если его учитель Н. Е. Введенский обратил внимание на роль фактора времени в физиологических отправлениях живых систем, то Ухтомский впервые в биологии обратил внимание на роль (пространства(топос) живых структур, в которых эти процессы протекают. В этом смысле Ухтомский находился под влиянием не только своих учителей, но и в особенности под влиянием работ А. Эйнштейна и Г. Минковского. Создавая общую теорию относительности, А. Эйнштейн отталкивался от представлений Б. Римана о четырехмерной геометрии. Вместо четвертого пространственного измерения по Риману А. Эйнштейн, однако, предложил в качестве четвертого измерения - время. Каждое событие, происходящее во Вселенной, осуществляется в четырехмерном мире пространства - времени. Всякий предмет, находящийся в мировом пространстве представляет собой четырехмерную структуру, движущуюся вдоль своей мировой линии в четырехмерном мире пространства - времени. Предмет, рассматриваемый покоящимся по отношению к трем пространственным координатам, движется во времени. При этом его мировая линия будет либо прямой, параллельной временной оси графика, либо равномерно движущейся в пространстве (мировая линия в этом случае по-прежнему будет прямой, но теперь уже не параллельной оси времени); либо неравномерно движущейся в пространстве (в этом случае мировая линия становится кривой).

Преломив идеи о существовании неравной связи между метрами и секундами по отношению к живым системам, Ухтомский создал учение о хронотопе. Оно не было опублико-

вано в виде отдельной работы. Основные идеи этого учения отражены в тезисах упомянутого доклада (их 18), в лекциях студентам и в его письмах своим ученикам. В развивавшихся Ухтомским представлениях о хронотопе следует выделить два аспекта - гносеологический и собственно биологический или конкретнее - физиологический. Этому второму аспекту было уделено меньше внимания. Обратив внимание на изменимость физиологических интервалов в ритмическом ряду возбуждений, А.А.Ухтомский стал одновременно развивать представления о принципиальной нелинейности физиологических отправлениях, имеющих характер не столько гармонических (синусоидальных) колебаний, сколько в основном релаксационных. Эти представления, которые стали развиваться за несколько лет до того как о нелинейных колебаниях стали говорить в физике, впервые нашли свое выражение в докладе А.А.Ухтомского на 2-м Всесоюзном съезде физиологов в 1926 г. о законе "все или ничего" [1].

В своих познавательных контактах с условиями окружающей среды живые существа и, в частности, венец творчества эволюции - человек, оценивают ее как пространственно-временной континуум. При этом, само познание по своему содержанию является четырехмерным (пространство как-бы измеряется временем, а время - пространством). Человек, обративший внимание на некий предмет в среде, отстоящий от него на некотором расстоянии, с помощью дистантных рецепторов (зрение, слух, обоняние), одновременно оценивает интервал времени, через которое он познает его геометрию с помощью контактных рецепторов. Интервал времени приобретает значение расстояния. Так волк, увидевший жертву на некотором от него расстоянии, направляется не к тому месту, в котором она с помощью зрения была распознана, а к тому месту, в котором жертва через некоторый интервал времени будет достигнута. То-же относится и к орлу, увидевшему свою жертву на некотором от него расстоянии, Интервал времени в таких случаях используется как-бы антиципаторно, не только хищником для предупредительной реак-

при сближения (ускорение контакта), но и жертвой для убе-  
гания (избегания контакта). Речь идет, по существу, о реф-  
лексах, которые позднее стали называться экстраполяцион-  
ными, столь подробно исследовавшиеся Л.В.Крушинским и его  
сотрудниками, но не в связи с проблемой хронотопа[2]. Чис-  
ло примеров можно было бы резко увеличить. Ограничусь еще  
очень немногими. Так, летучая мышь, оценив через дистант-  
ную рецепцию (эхолокацию) расположение жертвы (летащее  
насекомое), направляет свой полет с определенной скорос-  
тью не в это самое место, а в то, в каком может реализо-  
ваться через определенное время контакт с ней. Пешеход,  
переходящий дорогу, строго рассчитывает время, в течение  
которого он должен покрыть соответствующее расстояние,  
дабы исключить столкновение с транспортом как с левой,  
так и с правой стороны. Определение скорости соответству-  
ющего передвижения осуществляется центральной нервной  
системой на уровне сферы бессознательно. Ухтомский обра-  
щал внимание на то, что это, в частности, имеет свое вы-  
ражение и в народном языке, когда протяженность простран-  
ства выражают временем: "долгая дорога", "долгий дуг",  
"долгие кусты" и т.д. Итак, в постижении пространствен-  
но-временного континуума среды, живые существа и, в част-  
ности, человек ведут себя как четырехмерные организмы.

Приведу следующие слова Ухтомского. "Наблюдать зна-  
чит, в конце концов, измерять и связывать между собой ве-  
личины ... Всякий поток событий, или траектория в хроно-  
топе, которую мы можем наблюдать, принципиально может  
быть выражен в уравнении... И всякий сплошной поток собы-  
тий, или траектория в хронотопе есть мировая линия. Тра-  
ектория электрона, и траектория земли в отношении созвез-  
дия Геркулеса, и траектория человека через события его  
жизни, - все это мировые линии, которые предстоит детерми-  
нировать науке. А научно детерминировать - значит уметь  
предсказать, т.е. найти связь между составляющими величи-  
нами, выразить ее в уравнении и по уравнению знать ход  
дальнейших точек-событий" (Арх. АН СССР ф.749, оп.1.№ 95).

В гносеологическом аспекте проблему хронотопа А.А.Ухтомский непосредственно связывал с механизмом доминанты, т.е. с открытым им основным принципом деятельности нервной системы [3;4].

Второй аспект проблемы хронотопа имеет отношение уже к самому организму. Речь идет о физиологических интервалах и их изменениях в связи с особенностями тех пространственных структур в организме, в которых они осуществляются. Ведь и до работ Ухтомского физиологии были известны такие, скажем, факты, как, например, зависимость длины волны возбуждения, определяемая произведением скорости его проведения на длительность периода его, не только от диаметра нервных и мышечных волокон, но и от особенностей их пространственной структуры (миелиновые и немиелиновые нервные волокна и т.д.). Приведенные примеры, а их можно значительно умножить, являются как бы воплощением четырехмерности пространства-времени (хронотопа) в пределах самой живой системы, а не только в ее познавательных отношениях с окружающей средой. Но в таком аспекте эти примеры в физиологии (и еще шире - в биологии) не рассматривались. В случае рассмотрения их в этом свете интерес представляла бы проблема изменчивости физиологического интервала, т.е. временных характеристик периодически повторяющихся процессов возбуждения в пределах одной и той же пространственной структуры. Меняется ли она сама по ходу периодически осуществляющейся функциональной активности или, напротив, меняющаяся функция (физиологические интервалы) преобразуют пространственную структуру? Проблема эта не решалась. Ее не решал в 20-е и 30-е годы и Ухтомский и его сотрудники. А между тем в противовес распространенному принципу - "статика определяет динамику", Ухтомский сформулировал другой принцип - "динамика определяет статику". Однако как это осуществляется - на этот вопрос в то время ответ не мог быть дан. Формулируя этот принцип, он в значительной мере отталкивался от взглядов Ж.Ламарка и В.Ру, которые кратко могут быть сформулированы не-

многими словами - "работа строит орган". Ухтомский не ставил перед собой задачу раскрытия механизмов, с помощью которых это строительство осуществляется. В связи с проблемой хронотопа Ухтомский, наряду с приведенными гносеологическими аспектами, в особенности интересовался проблемой психологического времени. Ограничусь ссылкой на одну из выписок, присланную мне в 1933 г. "Вот в чем хронотоп: событие не создается, не определяется сейчас пришедшими факторами, последние пришли лишь затем, чтобы осуществить и выявить то, что накопилось и определилось в прошлом. Сейчас только "уже омакается трость осуждения"... пришел суд, подытоживающий то, что было и сложилось. Человеку странно и обидно думать, что это не он сейчас решает, что делать, но всматриваясь в ход событий, он начинает понимать все более, что то, что решается сейчас в его жизни, в действительности предрешено задолго. Ничто прежнее не проходит бесследно. Сейчас все учитывается. И теперь выявляется то, что скрывалось внутри. Теперь пришло время, чтобы обмакнулась трость изречения и подписала то, что писалось давно. Предрешенное в прежнем, но требует созревания и условий извне, чтобы теперь открыться и выявиться, - вот хронотоп (31 мая 1927)."

Итак, память о прошлом - временной фактор, определяющий настоящее и будущее. Но как прошлое в памяти сохраняется? При Ухтомском ответа не было на этот вопрос, как, впрочем, нет окончательного ответа на него и сейчас. В созвучии с представлением о четырехмерном мире пространства-времени в своем докладе о хронотопе Ухтомский отмечал: "Чрезвычайное приобретение для человеческой мысли в таком точном и в то же время ярко конкретном понятии, как "хронотоп", пришедшем на смену старым отвлеченностям "времени" и "пространства". С точки зрения хронотопа, существуют уже не отвлеченные точки, но живые и неизгладимые из бытия события: те зависимости (функции), в которых мы выражаем законы бытия, уже не отвлеченные кривые в пространстве, а "мировые линии", которыми связываются

давно прошедшие события с событиями данного мгновения, а через них — с событиями исчезающего вдали будущего". В 15 тезисе доклада он пишет: "Судьба системы зависит от всех ее прошлых состояний, т.е. от ее истории (не дифференциальные уравнения, но функциональные)". В последнем тезисе доклада подчеркнуто: "Камень преткновения: "время психологии", и "время физики". Хронос и часы. Именно физиологии предстоит спать их во едино"[5].

Лишенные возможности в настоящей статье останавливаться на проблеме психологического времени, мы обратим внимание на роль физиологии, вернее физиологии индивидуального развития в анализе и решении проблемы хронотопа в биологии. Сам Ухтомский, поставив проблему, анализом ее в аспекте физиологии почти не занимался.

Занимаясь в течение ряда многих лет анализом физиологических аспектов проблем онтогенеза, мы естественно подошли к привлечению идей хронотопа для раскрытия и понимания интимных механизмов и закономерностей, детерминирующих процесс индивидуального развития. Если считать, что смысл индивидуального развития заключается в достижении половозрелого периода в целях реализации видовой миссии, то, очевидно, для представителей каждого вида должны существовать некие общие для всех механизмы, которые, начиная с зиготы, должны обеспечить дальнейшее создание и усложнение пространственно трехмерной соответственно структурированной системы, пока не будет достигнута та геометрическая величина и форма (неэвклидова в своем выражении), при которой особь впервые приобретает способность осуществлять функцию размножения. Каковы эти механизмы? Утверждение, что это достигается благодаря тому, что живые организмы суть открытые системы, не дает ответа на вопрос. Ответ был обнаружен благодаря многочисленным данным, позволившим сформулировать негэнтропийную теорию индивидуального развития, названную поначалу энергетическим правилом скелетных мышц (или правильнее — энергетическим правилом двигательной активности). Одно из

сущностных значений правила в том, что, начиная с зиготы, каждая очередная двигательная активность, обеспечиваемая катаболической фазой в метаболическом цикле, является фактором индукции избыточного анаболизма, без которого не могли бы иметь место процессы роста и развития. Данные указываемых исследований позволили также прийти к заключению, что индивидуальное развитие организма осуществляется не только в пространстве и во времени, но и с помощью времени. Время в этом смысле выступает наподобие энергетического фактора, с помощью которого создаются соответствующие упорядоченные геометрические (в неевклидовом выражении) структуры, неодинаковые у разных видов животных. Все индивидуальное развитие в фазе негэнтропийных тенденций его представляет собой как бы процесс опространствления, идущего с помощью фактора времени. Последний создает соответствующую геометрическую форму особи, отдельные части которой так или иначе специализированы или дифференцированы.

