



В.Н. Селуянов, М.П. Шестаков, И.П. Космина

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Учебник

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области физической культуры и спорта в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 032100 – Физическая культура, специальностям 032101 – Физическая культура и спорт, 032102 – Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (Адаптивная физическая культура)

Москва  
Издательство «Флинта»

Издательство «Наука»  
2005  
РГУФК

Е 94943

УДК 796(077)  
Н34

Н34 Научно-методическая деятельность : учебник по направлению 032100 - Физическая культура и специальностям 032101 - Физическая культура и спорт, 032102 - Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (Адаптивная физическая культура) / В. Н. Селуянов, М. П. Шестаков, И. П. Космина. - М.: Флинта : Наука, 2005. - 288 с.

Рецензенты:

Бальсевич В. К. - доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАО;

Семенов А. Г. - доктор педагогических наук, профессор

ISBN 5-89349-899-2 (Флинта)

ISBN 5-02-033348-4 (Наука)

Учебник содержит материал курса «Научно-методическая деятельность», который читается в соответствии с примерной программой дисциплины федерального компонента цикла ОПД Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования второго поколения по специальности 032102 - Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (Адаптивная физическая культура), а также вузовского компонента цикла ОПД Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования второго поколения для направления 032100 - Физическая культура и специальности 032101 - Физическая культура и спорт. В учебнике изложены основы методологии научного познания, даны сведения о современных естественнонаучных концепциях и исследованиях в области физической культуры и спорта, приведены методологические основы научно-исследовательской работы, раскрыты основные методы научных исследований в области физической культуры и спорта. Также рассмотрены характеристики эмпирического и теоретического методов, способы контроля переменных, приводятся процедура и организация эксперимента, схемы экспериментальных планов.

Учебник предназначен для студентов, магистрантов и аспирантов, а также интересующихся методами научного исследования.

ISBN 5-89349-899-2 (Флинта)

ISBN 5-02-033348-4 (Наука)

© Селуянов В. Н., Шестаков М. П.,

Космина И. П., 2005.

© РГУФК, 2005.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ГЛАВА I. НАУКА КАК ВИД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b> .....	7
1.1. Общие представления о науке.....	7
1.2. Развитие методологии научного познания.....	15
1.2.1. Классификация наук.....	51
1.2.2. Уровни познания объективной реальности.....	54
1.3. Методология научного исследования.....	55
1.3.1. Эмпирический уровень научного исследования ..	55
1.3.2. Теоретический уровень научного исследования ..	59
1.4. Моделирование.....	66
1.4.1. Моделирование в эмпирическом исследовании ...	66
1.4.2. Моделирование в теоретическом исследовании ...	68
<b>ГЛАВА II. СОВРЕМЕННЫЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ КОНЦЕПЦИИ О ЖИВОМ</b> .....	73
2.1. Концепции эволюции живой природы.....	77
2.2. Концепции возникновения жизни на Земле.....	83
2.3. Современные подходы к исследованию эволюции.....	93
2.4. Концепция уровней организации живых систем.....	96
2.5. Современные подходы к теоретическим исследованиям живого.....	102
2.6. Современные концепции естествознания и исследования в области физической культуры и спорта.....	114
2.6.1. Исторический аспект развития научных исследований в области физической культуры и спорта.....	114
2.6.2. Возможная классификация наук в области физической культуры.....	115
<b>ГЛАВА III. МЕТОДИКА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ</b> .....	121
3.1. Постановка проблемы.....	121
3.2. Составление рабочего плана исследования.....	123
3.3. Планирование эксперимента.....	124

3.3.1. Факторы и переменные в плане эксперимента .....	128
3.3.2. Определение требуемых ресурсов для проведения исследования .....	137
3.3.3. Планы экспериментов для одного испытуемого ...	143
3.3.4. Корреляционное исследование .....	146
3.3.5. Основные типы корреляционного исследования .....	150
3.3.6. Планы для одной независимой переменной и нескольких групп .....	156
3.3.7. Факторные планы .....	158
3.3.8. Поисковые и неполные экспериментальные планы в педагогических исследованиях .....	165
3.3.8.1. Поисковые планы .....	165
3.3.8.2. Неполные планы .....	167
3.4. Проектирование методических разработок (инженерное проектирование) .....	169
3.5. Форма представления результатов НИР .....	187
<b>ГЛАВА IV. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ .....</b>	<b>192</b>
4.1. Методика сбора и изучения источников литературы .....	192
4.2. Использование новых компьютерных технологий в научной деятельности .....	194
4.2.1. Коммуникационное направление .....	195
4.2.2. Вычислительное направление .....	197
4.2.3. Сервисное направление .....	200
4.3. Моделирование .....	203
4.3.1. Основы построения управляемых моделей .....	204
4.3.2. Математическое моделирование .....	206
4.3.3. Решение дифференциального уравнения .....	209
4.3.3.1. Численное интегрирование (метод Эйлера) .....	209
4.4. Основные положения и методы изучения проблем отбора в спорте .....	211
4.5. Методы спортивной биомеханики .....	216
4.5.1. Биомеханический эмпиризм .....	216
4.5.2. Биомеханический рационализм .....	218

4.5.3. Биомеханические методы для сбора исходной информации .....	220
4.5.4. Кино- и видеоанализ .....	221
4.5.5. Статистическая обработка информации .....	222
4.5.6. Проблема внутри- и межиндивидуальных различий .....	222
4.5.7. Теоретические исследования .....	223
4.5.7.1. Имитационное моделирование перемещения снарядов .....	224
4.5.7.2. Моделирование тела человека .....	224
4.5.7.3. Моделирование мышц .....	225
4.5.8. Биомеханизм как основа теоретической биомеханики .....	226
4.5.9. Этапы исследований в теоретической биомеханике .....	229
4.6. Методы спортивной физиологии .....	232
4.7. Методы биоклинической педагогики .....	239
4.8. Методы математической статистики .....	240
4.8.1. Статистическое наблюдение .....	240
4.8.2. Особенности анализа статистического материала .....	241
4.9. Педагогическое наблюдение .....	246
4.10. Контрольные испытания .....	248
4.11. Педагогический эксперимент .....	259
4.12. Литературное оформление научного труда .....	262

**ГЛАВА V. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ .....**

<b>ТЕЗАУРУС .....</b>	<b>267</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>289</b>

## ГЛАВА I. НАУКА КАК ВИД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 1.1. Общие представления о науке

Наука - сфера человеческой деятельности, функцией которой является выработка знаний о действительности, а также один из видов познания, в ходе которого формируется система научных понятий и предложений о явлениях и законах природы и общества, она способна служить теоретической основой для практического преобразования природы и общества в интересах человечества. Наука - не результат любознательности отдельных людей, а практическая деятельность всего человечества, подчиненная целям развития общества.

#### Роль науки

*Роль и особенности современной науки* в системе духовного и материального производства можно показать при помощи следующих фактов:

рост численности учёных: в нач. XIX в. - около 1 тыс., к концу XX в. - свыше 5 млн.;

рост научной информации: в 1900 г. - 10 тыс. научных журналов, сегодня - около 1 млн., более 90% важнейших научно-технических достижений приходится на XX век;

наука сегодня включает более 15 тыс. дисциплин, но начинается процесс интеграции, взаимодействия разделов естествознания и гуманитарных наук; наука сегодня изучает всё, даже саму себя (наукометрия, науковедение, философия науки);

научная деятельность - профессия, требующая особой подготовки;

научные знания о строении вещества, эволюции Вселенной, происхождении и развитии жизни, человека формируют культуру и мировоззрение;

научные знания порождают новые технологии, источники сырья и энергии, средства связи и транспорт и **даже**

жские сферы человеческой деятельности; наука помогает решить социальные проблемы.

*Научное исследование характеризуют новизна, достоверность, доказательность и обоснованность положений и выво-*

Различают обыденное познание и научное.

Обыденное познание опирается на знания, полученные в ходе обучения, жизненный опыт и здравый смысл, поэтому в нем в себе элементы научного знания и субъективные предположения. Здравый смысл - стихийно сложившаяся, под влиянием повседневной практической деятельности и житейского опыта, совокупность взглядов на жизнь, на окружающий мир у данного индивида. Он появляется в ходе знакомства с реальной окружающей действительностью такой, какой она предстает индивиду непосредственно. Поэтому здравый смысл характеризуется консервативностью, трудным восприятием нового, идущего вразрез с устоявшимися взглядами. До Н. Коперника (1473 - 1543) было против здравого смысла говорить, что земля вертится, а не солнце ходит по небосклону. Во всех случаях, когда какой-либо деятель заявляет, что его поступки соответствуют здравому смыслу, можно утверждать - он не обладает элементарной научной культурой.

Научное знание приобретает посредством особых **научных** методов (эмпирических и теоретических). Применение **научных** методов позволяет правильно отображать объективные законы природы и общества.

Метод - путь познания, опирающийся на некоторую совокупность ранее полученных общих знаний (принципов, приемов и операций). Метод не существует в объективной действительности сам по себе, он результат творческой деятельности человека, он создается человеком и представляет собой совокупность правил, требований. Ученый должен не только разделять ценности этой научной сферы человеческой деятельности, **но** и применять научный метод как единственно допустимый. Метод - система приемов и операций, должен быть признан

научным сообществом в качестве обязательной нормы, регулирующей проведение исследования.

Методология научного познания изучает методы научного исследования. К ним относятся, во-первых, исходные основы и принципы научного исследования и, во-вторых, приемы и способы эмпирического и теоретического исследования в науке, опирающиеся на эти принципы.

Исходные основы познания анализируются и оцениваются в тесной связи с философией, с мировоззрением. Диалектический материализм как наука, изучающая всеобщие формы бытия, всеобщие законы движения, развития объективной действительности и познания, выполняет функции: мировоззренческую, гносеологическую и методологическую (логическую).

#### Объект и предмет познания

В научном познании отражается внешний мир. Познающая и практически действующая реальность называется субъектом познания. Это может быть человек, группа людей или общество в целом. Объект познания - та часть материи, которая включена в познавательную деятельность субъекта. Материя включает два атрибута - вещество и движение, уже поэтому необходимо уточнять то, на что направлено внимание субъекта. В связи с этим вводится понятие предмет исследования - им могут быть отдельные части объекта (вещество), какие-либо свойства, процессы. В этом смысле у какого-либо объекта существует множество сторон рассмотрения, предметов исследования.

#### Принципы познания

Диалектическая методология включает следующие принципы познания:

- отражения,
- активности,
- всесторонности,
- восхождения от единичного к общему и обратно,
- единства индукции и дедукции,

взаимосвязи качественных и количественных характеристик ГИК,  
детерминизма,  
историзма,  
противоречия,  
диалектического отрицания,  
восхождения от абстрактного к конкретному,  
единства исторического и логического,  
единства анализа и синтеза.

Понятие "принцип" отражает определенное требование (реглабирующую норму) к процессу мышления человека.

Принцип отражения предполагает вторичность сознания по отношению к внешнему миру. Примером действия этого принципа стало открытие образа внешнего мира и своей собственной системы координат у человека - он мыслит, строит свои миры в соответствии с трехмерным пространством и силами Викторами, которые он создает в этом пространстве.

Принцип активности требует учета деятельности субъекта, который должен не только быть наблюдателем, но и активным воздействием на объект исследования для раскрытия свойств и связей между элементами, раскрытия его сущности. Голом задача познания - сведение внешнего к внутреннему, явлению ~ к сущности. Теория и методика физического воспитания в качестве основы своего развития рассматривает тализ спортивной практики, а это значит, что ученые, следующие этой установке, отказываются от принципа активности, не используют знания об устройстве объекта исследования (биологию человека).

Принцип всесторонности рассмотрения позволяет выявить все стороны объекта как внутренние, так и внешние связи, окружающую среду. Надо здесь отметить, что всесторонность должна согласовываться с принципом оптимизации, поскольку связь может оказаться малосущественной при решении конкретной задачи исследования и не потребует специального рассмотрения. Если руководствоваться этим принципом, то

при анализе программ тренировок спортсменов обязательно следует изучать ход адаптационных процессов в их организме.

*Принцип восхождения от единичного к общему и обратно* характеризует исторический процесс развития познания от единичного к общему. Выделение общего признака, свойственного всем исследуемым предметам, или движение от единичного к общему, является лишь первой стадией познания объекта. Она не приводит к познанию сущности изучаемых предметов, а лишь фиксирует, закрепляет в понятиях общие черты. Путь от общего к частному позволяет познать сущность явления и связан с моделированием объектов имитацией (предсказанием) его деятельности (движения). Восхождение от единичных фактов, их систематизация привели к формулировке таких понятий, как сила, быстрота, выносливость, гибкость, ловкость, в целом - физические качества.

*Принцип единства индукции и дедукции* характеризует взаимосвязь общего и частного в процессе познания. Индукция может быть определена как метод перехода от знания отдельных фактов к знанию общего. Дедукция - это метод перехода от знания общих закономерностей к частному их проявлению. Теоретическая индукция и основанная на ней дедукция отличаются от эмпирических индукции и дедукции тем, что они основаны не на поисках абстрактно-общего, одинакового в разных предметах и фактах («Все лебеди - белы»), а на поисках конкретно-всеобщего, на поисках закона существования и развития исследуемой системы. Дедукция и индукция находятся в отношении асимметрии. Она проявляется в том, что дедукция дает заключение с необходимостью. Но не дает по существу нового знания, а индукция дает новое знание, но только вероятностное. В то же время для подтверждения некоторого общего положения или общего закона необходимо бесконечное число случаев, а чтобы опровергнуть его, достаточно одного.

*Принцип взаимосвязи качественных и количественных характеристик* проявляется через изменение внутри объекта количества элементов. Затем появляются новые качественные изменения, представляющие собой скачок, перерыв

непрерывности. Модель атома, изменение в ней количества нейтронов, позитронов, электронов и других элементов приводит к появлению новых веществ, а понимание этих закономерностей позволяет предсказывать возможность существования новых веществ; например, Д. И. Менделеев (1834 - 1907) предсказал существование экаалюминия (далее назвали галлием). В физическом воспитании было время, когда думали, что увеличение объема физических нагрузок должно приводить к качественным сдвигам, а именно, становлению новой спортивной формы. Однако, например, в мышечных волокнах никаких качественных изменений не происходит - как у спортсменов, так и у выдающихся спортсменов в мышечных волокнах имеются одни и те же органеллы. Различие имеется лишь в их количестве (массе). Можно предположить, что наращивание контактов между нейронами головного мозга создает условия для качественно иного мышления, появлению новых двигательных навыков.

*Принцип детерминизма* требует признания причинной обусловленности явлений. Моделирование является подходом, раскрывающим взаимодействие материальных образований (вещей или элементов, образующих одну и ту же вещь). Причина во времени всегда предшествует следствию - изменениям, возникающим во взаимодействующих образованиях (элементах). Взаимодействие есть движение материи - развитие, переход или превращение одних ее материальных образований в другие. Управляющие воздействия тренера, биологические процессы развития создают условия (являются причиной) для развития адаптационных процессов в организме спортсмена, например, увеличения или уменьшения массы миофибрилл, или митохондрий, или гликогена в мышечных волокнах.

*Принцип историзма* требует рассмотрения объекта в самодвижении и развитии. В ходе теоретического анализа воспроизводится реальный процесс развития, взятый в его необходимых связях и отношениях. В теории и методике физического воспитания процесс планирования тренировочных занятий должен учитывать биологические процессы созревания организма ребенка, ход построения тренировочных нагрузок и изменение

состояния организма спортсмена на предыдущих этапах тренировки.