В литературе уже обращалось внимание на то, что время и энергия представляют собой сопряженные явления. В этом смысле, как показали данные наших исследований, время является как бы фактором негэнтропийного значения. Однако, какое время и в какой мере оно вообще может быть источником избыточного образования структур и энергии? Вопрос этот является естественным, в особенности еще и потому, что согласно принятым до сего времени представлениям, известным под названием теорий истощения или энтропийных теорий индивидуального развития, течение процессов в онтогенезе характеризуется постепенным возрастанием энтропии, приводящим к старению и к состоянию равновесия каждого живого организма. В качестве первичных факторов, обуславливающих прогрессивное возрастание энтропии, а тем самым и возрастных изменений, мыслится исчерпание неких энергетических резервов: генетически детерминированных "энергетического фонда" (М.Рубнер) и "потенциала зиготы", или даже более того, образование его уже на стадии созре-

вания яйцеклетки (Э.Бауэр): "генетически предопределенной адаптационной энергии" (Г.Селье) и т.д., трата которых начинается уже после первых дроблений зиготы. Отсюда распространенное утверждение, что организм уже к моменту рождения и в особенности к самому ответственному периоду в индивидуальном развитии - детородному, приходит уже достаточно состарившимся (Ч.С.Майнот и др.). Отсюда характеристика всего индивидуального развития как старения в широком смысле, начинающегося с первых дроблений яйцеклетки (школа А.В.Нагорного - теория "затухающего самообновления протоплазмы" [6]). Когда говорят о времени, то при этом принято считать, что оно всегда течет в одну сторону (положительное или прямое течение времени - понятие, берущее свое начало от представлений Ньютона об абсолютном пространстве и об абсолютном времени). Такое течение времени А.Эддингтон отождествил с понятием энтропии и предложил называть его "стрелой времени", или энтропийным течением времени. "Стрела времени", или положительное течение времени обычно связывается с возрастанием энтропии в соответствующей системе [7]. Такое течение времени во всех неживых системах, прежде всего в замкнутых, подобно энтропии, приобретает величину, имеющую значение выше нуля ( $ds > 0$ ;  $dt > 0$ ). При этом длительность течения времени и тем самым постепенного возрастания энтропии будет определяться особенностями течения соответствующего материального процесса в той или иной системе, т.е., в конечном счете, скоростью приближения к расстоянию равновесия. Отсюда невозможность неживых систем самим спонтанно реализовать течение процесса вспять, т.е. реализовать обратное течение времени (в состоянии равновесия возможны лишь обратимо текущие процессы флуктуации). Отсюда, идет ли речь о закрытых системах или даже открытых - машинах типа теплового двигателя, необратимое протекание процессов сочетается, как правило, с "забыванием" исходных условий и распадом структурной упорядоченности. Повернуть процесс вспять возможно лишь при приложении энергии извне.

Если считать, что индивидуальное развитие живых организмов в микроинтервалах времени состоит из последовательной смены следующих друг за другом метаболических циклов или циклов возбуждения, то каждый из циклов должен характеризоваться двухфазным течением прямо противоположных процессов и тем самым - двухфазным "течением" времени. В первую фазу - катаболическую (что, например, для нервной и мышечной клеток имеет свое выражение в деполяризации, а для мышечной клетки - еще и в уменьшении длины саркомера) скорость процессов распада и обратимой деструктуризации, прямое или положительное "течение" времени сопряжены с возрастанием энтропии. Живые клетки не приходят при этом к полному состоянию равновесия, так как освобождающаяся в эту фазу энергия (за счет расщепления соответствующих веществ - АТФ), необходимая для осуществления специфической для данной клетки функции, частично тратится на то, чтобы создать вторую - анаболическую фазу, при которой имеет место восстановление исходного состояния. Начавшееся возрастание образующейся энтропии, благодаря тому, что "течение" времени приобрело обратное направление, обрывается. Дальнейшее образование энтропии постепенно все более и более уменьшается, вследствие чего она приобретает нулевое значение, как только клетка возвращается к исходному состоянию. Классическая физиология и представляет себе метаболические циклы или циклы возбуждения как замкнутые на себя круговые процессы или замкнутые на себя кольца (рис. I). Если бы метаболические циклы или циклы возбуждений, представленные в клетках живых систем, состоящие из двух фаз - катаболической и анаболической, имели характер завершеного кольца, периодически повторяясь в виде гармонических или синусоидальных колебаний, тем самым подчиняясь линейным закономерностям, то, очевидно, никакого увеличения внутренней и свободной энергии в ходе онтогенеза не было бы, так как при этом исключался самый процесс роста и развития. Такого рода кольцеобразно осуществляющиеся метаболические циклы были бы для живых

микроорганизмов как, например, фазы их витального цикла?

систем фutilityными, так как биологическое время равнялось бы нулю, а процесс развития живого попросту был бы невозможен.

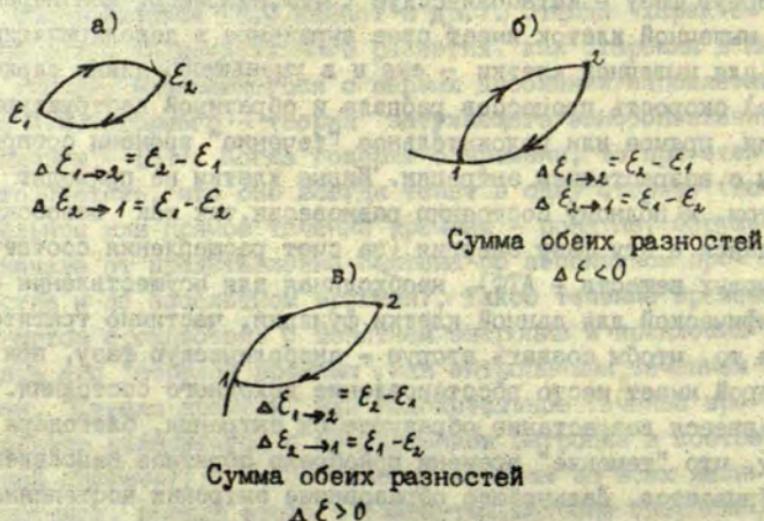


Рис. I. Направление изменения энтропии в трех модельных вариантах метаболического цикла.

Живые системы, будучи по природе своей неравновесными, находились бы при этом в состоянии равновесия. Отсюда, на что в особенности обращая внимание Ухтомский, — невозможность для классической физиологии быть исторической, т.е. эволюционной дисциплиной вследствие рассмотрения ее физиологических процессов вне всякой связи с фактором времени. Далее, если такого рода замкнутые на себя обратимые циклы и были бы реальными в живых системах, то при этом, хотя и не было бы забывания исходного состояния, память в таких случаях не нужна, поскольку речь идет о постоянстве периодически повторяющихся круговых процессах.

Такие замкнутые на себя циклы, или круговые процессы

представлены в основном в неживых закрытых системах, в особенности в машинах, создаваемых человеком. Классическим примером в этом смысле могут служить тепловые двигатели внешнего и внутреннего сгорания. Речь идет о цикле Карно, или иначе - термодинамическом или тепловом цикле, при котором рабочее тело (водяной пар), выйдя из определенного начального термодинамического состояния и претерпев ряд изменений по таким параметрам, как температура, давление и объем, вновь возвращается в изначальное состояние. В частности, схемой такого цикла может служить рисунок 1а. Если бы перечисленные параметры рабочего тела все время претерпевали изменения лишь в одном положительном направлении "течения" времени, сочетаемом с возрастанием энтропии, то возможность превращения тепловой энергии в механическую работу быстро исчерпалась бы. Такой периодически повторяющийся круговой процесс возможно поддержать лишь при наличии постоянного источника тепла (топка), действующего извне и превращающего воду в пар. Возрастание энтропии в такого рода двигателях, начиная уже с первых рабочих циклов, выражается не только в отдаче в среду той части тепла, которая не превращается в работу, но и прежде всего в постепенной утрате его собственной упорядоченности. Именно в связи с этим линейный характер колебаний гармонического типа через какое-то время превращается в нелинейный (релаксационный) тип колебаний.

Что же в действительности имеет место в живых системах? Согласно данным наших исследований, как уже указывалось выше, анаболизм, вызванный активностью живой системы, вернее, индуцируемый ею, не является процессом, обратимо возвращающим ее к исходному состоянию, а обязательно избыточным. Речь идет при этом не просто об активности, выражающейся в осуществлении специфической для данной клетки функции (например, генерации потенциала действия нервной клеткой), а о двигательной активности, обеспечиваемой сократительными белками, содержащимися в цитоплазме любой живой клетки. На заре возникновения жизни в цитоплаз-

ме уже не только у одноклеточных эукариотов, но и у прокариотов содержатся сократительные белки - актино- и миозиноподобные. Это и позволило им стать открытыми системами - активно осуществлять поисковый двигательный контакт в окружающей среде с требующимся для них веществом, энергией и информацией. С возникновением многоклеточных организмов и, в связи с этим, формированием специальной мышечной ткани, через посредство которой они устанавливают разнообразные формы взаимодействия с окружающими их условиями среды, сократительные белки продолжают сохраняться в цитоплазме всех прочих клеток (нервных, железистых и др.). Как обнаружили специальные исследования, отраженные в ряде наших публикаций [8; 9; 10], сам по себе прием питательных веществ и потребление кислорода в условиях специально заблокированной двигательной активности исключает возможность роста и развития. Индуцируемый двигательной активностью, осуществляющейся в катаболическую фазу цикла возбуждения, избыточный анаболизм выражается в дополнительном образовании цитоплазматической структуры, что схематически демонстрируется на рисунке 16 [9; 11; 12 и др.]. Уже в микроинтервалах времени при каждом цикле возбуждения клетка (или совокупность их), в связи с осуществлением двигательной активности, спиралеобразно переходит на новый уровень структурной организации, повышая степень своей упорядоченности и неравновесности. Сказанное в отношении отдельной клетки проявляется в поведенческой деятельности живых систем в целом, в чем и выражается принцип доминанты, сформулированный Ухтомским. Каждая очередная последовательно осуществляющаяся доминанта, как известно, завершается процессом торможения тех нервных центров, входивших в систему конstellации, возбуждение которых и обеспечивало осуществление соответствующего поведения. Центральное торможение этих нервных центров, как обнаружил специальный анализ, является физиологическим механизмом, обуславливающим избыточное восстановление в тканях тех систем органов, деятельностью

которых обеспечивалось осуществление соответствующего поведения. В настоящей статье мы лишены возможности останавливаться на этом более подробно.