*Принцип противоречия* требует обнаружения в объекте противоречия и способа его разрешения. Любой материальный объект является единством противоположностей, непрерывно изменяется и вместе с тем сохраняет себя, свои качества. Начальным моментом познания является открытие в исследуемом объекте различных противоположных элементов, изучение их как самостоятельных явлений (объектов). В ходе дальнейшего исследования устанавливается их взаимоотношение как единство противоположностей. Примером разрешения противоречия является живая клетка. В ней непрерывно идет обмен веществ, процессы ассимиляции и диссимиляции. В теории и методике физического воспитания часто говорят о противоречии между объемом и интенсивностью физических упражнений. Понимается, что между объемом и интенсивностью никакого противоречия быть не может. Противоречия между анаболизмом и катаболизмом возникают внутри клеток организма спортсменов, например, высокоинтенсивные упражнения гликолитической направленности, которые вызывают рекрутирование как окислительных, так и гликолитических мышечных волокон, приводят к росту концентрации ионов водорода в мышце. При предельном уровне закисления мышечных волокон активизируются процессы катаболизма митохондрий и миофибрилл, в частности, под действием протеинкиназ, выходящих из лизосом под влиянием ионов водорода.

*Принцип диалектического отрицания* представляет собой единство уничтожения и сохранения. В теории и методике физического воспитания этот принцип обсуждается при рассмотрении проблемы спортивной формы. После соревновательного периода рекомендуется организовать переходный период для «сброса» «старой» спортивной формы и создания новых условий для приобретения «новой» спортивной формы. Практика показала, что без временной утраты спортивной формы нормальный тренировочный процесс невозможен. Однако в этом случае также имеет место поверхностное рассмотрение

проблемы, суть же явления скрыта внутри организма спортсмена. Например, за время участия в соревнованиях эмоциональные и физические стрессовые нагрузки приводят к истощению резервных возможностей эндокринной системы, поэтому неизбежно требуется время и специальные воздействия для восстановления изношенных органов. Следовательно, принцип «отрицания отрицания» не имеет отношения к проблеме «спортивной формы», эта проблема исчезает сама по себе, когда тренировочный процесс не приводит к истощению (длительному недовосстановлению) резервных возможностей систем и органов спортсмена. Принцип «отрицания отрицания» реализуется непрерывно в каждой клетке нашего организма в виде умирания старых органелл и синтеза новых с помощью наследственной информации.

*Принцип восхождения от абстрактного к конкретному* характеризует путь познания объективной реальности. Суть его сводится к построению модели объекта, когда из абстрактных представлений о свойствах элементов строится вполне конкретное целостное образование, объединяющее в себе противоречивые свойства элементов. В настоящее время существуют математические компьютерные программы-модели систем и органов человека. В качестве начальных условий в эти программы можно ввести особенности конкретного спортсмена и получить данные о предполагаемом ходе адаптационных процессов в ответ на заданные тренировочные нагрузки.

*Принцип исторического и логического* требует построения таких объектов, чтобы их развитие (история) совпадала с логикой процессов функционирования и, например, адаптации живой ткани. В теории и методике физического воспитания этот принцип должен реализовываться на протяжении всего биологического развития индивида от рождения до смерти, логика этой научной дисциплины должна совпадать с законами биологического развития человека.

*Принцип единства анализа и синтеза* реализуется в ходе моделирования объекта исследования. Изучение элементов объектов и их описание есть анализ, построение целостной модели

есть синтез.

Практическая реализация философских принципов должна выполняться применительно к анализу объективной реальности - объектов, материальных образований. Попытка их применения к отдельным сторонам объективной реальности (движение) или абстрактным понятиям, в отрыве от реальности, которую они должны представлять, приводит к грубым гносеологическим ошибкам.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Назовите основные характерные признаки научного знания.
2. Почему ученому нельзя применять логику «здорового смысла»?
3. Как добывается научное знание?
4. В какой дисциплине сформулированы основные научные методологические принципы?

#### **1.2. Развитие методологии научного познания**

Вопрос о возникновении науки в современном понимании является дискуссионным, существуют разные точки зрения:

- Если науку отождествлять с опытом практической и познавательной деятельности, то отсчёт надо вести с каменного века, когда человек начинает накапливать и передавать другим знания о мире (Д. Бернал).

- Если понимать под наукой сознательное, целенаправленное исследование природы с рефлексией о способах обоснования знания, то наука рождается примерно в V в. до н.э. в Древней Греции (В. С. Стёпин).

- Если считать, что наука возникает тогда, когда была осознана роль опытного знания, эксперимента, то наука возникает в XIII в. (Р. Гроссетест и Р. Бэкон призывали опираться на эксперимент, а не верить Аристотелю).

- Большинство историков науки считают, что о науке в современном смысле слова можно говорить с XVI-XVII в.,

когда появляются работы Н. Коперника, И. Кеплера, Е. Галилея, Р. Декарта, И. Ньютона. Наука «строит» математические модели явлений, сравнивает их с экспериментальными данными, проводит мысленные эксперименты. В XVII в. происходит признание социального статуса науки. В 1662 г. возникает Лондонское Королевское общество, в 1666 г. - Парижская Академия наук.

Существует точка зрения (Философия и методология науки, 1996), что современная наука появляется лишь в начале XIX в., когда происходит оформление науки в особую профессию, и она становится непосредственной производительной силой общества.

#### Ранняя античная натурфилософия

*Ранняя античная натурфилософия.* Отдаленной предшественницей науки можно считать мифологию, в которой была реализована попытка построить целостную систему об окружающей человека действительности. Религиозные ограничения мешали развитию научных знаний. Активное развитие научных знаний проявилось в шестом веке до нашей эры в древней Греции. От мифологии отделилась натурфилософия или философия природы, в которой умозрительно, целостно истолковывается природа. Именно в это время в древнегреческой культуре завершается отделение объекта и субъекта, возникает теоретическая проблема отношения человека и мира, познания законов природы, ее структуры, организации бытия.

Параллельно и относительно независимо от европейской культуры развивались научные представления в государствах Средней Азии, Китае и других частях мира.

В странах Древнего Востока знания имели прикладной характер и всегда служили практике, греки же впервые стали объяснять мир, строить модели мироздания. Древнегреческие мыслители разрабатывают целый спектр философских систем, конкурирующих между собой, по-разному объясняющих мир. Греческие философы первыми начинают оперировать идеальными формами и обеспечивают постижение предметных



структур, ещё не освоенных в практике. Вкратце можно выделить некоторые общие *черты античной науки*:

**Умозрительность**, отсутствие эксперимента, теоретический характер древнегреческой науки: мыслители Древней Греции верили в совершенные и неизменные идеальные сущности, формы, идеи, относились к миру как к Космосу (порядку, гармонии). Греческие мыслители презирали прагматичность знания; например, Архимед считал эмпирические и инженерные знания низким и неблагодарным делом (Стёпин, 1992; Поппер, 1992).

**Целостность**, додисциплинарность: греки описывали мир в единстве и понимали его целостно. Пифагор считал, что познать вещи можно только через гармонию между человеком и миром, через единение, через общее начало, а это общее начало даёт вещам число. В пифагорейском союзе изучали всё: теософию и астрологию, науку жизни души и искусство прорицания, науку жизни и смерти, психологию и медицину, науку трансформаций, магию, мораль, физику, науку о камнях, растениях и животных, политику и т.д.

**Антиисторичность**, отсутствие идеи необратимой эволюции: мир воспринимался и переживался античными философами не в категориях изменения и развития, а как пребывание в стационарном состоянии или вечном вращении в великом кругу.

Одной из вершин античной культуры являлось атомистическое учение Демокрита (ок. 460 - 370 гг. до н.э.). Уточняя пифагорейское понятие единицы, Демокрит приходит к выводу, что «единицу» надо мыслить как физическое тело очень малых, но конечных размеров. Бесконечные миры рождаются, развиваются, разрушаются циклообразно, бесконечно. Ум, Интеллект следует, а не предшествует общему порядку соединений атомов. Душа и ум образованы из особых атомов. Атомизм, таким образом, возникает отнюдь не только в результате эмпирических наблюдений, а и в результате развития определенных теоретических понятий. Концепция атомизма явилась одной из самых эвристичных, одной из самых плодотворных и перспективных

научно-исследовательских программ в истории науки. Она сыграла выдающуюся роль в развитии представлений о структуре материи, в ориентации движения естественнонаучной мысли на познание все более глубоких структурных уровней организации материи. И сейчас, спустя 2500 лет после ее возникновения, программа атомизма (применяемая уже не к атомам, а к элементарным частицам, из которых они состоят) является одним из краеугольных оснований естествознания, современной физической картины мира.

Идея математического доказательства - это величайшее достижение древнегреческих мыслителей. В древневавилонской и древнеегипетской математике идеи математического доказательства не было. Начиная с Пифагора (ок. 580-500 гг. до н.э.), в истории культуры развивается установка на широкое развитие математических исследований.

Пифагор создал общество пифагорейцев, которое стало авторитетной философско-научной школой, политическим союзом. Среди прочего они подчёркивали количественные стороны природных явлений, открыли числовые пропорции: звуки и музыка, периодизация времени, циклы биологического развития, движение небесных тел. Вместе с тем, верили в переселение душ (метемпсихоз). Космос - порядок, Земля - шар, в центре Космоса - центральный огонь.

Платон (427 - 347 до н.э.) создал первую целостную систему объективного идеализма. Математическими образами и аналогиями пронизана вся философия Платона. Он является основателем теории материи, создателем Академии, философской школы, основывающейся на традициях пифагорейцев. Вслед за пифагорейцами Платон закладывал основы программы математизации познания природы. Но если пифагорейцы рассматривали космос как некоторую однородную гармоническую сферу, то Платон впервые вводит представление о неоднородности бытия, космоса. Он разделяет космос на две качественно различные области: божественную (вечное, неизменное бытие, небо) и земную (преходящие, изменчивые вещи). Из представления о божественности космоса Платон делает вывод, что небесные



светила могут двигаться только равномерно, кругообразно и в одном и том же направлении. Он является автором первой социальной утопии.

Аристотель (384 - 322 г. до н.э.) - величайший ученый античности. Его влияние на развитие науки античности, средневековья, да и нового времени трудно переоценить. Особенно сильное влияние оказали труды Аристотеля на формирование естественных наук: физики, астрономии, медицины, ботаники и пр. Он дал первое описание закономерностей природы, общества и мышления.

Начиная с Аристотеля разделение наук, стихийно начатое еще ранее, получило свое теоретическое обоснование.

В это же время начали складываться новые частные области знания. Эвклид (310 - 280 до н.э.) привёл в единую, логически завершённую дедуктивную систему математические знания. Его научный труд «Начала» служили учебником геометрии до XX в., также ввёл иррациональные числа, заложил основы оптики.

В области астрономии создана астрономическая система Птолемея (100 - ок. 165 н.э.).

В области механики Архимед из Сиракуз (ок. 287 - 212 до н.э.) является создателем теоретической механики (закон Архимеда, теория рычага, наклонная плоскость, ввёл понятия «центр тяжести», «вес», «равновесие рычага», «статический момент»); заложил основы статики и гидростатики. Он строил свои доказательства аксиоматически. Создал планетарий и воспроизвёл движение небесных светил (чудо механики).

Античные воззрения на органический мир. Уже античные натурфилософы обращали свои взоры на органический мир и строили первые умозрительные схемы, объяснявшие его происхождение и развитие. На основе таких умозрительных представлений, в конце концов, сложились два противоположных подхода к решению вопроса о происхождении жизни.

Первый, религиозно-идеалистический, исходил из того, что жизнь является следствием божественного творческого акта (креационизм) и потому всем существам свойственна особая, независимая от материального мира «жизненная сила»

(vis vitalis), которая и направляет все процессы жизни (вitalизм).

В древности сложился и материалистический подход, в основе которого лежало представление о том, что живое может возникнуть из неживого, органическое из неорганического под влиянием естественных факторов. Так сложилась концепция самозарождения живого из неживого.

Еще более обстоятельная теория происхождения живого была создана Эмпедоклом (490 - 430 гг. до н.э.), с именем которого связывают первую догадку о том, что существуют ископаемые остатки вымерших организмов.

Первая попытка установить взаимосвязь между строением и функциями человеческого тела принадлежит знаменитым александрийским врачам Герофилу и Эрасистрату (3 в. до н.э.), проводившим вскрытия трупов и опыты на животных.

Особенно много для развития биологии в античном мире сделал Аристотель. Аристотелю были глубоко чужды представления Эмпедокла об органическом мире и его происхождении. Мировоззрение Аристотеля проникнуто телеологизмом и отрицанием эволюционизма.

По его мнению, любой растительный или животный организм - это некое законченное целое, представляющее собой реализацию определенной формы. Такой организм состоит из многих неоднородных частей или органов, каждый из которых выполняет свою вполне определенную функцию, необходимую для поддержания жизнедеятельности всего организма. Выполнение этой функции и есть цель, ради которой этот орган существует. Выполнение функций органом требует, как правило, не одной, а нескольких способностей (двигаться, сжиматься и расширяться, воспринимать ощущение и др.). Поэтому орган должен состоять не из одной, а из многих однородных частей. Эти однородные вещества и представляют собой материю, из которой образованы органы и весь организм в целом. Онтогенез он рассматривал с позиций категорий возможности и действительности. Органический рост - это актуализация возможностей, скрытых в исходной материи. Такая трактовка

близка современным представлениям о том, что все особенности структуры взрослого организма зашифрованы в виде генетического кода.

Аристотель вскрывает трупы различных животных, делая при этом выводы и об анатомическом строении человека. Но Аристотель зарождает традицию систематизации животных. Он первый поставил классификацию животных на научную основу, группируя виды не только по сходству, но и по родству. Всех животных Аристотель подразделял на кровяных и бескровных. Такое деление примерно соответствует современному делению на позвоночных и беспозвоночных. Человеку он отводил место на вершине кровяных.

Наряду с формированием умозрительных схем о происхождении живого, античность постепенно накапливает рациональные эмпирические знания, формирует концептуальный аппарат протобиологии. Алкмеона Кротонского (конец VI - начало V веков до н.э.) считают основоположником античной анатомии и физиологии. О нем сообщают, что он первый начал анатомировать трупы животных для научных целей. Алкмеон признавал мозг органом ощущений и мышления и уяснил роль нервов, идущих от органов чувств (глаз, ушей) к мозгу.

С именем Гиппократ (ок. 460 - 377 гг. до н.э.), современника Демокрита, связан тот период развития биологии и медицины, когда медико-биологические знания начали отпочковываться от религии, магии и мистицизма. Человека представлял как влётённого естественным образом в контекст систем, образующих сферу его жизни. Медицинское знание для него - это точное и строгое понимание подходящей диеты и её выверенной меры.

Гиппократ развивает идею о естественных причинах болезней. К таким причинам он относит и факторы, исходящие из внешней среды, и возраст больного, и его образ жизни, и его наследственность и др. Один из теоретических принципов гиппократова учения - единство жизни как процесса. Он считал, что основу всякого живого организма составляют четыре «жидкости тела» - кровь, слизь, желчь желтая и желчь черная. Отсюда

и четыре типа темпераментов **людей** - сангвиники, флегматики, холерики и меланхолики.

Завершителем античной биолого-медицинской традиции был Клавдий Гален (129 - 199 гг.). Гален был прекрасным анатомом. Поскольку в Риме в ту эпоху вскрытие трупов было запрещено, он изучал анатомию не только человека, но и разных животных. Физиологические воззрения Галена базировались во многом на трудах Гиппократ. Гален детально изучал центральную и периферическую нервную системы, искал связь спинномозговых нервов с процессами дыхания и сердцебиения. Он окончательно доказал, что артерии наполнены кровью, а не воздухом.

### **Средневековая наука и наука Возрождения**

*Средневековая наука и наука Возрождения. Возникновение классического естествознания.*

Наука в средние века базировалась на натурфилософии Аристотеля и *неоплатонизме*. Знания о природе были теоцентричны, господствовали *схоластика, догматизм*. Для средневекового человека природа - это мир вещей, за которыми надо стремиться видеть лишь символы бога. Поэтому и познавательный аспект средневекового сознания был направлен не на выявление объективных свойств предметов зримого мира, а на осмысление их символических значений, т.е. их отношения к божеству. Познавательная деятельность была по преимуществу толковательной, оценочной, опиралась на иерархизированную и субординированную систему ценностей, ценностное сознание.

В современном понимании наука начала складываться в новое время (с XVI - XVII веков) под влиянием развивающегося капиталистического производства. Наука стала превращаться в реальный фактор мировоззрения. Леонардо да Винчи (1452 - 1519), Н. Коперник (1473 - 1543), Г. Галилей (1564 - 1642), И. Кеплер (1571 - 1630), Р. Декарт (1596 - 1650), И. Ньютон (1643 - 1727) совершили первую научную революцию.

Становление науки в XVI - XVIII в. характеризуется:

- утверждением гелиоцентрической системы Космоса Н. Коперника;
- учением о бесконечности миров, об отсутствии центра Вселенной Дж. Бруно;
- многолетними наблюдениями за планетами Т. Браге и законами движения планет вокруг Солнца по эллипсам И. Кеплера;
- экспериментами Г. Галилея;
- теорией познания Р. Декарта и рациональной механикой И. Ньютона.

Значение открытий Н. Коперника, Дж. Бруно, И. Кеплера состояло в том, что они, а позже и Ч. Дарвин, сокрушили идею центральности человека. Открылась бесконечность миров, в которой потерялся человек с его притязаниями быть центром Вселенной. Земля не есть центр Космоса и не вокруг неё вращаются миры. Земля - одна из планет и место её очень скромное.

С открытиями Коперника, Бруно, Кеплера, Галилея, Ньютона стало утверждаться представление: всё происходящее подчиняется естественным единым механическим законам, утверждается каузальный взгляд, в отличие от целевого взгляда Аристотеля. Ньютон завершает процесс формирования первой в истории человеческой культуры естественнонаучной картины мира, которая господствовала 200 лет. Физика развивалась в направлении применения механики к любым областям опыта.

В период позднего средневековья (XIV - XV вв.) постепенно осуществляется пересмотр основных представлений античной естественнонаучной картины мира и складываются предпосылки для создания нового естествознания, новой физики, новой астрономии, возникновения научной биологии. Такой пересмотр базируется, с одной стороны, на усилении критического отношения к аристотелизму, а, с другой стороны, - на трудностях в разрешении тех противоречий, с которыми столкнулась схоластика в логической, рациональной интерпретации основных религиозных положений и догматов.

Формирование основ классической механики было величайшим достижением естествознания XVII века. Классическая механика была первой фундаментальной естественнонаучной теорией. В течение трех столетий (с XVII в. до начала XX в.) она выступала единственным теоретическим основанием физического познания, а также ядром второй естественнонаучной картины мира - механистической.

Потребовалось всего полвека развития науки и общего мировоззрения под воздействием открытий самого Ньютона, чтобы появились мыслители, категорически отвергавшие идею божественного начального толчка и внесшие в естествознание идею естественной эволюции материи. Первым из таких мыслителей был И. Кант.

Механистическая картина мира стала существенно преобразовываться с появлением закона сохранения энергии (Р. Майер, Дж. Джоуль, Г. Гельмгольц), создания клеточной теории (Т. Шванн, М. Шлейден), эволюционной теории (Ч. Дарвин), периодической системы элементов (Д.И. Менделеев). С открытием электрона, атомов и радиоактивности наступает очередной кризис в науке, изменяется картина мира.

### **Френсис Бэкон**

Френсис Бэкон (1561 - 1626) - английский философ, родоначальник английского материализма и методологии опытной науки. Своей задачей Бэкон считает создание новой методологии, которая «оказывала бы разуму помощь в извлечении правильных закономерностей из наблюдений над реальной действительностью».

Он разрабатывает всеобщий и полный метод нахождения истины, подробный, последовательный, скрупулезный и всеприложимый. Бэкон считал возможным обучить любой ум процессу научной индукции и расписать этот процесс по таблицам! Сначала, по Бэкону, надо свести все факты, в которых фигурирует изучаемое явление, в «таблицу положительных инстанций». Затем надо подыскать аналогичные факты, в которых данное явление отсутствует, и свести их в «таблицу отрицательных

инстанций». Сопоставлением таких таблиц будут исключены те факты, которые являются несущественными для данного явления. Затем составляется таблица сравнения, показывающая, какую роль играет усиление одного фактора для данного явления. В результате такого сравнения получается искомая «форма» или закон природы. Данный метод, без сомнения, является прототипом современных теорий факторного, планируемого эксперимента.

К этому надо добавить глубокие замечания Бэкона о коллективной научной деятельности, о необходимости учреждения особого «дома Соломона», дома науки. Эти указания Бэкона явились исходным пунктом в организации научных обществ, академий, в частности, Лондонского Королевского Общества.

Методология естественных наук начала формироваться с работ Ф. Бэкона (1561 - 1625). Эмпиризм Бэкона был направлен против необоснованных, умозрительных выводов о явлениях природы. Он рассматривал теоретическое исследование как строго постепенное обобщение данных опыта - индукцию. Согласно его учению, познание сущности единичных вещей необходимо связано с познанием простых "природ", их составляющих. Оно осуществляется путем мысленного разделения свойств единичных объектов на простые "природы" и их формы. Познающий субъект, по мысли английского философа, должен начинать исследование объекта с осмысления его как единичного, с набором определенных свойств, а затем переходить к изучению других объектов с выделением общих свойств. Эмпирики рассматривают индукцию как единственно возможный метод научного теоретического исследования, метод выведения принципов из опыта, метод построения научных теорий. Метод индукции держит исследователя в рамках практики, заставляет сравнивать формулируемые положения с чувственными данными. Недостатком метода индукции является неспособность познания сущности явления, фиксируются только внешние проявления объекта (объектов), такое знание носит вероятностный характер, а не необходимый. Для раскрытия сущности нужен другой метод (моделирование), который способен отделить

необходимое от случайного, обеспечить переход от внешнего к внутреннему.

В рамках методологии эмпиризма не могли найти себе места рациональные науки, такие как математика, логика и др. Поскольку в основании этих наук заложены не эмпирические факты, а система аксиом, договорных положений. Р. Карнап (1901-1970) разрешил это противоречие путем ввода принципа позитивизма, в котором признаются истинными знаниями лишь те, что дают положительный (практический) результат. Наука в этом случае должна не раскрывать причины явлений, а лишь описывать результаты наблюдений (О. Конт, Дж.-С. Милль, Э. Мах).

### **Биология XVIII века**

#### *Идеи, принципы и понятия биологии XVIII века.*

Начиная с середины XVIII в. получили очень широкое распространение концепции трансформизма. Их было множество, и различались они представлениями о том, какие таксоны и каким образом могут претерпевать качественные преобразования. Наиболее распространенной была точка зрения, в соответствии с которой виды остаются неизменными, а разновидности могут изменяться. Допущение изменчивости видов в ограниченных пределах под воздействием внешних условий, гибридизации и пр. характерно для целой плеяды трансформистов XVIII в.

Трансформизм - это полуэмпирическая позиция, построенная на основе обобщения большого числа фактов, свидетельствовавших о наличии глубинных взаимосвязей между видами, родами и другими таксонами. Но сущность этих глубинных взаимосвязей пока еще не была понята. «Выход» на познание такой сущности и означал переход от трансформизма к эволюционизму.

Для перехода от представления о трансформации видов к идее эволюции, исторического развития видов необходимо было, во-первых, процесс образования видов «обратить» в историю, увидеть созидающе конструктивную роль фактора времени в историческом развитии организмов; во-вторых,

выработать представление о возможности порождения качественно нового в таком историческом развитии. Переход от трансформизма к эволюционизму осуществился в биологии *ш* рубеже XVIII - XIX вв.

В ходе конкретизации идеи развития было построено ряд важных теоретических гипотез, развивавших различные принципы, подходы к теории эволюции. К самым значительным и относительно завершенным гипотезам следует отнести: ламаркизм, катастрофизм и униформизм.

### **Ламаркизм**

Ж.-Б. Ламарк (1744 - 1809) был первым, кто предложил развернутую концепцию эволюции органического мира. Ламарк очень остро осознавал необходимость обобщающей теории развития органических форм; необходимость решительного разрыва со схоластикой и верой в авторитеты; ориентации на познание объективных закономерностей органических систем.

Основной предпосылкой этой концепции явился весь тот колоссальный эмпирический материал, который был накоплен в биологии к началу XIX в., систематизирован в искусственных системах, начатках естественной систематики.

Ламарк настойчиво подчеркивает важность времени как фактора эволюции органических форм. Во вторых, он последовательно проводит представление о развитии органических форм как естественном процессе восхождения их от низших к высшим. В-третьих, его учение содержит качественно новые моменты в понимании роли среды в развитии органических форм. Если до Ламарка господствовало представление о том, что среда - это либо вредный для организма фактор, либо, в лучшем случае, нейтральный, то после Ламарка среду стали понимать как условие эволюции органических форм.

Творческий синтез всех этих эмпирических и теоретических компонентов привел Ламарка к формулированию гипотезы эволюции, базирующейся на следующих принципах:

принцип градации (стремление к совершенству, к повышению организации);

принцип прямого приспособления к условиям внешней среды, который, в свою очередь, конкретизировался в двух законах:

1. Изменения органов под влиянием продолжительного упражнения сообразно новым потребностям и привычкам;
2. Наследования приобретенных изменений новым поколением.

В соответствии с этой теорией, ныне существующие виды живых существ произошли от ранее живших путем приспособления, обусловленного их стремлением лучше гармонизировать с окружающей средой.

### **Катастрофизм**

По иному пути пошла конкретизация идеи развития в учении катастрофизма (Ж. Кювье, Л. Агассис, д'Орбиньи, А. Седжвик, У. Букланд и др.). Идея биологической эволюции в катастрофизме выступала как производная от более общей идеи развития глобальных геологических процессов. Главная отличительная особенность данной концепции состоит в том, что *катастрофизм есть такая разновидность гипотез органической эволюции, в которой прогресс органических форм объясняется через признание неизменяемости отдельных биологических видов.*

Теоретическим ядром катастрофизма являлся *принцип разграничения действующих в настоящее время и действовавших в прошлом сил и законов природы.* Силы, действовавшие в прошлом, качественно отличаются от тех, которые действуют сейчас. В отдаленные времена действовали мощные, взрывные, катастрофические силы, прерывавшие спокойное течение геологических и биологических процессов. Мощностность таких сил настолько велика, что их природа не может быть установлена средствами научного анализа. Наука может судить не о причинах этих сил, а лишь об их последствиях. Таким образом, катастрофизм выступает как феноменологическая концепция.

Главный принцип катастрофизма раскрывался в представлениях о внезапности катастроф, о крайне неравномерной скорости процессов преобразования поверхности Земли, о том,

что история Земли есть процесс периодической смены одного типа геологических изменений другим, причем между сменяющимися друг друга периодами нет никакой закономерной, преемственной связи, как нет ее между факторами, вызывающими эти процессы. По отношению к органической эволюции эти положения конкретизировались в двух принципах:

коренных качественных изменений органического мира в результате катастроф;

прогрессивного восхождения органических форм после очередной катастрофы.

С точки зрения Ж. Кювье, те незначительные изменения, которые имели место в периоды между катастрофами, не могли привести к качественному преобразованию видов. Только в периоды катастроф, мировых пертурбаций исчезают одни виды животных и растений и появляются другие, качественно новые. Творцы теории катастрофизма исходили из мировоззренческих представлений о единстве геологических и биологических аспектов эволюции; непротиворечивости научных и религиозных представлений, вплоть до подчинения задач научного исследования обоснованию религиозных догм. В основе катастрофизма - допущение существования скачков, перерывов постепенности в развитии.

### **Униформизм**

**Актуалистический метод.** Следующей обстоятельно разработанной в первой половине XIX в. концепцией развития был униформизм (Дж. Геттон, Ч. Лайель, М.В. Ломоносов, К. Гофф, Дж. Пэдж и др.). Если катастрофизм вводил в теорию развития Земли супранатуральные факторы и отказывался от научного исследования закономерностей и причин древних геологических процессов, то униформизм, наоборот, выдвигает принцип познаваемости истории Земли и органического мира. Униформисты выступали против катастрофизма прежде всего по линии критики неопределенности представления о причинах катастроф.

Ядром униформизма являлся *актуалистический метод*, который по замыслу его основоположников (прежде всего Ч. Лайеля) должен был быть ключом для познания древних геологических процессов. Актуалистический метод предполагал *преемственность прошлого и настоящего, тождественность современных геологических процессов с древними процессами*. Но характеру современных геологических процессов можно с определенной степенью приближения описать закономерности древних процессов, в том числе и образование горных пород.

Униформизм опирался на следующие теоретические принципы:

однообразие действующих факторов и законов природы, их неизменяемость на протяжении истории Земли;

непрерывность действия факторов и законов, отсутствие всяческих переворотов, скачков в истории Земли;

суммирование мелких отклонений в течение громадных периодов времени;

потенциальная обратимость явлений и отрицание прогресса в развитии.

Но униформизм, однако, являлся достаточно ограниченной теорией развития. Униформизм свел развитие к цикличности и не видел в нем необратимости; с точки зрения униформистов *Лемми* не развивается в определенном направлении, она просто изменяется случайным, бессвязным образом.

### **Дарвинизм**

**Дарвинова революция.** И ламаркизм, и катастрофизм, и униформизм - гипотезы, которые выступали необходимыми звеньями в цепи развития предпосылок теории естественного отбора, промежуточными формами конкретизации идеи эволюции.

Эмпирические предпосылки эволюционной теории породились всем ходом развития палеонтологии, эмбриологии, сравнительной анатомии, систематики, физиологии, биогеографии, других наук во второй половине XVIII - первой половине XIX в. Своим концентрированным выражением они находят, прежде

всего, в систематике растительного и животного мира. Большое значение для утверждения теории развития имела идея единства растительного и животного миров. М. Шлейдену и Т. Шванну в 30-е годы XIX века удалось разработать клеточную теорию, в соответствии с которой образование клеток является универсальным принципом развития любого (и растительного, и животного) организма; клетка является неотъемлемой элементарной основой любого организма.

Сам Ч. Дарвин опирался на колоссальный эмпирический материал, собранный как предшественниками, так и им самим в ходе его путешествий, и, прежде всего, кругосветного путешествия на корабле «Бигль».

Дарвинова теории отбора опиралась на следующие принципы:

- принцип борьбы за существование;
- принцип наследственности и изменчивости;
- принцип естественного отбора.

Теория Дарвина строится на придании принципиального значения таким давно известным до него фактам, как наследственность и изменчивость. Дарвин понимал, что непосредственно связывать наследственность, изменчивость и приспособляемость нельзя. **В** цепь «наследственность - изменчивость» Дарвин вводил два посредствующих звена.

Первое звено связано с понятием «*борьба за существование*», отражающим тот факт, что каждый вид производит больше, чем выживает особей до взрослого состояния; среднее количество взрослых особей находится примерно на одном уровне; каждая особь в течение своей жизнедеятельности вступает в множество отношений с биотическими и абиотическими факторами среды (отношения между организмами в популяции, между популяциями в биогеоценозах, с абиотическими факторами среды и др.). Дарвин разграничивает два вида изменчивости - определенная и неопределенная.

*Определенная изменчивость* (в современной терминологии - адаптивная модификация) - способность всех особей одного и того же вида в определенных условиях внешней среды

одинаковым образом реагировать на эти условия (климат, пищу и др.). По современным представлениям адаптивные модификации не наследуются и потом не могут поставлять материал для органической эволюции.

*Неопределенная изменчивость* (в современной терминологии мутация) предполагает существование изменений в организме, которые происходят в самых различных направлениях. Неопределенная изменчивость, в отличие от определенной, носит наследственный характер, и незначительные отличия в первом поколении усиливаются в последующих. Дарвин подчеркивал, что решающую роль в эволюции играют именно неопределенные изменения.

Второе посредствующее звено, отличающее теорию эволюции Дарвина от ламаркизма, состоит в представлении о естественном отборе как механизме, который позволяет осуществлять выбраковку ненужных форм и образование новых видов. Тезис о естественном отборе является ведущим принципом дарвиновой теории, тем оселком, который позволяет разграничить дарвинистские и недарвинистские трактовки природы эволюционного процесса. **В** нем отражается одна из фундаментальных черт живого - диалектика взаимодействия органической и истемы и среды.