Данные исследований позволили далее прийти к заключению о необходимости различения двух форм избыточного анаболизма. Первая из них выражается в избыточном образовании живой протоплазменной массы, что увеличивает внутреннюю энергию развивающегося организма и проявляется в процессах роста. В органах, состоящих из митотических клеток, это достигается за счет процессов пролиферации или гиперплазии. В мышечной и нервной системах, состоящих из постмитотических клеток, — за счет гипертрофии их.

Вторая форма избыточного анаболизма выражается не в накоплении массы, а в избыточном образовании свободной или, по Э.Бауэру [13], структурной энергии, обеспечивающей повышение работоспособности развивающегося организма. Показателями второй формы избыточного анаболизма, как нами установлено, являются такие феномены, как следовая гиперполяризация, гиперрелаксация, начальное расслабление, посттетаническая активация и ряд других показателей. Эти феномены более резко выражены у эврибионтных млекопитающих, характеризующихся высоко выраженной двигательной активностью в среде и большей продолжительностью жизни, нежели у стенобионтных, характеризующихся невысокой двигательной активностью в среде и существенно меньшей продолжительностью жизни. Избыточность в связи с осуществляемой активностью была обнаружена М.Н.Кондрашовой [14] и в биохимическом выражении. Речь идет об избыточном образовании восстановленных пиридиннуклеотидов, требующихся для синтетических процессов, в связи с обратным течением электронов (от ФАД<sup>•</sup>a) после того, как активность митохондрий завершилась. Высокая степень выраженности второй формы избыточного анаболизма в скелетных мышцах, имеющая свое выражение в перечисленных показателях, для нервной системы имеет свое выражение, кроме того, и в избыточном образовании в ней цитоплазматической массы дендритических островков, промежу-

точных интернейронов и увеличении числа синаптических бляшек на дендритах и перикарионе мотонейронов.

Специальный сопоставительный анализ позволил обнаружить, что энергетическое правило двигательной активности является действительным не только для животных организмов, но и для растительных. Наличие в цитоплазме растительных клеток сократительных белков (актино- и миозиноподобных) обеспечивает не только ту специфическую форму движения в них, какая известна под названием циклозис, но и другие формы двигательной активности, какая представлена у фито-организмов [15; 16]. В растительных организмах, в отличие от животных, естественно, представлена в основном первая форма избыточного анаболизма.

Мы очень кратко охарактеризовали механизмы, обуславливающие обогащение организма в процессе его индивидуального развития внутренней и свободной энергией. Вопреки энтропийным теориям индивидуального развития, организм в процессе онтогенеза не тратит некий генетический "запасенный" или "закодированный", уже в геноме предопределенный энергетический фонд. Напротив, в процессе развития организм все более и более приобретает его и увеличивает тем в большей степени, чем выше выражена двигательная активность в среде. При этом, как мы уже указывали в ряде наших работ, дополнительное обогащение имеет место лишь в случаях, когда осуществляемая двигательная активность не превышает границ физиологического стресса [9; 17]. Какова же действительная роль времени в качестве фактора, обогащающего организм дополнительными энергетическими резервами в процессе его развития? Согласно принятым представлениям свойство времени заключается в необратимости течения его и имеющего к тому лишь одно направление - от прошлого к будущему. Именно поэтому принято считать, что время имеет лишь одну размерность, в отличие от пространства, имеющего три размерности. В неживых системах, в частности замкнутых, эволюция времени от прошлого к будущему характеризуется прямым течением его от некоего неравновесного

состояния к равновесному и, тем самым, постепенным увеличением энтропии их. Отсюда, все самопроизвольно текущие процессы в неживой природе характеризуются эволюцией преобразования упорядоченных структур из менее вероятного состояния (по Больцману) к более вероятному, т.е. к менее упорядоченному.

Если бы в живых системах "течение" времени было бы также только необратимым, т.е. прямым и положительным (энтропийным), то сама жизнь была бы совершенно невозможной. Живое только и смогло и может сохранять себя таковым, что в нем оказались энергетические возможности прекратить энтропийное приближение к состоянию равновесия, оборвать его и повернуть процесс вспять, дабы обеспечить реализацию прямо противоположных по своей внутренней природе физико-химических превращений, исключающих диссипацию его, и утвердить себя через избыточность восстановления в качестве развивающегося живого еще более. Так, благодаря перерыву и поворачиванию процесса вспять, живое и смогло закрепить специфические для него черты, такие, как периодичность и колебательный характер осуществляющихся в нем физиологических отправления. Повернуть процесс в обратном направлении не означает ли, что при этом должно поворачиваться и время? Проблема обратного течения времени в последние годы обсуждается как одна из острых и актуальных в философии и в физике. Лишенный возможности останавливаться на соответствующей литературе, прежде всего как неспециалист, отмечу лишь некоторые работы [18; 19; 20]. Можно ли, однако, говорить об обратном течении времени по отношению к живым системам? Можно ли вообще говорить о специфических особенностях биологического (физиологического) времени, подобно тому, как мы говорим о психологическом и физическом времени? Что означают такие понятия, как физиологическое время или в еще более широком смысле - биологическое время? Эти проблемы еще не обсуждались или почти еще не обсуждались в той степени, в какой это необходимо.

На рисунке 1б можно видеть "течение" времени в анаболической фазе в обратном направлении - обратном не в смысле отсчета его в неких других единицах, отличных от известных нам в системе физического или астрономического времени. Речь идет при этом о качественно иных процессах, прямо противоположных тем, какие имели место в катаболической фазе при прямом, положительном (энтропическом) "течении" времени. Можно ли назвать обратное течение времени в анаболической фазе как антиэнтропийное или, более того, в противовес тому, что имеет место в катаболической фазе, как отрицательное?

С начала возникновения анаболической фазы дальнейшее производство энтропии живой системой прекращается. Величина ее начинает снижаться и вплоть до возвращения к исходному состоянию она продолжает иметь положительное значение, приобретая нулевые значения как только система возвращается к исходному состоянию. В этом состоянии, если бы оно действительно было бы реальным в живых системах, то и само время приобрело для них также нулевое значение. Имела бы место ситуация существования пространственной структуры, находящейся в состоянии равновесия и лишенной четвертого измерения. Такая система находилась бы в ждущем режиме, пока какое-то возмущающее воздействие (раздражение) не вызвало бы в ней очередную реакцию, в виде полностью замкнутого на себя процесса возбуждения. И лишь только после того, как продолжающееся обратное "течение" времени выводит систему за пределы исходного состояния, когда в границах его создаются новые структуры и соответствующая им дополнительная энергия (структурная, по Э.Бауэру), сами системы становятся неравновесными и негэнтропийными, т.е. они приобретают черты, специфически присущие живому. Как только система спиралеобразно (а не кольцеобразно) выходит на новый, более упорядоченный уровень организации, положительное до этого течение времени сменяется на отрицательное. Мы подчеркиваем по отношению к живым системам необходимость и важность различ-

ния обратного и отрицательного "течения" времени. Начиная с Э.Шредингера [21] и в особенности И.Пригожина [22], с понятием отрицательной энтропии, или что тоже самое, негэнтропии принято связывать вещество и энергию, получаемые из среды. Мы уже неоднократно обращали внимание на то, что из среды организмы получают потенциальную энергию, содержащуюся в углеводах и жирах и пластические вещества, содержащиеся в белках. Негэнтропия, или - что тоже самое - неравновесность, создается самой живой системой, естественно, за счет упомянутых веществ и энергии, получаемых из среды.

Если по отношению к неживым системам принято считать законным и естественным реальность таких понятий, как положительное "течение" времени, сочетаемое с увеличением скорости образования энтропии и эволюцией их к состоянию равновесия, то, очевидно, и по отношению к живым системам следует считать естественными и законными реальность таких понятий как отрицательное время, при котором образуются дополнительные структуры, обогащающие их новыми энергетическими резервами и тем самым увеличивающими их степень негэнтропийности и неравновесности. Указываемое отрицательное время и является собственно физиологическим или биологическим временем, отличным от того, что мы называем физическим временем. Если для физического времени мы имеем уже давно сложившуюся свою метрику, то можно ли говорить о некоей метрике, специфической для биологического времени?

Когда речь идет об измерении скорости осуществления процессов, протекающих в тех или иных объектах - неживых или даже живых, а именно, об измерении времени, их характеризующего, то обычно принято прибегать к сравнению с некоторым условно принимаемым эталоном. В качестве такого эталона может служить астрономическое время, а именно, время вращения Земли вокруг собственной оси или время вращения Земли вокруг Солнца, измеряемое часами, в которых период колебаний маятника или балансира хорошо известен.

Физиологическое время, т.е. скорость осуществления соответствующих процессов в живых системах мы также оцениваем с помощью часов, т.е. пользуемся физическим временем. Значит ли это, что физиологическое или что же самое - биологическое время лишено своей особой специфичности? Нет, ни в какой мере! При оценке отрицательного, т.е. биологического времени необходимо пользоваться не сколько количественными (несомненно, и ими), сколько прежде всего качественными критериями. Что приобретается живой системой благодаря отрицательному течению времени и, тем самым, увеличению степени ее негэнтропийности и неравновесности? По существу, когда речь идет и о неживых системах, имеются в виду также некие качественные критерии. Что они теряют благодаря положительному (энтропийному) течению времени?

Данные наших исследований, очень сжато отраженные в приведенном, позволяют прийти к следующему заключению. В отличие от объектов неживой природы, каждый живой организм, начиная с зиготы, развивается как существо, имеющее пять размерностей - три пространственных и две временных. Одна временная размерность - положительное "течение" времени, вторая - отрицательное течение времени. Именно эта вторая временная размерность и является тем существенно специфическим, что отличает живое от неживого. Каждый живой организм сохраняет в процессе своего онтогенеза пятимерную сущность, благодаря второму измерению времени (отрицательному) позволяя ему все более и более увеличивать степень неравновесности, пока негэнтропийные тенденции развития не сменятся на энтропийные. Эта смена, как уже указывалось в ряде работ нашей лаборатории, и лежит в основе того, что связывается с механизмами геронтогенеза.

Каждый живой организм, сам будучи пятимерным существом, в познавательном двигательном контакте с разнообразными объектами среды, представляющей собой пространственно-временной континуум, имеющий четыре измерения, передвигается в нем как субъект, также характеризующийся четырь-

мя измерениями, подобно любому другому телу в той же среде.