#### **Классическая биология**

*Методологические установки классической биологии (XVII-XVIII вв.).*

Методологические установки классической биологии развились медленно, начиная со середины XVIII в. вплоть до начала XIX в., и состояли в следующем:

1. *Признание объективного, не зависящего от сознания и души человека, существования органических форм* - главная мировоззренческая посылка биологического познания. **В** XIX в. укрепилось представление о том, что мир органических форм, мир живого образовался естественным образом, порожден материальной природой без прямого либо косвенного вмешательства на потусторонних сил. Формирование такой установки было



важнейшей предпосылкой преобразования биологического познания в науку.

2. Классическая биология исходила из того, что *мир живого, органических форм имеет определенные объективные закономерности, порядок, структуру; эти закономерности познаваемы средствами науки*. Классическое биологическое познание концентрировалось лишь на одном качественно определенном уровне организации живого (организменном либо клеточном, реже - тканевом), который одновременно считался и первичным.

3. Важной характеристикой объекта являлось представление о том, что *органический мир есть, с одной стороны, некое многообразие форм, явлений, процессов, а с другой стороны, одновременно должен представлять собой и некоторое единство*.

Важнейшим достижением классической биологии и ее методологических установок явилось представление о том, что *природа живого может быть понята и объяснена только через знание его истории*.

4. В вопросе о характере познания методологические установки классической биологии формулируют те же в основном представления, что и методологические установки других естественных наук этого периода.

Познание - это обобщение фактов в несколько этапов, уровней (наблюдение, суждение, умозаключение, принципы, теория). *Основой познания является наблюдение*. Начинаясь с наблюдения, оно продолжается на уровне мыслительных процедур. К таким процедурам относятся: *описание* (как с помощью терминов языка (естественного), так и наглядным образом - с помощью рисунков, схем и др.); *систематизация* на основе определенных выделенных признаков объектов (высшей формой систематизации является *классификация*, когда выбор признаков связан с выделением существенных сторон объекта); *сравнение*, позволяющее выявлять законы объекта путем сопоставления существенных характеристик объекта (высокая эффективность метода сравнения вызвала к жизни такие науки,

как сравнительная анатомия, сравнительная морфология, сравнительная физиология, сравнительная систематика и др.).

5. Содержательным является только первый уровень - уровень наблюдения как формы непосредственного чувственного контакта объекта с объектом. *Мыслительные процедуры, акты деятельности разума не вносят в содержание биологического знания никаких новых моментов, они лишь перерабатывают то, что получено в процессе наблюдения*.

Таким образом, классическая биология (как и классические физика и астрономия) в своих методологических установках исходила преимущественно из эмпирического обоснования знания (единственной содержательной основой знания признавался чувственный опыт в виде наблюдения). Эксперимент в классической биологии еще не рассматривался как важный метод эмпирического познания органических объектов. Классическая биология - это биология по преимуществу наблюдательная. Внедрение метода эксперимента в основные отрасли биологии, в том числе и в теорию эволюции, - заслуга XX в.

6. Одним из важнейших методологических затруднений являлось непонимание диалектического пути развития теории, ее взаимосвязи с опытом, того обстоятельства, что теория на ранних этапах своего развития может не объяснять все факты ее предметной области. Потому господствовало представление, что один-единственный факт, противоречащий теории, может ее полностью опровергнуть.

7. Классическая биология исходила из того, что структура познавательной деятельности в биологии неизменна, принципы описания и объяснения, биологического познания исторически не развиваются.

### **Кризис Дарвинизма**

*Кризис дарвинизма в конце XIX века.*

Эволюционная теория возникла как сложнейший синтез самых различных биологических знаний, в том числе и опыта практической селекции. И потому процесс утверждения

теории затрагивал самые разнообразные отрасли биологической науки.

Особая сложность состояла в том, что против теории естественного отбора ополчились не только сторонники креационистских воззрений, но также естествоиспытатели, выдвигавшие и обосновывавшие другие эволюционные концепции, построенные на иных принципах, чем дарвиновская теория.

Все это привело к тому, что картина развития биологии во второй половине XIX в. была очень пестрой, мозаичной, заполненной противоречиями, драматическими событиями, страстной борьбой мнений, школ, направлений, взаимным непониманием позиций, а часто и нежеланием понять точку зрения другой стороны, обилием поспешных, непродуманных и необоснованных выводов, опрометчивых прогнозов и замалчивания выдающихся достижений.

Особенно трудно и противоречиво протекало утверждение принципов дарвиновской теории. Вокруг их роли, содержания, их интерпретации борьба велась острая и длительная, особенно вокруг принципа естественного отбора. Можно указать на четыре основные явления в системе биологического познания второй половины XIX - начала XX в., которые были вехами в процессе утверждения принципов теории естественного отбора:

возникновение и бурное развитие так называемого филогенетического направления, вождем и вдохновителем которого был Э. Геккель;

формирование эволюционной биологии ~ проникновение эволюционных представлений во все отрасли биологической науки;

создание экспериментально-эволюционной биологии;

синтез принципов генетики и дарвинизма и создание основ синтетической теории эволюции.

К рубежу XIX - XX вв. биология, как и физика, подошла в состоянии глубокого кризиса своих методологических оснований, вызванного во многом метафизическим содержанием методологических установок классической биологии. Кризис проявился, прежде всего, в многообразии и противоречии оценок

**И** интерпретаций сущности эволюционной теории и интенсивно накапливавшихся данных в области генетики.

К концу XIX века механистическая, метафизическая (т.е. предметоцентрическая) методология себя исчерпала. Естествознание стремилось к новой диалектической (т.е. системноцентрической) методологии. Поиски этой новой методологии были не простыми, были сопряжены с борьбой мнений, школ, взглядов, философской и мировоззренческой полемикой. Поэтому и возникла атмосфера разочарования в возможностях познания природы, поползновения в идеализм. В конце концов, в первой четверти XX века естествознание все-таки нашло свои юные философско-методологические ориентиры, разрешив кризис рубежа веков.

### **Развитие генетики**

*Становление учения о наследственности (генетики).* Лишь в первой половине XIX в. стали складываться непосредственные предпосылки учения о наследственности и изменчивости - генетики. Качественным рубежом здесь, по-видимому, оказались два события. Первое - создание клеточной теории. Второе событие - выделение объекта генетики, т. е. явлений наследственности как специфической черты живого, которую не следует растворять во множестве свойств индивидуального развития организма.

Создание клеточной теории было важнейшим шагом на пути разработки научных воззрений на наследственность и изменчивость. Познание природы наследственности предполагало выяснение вопроса о том, что является универсальной единицей структурной организации растительного и животного миров. Ведь инвариантные характеристики органического мира должны иметь и свое структурное выражение.

Создание клеточной теории позволяло «выйти» на объект генетики.

Особое место в истории учения о наследственности занимает творчество О. Сажре (1763 - 1851). Заслуга О. Сажре в том, что он первый в истории учения о наследственности

начал исследовать не все, а лишь отдельные признаки скрещивающихся при гибридизации растений. На этой основе (изучая гибридизацию тыквенных) он приходит к выводу, что старая точка зрения, будто признаки гибрида всегда есть нечто среднее между признаками родителей, неверна. Признаки в гибриде не сливаются, а перераспределяются. Сажре впервые понял корпускулярный, дискретный характер наследственности и выделил наследственность как специфический объект познания, отличный от процесса индивидуального развития организма, разграничил предмет генетики как учения о наследственности от предмета эмбриологии и онтогенетики как учения об индивидуальном развитии организма. С работ О. Сажре собственно и начинается научная генетика.

Важнейшим открытием в генетике XIX в. было формулирование Г. Менделем его знаменитых законов. Развивая методологическую установку, содержащуюся в работах О. Сажре, Мендель рассматривал не наследуемость всех признаков организма сразу, а выделял наследуемость единичных, отдельных признаков, абстрагируя эти признаки от остальных, удачно применяя при этом вариационно-статистический метод, демонстрируя эвристическую мощь математического моделирования в биологии. И хотя это открытие опередило свое время и осталось незамеченным вплоть до начала XX в. Новаторское значение открытий Менделя не было оценено его современниками: в сознании биологов не созрели еще все необходимые предпосылки научного учения о наследственности. Такие предпосылки сложились лишь к началу XX в.

*Хромосомная теория наследственности.* Вступление в XX в. ознаменовалось в биологии бурным развитием генетики. Важнейшим исходным событием здесь явилось новое открытие законов Менделя. В 1900 г. законы Менделя были переоткрыты независимо сразу тремя учеными - Г. де Фризом, К. Корренсом и К. Чермаком. Второй период ознаменовался лавиной эмпирических открытий и построением различных теоретических моделей. За относительно короткий срок (30-40 лет) в учении о наследственности был накоплен колоссальный

эмпирический и теоретический материал. Начало XX в. принято считать началом экспериментальной генетики, определившей интенсивное накопление множества новых эмпирических данных о наследственности и изменчивости. К такого рода данным можно отнести следующие открытия: открытие дискретного характера наследственности; обоснование представления о гене и хромосомах как носителях генов; представление о линейном расположении генов; доказательство существования мутаций и возможность их искусственно вызывать; установление принципа чистоты гамет, законов доминирования, расщепления и сцепления признаков; разработка методов гибридологического анализа, чистых линий и инцухта, кроссинговера (нарушение сцепления генов в результате обмена участками между хромосомами) и др. Важно и то, что все эти и другие открытия были экспериментально подтвержденными, строго обоснованными.

В первой четверти XX в. интенсивно развивались и теоретические аспекты генетики. Особенно большую роль сыграла хромосомная теория наследственности, разработанная в 1910 - 1915 гг. в трудах Т. Моргана, А. Стертеванта, К. Бриджеса, Г. Дж. Меллера. Она строилась на следующих исходных абстракциях: хромосома состоит из генов; гены расположены на хромосоме и линейном порядке; ген - неделимая корпускула наследственности, «квант»; в мутациях ген изменяется как целое. Эта теория была первой обстоятельной попыткой теоретической конкретизации идей, заложенных в законах Менделя.

Первые 30 лет XX в. прошли под знаком борьбы между собой различных концепций наследственности. Так, против хромосомной теории наследственности выступал У Бэтсон, считавший, что эволюция состоит не в изменениях генов под влиянием внешней среды, а лишь в выпадении генов, в накоплении генетических утрат.

*Создание синтетической теории эволюции.* Преодоление противоречий между эволюционной теорией и генетикой стало возможным на основе синтетической теории эволюции, которая выступает основанием всей системы современной эволюционной биологии. Синтез генетики и эволюционного учения был

качественным скачком в развитии как генетики, так и эволюционной теории. Он означал создание качественно нового ядра системы биологического познания, свидетельствовал о переходе биологии с классического на современный, неклассический уровень развития, начале формирования методологических установок неклассической биологии.

### **Основы современной биологии**

#### *Методологические установки современной биологии.*

Представление о том, что «клеточкой» эволюционного процесса выступает не организм, а популяция может рассматриваться как исходный момент в формировании системы методологических установок неклассической биологии. Такая система значительно отличается от методологических основ классической биологии. Основные направления, по которым произошло их размежевание, следующие.

Во-первых, качественно новое представление объекта познания (полисистемное видение биологического объекта, отказ от моноцентризма и организмоцентризма в пользу полицентризма и популяционного стиля мышления).

Во-вторых, качественно новая гносеологическая ситуация, требующая явного указания на условия познания, на особенности субъект-объектных отношений.

В-третьих, установление диалектического единства ранее противопоставлявшихся друг другу методологических подходов. На этом пути формируются методологические установки, предполагающие:

единство описательно-классифицирующего и объяснительно-номотетического подходов;

единство операций расчленения, редукции к более элементарным компонентам с процессами интегрирующего воспроизводства целостной организации;

диалектическое сочетание структурного и исторического подходов;

понимание причинности, учитывающее диалектику необходимости и случайности, внутреннего и внешнего через

единство функционально-целевого и статистически-вероятностного подходов;

единство эмпирических исследований с процессом интенсивной теоретизации биологического знания, включающем его формализацию, математизацию, аксиоматизацию и др.

В XX веке изменилось место биологии в системе наук, отношения биологии с практикой. *Биология постепенно становится лидером естествознания.* Формами выражения этих тенденций являются следующие процессы:

укрепление связи биологии, с одной стороны, с точными, с другой - с гуманитарными науками;

развитие комплексных и междисциплинарных исследований;

увеличение каналов взаимосвязи, с одной стороны, с теоретическим познанием, с другой - со сферой практической деятельности, и прежде всего с глобальными проблемами современности;

явное участие запросов практики в актуализации тех или иных проблем биологического познания; непосредственным основанием исследовательской деятельности в биологии все в большей степени выступают прямые практические потребности, интересы и запросы общества.

кроме того - непосредственно программирующая роль биологии по отношению к аграрной, медицинской, экологической и другим видам практической деятельности;

возрастание ответственности ученых-биологов за судьбы человечества (прежде всего в связи с перспективами генной инженерии);

непосредственное проявление гуманистического начала биологического познания; широкое внедрение ценностных подходов и др.;

все в большей мере становится ясно, что логика биологического познания будет в будущем непосредственно задаваться потребностями практического преобразования природы, развития общественных отношений и интересов людей.

В конце XX века заметно преобразовываются методологическая и мировоззренческая функции биологии. Мировоззренческая нацеленность биологии, ориентированность ее результатов на конкретизацию наших представлений об отношении «человек - мир (человека)» реализуется в двух направлениях:

1) на человека, на выявление взаимосвязей биологического к социального в человеке; на функционирование биологического в общественном (социуме). Человек становится непосредственной исходной «точкой отсчета» биологической науки, от него, для него и на него будет непосредственно ориентировано познание живого. Это направление развивается в контексте взаимосвязи биологического и социального познания; историческим пьедесталом здесь выступает процесс антропосоциогенеза, выявление биологических предпосылок становления человека и общества;

2) на мир, на выявление закономерностей включенности живого в эволюцию Вселенной, перспектив биологического мира в развитии мира космического. Это направление раскрывается прежде всего через взаимосвязь биологических и астрономических наук.

### **Развитие биологии**

#### *На пути к постнеклассической науке XXI века.*

Значительно возросла роль науки в современном обществе. На основе науки рационализируются по сути все формы общественной жизни. По отношению к практике она выполняет непосредственно программирующую роль. Новые информационные технологии и средства вычислительной техники, достижения генной инженерии и биотехнологии обещают в очередной раз коренным образом изменить материальную цивилизацию, уклад нашей жизни. Под влиянием науки (в том числе) возрастает личностное начало, роль человеческого фактора во всех формах деятельности.

Вместе с тем, радикально изменяется и сама система научного познания. Размываются четкие границы между практической и познавательной деятельностью. В системе научного знания

интенсивно проходят процессы дифференциации и интеграции знания, развиваются комплексные и междисциплинарные исследования, новые способы и методы познания, методологические установки, появляются новые элементы картины мира, выделяются новые, более сложные типы объектов познания, характеризующиеся историзмом, универсальностью, сложностью организации, которые раньше не поддавались теоретическому (математическому) моделированию.

Биолог фон Бергаланфи развил представления о неравновесности живого организма, введя, кстати, термин, ныне широко используемый в синергетике, «открытые системы». Он рассматривал стационарные состояния в неравновесной живой системе, которые он определил как «текущее равновесие». На основе обобщения физических, в частности термодинамических, представлений он разработал свою теорию биологических организмов, рассматривая организм как целостную сложную иерархическую систему. По существу, в применении к биологии он предложил и использовал метод системного анализа, активно применяемый сейчас в науке и технике. В частности, им высказана идея, что системная организация - основа точной биологии. Организм - пространственное целое, проявляющееся во взаимодействии частей и частных процессов. Процессы в живом организме обуславливаются целостной пространственной системой, подчиненной жесткой иерархии.

Концепция структурных уровней дает возможность описать живые организмы не только по уровням их сложности и закономерностям функционирования, но и расположить в иерархическом порядке, при котором каждый предыдущий уровень входит в последующий, образуя единое целое живой системы. Тем самым представление уровней организации органично сочетается с целостностью организма. Критерием выделения основных уровней выступают специфичные дискретные структуры и фундаментальные биологические взаимодействия.

Различают следующие уровни организации биологических структур: самоорганизующиеся комплексы, биомакромолекулы, клетки, многоклеточные организмы. Н.В. Тимофеев-Ресовский

приводит другую классификацию уровней: клеточный, молекулярно-генетический, организменный, популяционно-видовой и биогеоценозный. Существует и другая градация: молекулярный, клеточный, тканевый, организменный, онтогенетический, популяционный, видовой, биогеоценотический и биосферный. Системно-структурные уровни организации живого определяются по выделенным специфическим взаимодействиям. На каждом уровне выделяют элементарную единицу и элементарные явления.

Элементарная единица - это структура, закономерное изменение которой приводит к элементарному явлению. Элементарной единицей на молекулярно-генетическом уровне является ген, на клеточном уровне - клетка. На организменном уровне - особь, на популяционном уровне - совокупность особей одного вида - популяция. Совокупность элементарных единиц и явлений на соответствующем уровне отражает содержание эволюционного процесса.

Важным является то, что переход от одного уровня к другому происходит скачкообразно, дискретно, в соответствии с основными принципами квантовой механики, и такие переходы в физическом представлении есть неравновесные фазовые переходы, которым в синергетике соответствуют бифуркации. Механизм перехода в понятиях синергетики реализуется через хаотические состояния, и через него реализуется связь разных уровней организации. В точках бифуркации малое случайное изменение может привести к сильному возмущению системы и возникает фазовый переход. Кстати, и гибель живого организма можно рассматривать как фазовый переход «жизнь - не жизнь».

Представления о целом и части, используемые не только в системном анализе, но и в философии, полезны в применении их к физике живого, поскольку живым организмам присущи гармоническая иерархичность и целевая функция. Действительно, рассматривая любые явления и свойства живой и неживой природы, мы обязательно сталкиваемся с проблемой целого и части - все наблюдаемые объекты являются частями

более общего понятия целого и, в свою очередь, состоят из каких-то частей. Эти представления применимы к эволюции любой сложной неравновесной системы с нелинейной динамикой ее развития в процессах самоорганизации.

Различие в процессах самоорганизации в неживых и живых системах, как отметили И. Пригожий и И. Стенгерс, заключается в том, что молекулы неорганического мира, участвующие в сложных химических реакциях, просты, в биологической же самоорганизации реакции достаточно просты, а молекулы становятся макромолекулами: укрупняются и усложняются. Это обусловлено тем, что происходит переход структуры реакций, процесса в структуру элементов - молекул, т.е. процесс закрепляется в структуре. Взаимоотношение между структурой и процессами отражает уже приводимый нами известный закон единства и борьбы противоположностей, закон единства сохранения и изменения, который составляет суть развития самоорганизующихся систем.

С гармонией развития организма, как целого, так и его частей, хорошо согласуется универсальный для всего современного естествознания принцип дополнительности Бора. Применительно к рассматриваемой проблеме он отвергает возможность понимания жизни и ее эволюции путем вычленения и рассмотрения отдельных частей организма: определяя более точно одну сторону живого объекта, мы теряем определенность в понимании другой.

Относительно живого организма как целостной системы В. А. Энгельгардт выделял три признака, характеризующих взаимоотношения между целым и частями. Первый - возникновение в системе взаимодействующих связей между целым и частями. Второй - утрата некоторых свойств частей при вхождении их в состав целого. И, наконец, появление у возникающего целого новых свойств, определяемых как свойствами основных частей, так и возникновением новых связей между частями.

Можно также заметить в связи с работами Бергаланфи, что не только физики вносят свой вклад в биологию, но и биологи

- в физику, как, впрочем, это было и раньше в истории науки. Именно из учения или использования живых объектов и систем в экспериментах выяснились многие закономерности, которые затем стали достоянием и предметом изучения для точных наук. Так, работы Гальвани по исследованию свойств мышцы дали толчок к изучению электричества, и он тем самым даже дал свое имя целому классу электрических гальванических явлений. Пристли из экспериментов на живых организмах существенно расширил сведения об открытом им кислороде. Лавуазье провел исследования дыхания и горения, внося тем самым вклад и в химию, и в биологию. Один из основных законов природы, первое начало термодинамики, был сформулирован судовым врачом Майером. Врач-офтальмолог Гельмгольц много сделал для развития физической оптики.

Число таких примеров можно продолжить. Кроме Гельмгольца и Майера врачом был Коперник; Лавуазье, Ферма и Авогадро — юристы, Джоуль по основной для жизни профессии был пивоваром, а Ампер и Фарадей вообще не имели образования, т.е. по современным понятиям были дилетантами. Последний пример только подтверждает возможность развивать смежную науку, будучи в ней «дилетантом», а правильное сказать - специалистом в другой области. И вообще природа сама по себе не знает деления на физические и биологические науки, она ведь целостна, едина, а это разделение вносит изучающий ее человек. Хотя все-таки именно физика вносит в биологию приемы мышления, анализа и обобщения, свойственные представителям точных наук. Доказательством этого, по мнению В.А. Энгельгардта, является тот факт, что среди большинства ученых, получивших Нобелевские премии за исследования в области биологии и медицины, нет или почти нет собственно биологов, а есть физики, химики, кристаллографы и представители других точных наук. Это, несомненно, показывает, насколько сейчас биология действительно является областью науки, разрабатываемой представителями многочисленных наук.

## Постнеклассическая наука

На рубеже XXI века естествознание, по-видимому, вступает в новую историческую фазу своего развития - на уровень *постнеклассической науки*.

Для постнеклассической науки характерно выдвижение на первый план *междисциплинарных, комплексных и проблемно-ориентировочных форм* исследовательской деятельности. Все чаще в определении познавательных целей науки начинают играть решающую роль не внутринаучные цели, а цели экономического и социально-политического характера.

Объектами современных междисциплинарных исследований все чаще становятся уникальные системы, характеризующиеся открытостью и саморазвитием. Исторически развивающиеся системы представляют собой более сложный тип объекта даже по сравнению с саморегулирующимися системами. Исторически развивающаяся система формирует с течением времени новые уровни своей организации, изменяет свою структуру, характеризуется принципиальной необратимостью процессов и др. Среди таких систем особое место занимают природные комплексы, в которые включен сам человек (объекты экологии, медико-биологические объекты, объекты биотехнологии, системы «человек-машина» и др.)

Становление постнеклассической науки приводит к изменению методологических установок естественнонаучного познания:

формируются особые способы описания и предсказания возможных состояний развивающегося объекта - построение сценариев возможных линий развития системы (в том числе и в точках бифуркации);

идеал построения теории как аксиоматическо-дедуктивной системы все чаще сочетается с созданием конкурирующих теоретических описаний, основанных на методах аппроксимации, компьютерных программах и т.д.;

в естествознании все чаще применяются методы исторической реконструкции объекта, сложившиеся в гуманитарном знании;

по отношению к развивающимся объектам изменяется и стратегия экспериментального исследования: результаты экспериментов с объектом, находящимся на разных этапах развития, могут быть согласованы только с учетом вероятностных линий эволюции системы; особенно это относится к системам, существующим лишь в одном экземпляре - они требуют и особой стратегии экспериментального исследования, поскольку нет возможности воспроизводить первоначальные состояния такого объекта;

нет свободы выбора эксперимента с системами, в которые непосредственно включен человек;

изменяются представления классического и неклассического естествознания о ценностно нейтральном характере научного исследования - современные способы описания объектов (особенно таких, в которые непосредственно включен сам человек) не только допускают, но даже предполагают введение аксиологических факторов в содержание и структуру способа описания (этика науки, социальная экспертиза программ и др.).

Есть все основания считать, что по мере дальнейшего развития науки все эти современные особенности естественнонаучного познания будут проявлять себя в еще более контрастных и очевидных формах.

### **Глобальный эволюционизм**

Одна из важнейших идей европейской цивилизации - идея развития мира. И уже XIX век по праву может быть назван веком эволюции. Сначала геология, затем биология и социология стали уделять теоретическому моделированию развивающихся объектов все большее и большее внимание.

Но в науках о неорганической природе идея развития пробивала себе дорогу очень сложно. Вплоть до второй половины XX века в ней господствовала исходная абстракция закрытой

**обратимой системы, в которой фактор времени не играет никакой роли. Даже переход от классической ньютоновской физики к неклассической (релятивистской и квантовой) в этом отношении ничего не изменил. Правда, некоторый робкий прорыв в этом направлении был сделан классической термодинамикой, которая ввела понятие энтропии и представление о необратимых процессах, зависящих от времени. Так в науки о неорганической природе была введена «стрела времени». Но в конечном счете и классическая термодинамика изучала лишь закрытые равновесные системы. А на неравновесные процессы смотрели как на возмущения, второстепенные отклонения, которыми следует пренебречь в окончательном описании познаваемого объекта - закрытой равновесной системы.**

А, с другой стороны, проникновение идеи развития в геологию, биологию, социологию, гуманитарные науки в XIX и первой половине XX века осуществлялось независимо в каждой из этих отраслей познания. Философский *принцип развития мира* (природы, общества, человека) общего, стержневого для всего естествознания (а также для всей науки) выражения **не** имел. В каждой отрасли естествознания он имел свои (независимые от другой отрасли) формы теоретико-методологической конкретизации.

И только к концу XX века естествознание находит в **себе** теоретические и методологические средства для создания единой модели универсальной эволюции, выявления общих законов природы, связывающих в единое целое происхождение Вселенной (космогенез), возникновение Солнечной системы и нашей планеты Земля (геогенез), возникновение жизни (биогенез) и, наконец, возникновение человека и общества (антропосоциогенез). Такой моделью является концепция *глобального эволюционизма*.

В концепции глобального эволюционизма Вселенная представляется в качестве развивающегося во времени природного целого. Вся история Вселенной от «Большого взрыва» до возникновения человечества рассматривается в этой концепции как единый процесс, в котором космический, химический,



биологический и социальный типы эволюции преемственно и генетически связаны между собой. Космохимия, геохимия, биохимия отражают здесь фундаментальные переходы в эволюции молекулярных систем и неизбежности их превращения в органическую материю.

Концепция глобального эволюционизма подчеркивает важнейшую закономерность - направленность развития мирового целого на повышение своей структурной организации. Вся история Вселенной, от момента сингулярности до возникновения человека, предстает как единый процесс материальной эволюции, самоорганизации, саморазвития материи. Важную роль в концепции универсального эволюционизма играет идея отбора: новое возникает как результат отбора наиболее эффективных формообразований, неэффективные же инновации отбраковываются историческим процессом; качественно новый уровень организации материи окончательно самоутверждается тогда, когда он оказывается способным впитать в себя предшествующий опыт исторического развития материи. Эта закономерность характерна не только для биологической формы движения, но и для всей эволюции материи. Принцип глобального эволюционизма требует не просто знания временного порядка образования уровней материи, а глубокого понимания внутренней логики развития космического порядка вещей, логики развития Вселенной как целого.

На этом пути очень важную роль играет т.н. *антропный принцип*. Содержание этого принципа в том, что возникновение человечества, познающего субъекта (а значит, и предваряющего социальную форму движения материи органического мира) было возможным в силу того, что крупномасштабные свойства нашей Вселенной (ее глубинная структура) именно таковы, какими они являются; если бы они были иными, Вселенную просто некому было бы познавать. Данный принцип указывает на наличие глубокого внутреннего единства закономерностей исторической эволюции Вселенной, Универсума с предпосылками возникновения и эволюции органического мира вплоть до антропосоциогенеза.

Антропный принцип указывает на существование некоторого типа универсальных системных связей, определяющих целостный характер существования и развития нашей Вселенной, нашего мира как определенного системно организованного фрагмента бесконечно многообразной материальной природы. Понимание же содержания таких универсальных связей, глубинного внутреннего единства структуры нашего мира (Вселенной) дает ключ к теоретическому и мировоззренческому (основанию программ и проектов будущей космической деятельности человеческой цивилизации).

В настоящее время идея глобального эволюционизма - это не только констатирующее положение, но и регулятивный принцип. С одной стороны, он дает представление о мире как о целостности, позволяет мыслить общие законы бытия в их единстве и, с другой стороны, ориентирует современное естествознание на выявление конкретных закономерностей глобальной эволюции материи на всех ее структурных уровнях, на всех этапах ее самоорганизации.

Наука движется вперед пропорционально массе знаний, унаследованной ею от предшествующего поколения. Объем знаний удваивается каждые 10-15 лет. Благодаря преемственности знаний происходит поступательное развитие науки. Развитие науки связано с развитием ее методов от простого наблюдения, до сложных экспериментов с применением научного оборудования и теоретических методов систематизации знаний. Экстенсивные этапы в развитии науки, т.е. распространение знаний данной теории на смежные научные дисциплины, области знаний, чередуются с интенсивными - смелым выдвижением новых теорий, меняющих мировоззрение исследователей. Накопление новых знаний, фактов противоречащих устоявшейся теории, приводит к интенсивному развитию науки - созданию новой теории.

В развитии науки идут процессы дифференциации и интеграции научных знаний. Расширение области знаний, предметов исследования, приводит к процессу дифференциации, а выбор проблемы способствует интеграции знаний.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. По каким признакам различаются объект и предмет познания?
2. Как можно субъект познания сделать объектом познания?
3. Почему мифология и религиозное мышление ограничивают научное мышление?
4. Каковы особенности авторитарного подхода в науке?
5. Каковы особенности эмпирического подхода в науке?
6. Каковы особенности методологии развитой науки?

#### **1.2.1. Классификация наук**

Основной тенденцией эволюции прежних классификаций наук, начиная с эпохи Возрождения и вплоть до современности, было движение от формальных их построений, вскрывавших лишь внешние связи между науками и соответственно между их объектами, к раскрытию их внутренних связей.

С гносеологической точки зрения классификации наук могут быть объективными и субъективными. С методологической точки зрения принципы классификации делятся на внешние, когда науки располагаются в определенной последовательности, и внутренние, органически связывающие науки между собой как описание объективно существующей реальности - материи.

Общая классификация науки строится на диалектическом единстве законов развития и объективности. Наиболее общие законы развития диалектически увязывают принципы исторического, логического и гносеологического.

Три основные стороны человеческого знания. Один из способов формального деления наук основывается на делении процесса познания на три составляющие. Каждый исследователь ставит перед собой три, последовательно задаваемых, вопроса: что изучается? (предметный подход); как, какими способами

изучается? (подход с точки зрения метода); зачем, ради чего, с какой целью изучается? (подход со стороны учёта практических приложений).

Объектно-предметная часть знания относится к фундаментальным наукам. Методологически-исследовательская является необходимым, но недостаточным знанием для развития фундаментальных исследований. Практически-целевая часть знания добывается в рамках прикладных наук и методических исследований. Связь между этими тремя сторонами определяется последовательным нарастанием удельного веса субъективного момента при переходе от одной стороны к другой. Это и есть, по нашему мнению, общий принцип, лежащий в основе полной системы научного знания и объединяющий все науки в одно целое.

#### **Классы наук**

*Различение наук по объекту (предмету), методу и практическому применению.*

*Первый класс наук.* Естественные науки. Науки о природе представляют собой тот простейший неразвёрнутый случай первого класса наук или первую группу наук этого класса. Повторим ещё раз применительно к данному случаю, что в итоге естественнонаучного познания из его содержания должно быть полностью элиминировано всё привнесённое от самого исследователя (субъекта) в процессе познания, в ходе научного открытия; закон природы или естественнонаучная теория только в том случае оказываются правильными, если они объективны по содержанию. Однако элиминировать полностью субъективный момент можно и должно лишь в отношении содержания научного познания, но не его формы, поскольку последняя несёт на себе неизбежный отпечаток познавательного процесса. К этой же первой группе первого класса наук примыкают математические и абстрактно-математизированные науки, относящиеся к числу таких наук, которые различаются между собой по своему объекту (предмету).

Общественные науки. Науки об обществе составляют уже более сложный и более развёрнутый случай первого класса наук.

В такой науке субъективный момент удерживается не только в качестве понятийной формы объективного содержания, как это имеет место в случае естествознания, но и как указание на субъект истории, на субъект социального развития и социальных отношений, который органически входит в сам объект общественных наук.