Обратимся вновь к рисунку 16. Что же достигается введением представления об отрицательном или иначе еще - инвертированном "течении" времени для более глубокого познания специфических особенностей развивающейся живой системы? Первое. Повидимому, этим впервые открывается возможность понять механизм того, на что обращал внимание А.А.Ухтомский - "роль динамики в определении статики", или иначе, ведущая роль функции в образовании живых структур. Спиралеобразно преобразуясь, при этом, выходя на новую степень структурной организации, живые системы обогащаются дополнительными адаптивными возможностями в их предстоящих контактах с существенно новыми условиями среды. Живая система, осуществив очередную двигательную функцию (в катаболическую фазу), тут же переключает себя на процессы восстановления, т.е. на анаболическую фазу, как бы возвращая себя вспять-назад. К чему? К прошлому или, возвратившись к исходному состоянию, утвердиться в настоящем? Утвердить себя в настоящем, можно только возвращением к исходному состоянию. Но, как обнаружил анализ, это не происходит. Продолжающиеся анаболические процессы, создавая дополнительные структуры (через процессы гиперплазии или гипертрофии), тут же преобразуют живую систему, как бы обеспечивая ей предпосылки или установку на будущее. "Двигаясь назад", живая система в действительности устремляет себя вперед. Если время, в течение которого анаболический процесс задерживается на исходном состоянии, выразить пространственно, то это будет не более чем точка. И в этом смысле нет настоящего. Более подробно на этой, очень важной стороне проблемы физиологического времени мы лишены возможности более подробно здесь останавливаться.

Второе. Итак, пока не будет достигнуто исходное состояние, не только величина  $t$  (время), но и величина  $S$  (энтропия) продолжают сохранять положительное значение,

все более и более уменьшаясь. Как только достигается исходное состояние, казалось бы, должна была восстановиться исходная степень неравновесности. Однако при таком обратимом и устойчивом удержании исходного состояния не только  $t$  и  $S$  стали бы нулевыми, но и сама система приобрела бы устойчивые характеристики состояния равновесия, т.е. динамического равновесия с подчинением принципу Ле-Шателье. Это не происходит, так как в связи с продолжающимся дальнейшим обратным "течением" времени и приобретению им и энтропией отрицательных значений степень неравновесности систем увеличивается. Отсюда естественно напрашивается необходимость внесения некоторой коррекции в само понятие "устойчивое неравновесие" (по Э.Бауэру). Истинная "устойчивость" обеспечивается не удержанием и сохранением исходной, а в увеличении еще большей степени выраженности ее. Увеличивая свою неравновесность и приобретая, в связи с этим, некую новую пространственно-временную упорядоченность, живые системы в еще большей степени утверждают свою устойчивость, или так называемую "общую неспецифическую резистентность" к самым разнообразным стрессовым и патогенным воздействиям среды. Связанное с отрицательным временем обогащение дополнительными структурами и энергетическими резервами устремляет живые системы в будущее, позволяя им достичь конечной цели индивидуального развития - реализовать функцию размножения. Осуществляя видовую миссию, каждая особь в отдельности устремляет тем самым в будущее и вид в целом, обеспечивая таким образом не только свою собственную онтогенетическую, но и филогенетическую эволюцию. Филогенетическую - при условии если организмы в процессе индивидуального развития, по сравнению с родительскими поколениями в прошлом, приобретают новые адаптивные формы взаимодействия с существенно новыми условиями среды [10]. Мы обратили на это внимание в связи с возможной целесообразностью различать понятия "физиологическое время", когда речь идет об индивидуальном развитии организма, и "биологическое время", - когда

речь идет о филогенетической эволюции. Следует, в частности, отметить, что В.И.Вернадский, присутствовавший на вышеупомянутой лекции Ухтомского в 1925 г., использовал в своих работах идею хронотопа по отношению к эволюции биосферы в целом [23].

Третье. Благодаря отрицательно-энтропийному течению времени, обеспечивающему избыточный анаболизм, система приобретает то, что принято называть памятью. Она представлена уже у одноклеточных организмов. У них, после образования дочерней клетки, начинающей свое индивидуальное развитие до очередного деления, память обеспечивается дополнительным (избыточным) образованием соответствующих структурных субстратов, индуцируясь к этому каждой очередной двигательной активностью. У многоклеточных организмов, в частности, у исследованных нами млекопитающих (кролики и зайцы, крысы и белки) в процессе их индивидуального развития, память обеспечивается деятельностью нервной системы, в которой она и хранится. Это выражается, в связи с ее каждой очередной деятельностью, в избыточном образовании интернейронов и, соответственно, в дополнительном увеличении числа синаптических бляшек на перикарионе клетки и дендритах.

Четвертое. Выше было указано, что Ухтомский впервые обратил внимание на то, что ритмически осуществляющиеся физиологические отправления по своей внутренней природе являются нелинейными или релаксационными колебаниями. Данные наших исследований позволили обнаружить, что в отрицательном течении времени, обуславливающим избыточный анаболизм, и проявляется по существу специфичность нелинейности, независимо от того, осуществляется ли периодический характер деятельности в автоколебательном или ждущем режиме. Релаксационные или нелинейные колебания, осуществляющиеся в неживых системах, рано или поздно приводят их к состоянию равновесия. В этом смысле их можно характеризовать как постепенно затухающие колебания. Релаксационные колебания, осуществляющиеся в живых системах, напро-

тив, в процессе их индивидуального развития все более и более увеличивают их неравновесность. В этом смысле нелинейный характер колебаний в живых системах имеет как бы нарастающий характер. И лишь с момента, когда негэнтропийные тенденции развития сменяются на энтропийные, что и обуславливает геронтогенез, нарастающий характер колебаний преобразуется на постепенно идущий, затухающий характер колебаний.

Не останавливаясь на данных нашего анализа механизмов геронтогенеза, которые более подробно освещаются в других работах [9], обратим лишь внимание читателя на рисунок 1в, где демонстрируется схема изменения циклов возбуждения, и тем самым, циклов сократительной активности. Можно видеть, что обратное течение времени, начинающееся в анаболической фазе, не переходит в отрицательное, негэнтропийное течение времени. Соответствующие данные были получены в исследованиях на мышцах старых крыс, кроликов и собаках. Было установлено, что старение, т.е. смена негэнтропийных тенденций развития на энтропийные начинается с последней трети детородного периода. Постепенно исчезают феномены гиперполяризации и гиперрелаксации. Восстановление становится затыжным и даже не достигающим исходного состояния. Отрицательное негэнтропийное "течение" времени сменяется на положительное - энтропийное. Описываемые изменения возникают не сразу во всех мышечных волокнах того или иного скелетного мускула в целом. Они характеризуют те изменения в отдельных мышечных волокнах, которые приводят их к постепенной атрофии, т.е. утрате структурной упорядоченности и последующему полному исчезновению. В остальных мышечных волокнах регистрируется даже некоторая компенсация утрачиваемого. И лишь тогда, когда относительная величина общей мышечной массы утрачивает в среднем около 30%, жизненный цикл индивидуального развития завершается. Живая система переходит в состояние равновесия, что выражается в постепенной и далее полной утрате неравности, или, что тоже самое, приобретенной до

этого структурной упорядоченности.

В настоящей статье мы лишены возможности останавливаться на других аспектах, связанных с проблемой хронотопы. Речь идет о таких, как корреляция между физиологическим и психологическим временем, о времени возникновения психологического времени у человека в процессе его индивидуального развития после рождения и ряда других. Наконец, что очень существенно, на такой проблеме, как вопрос о различиях (и очень существенных) между учением о хронотопе, созданном А.А.Ухтомским, и тем, что сложилось в виде самостоятельной научной дисциплины, известной под названием хронобиологии.

### Литература

1. Ухтомский А.А. Закон "все или ничего" / Собр. соч. - Л., 1951. - Т. II. - С. 31-33.
2. Крушинский Л.В. Биологические основы рассудочной деятельности (Эволюционный и физиолого-генетический аспекты). - М., 1977.
3. Ухтомский А.А. Доминанта как рабочий принцип нервных центров / Собр. соч. - Л., 1950. - Т. I. - С. 163-172.
4. Ухтомский А.А. Доминанта как фактор поведения / Собр. соч. - Л., 1950. - Т. I. - С. 293-316.
5. Ухтомский А.А. XV Международный конгресс физиологов / Собр. соч. - Л., 1954. - Т. V. - С. 153-161.
6. Нагорный А.В., Никитин В.Н., Буланкин И.Н. Проблема старения и долголетия. - М., 1963.
7. Gold T. The Arrow of Time // Americ. Journ. of Physics, 1962. - V. 30. - N 6. - P. 403-418.
8. Аршавский И.А. Очерки по возрастной физиологии. - М., 1967.
9. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития (основы негэнтропийной теории индивидуального развития). - М., 1982.

10. Аршавский И.А. К обоснованию принципов и задач эволюционной физиологии в свете данных сравнительно-физиологических исследований // Журн. эволюционной биохимии и физиологии, 1985. - Т. 21. - С. 163-170.
11. Arshavsky I.A. Adaptive and homeostatic mechanisms in the development of physiologically mature and immature organisms // Early experience and behaviour. - Springfield (Ill), 1968. - P. 299-338.
12. Arshavsky I.A. Editorial // Focus for development: The energy rule of skeletal muscles / Develop. Psychobiol., 1974. - Vol. 7. - P. 291-295.
13. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. - Л., 1935.
14. Кондрашова М.Н. Накопление и использование янтарной кислоты в митохондриях // Митохондрии. - М., 1972. - С. 151-170.
15. Поглазов В.Ф. Структура и функция сократительных белков. - М., 1965.
16. Штейн-Марголина В.А. Некоторые аспекты механизма движения растений // Успехи совр. биол. - 1962. - Т. 94. - В. I(4). - С. III-126.
17. Аршавский И.А. Биологические и медицинские аспекты адаптации и стресса в свете данных физиологии онтогенеза // Актуальные вопросы современной физиологии. - М., 1976. - С. 144-191.
18. Gardner M. Can Time Go Backward? // Scientific American; 1967. - V. 217. - N 1. - P. 108-122.
19. Рейхенбах Г. Направление времени. - М., 1962.
20. Казарян В.П. Понятие времени в структуре научного знания. - М., 1980.
21. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? М., 1947.
22. Пригожин И., Николис Н.С. Биологический порядок, структура и неустойчивость // Успехи физ. наук. - 1973. - Т. 109. - № 3. - С. 517-544.

23. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Пространство и время в неживой и живой природе.-М., 1975.

Н.Н.Панкратов  
Ин-т биологической физики  
АН СССР (Пушино)

### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗМА СО СРЕДОЙ И ВРЕМЯ

Анализ пространства и времени в биологии берет свое начало еще с античности, но формирование ее как научной проблемы относится к XVIII - началу XIX веков [1]. В XX веке проблема времени в биологии выступила в форме задачи по разработке собственного, биологического времени живых систем, которая является одной из наиболее обсуждаемых в советской и зарубежной литературе. И.Н.Задде [2] указывает, что в настоящее время оказывается возможным дифференцировать по крайней мере две точки зрения в понимании пространства-времени. Первая, наиболее распространенная точка зрения обходит вопрос о характере взаимосвязи пространства и времени, который необходимо решить для познания содержания конкретных пространств и времен, а сразу, непосредственно ориентируется на изучение последних. Вторая - акцентирует внимание, в первую очередь, именно на этом вопросе, который имеет большое значение и для осуществления перехода от биологического времени на организменном уровне к биологическому времени на уровне макросистем.

Первый подход можно отождествить с так называемой событийной концепцией биологического времени [3], которая пытается объяснить особенности временной организации живого тем, что измеряет биологическое время событиями, происходящими в живых системах: частотой биологических ритмов, интенсивностью обменных процессов, скоростью пе-

переработки информации, скоростью старения организма, а при рассмотрении эволюционного процесса время измеряется числом поколений. Поскольку в пределах одного интервала физического времени может произойти не одинаковое число событий в биологической системе, то биологическое время, согласно этому подходу, не будет совпадать с хронологическим, физическим временем.

Сущность событийной концепции является постулирование биологических часов, отсчитывающих биологическое время. "Биологические часы - это гипотетический механизм, регламентирующий соотношения между календарным и биологическим (физиологическим) возрастом на разных уровнях организации биологических систем" [5]. Здесь биологическое время вводят для того, чтобы объяснить специфичность времени в биологии, которая "выступает в разной временной длительности существования объектов на разных уровнях, а также в их различной внутренней структуре в разном отношении последовательных моментов, составляющих их существование [4]. Таким образом, сущность биологического времени сводится к скорости функционирования организма. Однако такое объяснение не является удовлетворительным, поскольку периоды различных биоритмов, так же, как и скорости различных процессов, в одном и том же организме изменяются не одинаково. В связи с этим ряд авторов насчитывает в человеческом организме до 100 различных биологических часов [6], а организм распадается по биологическому времени на столько частей, сколько существует биологических ритмов, органов, физиологических систем. Предполагают, что в нормальных условиях один из них является доминирующим. Так возникла мультиосциллярная теория биоритмов [7]. Это явление называют еще полимодальностью времени.

При таком подходе невозможен какой-либо перенос времени, имеющего место в живом организме, на надорганизменный уровень, на процессы, связанные с эволюцией живого, что приводит к разрыву между науками, изучающими морфофункциональную структуру живого, и науками о его функцио-

нировании. Причиной этому служит то, что многими исследователями, изучающими живое, не всегда проводится разделение таких понятий, как "качество" и "свойство". Указывая на важность такого разделения, Гегель писал, что не надо смешивать свойства с качеством. Значение этого заключается в том, что при отсутствии такого разделения исследователи теряют возможность описывать р а з в и т и е предмета своего исследования, которое является изменением качества предмета, а не его свойств. В одной и той же вещи не может быть двух различных качеств, не вступающих друг с другом в противоречие, в то время как вещь может обладать несколькими различными свойствами, которые могут быть даже противоположными. Все дело в том, что то, какое именно свойство в данный момент проявляет объект, зависит от окружающих условий, в то время как качество его изменяется только в том случае, если объект начинает вести себя иначе в тех же самых условиях. С этим же связано и то, что для описания взаимодействия организма со средой наиболее часто используют следующую формулу:

**ОТВЕТ ОРГАНИЗМАХ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ = СИЛА ВОЗДЕЙСТВИЯ,**  
из которой видно, что реакция на внешнее воздействие зависит как от силы внешнего воздействия, так и от состояния организма, его резистентности, т.е. реакция является не просто результатом действия причины, а опосредуется организмом.

Однако эта формула взаимодействия остается ограниченной и не позволяет перейти к рассмотрению развития организма. Представим, что мы имеем несколько видов животных в таком состоянии, когда не было еще ни одного вещества, способного вызвать развитие опухолей. В этом случае можно сказать, что в окружающей среде отсутствует фактор, который обладает канцерогенной силой, а следовательно, нельзя говорить о наличии у этих видов животных какого-либо свойства опухолевой резистентности. Пусть теперь один из видов мутировал таким образом, что некоторое вещество А

стало вызывать у его представителей рак. В этом случае мы вынуждены приписать веществу некоторую канцерогенную силу, а поскольку у всех остальных видов, кроме мутанта, при взаимодействии с А рак не возникает, то, согласно формуле, мы также должны приписать им свойство резистентности. Посмотрим, является ли появление этого свойства изменением качества видов. Поскольку ранее при взаимодействии с веществом А все виды не проявляли свойства канцерогенной резистентности, а теперь при тех же самых условиях проявляют, то это значит, что изменилось качество видов. Но тогда получается, что качественное изменение мутировавшего одного вида тут же вызывает качественное изменение остальных. Это своего рода дальное действие. Таким образом, приходим к невозможному. Причиной этого следует считать несоответствие приведенной формулы основным положениям диалектики, которые требуют рассматривать противоположности в их единстве, ибо в формуле предполагается, что внешняя среда не зависит от организма, что всякое изменение ответа на воздействие при неизменности внешней среды является результатом изменения резистентности. Разбираемая здесь формула подразумевает четкое отделение активного начала — среды от пассивного организма.

Для диалектического рассмотрения необходимо организм и внешнюю среду определять друг через друга, т.е. так, что качественное изменение одного немислимо без качественного изменения другой. Это не похоже на ситуацию в приведенном выше примере, в котором изменение одного вида животных сразу же привело к изменению других, потому что здесь качественные изменения как среды, так и организма являются результатом их взаимодействия, следовательно, результатом процесса, занимающего некоторый промежуток времени. Описанная выше формула взаимодействия свойственна больше неживым объектам. Анализ физического взаимодействия показывает, что системы в неживой природе активны, так как вносят свой вклад в общий результат взаимодействия, однако эта активность не выходит за рамки динамизма,

определенного основными параметрами взаимодействующих систем и условиями самого взаимодействия. Относительная свобода выбора поведения выражается в приспособлении самоуправляющихся систем к внешним условиям их функционирования и, что важнее, в преобразовании самих внешних условий применительно к потребности этих систем [8].

В свете вышесказанного следует изменить правила использования формулы взаимодействия организма со средой. Перепишем ее:

**ОТВЕТ ОРГАНИЗМА = СИЛА ВОЗДЕЙСТВИЯ / РЕЗИСТЕНТНОСТЬ.**

Переносом на другую сторону равенства величину резистентности и объединением в некотором отношении характеристики среды и характеристики организма мы хотим символически обозначить единство организма и внешней среды; применяя формулу, следует выяснить, является ли изменение ответа результатом изменения резистентности организма или изменения силы внешнего воздействия, иными словами, является ли изменение ответа организма изменением только его свойств или его качественным изменением.

Допустим, что занятому каким-либо делом человеку стали предъявлять световой сигнал с определенной частотой включения лампочки. Этот сигнал будит отвлекать его от основного занятия до наступления адаптации, когда испытуемый перестает реагировать на воздействие. Спрашивается, что изменилось после достижения адаптации - резистентность к воздействию или сила самого воздействия? Существует большой соблазн дать первый вариант ответа, поскольку внешняя среда не изменилась - световой сигнал продолжает предъявлять. Этот ответ соответствовал бы первой формуле. Однако, если теперь изменить частоту сигнала, или изменить его яркость, испытуемый вновь отреагирует и ему необходимо будет вновь адаптироваться уже к этому новому сигналу. Если и теперь адаптация будет происходить благодаря изменению резистентности организма, то ввиду специфичности ее, мы вынуждены заключить, что организм обладает столькими видами резистентности, сколько существует видов внешних раздра-

жителей, т.е. бесконечным количеством. Но каким образом тогда организм развивается, если в процессе взаимодействия со средой происходит просто проявление организмом очередного его свойства в виде той или иной резистентности, которая изменяется только количественно, в данном случае усиливается? Понятие резистентность рискует здесь превратиться в пустую фразу, "как и всюду, где вместо того, чтобы исследовать неисследованные формы движения, с о ч и н я ю т для их объяснения некоторую так называемую силу, ...причем, таким образом получают столько сил, сколько имеется необъясненных явлений, и по существу только переводят внешнее явление на язык некоей внутренней фразы"<sup>1/</sup>. В данном случае резистентность организма выступает в роли такой пустой силы, с помощью которой организмы сопротивляются внешней силе; сопротивление - это отрицательная сторона силы.

Рассмотрим еще один пример, чтобы убедиться в большей логичности второго ответа на поставленный вопрос. Пусть испытуемому предъявляют периодический сигнальный раздражитель, на который необходимо отвечать нажатием кнопки сразу по его предъявлению. После начала эксперимента, если частота предъявления равна двум-трем секундам, очень скоро наступит специфическая адаптация, которая выразится в повышении точности нажатия на кнопку, которое будет происходить одновременно с включением светового сигнала [9]. Если теперь в очередной раз не включить сигнал, испытуемый все равно нажмет на кнопку в момент ожидаемого появления раздражителя. Следовательно нажатие кнопки после достижения специфической адаптации к условиям эксперимента происходит не в ответ на предъявление раздражителя, а автоматически, механически; организм не реагирует на световой сигнал, поэтому ответ организма нулевой, хотя нажатие на кнопку происходит синхронно с появлением раздражителя. Считать, что отсутствие здесь реакции обусловлено повыше-

№/ Ф.Энгельс. Диалектика природы. -М., 1975.- С.247.

нием резистентности, мы не можем, поскольку в этом случае величина этой резистентности должна быть бесконечной. Остается предположить, что в ходе специфической адаптации становится равной нулю сила внешнего воздействия.

В процессе специфической адаптации происходит качественное изменение организма, т.к. изменяется его поведение при неизменных внешних условиях с позиции стороннего наблюдателя. Таким образом видим, что при действительном взаимодействии, т.е. когда одновременно изменяется организм (его реакция) и внешняя среда (сила воздействия) в результате их взаимного влияния, происходит качественное изменение организма. Бывает ли когда-нибудь изменение реакции организма только за счет изменения организма, его резистентности, но не силы воздействия, т.е. так, как это соответствует первой формуле? Такое возможно при неспецифической реакции, например, при неспецифическом адаптационном синдроме, когда сила ответа изменяется благодаря повышению резистентности. В этом случае повышается устойчивость организма по отношению к целому ряду раздражителей и эта неспецифичность снимает те трудности, которые заставили нас усомниться, что при специфической адаптации происходит изменение резистентности. При стрессе не происходит изменение качества организма, здесь проявляются его свойства в изменившихся условиях среды, активизируются защитные силы, но это только количественные их изменения; изменения качества нет, как нет и обратного воздействия организма или его органа на внешний раздражитель, т.е. здесь причинность выступает в форме разделенности причины и следствия, что вполне возможно, как считал Ф.Энгельс, при кризисных ситуациях, в данном случае при стрессе.

Отметим, однако, что повышение неспецифической резистентности является в то же время адекватной, специфической реакцией организма на неопределенность внешней среды, на постоянное наличие во внешней среде стрессоров, в результате чего неспецифическая резистентность может быть повышена путем тренировок. В этой связи можно сказать, что

количественные изменения, происходящие при стрессе, могут переходить в качественные, но при достаточной длительности стресса.