Вместе с общественными науками науки о мышлении составляют гуманитарные науки, т. е. науки о человеке. Но в отличие от собственно общественных наук они имеют своим предметом, строго говоря, не сам по себе объект, например, в виде модели общества с общественными отношениями, но модель объекта, отражённая в общественном или же индивидуальном сознании человека (субъекта - познания).

*Второй класс наук.* Это науки, различающиеся по методу исследования, который, в конечном счёте определяется природой изучаемого объекта (предмета), но в который дополнительно вкраплена известная доля субъективного момента. Ибо речь тут идёт не просто об объекте (предмете), существующем вне и независимо от нашего сознания, а о применённых нами приёмах и способах его изучения, т.е. о том, каким образом он последовательно, шаг за шагом фиксируется в нашем сознании.

*Третий класс наук.* Его составляют прикладные, практические, в том числе технические, науки. Здесь субъективный момент при сохранении детерминирующего значения объективного момента возрастает в наибольшей степени при определении практической значимости научных достижений, практической целенаправленности научных исследований. Если при выработке и применении метода исследования субъективный момент носит как бы переходящий, временный характер, то в практических науках он органически входит в качестве реализованной цели в конечный результат. Все практические, прикладные

науки основаны на сочетании объективного момента (законы природы) и субъективного момента (цели технического использования этих законов в интересах человека).

### 1.2.2. Уровни познания объективной реальности

Различают эмпирический и теоретический уровни познания (знания). Основными критериями деления являются:

- характер предмета исследования,
- тип применяемых средств исследования,
- особенности методов исследования.

*Проблема* взаимодействия эмпирического и теоретического в познании состоит в том, что эмпирическое исследование переплетено с развитием теорий, нельзя представить проверку теории фактами, не учитывая влияния прежних теорий на формирование опытных данных. Тогда данная проблема предстаёт как проблема взаимоотношения с эмпирией системы теорий, образующих научную дисциплину. Так происходило при переходе от классических детерминистических представлений в физике к квантовым и вероятностным представлениям (Стёпин, 1992; Философия и методология науки, 1996).

**Таблица 1.**

**Уровни, формы и методы научного познания**

<i>уровни</i>	<i>характер предмета исследования</i>	<i>методы и средства</i>	<i>формы</i>
эмпирический: изучаются явления, их связи и свойства	непосредственное практическое взаимодействие с объектом	наблюдение, эксперимент, приборы	факты - некоторые объективные обстоятельства, эмпирические зависимости
переходный: попытка объяснить противоречие: старая теория - новые факты	факты-"монстры" аномалии, не укладывающиеся в прежнюю научную парадигму	моделирование	гипотеза
теоретический: факты объясняются и предсказываются	представления и правила, полученные на уровне эмпирии, опосредованное изучение объекта	мысленный эксперимент, идеализация, метод актуализма	категории - идеальные объекты, законы, теории или модели реальности

Как правило, большинство исследований имеет теоретико-эмпирический характер. Любое исследование осуществляется не изолированно, а в рамках целостной научной программы или в целях развития научного направления.

Исследования по их характеру можно разделить на фундаментальные и прикладные, монодисциплинарные и междисциплинарные, аналитические и комплексные и т.д.

Фундаментальное исследование направлено на познание реальности без учета практического эффекта от применения знаний.

Прикладное исследование проводится в целях получения знания, которое должно быть использовано для решения конкретной практической задачи.

Монодисциплинарные исследования проводятся в рамках отдельной науки.

Междисциплинарные исследования требуют участия специалистов различных областей и проводятся на стыке нескольких научных дисциплин. К этой группе можно отнести теорию и методику физического воспитания. Комплексные исследования проводятся с помощью системы методов и методик, посредством которых ученые стремятся охватить максимально (или оптимально) возможное число значимых параметров изучаемой реальности.

### **1.3. Методология научного исследования**

#### **1.3.1. Эмпирический уровень научного исследования**

К эмпирическим наукам могут быть отнесены те науки, которые находятся еще в первоначальной стадии своего развития, в которой эмпирические методы исследования еще только формируются, а теоретические методы еще не возникли. Методология эмпирического исследования используется и в развитых науках, когда объектом исследования становится такая часть материи, внутренняя структура, элементы которой остаются еще неизвестными.

Предмет эмпирического исследования - явления и зависимости между ними. Познаются внешние свойства объекта исследования и особенности его взаимодействия со средой.

Стадии эмпирического исследования

В эмпирических науках исследование проходит три стадии.

*Первая стадия* - проводятся научные опыты, добываются знания в виде отдельных данных опыта, составляющих базисное эмпирическое знание. Ее можно разделить на четыре части:

1) формулировка цели, задач и определение методов исследования, разработка плана и подготовка опыта (наблюдение или эксперимент);

2) проведение опыта, которое включает получение чувственного отражения, осознание и понятийное выражение изучаемых явлений;

3) предварительная проверка истинности данных опыта;

4) оценка степени точности отражения изучаемых явлений в полученных данных опыта.

Для разработки плана и подготовки опыта нужны некоторые предварительные знания, которые могут быть научными или обыденными.

Обычно проводятся поисковые исследования, под ними подразумевается попытка решения проблемы, которую никто не ставил или не решал подобным методом. Иногда аналогичные исследования называют исследованиями «методом тыка»: «Попробуем так, может, что-то и получится». Научные работы такого рода направлены на получение принципиально новых результатов в мало исследованной области.

Результаты любого исследования должны повториться в ходе аналогичного эксперимента, проведенного другим научным работником, обладающим соответствующей компетенцией. Поэтому после открытия нового эффекта, закономерности, создания новой методики и т. п. проводят воспроизводящие исследования для проверки. Воспроизводящее исследование - основа всей науки. Следовательно, метод и конкретная

методика эксперимента должны быть воспроизводимыми (интерсубъективными).

**Наблюдение** - относительно простая и исходная форма эмпирического исследования объекта в естественном состоянии. Оно реализуется в виде физической связи наблюдателя (субъекта) с объектом. Эта материальная физическая связь может осуществляться прямо или посредством научного прибора. При этом могут наблюдаться трудности из-за времени передачи информации. Например, человек в ряде случаев не может увидеть движение частей тела человека или из-за высокой скорости перемещения, или из-за того, что противоположная сторона тела скрыта от наблюдения. Применение приборов может привести к изменению состояния объекта. Например, взятие биопсии (пробы ткани) часто сопряжено с изменением биохимического состояния ткани, если проба находится длительное время без замораживания в жидком азоте.

Результатом наблюдения становятся высказывания о зафиксированных процессах и предположения (рабочая гипотеза) о необходимости их дальнейшего познания. Далее формулируются первые определения цели и задач исследования, методы и план экспериментов. В дальнейшем исследователь может неоднократно возвращаться к первому этапу и уточнять цель, задачи и методы исследования.

**Эксперимент** - это форма научного опыта, для многократного воспроизведения наблюдения за объектом в строго контролируемых условиях воздействий наблюдателя на изучаемый объект. Проведение эксперимента требует постановки **цели исследования**, что, как правило, связано с предварительными знаниями объекта. В большинстве случаев в эксперименте используются приборы - материальные объекты, взаимодействующие с объектом исследования. Адекватное познание объекта с помощью прибора возможно до тех пор пока прибор мало влияет на объект, а в случае заметного влияния необходима коррекция результатов опыта на взаимодействие прибора с объектом.

**Измерение** - количественное сравнение величин одного и того же качества. Сравнивают зарегистрированную величину

с эталоном. Например, массу тела с эталонной массой, которая получила название килограмм.

Научное описание данных опыта должно быть таким, чтобы иметь одно и то же содержание для любых исследователей. Словесное описание условий получения данных является знаковой формой описания экспериментальных данных. В данные опыта входит и понятийное содержание, следовательно, существует возможность неточного оформления чувственных восприятий. Поэтому понятие **факт** - вполне оспоримая вещь, т.к. содержит понятийный компонент, основанный на каких-то теориях (часто неточных или неверных).

Полностью избежать ошибок в ходе измерений невозможно. **Случайные ошибки**, связанные с функционированием прибора, изменением состояния объекта и др. Повторение опыта, сбор статистического материала, усреднение его (вычисление средней арифметической) позволяет устранить случайные погрешности. **Систематические ошибки и артефакты** устраняются в ходе логического анализа. Под артефактами понимают грубые ошибки измерения, в частности нарушение однородности выборки данных. Например, измерение максимальной силы у спортсменов высшей квалификации должно дать модельную характеристику - среднюю величину силы, однако, если какой-либо спортсмен болеет или прекратил тренироваться, то он выпадает из изучаемой генеральной совокупности данных. Такие данные должны исключаться из выборки, эмпирического базиса опыта.

*Вторая стадия* - выполняется первичная обработка совокупности данных опыта, представляющих собой конечное число наблюдений. Обработка включает логическое и математическое преобразование исходного материала. В результате вводятся эмпирические понятия, группируются и классифицируются данные, выявляются корреляции, регрессионные уравнения, которые называют эмпирическими законами.

После получения первичных экспериментальных данных для их группировки используются **анализ и синтеза**, как основные способы. В одну группу должны включаться данные,

соответствующие существенным связям явлений. Например, данные могут объединяться по принадлежности какому-либо одному физическому качеству (сила, быстрота, выносливость, гибкость).

Выделение характерных признаков (анализ) и распределение результатов наблюдения по группам в соответствии с этими признаками (синтез) обеспечивают возможность классификации наблюдаемых явлений. Такая классификация называется эмпирической. Она всегда является естественной, однако не всегда удается сразу построить классификацию, отражающую объективные взаимосвязи явлений. Поэтому эмпирические классификации содержат элементы искусственности и субъективизма.

*Третья стадия* - производят обобщение опыта внутри каждой группы, в процессе которого совершается мысленный переход от конечного числа членов данной выборки к бесконечному. Здесь проводится доказательство достоверности переноса выборочных данных на определенную генеральную совокупность изученных объектов исследования. Эти знания - высшая форма, наиболее сложный вид эмпирического знания.

Эмпирические знания, раскрывающие эмпирические закономерности внутри данной генеральной совокупности являются предельно широкими. Выход за пределы данной генеральной совокупности приводит к отрыву от исходного эмпирического базиса, что в рамках эмпирического исследования недопустимо.

### **1.3.2. Теоретический уровень научного исследования**

Теоретический уровень исследования применяется в развитых науках. Специфика теоретического знания состоит в том, что оно опирается на свой экспериментальный базис, выходящий за пределы предмета данного исследования или науки. Теория естественнонаучного исследования опирается на ряд очевидных предположений. Во-первых, время непрерывно, направлено от прошлого в будущее. События необратимы.

Следствие не может быть раньше причины. Во-вторых, пространство, в котором происходят события, изотропно. Процесс в одной из областей пространства происходит так же, как в любой другой области. События в мире происходят независимо от нашего знания о них. Мир реален и объективен.

Научный результат не должен зависеть от времени, т. е. явление, закономерность, закон инвариантны относительно времени. В любом случае последовательность этапов решения задачи, а именно - постановка задачи, анализ условий, инкубация, выдвижение гипотез, функциональное решение, конкретное решение, проверка решения и доказательство, должна быть одной и той же.

Наконец, научное знание интерсубъективно, т.е. научный результат не должен зависеть от личности исследователя, его мотивов, намерений, интуиции и т.д. Научное знание не объективно в том смысле, что может существовать без его носителей, без людей, обладающих квалификацией и способностями понимать и добывать это знание, оно имеет объективный источник - внешний по отношению к субъекту познания мир.

Итак, научный результат должен быть инвариантным относительно пространства, времени, типа объектов и типа субъектов исследования, то есть объективным.

Предмет теоретического исследования - закономерности, обуславливающие целостность существования материального образования в заданных условиях, т.е. внутреннее строение объекта взаимоотношения между элементами, обуславливающие его взаимодействие с окружающей средой.

Стадии теоретического исследования

В развитых науках исследование проводится в три стадии.

*Первая стадия* - производится построение модели объекта исследования, на основе которой можно изучать закономерности, являющиеся предметом данного исследования.

*Вторая стадия* - модель используется для воспроизведения в идеальном виде явлений объективной реальности с помощью имитационного моделирования. Непременной составной

частью этой стадии является проведение экспериментальных исследований, подтверждающих корректность теоретических предсказаний. Результатом второй стадии является теория изучаемого явления (предмета исследования).

*Третья стадия* - разработка практических рекомендаций, новых технологий, обеспечивающих повышение эффективности практической деятельности человека.

Современные подходы к теоретическим исследованиям разрабатываются, в основном, с позиций следующих философских подходов»

### Логический позитивизм

Определяя то, в чем невозможно усомниться, и что, следовательно, может являться предметом объективного (научного) исследования, Эрнст Мах в начале XX века, что только наши непосредственные ощущения, только то, что воздействует на *органы чувств*, и надлежит учитывать при изучении мира. Ответить можно только на вопрос «как?», а вопрос «почему?» оказывается то или иное воздействие (тело падает, Солнце светит, вещества реагируют между собой) не имеет права на существование, ответ на него всегда будет домыслом. Мы можем только регистрировать и описывать происходящее.

Л. Витгенштейн, Б. Рассел совместно с А. Уайтхэд в 20-х годах разработали формальную базу, на которой должна быть введена любая теория, претендующая на звание научной. В основу ее была положена логика - дисциплина, содержащая аппарат для работы с такими понятиями, как «истинно», «ложно», «и», «или». Все знание состоит из так называемых предложений. Все предложения состоят из элементарных (или атомарных) предложений, являющихся чувственными ощущениями. Любое атомарное предложение либо истинно, либо ложно. Все атомарные предложения не зависят друг от друга. Они связаны в предложения с помощью правил логики. Это и есть наука, все функции знания сводятся к описанию и единственный осмысленный вопрос - это «как?».

Критерием же правильности является *верифицируемость*, т.е. возможность подтвердить истинность предложения непосредственным наблюдением. Если наблюдение (опыт) подтверждает предложение, то это предложение (в частности, теория) научно, и мы имеем позитивное знание. Однако ценно, позитивно будет только то, что будет непосредственно наблюдаться. Поэтому соответствующее философское течение называется логическим позитивизмом. Следует отметить, что позиция логического позитивизма неустойчива, поскольку результаты любого опыта мы воспринимаем чувственно, а связываем их между собой логически. Поэтому она кажется правильной и сохраняет привлекательность и в наше время, особенно среди западных ученых.

Методом науки в логическом позитивизме является индукция, т.е. отдельные наблюдаемые факты обобщаются в виде предложения. Дедуктивной же составляющей, т.е. предсказанию на основе теории, в научности отказывается. Логический позитивизм носит сугубо эмпирический характер.

### Фальсификационизм

К. Поппер подверг критике то, что казалось естественным Галилею и Ньютону. В частности,

ученые стремятся получить истинное описание мира;

истинная теория описывает сущности, лежащие в основе наблюдаемых явлений;

поэтому, если теория истинна, то она не допускает сомнений и не нуждается в изменении.

«Где же критерий истинности теории? - спрашивает Поппер. Да, внешний мир существует и за теми эмпирическими пределами, который установили для себя позитивисты, но мы никогда не можем быть уверены, что постигли его истинную суть, сколько бы подтверждающих опытов ни было произведено. Вдруг мы еще просто не выполнили опыт, который опровергнет наши представления? Зато, если такой опыт найдется, мы будем точно знать, что данная теория неверна. И отбросим ее как ложную.

Таким образом, нельзя выделить истину, но можно к ней приблизиться, отбрасывая ложь.

Это и есть цель и задача науки - отбросить ложь, метод науки есть метод проб и ошибок (в поисках критического опыта), а критерием демаркации в отношении теории является ее *фальсифицируемость*. Т.е., чтобы теория была научной, она должна предусматривать такой опыт, результат которого мог бы ее опровергнуть. Никакая индукция, никакое накопление подтверждающих теорию опытов ценными не являются, поскольку не приближают к недостижимой истине. Опровержение - не только успех того, кто опроверг, но и того, кто создал теорию и *предложил тем самым опровергающий эксперимент*. Показал, стало быть, как не надо представлять себе устройство мира. По Попперу выходит, что ученый только и должен стремиться опровергнуть существующую теорию. Недостатком является, конечно, метод проб и ошибок, который признается единственно научным.