Приведенный здесь анализ взаимодействия организма с внешней средой все более завоевывает к себе внимание исследователей. Он выделен в работе В.И.Медведева : "Анализ отношения между внешней средой и организмом дает возможность раскрыть сложную структуру рефлекторной активности не как разового акта стимул-реакция, а как с и с т е м у одновременно и последовательно протекающих преобразований не только организма, но и внешней среды... Перестройка системы в процессе изменения характера отношений внешней среды и организма предполагает ... изменение не только внутри организма, но и изменение в результате деятельности и самой внешней среды. При этом очень важно подчеркнуть одну существенную особенность - изменение внешней среды может предполагать не только изменение его физических характеристик, но и, при сохранении их постоянства, изменение информационных и семантических свойств или того комплексного качества, которое И.П.Павлов (1951) обозначал как "физиологическая сила" раздражителя "[10, с.5].

Таким образом, видим, что проблема отделения качественных изменений от проявления свойств тесно сплетена с оценкой специфичности и неспецифичности адаптационных реакций. Специфическая адаптация - это качественное изменение живого организма, неспецифическая - это в первую очередь изменение его свойств в результате изменения количественных характеристик организма. Советский физиолог А.А.Ухтомский, как нам кажется, правильно понимал соотношение понятий "свойство" и "качество". Так, он указывал, что "организм после достижения иммунитета, как после выработки условного рефлекса, является во многом новым организмом по сравнению с исходным состоянием" [11]. Это понимание позволило ему создать принцип доминанты, в котором удивительным образом сочетаются свойства специфических и неспецифических внешних воздействий.

И.Н.Задде считает, что исследователями естественно-биологического профиля еще не раскрыто содержание связи пространственно-временной категории [1]. Однако в действительности к этой проблеме вплотную подошел А.А.Ухтомский, идеи которого о хронотопе в настоящее время успешно развиваются И.А.Аршавским [12]. Насколько в принципе доминанты Ухтомского переплетаются специфические и неспецифические воздействия, настолько концепция биологического времени, развиваемая Аршавским, неотделима от биологического пространства и свойства их связи во многом совпадают с требованиями, предъявляемыми пространству-времени И.Н.Задде, только у последней биологическое пространство и биологическое время остались во многом нераскрытыми, абстрактными, не указано конкретное воплощение их в биологическом материале. Для этого необходимо рассматривать не просто пространство-время, а также и пространство и время в их разделенности. Прежде чем рассматривать время, необходимо определить биологическое пространство. Пространство - это совокупность одновременно существующих событий, а одновременность, как известно, в частности из теории относительности, требует анализа причинности. События, между которыми причинно-следственная связь не возможна, являются одновременно, а следовательно, разделенными между собой только пространственно. Для разделения пространства и времени необходимо проводить анализ понятия одновременности применительно к живым системам, т.е. надо рассмотреть причинно-следственные связи. Необходимость разделения пространства и времени заключается также в необходимости наглядно показать отличие биологического пространства и времени от пространства и времени в физике.

Неслучайным является то, что разрешение доминанты с помощью адекватного раздражителя является эндогенным. Действительно, адекватный раздражитель - это такое изменение внешней среды, которое требует сам организм, определяется через него и, следовательно, трудно назвать ответ на такой раздражитель реакцией, поскольку причина из-

менения лежит скорее внутри, чем вне организма. А поскольку причина не во внешней среде, то и сила адекватного воздействия равна нулю. Адекватный раздражитель не причина изменений в организме, так как эти изменения уже запрограммированы в организме доминантой, как запрограммировано и само появление адекватного раздражителя. Такое воздействие является для организма необходимым, а не случайным, поскольку оно оказалось включенным в содержание живой системы. Неадекватные — это действительно причины. Отсутствие адекватного события во внешней среде — также причина, так как существует некоторая причина, нарушившая привычный ход вещей. Адекватный раздражитель можно рассматривать как устранение тех сил, которые препятствуют определенному, обычному изменению в среде. Реакцией организма на такие препятствия являются отклонение его функционирования от нормального протекания. При отсутствии адекватного доминанте раздражителя происходит распад самой доминантной структуры, что позволяет сделать вывод о том, что цель доминанты достигается не как следствие, а является составной частью целого, без которой целое не может существовать. Таким образом, в качестве факторов, оказывающих на организм внешнее воздействие, следует рассматривать неспецифические раздражители, неадекватные условия.

Основываясь на этом, можно сказать, что доминантный процесс, протекающий в адекватных условиях, является объектом, имеющим только пространственные измерения, что все этапы этого процесса являются в биологическом смысле одновременными, поскольку при этом полностью отсутствуют причинно-следственные связи. При протекании доминантного процесса биологическое время течет; доминанта — это есть биологическое пространство. Сколько бы ни длился в физическом времени доминантный процесс, биологическое время при этом не продвинется ни на шаг, поскольку все части этого процесса существуют одновременно и причинно не связаны между собой. Это обстоятельство является тем моментом, в котором наиболее остро ощущается отличие биологи-

ческих пространства и времени от физических их аналогов. Действительно, поскольку биологическое пространство, доминанта, является не просто неподвижной структурой, а процессом, занимающим некоторый промежуток физического времени, то становится очевидным несводимость биологического пространства только к физическому пространству, ибо для описания доминанты требуется еще и физическое время. В свою очередь, биологическое время не покрывает собой времени физического. Биологическое время появляется только тогда, когда доминантный процесс протекает в неадекватных условиях, при этом образуется единство пространства и времени, которое А.А.Ухтомский назвал хронотопом.

Согласно Аршавскому, замкнутый циклический процесс не имеет длительности в биологическом времени, полностью существует как бы в настоящем. В ходе этого процесса не происходит качественных изменений организма. Выше было показано, что качественные изменения живой системы происходят только тогда, когда она находится в процессе специфической адаптации к внешнему воздействию, когда последнее превращается из неспецифического (неадекватного) в специфический (адекватный). При этом происходит прогрессивное развитие живой системы. При длительном или интенсивном действии на организм неспецифических раздражителей, вызывающих стресс, также изменяется его качество, что проявляется в форме разрушения системы, т.е. изменения, обратного прогрессивному развитию. При отсутствии неспецифических раздражителей нет ни первого, ни второго процесса, нет и качественных изменений системы.

Что касается событийного подхода, здесь проглядывается тот его недостаток, что события, которыми он пользуется, прямо не связаны с развитием живых систем, процессом их качественного изменения. Не разделяя свойства и качества, исследователи, работающие в этом направлении, принимают за развитие любое изменение свойства системы. На самом деле длительность не всякого события следует брать за длительность биологического времени. Те события, в по-

следовательности которых не происходит изменения качества объекта, события в цепи доминантного процесса, например, периоды биологического ритма, не могут быть использованы для отсчета собственного времени. Непонимание этого приводит к тому, что в событийной концепции количество биологических часов практически неограниченно, также, как при отсутствии разделения понятий "свойства" и "качество" исследователи вынуждены говорить о неограниченном количестве резистентностей у организма.

Поскольку при качественном изменении живого организма происходит качественное изменение и внешней среды, то биологическим пространством являются не только доминанты организма, но и сама внешняя среда. Экологическая ниша, в которой обитает вид, является результатом деятельности, активности всех предшествующих поколений родственных особей. Таким образом, биологическое пространство создается в результате исторического, эволюционного движения вида.

В ходе онтогенетического развития обычно постепенно расширяется зона обитания особи, которая как бы переходит в другую точку биологического пространства. Для каждого возрастного периода, для каждого этапа развития особи характерна своя доминанта, которая является наиболее адекватной тем внешним условиям, в которых находится организм. Доминанта является, таким образом, элементом биологического пространства, точкой этого пространства, в которой в данный момент находится особь, а для движения в этом пространстве от точки к точке, от доминанты к доминанте необходимо биологическое время, поскольку процесс смены доминант является процессом качественного преобразования данного представителя вида. Необходимость течения времени для передвижения в пространстве - одно из основных требований, которые предъявляет Заде к пространственно-временной связи. В ходе такого перемещения, онтогенетического развития, организм, изменяя свое качество, изменяет и само пространство, в котором будут существовать его потомки.

Повторение онтогенезов филогенеза обеспечивается не только генетически, но и тем, что эволюционный путь вида закреплен пространственно в форме внешней организму среды. Причина отклонения от филогенеза заключается в течение биологического времени, вызванном деятельностью как особей данного вида, так и другими видами живых организмов, а также абиотическими факторами, изменяющими биологическое пространство.

#### Литература

1. Пространство и время.- Киев, 1984.
2. Задде И.Н. Пространство-время в биологии.- Томск, 1984.- деп.ВИНИТИ 991-84.
3. Головаха Е.И., Кроник А.А. Психологическое время личности.- Киев, 1984.
4. Аскин Я.Ф. Проблема времени.- М., 1966.
5. Войтенко В.П. // Физиологические механизмы старения.- Л., 1982.- С.144-156.
6. Чуприкова Н.И., Митина Л.М. Теоретические, методические и прикладные аспекты проблемы восприятия времени // Вопросы психологии: 1979.- №3.- С.16.
7. Реушкин В.Н. // Кибернетика живого. Человек в разных аспектах.- М., 1985.- С.54-80.
8. Украинцев Б.С. // Философские проблемы биологии.- М., 1973.- С.200-206.
9. Воронин Л.Г., Бонфитто М., Васильева В.М. // Нейронные механизмы ориентировочного рефлекса.- М., 1970.- С.361-373.
10. Медведев В.И. Устойчивость физиологических и патологических функций человека при действии экстремальных факторов.- Л., 1982.
11. Ухтомский А.А. Собрание сочинений.- Л., 1962.- Т.6.- С.175.
12. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития.- М., 1982.

В. А. Балодис  
Ин-т биологии АН ЛатвССР (Саласпилс)

### ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕМПОРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КАМБИАЛЬНОГО РОСТА У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Сезонный характер камбиального роста древесных растений в умеренных, бореальных и аридных регионах Земли давно и хорошо известен. Продолжительность же сезона камбиального роста и темпоральная структура скорости этого роста по сезону, а также зависимость этих показателей камбиальной активности от эндогенных и экзогенных факторов исследованию поддаются нелегко. Тем не менее такие данные необходимы для решения ряда теоретических и практических вопросов. Например, для выяснения влияния погодных условий на камбиальный рост [28; 41], для согласования ритмики роста подвоя и привоя [8], а также во многих других случаях.

Задача настоящего краткого обзора - критически оценить современное состояние методики изучения темпоральной структуры некоторых показателей камбиального роста.

Понятие "рост" четко определено: "Рост - необратимое увеличение размеров и массы тела, связанное с новообразованием элементов структуры организма" [29, с. 40]. С цитологической точки зрения камбиальный рост складывается из деления клеток, роста клеток в поверхность и роста аппозицией [3]. Мы рассмотрим только рост в поверхность и, ввиду высокой степени векторизованности этого роста [2], радиальный рост в поверхность. Из многочисленных показателей радиального роста [3] уделим внимание только продолжительности сезона радиального роста и скорости радиального роста.