### **Теория парадигм**

Тридцать лет назад широко обсуждалась книга Томаса Куна «Структура научных революций», вышедшая в 1962 году. Одним из ее основных понятий была научная парадигма - совокупность научных достижений, в первую очередь теорий, признаваемых всем научным сообществом в определенный период времени. Использование понятия парадигмы означает вовлечение исторического подхода в обсуждение того, что считать научной концепцией. Истине теперь вообще отказывается в существовании, поскольку время идет, и парадигмы меняются. Принятая в данное время парадигма очерчивает круг проблем, имеющих смысл и решение. Все, что не попадает в этот круг, не заслуживает рассмотрения. Кроме того, парадигма устанавливает допустимые методы решения этих проблем. Таким образом, на каждом историческом этапе существует так называемая «нормальная» наука, та, что действует в рамках парадигмы. В ее задачи входит уточнение фактов, распознавание подтверждающих фактов, установление количественных

закономерностей, определение констант с максимальной точностью, совершенствование самой парадигмы. Она представляет собой ремесло, требующее определенных умений и навыков, основа которого есть необсуждаемая догма (а никакая не возвышенная истина). И критерием демаркации служит лишь непротиворечие новой предлагаемой теории современной парадигме.

Так, однако, происходит лишь до поры. В наблюдаемых явлениях или теоретических построениях возникают аномалии, их число растет, их отклонения от предсказаний «нормальной» теории увеличиваются по мере роста точности наблюдений или появления новых экспериментальных данных. Парадигма терпит крах, наступает кризис. На ее развалинах появляются новые гипотезы, наука вступает в аномальную фазу. Одна из гипотез доказывает свою жизнеспособность, успешно объясняя не только старые данные, но и новые, и становится началом новой парадигмы. Старая парадигма отбрасывается. Произошла научная революция. Старая игра продолжается по новым правилам. Теория парадигм свергает науку с пьедестала, на который она иногда бывает возведена.

Анархизм в познании

### *Эпистемологический анархизм*

Пол Фейерабенд утверждает, что поскольку безраздельное господство парадигмы обедняет науку, а главное - подавляет личность, универсализм должен быть вообще отброшен. Во главу угла следует поставить теорию как таковую. Как обычно, все зависит от точки зрения. Никакую теорию нельзя опровергнуть с помощью фактов, утверждает он. Всегда возможны ошибки, неточности, для корректировки теории возможно введение дополнительных гипотез, наконец, можно просто отмахнуться от новых фактов, игнорировать их. Теорию можно опровергнуть только с помощью новой теории. Поэтому теории следует множить. И если Куп говорит о сопоставлении с фактами общепринятой парадигмы, то Фейерабенд сопоставляет с фактами альтернативные и изначально равноправные теории. Главенства не



признается ни за какой из них, в научном познании (эпистемологии, как называют его философы) царит анархизм.

Ясного критерия разделения не выдвигается, за исключением требования логической непротиворечивости. Подтверждающие факты не обязательны. Само понятие истины упраздняется, и отражение истины целью науки не является. В рассмотрение включен субъект научной деятельности - ученый, научная школа, сообщество. Таким образом, в рамках эпистемологического анархизма личность человека обретает ценность и в ранее «запретных для ее влияния» естественных науках. Наука ничем не отличается от других сфер человеческой деятельности.

Рассмотренные подходы полезно иметь в виду при рассмотрении той или иной концепции современного естествознания, представленных ниже.

С позиций критерия демаркации можно сказать, что, предлагая новую теорию, следует:

позаботиться о том, чтобы она была подтверждена экспериментами (логический позитивизм);

рассмотреть с ее помощью такой предполагаемый эксперимент, отрицательный результат которого мог бы опровергнуть эту теорию (фальсификационизм);

быть готовым к тому, что научное сообщество не встретит вас цветами (теория парадигм);

тем не менее, не бояться выступить со своей идеей (эпистемологический анархизм).

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие имеются различия между естественными и рациональными науками?
2. Как формулируется гипотеза в эмпирическом исследовании?
3. Как формулируется гипотеза в теоретическом исследовании?
4. Как перейти от данных выборочного исследования к характеристике генеральной совокупности?
5. Когда проводится имитационное моделирование?

## **1.4. Моделирование**

**Модель** это естественный или искусственный, материальный или идеальный заменитель объекта, который имеет общие свойства с изучаемым объектом. Под **моделированием** понимают либо процесс построения модели, либо процесс проведения эксперимента с моделью. В последнем случае говорят об **имитационном моделировании**, где модель может быть представлена в виде компьютерных программ. Процесс моделирования предполагает наличие: объекта и субъекта исследования. Субъектом является экспериментатор, но, в отличие от случая исследования реального объекта, строение модели экспериментатору известно, поэтому цель и задачи исследования могут быть сформулированы чисто теоретически в ходе умозрительного имитационного моделирования.

### **1.4.1. Моделирование в эмпирическом исследовании**

На первой стадии эмпирического исследования моделирование возможно лишь в случае применения материальной модели (копии корабля и т.п.).

На второй стадии исследователь имеет дело лишь с заместителями объекта, а именно с числами (данные опыта), с уравнениями (эмпирическими законами), компьютерными программами, выполняющими преобразование экспериментальных данных из одного вида в другой. На третьей стадии модели могут использоваться для доказательства принадлежности нового объекта исследования к уже изученной генеральной совокупности объектов.

Основным средством математического моделирования на эмпирической стадии является математическая статистика.

Наиболее развитой формой применения моделирования в физической культуре является спортивное прогнозирование. Объектом спортивного прогнозирования является, по мнению В.И. Блудова с соав. (1986), прогноз соотношения сил между странами на олимпийских играх. С этим мнением конечно

нельзя согласиться, во-первых, объектом исследования может быть только часть материи, во-вторых, спортивный прогноз может выполняться не только для случая анализа олимпийских достижений. Поэтому дадим иное определение объекта спортивного прогноза. Объектом спортивного прогноза являются спортсмены, тренеры и организаторы физкультурно-спортивного движения. Предметом исследования - эмпирические закономерности физкультурно-спортивной деятельности, связанные с предсказанием явлений в сфере физической культуры. Предсказывать можно физические, технические, тактические возможности и спортивные достижения спортсменов, команд спортсменов, национальных сборных.

#### Стадии прогнозирования

В технологии прогнозирования выделяют три стадии.

*Ретроспекция*, описание объекта прогноза в прошлом, определение задачи прогнозирования. Подбор экспериментальных данных.

- *Диагноз*, выбор метода прогнозирования, математического метода аппроксимации экспериментальных данных.

*Перспекция*, получение результатов прогноза.

Для обеспечения точности прогноза рекомендуют использовать системный подход и комплекс показателей для характеристики прогнозируемого объекта. Однако в рамках эмпирического подхода никакие ухищрения не могут избавить исследователя (прогнозиста) от грубой методологической ошибки. Дело в том, что в рамках эмпирической методологии запрещено выполнять предсказание за пределами изученного, а именно, генеральной совокупности явлений. Поэтому при предсказании с помощью регрессионных уравнений результатов выступлений спортсменов на промежуточных этапах уже прошедшего времени прогноз имеет силу и определенную математическую вероятность предсказания. В случае прогноза вперед, в будущее, всегда допускается грубая методологическая ошибка, поскольку, как правило, происходит выход за пределы изученной генеральной

совокупности, изученных явлений. Например, применение анаболических стероидов в спорте, начиная с 70-годов XX века, резко нарушило ход эмпирических закономерностей при предсказании спортивных результатов во многих видах спорта (метания в легкой атлетике, тяжелая атлетика, конькобежный спорт и др.), а при ужесточении антидопингового контроля результаты в этих видах спорта резко снизились. В конькобежном спорте случились скачки в 90-годах XX века в спортивных достижениях, сначала из-за ввода в строй крытых катков, а затем с разработкой и внедрением в практику беговых коньков с «отрывающейся пяткой».

Иная ситуация случается при использовании для прогноза объектного моделирования, но в этом случае модель для прогноза строится в рамках теоретического направления исследований.

Особое значение для спортивной практики имеют модельные характеристики спортсменов различных видов спорта и разного уровня подготовленности. Такие модельные характеристики служат основой для оценки уровня подготовленности спортсмена (команды) и определения перспектив его развития. Модельные характеристики спортсменов нашли широкое распространение при отборе и комплектовании спортивных коллективов как на начальных этапах подготовки, так и при формировании национальных команд.

#### 1.4.2. Моделирование в теоретическом исследовании

Математическое моделирование в теоретическом исследовании, как правило, связано с применением дифференциальных уравнений или каких-либо других математических методов имитирующих процессы объективной реальности. Математические модели строятся с учетом принципов системности, природной специфичности, оптимальности и аналогичности.

Принцип системности предполагает использование в ходе моделирования системного подхода. Он реализуется на основе понятия - система. Обычно дают следующее определение:

система S - целенаправленное множество взаимосвязанных элементов любой природы. Определение содержит элемент субъективизма, связанный с понятием целенаправленное. Это означает, что исследователь может строить любые объекты, даже фантастические. Разумеется, это не имеет отношения к науке, которая изучает объективную реальность, а не объекты любой природы. Поэтому под **системой S** следует понимать **часть материи, существующей во внешней среде E как целостное образование, объединяющее в единую структуру множество разнородных элементов**. В соответствии с этим определением можно выявить в живой природе вертикальный и горизонтальные уровни строения. Например, вертикальный: молекулы ферментов, органеллы, вирусы, клетки, ткани, органы, системы органов (функциональные системы по П. К. Анохину), организм, сообщество, биоценоз; горизонтальный - совокупность однотипных систем, в частности, группа мышечных волокон или группа животных.

Построение модели возможно путем выделения в реальном объекте подсистем и более мелких элементов. Объектный (как части материи) принцип анализа элементов и структуры их взаимосвязи позволяет в полной мере реализовать принцип природной специфичности. Принцип природной специфичности предполагает обязательный учет специфики природы объекта, закономерности его развития. Иначе этот подход называется принципом "белого ящика". "Белый ящик" - термин, обозначающий объект (модель), внутренняя структура которого исчерпывающе известна, в противоположность термину "черный ящик", внутренняя структура объекта неизвестна, но наблюдателю доступны входные и выходные величины. Построение модели или ее элементов с учетом функциональных связей между входными и выходными характеристиками называется функциональным подходом. Его используют, как правило, на эмпирической стадии исследования в виде различного вида регрессионных уравнений или в случае необходимости уменьшения сложности модели, когда отдельные элементы представляются как "черные ящики". В чистом виде использовать **объектное** моделирование

возможно, например, для искусственных объектов - модели автомобилей самолетов и т.п. Реальные объекты бесконечно сложны, поэтому на практике используется объектно-функциональный подход для моделирования. При реализации этого подхода надо использовать принцип оптимизации описания объекта.

Принцип оптимизации описания объекта позволяет сохранить заданную точность воспроизведения объекта и его функций при минимальных затратах на моделирование в рамках поставленной задачи.

Принцип аналогичности предполагает поиск готовых вариантов моделей отдельных частей изучаемого объекта, что позволяет существенно снизить затраты на разработку модели.

#### Классификация моделей

Классификация моделей может быть выполнена по различным признакам.

По признаку полноты модели делятся на полные, неполные и приближенные. Полные модели обеспечивают полное подобие, во времени и пространстве. Примером таких моделей являются автомобили, применяемые в экспериментах на выживаемость пассажиров (вместо пассажиров используются манекены). В большинстве случаев применяются неполные модели, однако, включающие все существенные элементы. Приближенные модели включают элементы построенные на основе функционального подхода, а часть существенных элементов не моделируется.

По характеру моделируемых процессов модели могут разделяться на детерминированные и стохастические, статические и динамические, дискретные, непрерывные и дискретно-непрерывные. Детерминированные модели включают и описывают детерминированные процессы. Стохастические модели описывают вероятностные процессы. Статические модели описывают объект в определенный момент времени развития, например, анатомия человека содержит описание статических моделей - скелет, мышцы, нервы и т.п. Динамические модели отражают

поведение объекта во времени и пространстве. Эти модели наиболее полно отображают объективную реальность. Дискретные модели описывают объекты с помощью цифровых вычислительных машин. Непрерывные модели реализуются в аналоговых вычислительных машинах. Дискретно-непрерывные модели строятся на базе комплексов из аналоговых и цифровых вычислительных машин. Такие комплексы нашли широкое распространение в промышленности при создании автоматизированных систем управления химическими процессами, при производстве чугуна и стали.

По форме представления объекты можно разделить на мысленные (наглядные, символические и математические) и реальные (натурные, научный эксперимент).

Мысленные модели часто являются единственно возможными и в научных исследованиях содержат некоторые гипотетические представления о причинно-следственных связях. Для облегчения процесса мышления модели можно изображать наглядно, например, в виде блок-схемы. Высшей формой мысленного моделирования является математическое моделирование, т.е. установление соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью. Математические модели можно разделить на аналитические, имитационные и комбинированные.

Аналитические модели представляются в виде математических соотношений, которые затем могут быть исследованы с помощью математических методов. В настоящее время анализ упрощается, благодаря применению численных математических методов.

При имитационном моделировании математический алгоритм переводят в компьютерную программу. Основным преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения значительно

более сложных задач. В ряде случаев возможно применение аналитико-имитационного моделирования.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какими основными свойствами обладает модель?
2. Как в физической культуре можно использовать статистическое моделирование?
3. Почему нельзя предсказывать наперед с помощью статистического моделирования?
4. Приведите примеры модельных характеристик в физической культуре?
5. Перечислите характерные признаки какой-либо системы?
6. Как применяется системный подход в теоретическом и эмпирическом исследовании?
7. Почему надо использовать принцип оптимизации при моделировании?
8. Какое различие существует между «черным» и «белым» ящиком?
9. Какими преимуществами обладают мысленные и математические модели?

питательных веществ. Животные используют энергию, содержащуюся в их пище, для поддержания своего существования, роста и размножения. Живое извлекает структурированную полезную для живого организма отрицательную энтропию из окружающей среды и «сбрасывает» избыток неструктурированной положительной энтропии обратно в эту среду. Происходит перераспределение энтропии как формы энергии в системе живой организм - окружающая среда. Сама сложность и организованность структуры живого организма будет определяться этим перераспределением. Живое способно также «извлекать» порядок из хаотического поведения молекул своего организма, что также способствует уменьшению его энтропии как упорядоченной системы.

Живые организмы активно реагируют на окружающую среду и участвуют в обмене энергией, веществом и информацией с окружающей средой. Живые организмы способны усваивать полученные извне питательные вещества, перестроив их так, чтобы они становились подобными их собственным материальным структурам, и в результате этого многократно воспроизводить эти структуры. Способность реагировать на внешние раздражители, в том числе и на получение информации, является универсальным признаком всех живых систем - и растений, и животных. Живые организмы обладают способностью двигаться и проявлять активность при взаимодействиях с окружающей средой.

В процессе самоорганизации живые организмы развиваются, изменяются и усложняются. В отличие от самоорганизации неживых неорганических систем, где молекулы просты, а механизм реакций сложен, в самоорганизации живых систем механизмы просты, а молекулы сложны. Существенна и роль обратной связи организмов с окружающей средой. Для создания и развития новых структур, образования новых органов нужна положительная обратная связь, а для устойчивого состояния - отрицательная обратная связь. Живой организм способен и к самосохранению, устойчивости своего существования, и к развитию, восприимчивости, и к изменениям. В живом

организме на протяжении всей жизни идет непрерывная замена старых клеточных структур на вновь образующиеся.

Все живое не только размножается, но и имеет способность к избыточному воспроизводству. Это одна из главных особенностей живого, в которой проявляется действие механизмов изменчивости и наследственности, определяющих эволюцию всех видов живой природы и условия их выживания.