## I. Выявление продолжительности сезона радиального роста

Для выявления продолжительности сезона радиального роста необходимо установить момент начала и момент окончания радиального роста. О наступлении этих моментов судят либо по легкости отделения коры от древесины [9; 28], либо по показаниям наружного обмера стебля [8; 25; 49; 61], либо по результатам цитологического анализа кольца радиального роста [18; 60].

Цитологический анализ сложен по технике выполнения [20], но дает наиболее адекватные результаты. Выявление моментов начала и окончания радиального роста осложняется тем, что до наступления собственного камбиального роста весной происходит набухание клеток и увеличение их радиальных размеров [16; 38], а обратный процесс имеет место осенью после завершения камбиальной активности [33; 47]. Поэтому только по измерениям ширины кольца радиального роста судить о наступлении или завершении радиального роста нельзя.

Результаты наших исследований, проведенных на растениях *Picea abies* (L.) Karst., *Pinus sylvestris* L., *Populus tremula* L., *Betula pendula* Roth, *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L., *Syringa vulgaris* L., показывают, что момент начала радиального роста наступает практически одновременно с началом деления клеток в камбиальной зоне, а окончание деления клеток соответствует моменту завершения радиального роста. Наличие или отсутствие делящихся клеток в камбиальной зоне цитологически точно определимо [15; 54; 58]. Следовательно, продолжительность сезона радиального роста можно определить по наступлении моментов начала и окончания клеточных делений в камбиальной зоне.

Нередко продолжительность сезона "камбиальной активности" выявляют по легкости отделения коры от древесины - по легкому отставанию коры от древесины весной определяют начало, а по времени, когда кора перестает отста-

вать от древесины - завершение сезона. При использовании этого приема большой вес имеет субъективное представление каждого исследователя о "легкости отделения коры". То, что результаты, получаемые при использовании этой методики весьма неточны, подчеркивалось неоднократно [5;56]. К тому же отделение коры невозможно связать с наличием определенного процесса камбиального роста. Многие исследователи сообщают, что время легкого отделения коры начинается за несколько недель до начала делений камбиальных клеток - тогда, когда происходит весеннее набухание клеток [17; 40; 56]. Это вполне понятно. Увеличение радиальных размеров клеток при набухании сопровождается снижением механической прочности радиальных стенок, так что оказывается достаточным приложить небольшие усилия, чтобы вызвать их разрыв. Кора легко отделяется и позже, во время деления клеток и дифференциации тканей. Но в это время разрыв клеток идет главным образом по клеткам, которые достигли своих максимальных размеров, но не образовали еще вторичной оболочки. У лиственницы, по-видимому, отделение коры начинается только после появления клеток, которые находятся в фазе растяжения, так как легкое отторжение коры наблюдается только после начала деления клеток [13;14].

Итак, легкое отделение коры может быть результатом как определенной степени набухания камбиальных клеток, так и радиального роста клеток. У разных видов растений отделение коры может начинаться, а также завершаться, по-видимому, в различные моменты камбиальной деятельности. Рассматриваемый прием может быть использован для приблизительного определения состояния камбиальных клеток, но для выявления момента начала или завершения камбиального роста не годится.

Часто о радиальном росте деревьев судят по результатам последовательного измерения диаметра или окружности стволов или ветвей. Для наружного обмера растущих деревьев применяют различные инструменты, начиная от штангенциркулей [7; 25] и измерительных лент [48] и кончая современными

дендрометрами, способными регистрировать малейшие изменения диаметра дерева [41; 49; 52].

Преимущества и отрицательные стороны различных методов наружного обмера оценены в обзорных работах по их применению [20; 37]. Но, независимо от точности того или иного метода наружного обмера, все они имеют общий недостаток - при наружном обмере радиальный рост часто маскируется сильными колебаниями диаметра деревьев, которые вызваны изменениями условий увлажненности [5; 6; 21; 27]. Особенно наглядно эти колебания видны во время зимнего покоя деревьев, когда радиальный рост вообще отсутствует. При снижении температуры воздуха осенью наблюдается уменьшение диаметра стеблей самых различных видов деревьев [59]. Во многих случаях уменьшение диаметра превышает величину прироста, который имел место за весь предыдущий сезон роста. Так, у молодых деревьев березы средняя контракция стволов зимой составляла 565% от ширины последнего годичного кольца древесины [59]. С повышением температуры воздуха весной происходит и увеличение диаметра стволов деревьев. Набухание коры и ксилемы происходит задолго до распускания листьев и вызвано исключительно накоплением воды до начала камбиального роста [19]. Это особенно наглядно видно при сравнении данных по наружному обмеру и результатов микроскопического анализа. В результате такого сравнения начала роста 29 видов в Воронежском дендропарке было обнаружено, что увеличение диаметров стволов начинается примерно за месяц до начала камбиального роста [22].

Естественный вывод из этих данных - продолжительность сезона радиального роста нельзя определить по результатам наружного обмера деревьев.

## 2. Измерение скорости радиального роста

Скорость радиального роста в различные периоды сезона роста оценивают либо по результатам дендрометрических измерений, либо по результатам анализа периодически взятых цитологических образцов.

Тренд прироста диаметра деревьев, получаемый при дендрометрических измерениях, как правило, представляет собой сигмоиду [39;59], т.е. соответствует характеру радиального роста древесных растений по сезону роста. Однако параметры тренда диаметра дерева могут существенно отличаться от параметров истинного камбиального прироста. Этому несколько причин. Увеличение диаметра ствола по сезону роста происходит не только в результате камбиального роста, но и вследствие деятельности феллогена. Правда, доля перидермы, продуцируемой за сезон, мала по сравнению с долей проводящих тканей [31]. Однако деятельность феллогена по сезону неравномерна [31;57] и в определенные периоды сезона может существенно влиять на тренд прироста.

Еще более существенные отличия между дендрометрически измеряемым трендом и истинным трендом камбиального прироста могут вызвать продолжительные периоды засухи или дождей. Это убедительно показал уже Роммель [55]. Флюктуация же диаметра деревьев, которая имеет место при меняющихся гидротермических условиях, отражает в основном изменения оводненности стебля - при преобладании транспирации над поглощением воды происходит сжатие, а в противном случае - набухание всех частей стебля [10;20].

Соответствует ли колебаниям диаметра стебля в какой-то степени и изменения скорости радиального роста? Вполне возможно. Однако дендрометрически эти колебания выявить в принципе нет возможности, так как гидратационные колебания на несколько порядков превосходят возможные колебания скорости радиального роста. Можно лишь умозрительно предположить, что при дефиците влаги происходит замедление скорости радиального роста или даже его прекращение, но связывать величину возможных изменений скорости радиального роста с результатами дендрометрических измерений весьма рискованно. Проведение подобной линейной связи привело, например, к появлению термина "отрицательный рост" [26], термина, который с процессом роста не может иметь ничего общего. Впрочем, не исключено, что радиальный рост может

иметь место даже в случае уменьшения диаметра деревьев в условиях дефицита влаги, так как растущие части деревьев часто получают воду за счет не растущих [11]. Известно, например, что при уменьшении размеров дерева в результате засухи одновременно может происходить апикальный рост побегов [62].

Итак, первоначальный оптимизм относительно возможности применения дендрометров как инструментов для измерения скорости радиального роста не оправдал себя [36].

При изучении камбиального роста цитологическим методом, через определенные промежутки времени берут образцы кольца радиального роста и прилегающих к нему тканей. Взятые образцы используются для приготовления цитологических препаратов, по которым прослеживается протекание процессов роста во времени. Обычно при применении цитологического метода на последовательно взятых образцах измеряют ширину кольца древесины текущего года. По результатам измерений вычисляют скорость увеличения ширины годичного кольца ксилемы по вегетационному периоду [12; 24; 28; 46]. При этом предполагается, что скорость увеличения ширины годичного кольца характеризует радиальный рост. На самом деле этот показатель отражает темпы выхода клеток из процесса радиального роста и может существенно отличаться от скорости радиального роста [3]. Чтобы определить скорость радиального роста, необходимо выявить динамику увеличения ширины кольца сезона, включающего, кроме текущих годичных колец ксилемы и флоэмы, расположенное между ними кольцо радиального роста.

По существующей методике технически сложно приготовить препараты, включающие "полные" радиальные ряды клеток кольца сезона. Дело в том, что кольцо сезона включает клетки, которые сильно отличаются по своему строению. Это, в частности, клетки годичного кольца ксилемы с лигнифицированными оболочками, клетки зоны увеличения размеров клеток с тонкими целлюлозными оболочками и т.д. По существу, для приготовления препаратов для каждого типа клеток не-

обходимы свои способы фиксации, заливки в среду для микротомирования и окраски [50]. И в самом деле, образцы, подготовленные по типовой методике обычно рвутся в зоне увеличения размеров клеток, и срезы становятся не пригодными для измерения ширины кольца сезона. Нами [4] разработана и апробирована методика приготовления препаратов для точного измерения ширины кольца сезона.

Хорошо известно, что камбиальный рост по окружности ствола может заметно варьировать [32; 45; 53]. Принято считать, что эта вариабельность устраняется, если образцы берутся от особей, которые имеют круглый ствол, симметричную крону и растут при выравненных экологических условиях. Наши данные [4] показывают, что перечисленные признаки далеко не всегда гарантируют отсутствие вариабельности камбиального роста по окружности ствола. Чтобы устранить подобную вариабельность, мы ввели дополнительный отбор образцовых деревьев исходя из принципа, что одинаковая динамика камбиального роста дает в результате сходную структуру древесины [2]. После окончания камбиального роста поздней осенью необходимо повторно собрать образцы от всех исследуемых деревьев по всей окружности ствола с повторением ранее проведенного хода взятия образцов. Анализ камбиального роста можно проводить только по образцовым деревьям, конечная структура годичного кольца древесины которых существенно не варьирует по окружности ствола и, следовательно, рост по окружности ствола протекает наиболее равномерно. При соблюдении этих предписаний цитологический метод периодически взятых образцов дает возможность выявить как параметры тренда скорости радиального роста, так и флуктуации этого показателя во время сезона радиального роста.

### 3. Вариабельность темпоральной структуры камбиального роста по телу растения

Многочисленные данные свидетельствуют о том, что разные части древесного растения существенно отличаются по темпоральной структуре камбиального роста [23; 34; 35; 42; 43].

Недооценка этой variability нередко является причиной разногласий при сравнении и истолковании результатов исследований камбиального роста. В частности, различия по темпоральной структуре роста между разными частями тела растения, по-видимому, являются причиной весьма пестрых результатов при поиске фенологических признаков начала радиального роста весной. Например, одни авторы доказывают, что камбиальный рост начинается одновременно с распусканьем почек, другие - что эти два события отделяет довольно продолжительный промежуток времени [28; 44; 51].

Как распускание почек, так и инициация радиального роста представляют собой процессы, которые разворачиваются по телу растения в течение определенного промежутка времени, а не происходят моментально во всех частях дерева. Этот период времени может быть довольно продолжительным. Например, у взрослых рассеянососудистых деревьев инициация радиального роста по телу растения может длиться даже более месяца [16; 30; 44].

Возобновление радиального роста весной начинается с основания почек и потом распространяется базипетально. То, что последовательность реактивации камбия идет в направлении от почек к основанию ствола, однако, не означает, что самые первые проявления камбиального роста в стволе имеют место у основания терминальной почки. Дело в том, что рост начинается у основания почек разных ветвей в различное время. Показано, что первые проявления камбиального роста имеют место не в верхних, а в более низко расположенных ветвях [34; 35; 61]. В результате инициация камбиального роста в разных участках ствола зависит от расположения и длины отдельных ветвей, возраста дерева и многих других факторов [35], т.е. представляет собой трудно моделируемый процесс. Связь между началом камбиального роста и распусканьем почек обычно ищут для момента начала радиального роста на высоте ствола 1,3 м от корневой шейки [38; 44], т.е. под конец процесса, продолжительность которого трудно предсказать. Естественно, что разнородность результатов при таком

подходе неизбежна. Во всех случаях, когда связь между распусканием почек и началом камбиального роста устанавливалась для участков ветвей вблизи апикальных почек, она однозначна — камбиальный рост начинается практически одновременно с распусканием почек [17;44].

Темпоральная структура скорости радиального роста по телу древесного растения до сих пор не изучалась. Тем не менее ожидается, что она варьирует подобно другим показателям камбиального роста. Наличие вариабельности темпоральной структуры камбиального роста по телу дерева обязывает с осторожностью относиться к распространению на все дерево результатов изучения камбиального роста в одной точке растения. Прежде чем делать выводы относительно зависимости между темпоральной структурой камбиального роста и, например, погодными условиями за сезон камбиального роста, необходимо знать, как камбиальный рост протекает в различных частях дерева или, по крайней мере, выяснить, в каких частях древесного растения эта связь выявляется наиболее четко.

Практическое же исследование темпоральной структуры камбиального роста в разных частях дерева при помощи цитологического метода периодически взятых образцов крайне трудоемко и часто нереализуемо. По-видимому, следует искать адекватные, но практически реализуемые методы по выявлению темпоральной структуры камбиального роста. В этом отношении перспективны поиски по выявлению темпоральной структуры камбиального роста в структуре вторичных проводящих тканей [1].

#### Литература

1. Балодис В.А. // Изв. АН Латв.ССР, 1981, -12. -С.98-103.
2. Балодис В.А. // Моделирование и прогнозирование в биоэкологии. - Рига, 1982. - С.96-104.
3. Балодис В.А. Кинетика камбиального роста древесных растений. - В печати.

4. Балодис В.А. К методике выявления сезонной динамики камбиального роста у древесных растений. - В печати.
5. Бюсген М. Строение и жизнь наших лесных деревьев. - М.-Л., 1961.
6. Вихров В.Е. Строение и физико-механические свойства древесины дуба в связи с условиями произрастания. - М., 1954.
7. Гронский И., Аболинь М. // Тр. Латв.СХА, 1981. - 183. - С.89-97.
8. Гронский И., Аболинь М. // Тр. Латв.СХА, 1981. - 183. - С.97-101.
9. Елагин И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов. - Новосибирск, 1976.
10. Козловский Т. Водный обмен растений. - М., 1969.
11. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений. - М., 1963.
12. Лашкевич В.И. Ботаника. Исследования. - Минск, 1970. - С.256-263.
13. Лебеденко Л.А. // ЛенНИИИХ/ Сборник научно-исследов. работ по лесному хозяйству. - М., 1969. - Вып.12. - С. 149-167.
14. Лебеденко Л.А. // Лесная генетика, селекция и семеноводство. - Петрозаводск, 1970. - С.47-55.
15. Лебеденко Л.А., Яценко-Хмелевский А.А. Камбий и его цитологические особенности. - Л., 1984.
16. Лобжанидзе Э.Д. Камбий и формирование годичных колец древесины. - Тбилиси, 1961.
17. Мелехова Т.А. // Тр. Арханг. лесотехн. ин-та, 1949. - 13. - С.179-192.
18. Миронов Б.А. // Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале. - Свердловск, 1981. - С.110-116.
19. Молчанов А.А. // Тр. Лабор. лесовед., 1961. - 3. - С.5-50.
20. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. - М., 1967.
21. Нарышкин М.А. // Тр. Лабор. лесовед., 1961, 3. - С.93-114.

22. Овсянников В.Г. // Научн. зап. Воронеж. лесхоз. ин-та, 1941.- 8.- С.35-43.
23. Раскатов П.Б. Экологическая анатомия вегетативных органов деревьев и кустарников.- Воронеж, 1979.
24. Сенкевич Н.Г.// Лесоведение, 1982,- № 5.- С.50-56.
25. Смирнов В.В.// Тр. Лабор. лесовед., 1961.- 3.- С.51-67.
26. Смирнов В.В. Сезонный рост главных древесных пород.- М., 1964.
27. Смоляк Л.П. и др. Ботаника. Исследования.- Минск.- 1970.- С.86-92.
28. Федорова А.И. Фитогормоны и рост дерева (на примере лиственницы).- Новосибирск, 1982.
29. Чайлахян М.Х. и др. Терминология роста и развития высших растений.- М., 1982.
30. Amos G.L., Bisset I.J., Dadswell H.E.// Austr. J. Sci. Res./Ser B./ Biol. Sci.- 1950.- 3, 4.- P.393-413.
31. Arzee T., Waisel Y., Lipschitz N.// New Phytol.-1970.- 69, 2.- P.395-398.
32. Brett D.W.// Tree-Ring Bull.-1978.- 38.- P.35-44.
33. Catesson A.M.// Dynamic aspects of plant ultrastructure.- London, 1974.- P.358-390.
34. Denne M.P.// Can. J. For. Res.-1979.- 9, 3.- P.406-427.
35. Denne M.P., Dodd R.S.// Mitt. Bundesforsch. Forst- u. Holzwirt., 1980.- 131.- S.7-30.
36. Ford E.D.// Stud. Forest. Suec.-1981.- 160.- P.19-29.
37. Fritts H.C. Tree rings and climate.- London, 1976.
38. Ghouse A.K.M., Hashmi S.// Phytomorph.-1979.- 29, 1.- P.64-67.
39. Hari P., Siren G.// Royal Coll. For., Stockholm. Res. Notes.- 1972.- 40.- P.22.
40. Huber B.// Forstwiss. Cbl.-1948.- 67.- S.129-164.
41. Kramer H., Katsch C.// Forstarchiv.-1982.- 53, 3.- S.87-93.
42. Lachaud S.// Can. J. Bot.-1981.- 59, 12.- P.2692-2697.
43. Lachaud S. et Bonnemain J.-L.// Can. J. Bot.-1981.- 59, 7.- P. 1222-1230.

44. Laderoged K. // Kgl.Danske Vidensk.Selsk.Biol.Ser.-  
1952.-7,3 .- S.1-98.
45. Lück H.B. e.a.// C.R.Ac.Sc.Paris,1970.-270.-P.1996-  
1999.
46. Matovič A. // Drev.Vysk.-1981.-25,2-3.-P.25-46.
47. Murmanis L.// Ann.Bot.-1971.-35,139.- P.133-141.
48. Ola-Adams B.A.,Charter J.R.//Indian Forest.-1980.-  
106,9.-P.604-608.
49. Rogers S.// Ann. Bot.- 1981.-47,5.-P.603-610.
50. Roland J.C.,Vian B.// Int.Rev.Cytol.-1979.-61.-P.129-  
166.
51. Romberger J.A.// USDA,For.Serv.,Tech.Bull.-1963.-  
N 1293.
52. Schütte K.H.,Burger C.P. // J.S.Afr.Bot.-1981.-47,2.-  
P.273-291.
53. Serre F. // Tree-Ring Bull.-1977.-37.-P.21-31.
54. Skene D.S.// Ann.Bot.-1972.-36,144.-P.179-187.
55. Tredelenburg R.,Mayer-Wegelin H. Das Holz als Roh-  
stoff,- München,1955.
56. Waisel Y.,Fahn A.// Physiologia Pl.-1965.-18,1.-P.44-46.
57. Waisel Y. e.a.// New Phytol.-1967.-66.-P.331-335.
58. Wilson B.F.,Howard R.A.// Forest Sci.-1968.-14.-P.77-  
90.
59. Winget C.H.,Kozlowski T.T./ J.Forestry,1964.-62,5.-  
P.335-337.
60. Wodzinski T.J.e.a.// Acta Soc.Bot.Fol.-1932.-51,2.-  
P. 187-201.
61. Worrall J.// TAPPI,1970.-53,1.- P.58-63.
62. Young H.E.// J.Forestry,1952.-50,8.-P.614-615.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

А.М.Мауринь. Стансвление концепции биотемпорализма .....	3
А.П.Левич. Тезисы о времени естественных систем .....	31
Р.Г.Баранцев. Время. Динамика. Сиятез .....	67
Б.С.Флейшман. Темпорально-биологический "закон логарифма" как следствие ообщесистемного гиперболического закона надежности регенерирующих систем .....	85
И.Я.Лиена, Г.Е.Поспелова, Э.Ф.Клявия. Темпоральная гетерогенность экосистемы .....	98
З.Д.Мешковский. Темпоральность реакции древесных растений в условиях антропогенной нагрузки.....	102
И.Я.Лиена, О.Э.Никодемус, К.К.Раман, А.Я.Скудра. Временной ход реакции сосняков в условиях изменчивого загрязнения воздуха .....	114
Г.Е.Поспелова, Л.А.Харитонова, С.Э.Трущенко. Темпоральная гетерогенность реакции растений на минимальную температуру в период вегетации .....	128
И.А.Аршавский. Проблема хронотопа А.А.Ухтомского и темпоральные факторы биологии индивидуального развития .....	135
Н.Н.Манкратов. Взаимодействие организма со средой и время .....	159
В.А.Балодис. Выявление темпоральной структуры камбиального роста у древесных растений .....	172

### ТЕМПОРАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ЭКОЛОГИИ

Сборник научных трудов

Рецензенты: В.Лангенфельд, д-р биол. наук, проф.;  
Р.Тришкян, канд. геол.-мин. наук

Редакторы: А.Мауринь, Н.Терентьева  
Техн. ред. С.Ливия Корректор А.Скудра

Подписано к печати 05.12.1985. ЯТ 09793 Ф/б 60x84/16.  
Бумага М1.12, Ф физ. печ. л. 11, 0 усл. печ. л. 9, 1 уч.-изд. л.  
Тираж 500 экз. Зак. №1518 Цена 1р. 40 к.

Латвийский Государственный университет им. П.Стучки  
226098 Рига, б. Райниса, 19

Отпечатано в типографии, 226050 Рига, ул. Вейденбаума, 5  
Латвийский государственный университет им. П.Стучки

338642

452

0.70

1 p. 40 к.

44 / 1099

LATVIJAS UNIVERSITĀTES BIBLIOTĒKA



0508043495