Живое качественно превосходит другие формы существования материи своим многообразием форм, сложностью химических компонентов и динамикой протекающих в живом организме процессов. Процесс усложнения структур и функций связан со все более эффективным использованием энергии, черпаемой из окружающей среды и превращаемой биологическими системами в сложность и разнообразие форм жизни.

Живые организмы способны получать, сохранять и передавать информацию. Причем живым организмам присуще стремление полученную информацию о себе и окружающем мире использовать максимальным образом. Наследственная информация, заложенная в генах и необходимая живому организму для существования, развития и размножения передается от каждого индивидуума его потомкам. Эта информация определяет направление развития организма, и в процессе взаимодействия его с окружающей средой реакция на ее индивидуума может искажаться, обеспечивая тем самым эволюцию развития потомков. Признаком живого является также биологическое узнавание.

Живые организмы способны хорошо приспосабливаться к окружающей среде обитания и соответствуют своему образу жизни. При этом проявляется еще одна сущность жизни - поддержание таких биологических норм, которые противостоят силам, стремящимся низвести жизнь до уровня физического равновесия.

Живые организмы имеют способность целесообразно распространяться в пространстве и времени, а также активно влиять на неживую природу и изменять в целом биосферу

Земли. Целевая функция живого объективно сводится к достижению оптимальных условий для выживания вида.

И, наконец, высшим формам живых организмов присущ Разум, который и позволяет материи познавать самое себя.

Следует обратить внимание, что отдельные свойства могут встречаться и в неживой природе, но только в совокупности эти свойства присущи именно живому и в своем единстве являются критериями отличия живого от неживого. Живое от неживого можно отличить также по трем признакам: веществу (в живом - органические биополимерные молекулы), структуре (живой организм состоит из живых клеток) и функционально (живое воспроизводит себя).

Вероятно, в будущем мы сможем привести и другие признаки жизни, однако и этих основных на сегодня достаточно, чтобы представить себе различие между живой и неживой природой. Хотелось бы, чтобы в определении жизни были учтены все эти функциональные признаки.

## 2.1. Концепции эволюции живой природы

*Создание синтетической теории эволюции.* Преодоление противоречий между эволюционной теорией и генетикой стало возможным на основе синтетической теории эволюции, которая выступает основанием всей системы современной эволюционной биологии. Синтез генетики и эволюционного учения был качественным скачком в развитии как генетики, так и эволюционной теории. Он означал создание качественно нового ядра системы биологического познания, свидетельствовал о переходе биологии с классического на современный, неклассический уровень развития, начале формирования методологических установок неклассической биологии.

Принципиальные положения синтетической теории эволюции были заложены работами С.С. Четверикова (1926), а также Р. Фишера, С. Райта, Дж. Холдейна (1929 - 1932) и др. Непосредственными предпосылками для синтеза генетики и теории эволюции выступали: хромосомная теория наследственности

Т. Моргана, биометрические и математические подходы к анализу эволюции, закон Харди - Вейберга для идеальной популяции (гласящий, что такая популяция стремится сохранить равновесие концентрации генов при отсутствии факторов, изменяющих его), результаты эмпирического исследования изменчивости в природных популяциях и др.

В основе этой теории лежит представление о том, что *элементарной «клеточкой» эволюции является не организм и не вид, а популяция.* Именно популяция выступает той реальной целостной системой взаимосвязи организмов, которая обладает всеми условиями для саморазвития, прежде всего способностью наследственного изменения в смене биологических поколений. Элементарной единицей наследственности выступает ген (участок молекулы ДНК, отвечающий за развитие определенных признаков организма). Наследственное изменение популяции в каком-либо определенном направлении осуществляется под воздействием ряда эволюционных факторов (т.е. таких факторов, которые изменяют генотипический состав популяции) - мутационный процесс (поставляющий элементарный эволюционный материал), популяционные волны (колебания численности популяции в ту или иную сторону от средней численности, входящих в нее особей), изоляция (закрепляющая различия в наборе генотипов и способствующая делению исходной популяции на несколько самостоятельных), естественный отбор как «процесс, определяющий вероятность достижения определенными индивидами репродукционного возраста» (имеющий разные формы - по относительной жизнеспособности, по фенотипическому признаку, стабилизирующий отбор, дизруптивный отбор, ведущий отбор и др.). Естественный отбор является ведущим эволюционным фактором, направляющим эволюционный процесс.

Формирование синтетической теории эволюции ознаменовало собой переход к популяционному стилю мышления, который пришел на смену организмоцентрическому.

Создание синтетической теории эволюции на основе популяционной генетики ознаменовало собой начало преодоления

противопоставления исторического и структурно-инвариантного «срезом» в исследовании живого. Найдя принципиальную основу для объединения генетики и теории эволюции, идей организации и истории органического мира, синтетическая теория эволюции тем самым кладет начало качественно новому этапу в развитии биологии - переходу к созданию единой системы биологического знания, воспроизводящей законы развития и функционирования органического мира как целого, начало всеобъемлющего синтеза эволюционной биологии и наук, изучающих структурно-инвариантный аспект живого. Таким синтезом нацеливает на изучение жизни как единого целостного многоуровневого процесса, выявление того, как сущность живого проявляет себя в его конкретных органических формах и уровнях.

### **Синтетическая теория эволюции**

Основные идеи эволюции Дарвина с его триадой - наследственностью, изменчивостью, естественным отбором - в современном представлении эволюции живого мира дополняются представлениями не просто естественного отбора, а такого отбора, который детерминирован генетически. Началом разработки синтетической или общей эволюции можно считать работу С. С. Четверикова по популяционной генетике, в которых было показано, что отбору подвергаются не отдельные признаки и особи, а генотип всей популяции, но осуществляется он через фенотипические признаки отдельных особей. Это приводит к распространению полезных изменений во всей популяции. Таким образом, механизм эволюции реализуется как через случайные мутации на генетическом уровне, так и через наследование наиболее ценных признаков (ценности информации!), определяющих адаптацию мутационных признаков к окружающей среде, обеспечивая наиболее жизнеспособное потомство.

Учитывая вероятностный характер возникновения мутаций, в этом смысле подчиняющихся законам статистической физики, их нельзя считать основным фактором эволюции, так

как они только влияют на изменчивость генотипа и поэтому мутационный процесс приводит к образованию и полезных, и вредных генов, которые как бы составляют фонд наследственной изменчивости. Следовательно, изменчивость на молекулярно-генетическом уровне также не является фактором эволюции и естественный отбор на этом уровне не работает. Полезность изменчивости будет определяться естественным отбором особей, наиболее приспособленных к жизни в определенных условиях. Естественный отбор будет действовать непосредственно на фенотип живого организма и тем самым начнет проявляться с онтогенетического уровня организации живого.

Как отмечал Н. Н. Моисеев, изменчивость создает поле возможностей развития той или иной живой системы, наследственность ограничивает это поле, но отбор реализующегося варианта эволюции будет определяться некоторыми правилами или принципами. Принципы этого отбора - это законы физики, биологии, общественного развития, с помощью которых с какой-то вероятностью из допустимых значений отбираются наблюдаемые нами в реальности. Кстати, к таким же правилам отбора относятся и те следствия человеческого опыта, на которые мы опираемся в своей практической деятельности, принимая те или иные решения. Заметим, что с физической точки зрения в основе этих принципов лежат законы сохранения, а сами фундаментальные принципы имеют запретительный характер: никакие изменения не могут идти вопреки закону изменения энергии и закону сохранения количества движения.

Популяции рассматриваются как целое по отношению к ресурсам, хищникам для данной популяции и к внешним условиям, а сами особи выступают как своего рода неразличимые микрочастицы. При анализе распределения особей внутри популяции выделяются четыре основных типа стратегии адаптации. Первая реализуется в условиях достаточного ресурса и отсутствия хищников. Для нее характерны экспоненциальный рост численности, активность к расселению, высокая скорость метаболизма. Вторая осуществляется в условиях конкуренции ограниченности территории и наличия хищников. В этом типе

адаптации проявляются определенное самолимитирование и уменьшение прироста численности с увеличением популяции под действием конкурентности, отбор особей по силовым, размерным, скоростным качествам и умеренный метаболизм. Третья стадия проходит при ухудшающихся неблагоприятных условиях, недостатке ресурсов, прессинге хищников и приводит к существенным изменениям скорости метаболизма, запасанию корма, поиску убежища, спячке. Последняя, четвертая, стадия идет при крайне неблагоприятных условиях и ведет уже к возникновению качественных изменений особей и популяции в целом, появляются мутанты и происходит переход в новую экологическую нишу. В рамках популяции имеют место в той или иной степени все четыре типа ее развития. Переходы от одной стадии к другой идут в зависимости от внутренних и внешних условий.

В синтетической теории эволюции существуют представления о микро- и макроэволюции. Микроэволюция связана с необратимыми преобразованиями генетико-экологической структуры популяции, которые могут привести к формированию нового вида. Макроэволюция изучает основные направления и закономерности развития жизни на Земле и происхождение человека как биологического вида и таким образом осуществляется через процессы микроэволюции. В рамках системного подхода и ту, и другую можно описать через элементарные явления и ведущие факторы.

Естественный отбор, четвертый элементарный эволюционный фактор, проявляется в дифференцированном, направленном сохранении в популяции определенных генотипов и их избирательном участии в передаче следующему поколению. Этот процесс идет на уровне целого живого организма и закрепления признаков в особях и популяции. Таким образом, естественный отбор, являясь направленным фактором, определяет направление движения всей биосферы, ее развитие в процессе становления порядка из хаоса. Согласно И. И. Шмальгаузену, естественный отбор может реализовываться в движущей и стабилизирующей формах.

Организм, по выражению И. И. Шмальгаузена, предстает как целое в индивидуальном и историческом развитии. Устойчивость развития сложной живой системы определяется через ее гомеостаз. Сочетание эволюционных принципов оптимальности и термодинамических закономерностей, определяющих устойчивость неравновесных самоорганизующихся систем, позволяет построить количественную теорию гомеостаза живых организмов. Живой организм как единое целое сохраняет иерархическую общую структуру взаимодействия его элементов при изменении внешних условий и стабилизации внутреннего состояния посредством положительных и отрицательных обратных связей. Все это дает огромное разнообразие проявления признаков живого и выступает в качестве саморегуляции эволюции живого.

В заключение подведем итог современных представлений синтетической теории эволюции и отметим некоторые эмпирические закономерности развития биосистем. Установленный закон генетического разнообразия отражает тот факт, что живое генетически различно и имеет тенденцию к увеличению биологических разновидностей. С ростом сложности организации биосистем продолжительность существования вида уменьшается, а темпы эволюции возрастают. Любопытную закономерность установил также В. И. Вернадский: «В ходе геологического времени выживающие формы увеличивают свои размеры, а, следовательно, и вес, а затем вымирают».

Эволюционные изменения случайны и ненаправленны, поскольку исходным материалом для их являются различные мутации. Эволюция протекает дивергентно, постепенно, через отбор мелких случайных мутаций. Новые формы могут образовываться через более крупные наследственные изменения, жизнеспособность которых определяется отбором. Хотя сам процесс эволюции идет достаточно медленно в своем историческом развитии и постепенно, в этом процессе могут быть скачки (так называемое правило прерывистого равновесия) в связи с бифуркациями в геологическом развитии Земли и изменением условий для биоты.



Добиологическая эволюция, приведшая к образованию биологических молекул, и биологическая эволюция должны рассматриваться как часть эволюции Вселенной, следовательно, учитывать эволюцию в неживой, косной природе Земли, в том числе и геологическую эволюцию. Имеются модели зарождения жизни в процессе планетарной эволюции или планетарной формы движения материи.

Возвращаясь к основным положениям синтетической теории эволюции, подчеркнем, что главной движущей силой является естественный отбор. Эволюционный процесс в биосфере в целом носит многоуровневый характер и протекает на всех уровнях организации живой природы. Различаясь по уровням, эти процессы эволюции сливаются в единый процесс эволюции биосферы. В целом и онтогенез, и эволюция определяются термодинамическими особенностями самоорганизации открытых систем и связаны с оттоком энтропии от живых организмов в окружающую среду. Живое можно также рассматривать как совокупность биосистем различных уровней организации жизни. Подчеркивая роль эволюции, можно сказать, что именно в процессе эволюции возникла жизнь, как особая форма материи, из неживого вещества. Сама биологическая эволюция связана с возникновением генетического кода.

## 2.2. Концепции возникновения жизни на Земле

Происхождение жизни - одна из трех важнейших мировоззренческих проблем, наряду с проблемой происхождения нашей Вселенной и проблемой происхождения человека и общества.

Многовековые исследования и попытки решения вопросов о происхождении природы и сущности жизни породили разные концепции возникновения жизни на Земле:

- жизнь возникла неоднократно и самопроизвольно из неживого вещества;
- жизнь существовала всегда (теория стационарного состояния);
- жизнь занесена на нашу планету извне (панспермия);

- жизнь возникла в результате биохимической эволюции.

### *Развитие представлений о происхождении жизни.*

Попытки понять, как возникла и развивалась жизнь на Земле, появились у человека еще в глубокой древности. Наряду с идеалистическим подходом - жизнь является следствием божественного творческого акта (креационизм), еще в античности сложился и материалистический подход к этой проблеме, в основе которого лежало представление о том, что живое может возникнуть из неживого, органическое из неорганического под влиянием естественных факторов. Так сложилась концепция самозарождения живого из неживого. Идея самозарождения приобрела широкое распространение во времена Средневековья и Возрождения, когда допускалась возможность самозарождения не только простых, но и довольно высокоорганизованных существ. Известны попытки Парацельса (1485 - 1540) разработать рецепты искусственного получения человека (гомункулуса).

Невозможность произвольного зарождения жизни была доказана целым рядом опытов. Итальянский ученый Ф. Реди (1626 - 1698) экспериментально доказал невозможность самозарождения сколько-нибудь сложных животных. Применение микроскопа в биологических исследованиях способствовало открытию большого разнообразия одноклеточных организмов. На этой основе вновь возродились старые идеи произвольного самозарождения простейших существ. Окончательно версия о самозарождении была развенчана Л. Пастером в середине XIX в. Пастер показал, что не только в запаянном сосуде, но и незакрытой колбе с длинной S - образной горловиной хорошо прокипяченный бульон остается стерильным, потому что в колбу через такую горловину не могут проникнуть микробы. Так было доказано, что в наше время какой бы то ни было новый организм, может появиться только от другого живого существа.

Появление жизни на Земле пробовали объяснить занесением ее из других космических миров. В 1865 г. немецкий врач Г. Рихтер выдвинул гипотезу космозоев (космических зачатков),

в соответствии с которой жизнь является вечной и зачатки, которые населяют мировое пространство, могут переноситься с одной планеты на другую.

Сейчас уже определенно выяснено, что «азбука» живого сравнительно проста: в любом существе, живущем на Земле, присутствует 20 аминокислот, пять оснований, два углевода и один фосфат. Существование небольшого числа одних и тех же молекул во всех живых организмах убеждает нас, что все живое должно иметь единое происхождение.

Современные представления о происхождении жизни восходят к гипотезам советского академика А. И. Опарина (1923 год) и английского естествоиспытателя Джона Скотта Холдейна (1929 год).

#### **Возникновение жизни**

С позиций современного научного мировоззрения жизнь возникла из неживого вещества. Жизнь - это свойство материи, которое ранее не существовало и появилось в особый момент истории нашей планеты Земля. Возникновение жизни явилось результатом последовательных процессов, протекавших сначала миллиарды лет во Вселенной, а затем на Земле многие миллионы лет. От неорганических соединений к органическим, от органических - к биологическим - таковы последовательные стадии, по которым осуществлялся процесс зарождения жизни.

Возраст Земли исчисляется примерно в 5 млрд. лет. Жизнь существует на Земле, видимо, более 3,5 млрд. лет. В сложном процессе возникновения жизни на Земле можно выделить несколько основных этапов. Первый из них связан с процессами образования простейших органических соединений из неорганических.

*Образование простых органических соединений.* На начальных этапах истории Земли она представляла собой раскаленную планету. Вследствие вращения при постепенном снижении температуры атомы тяжелых элементов перемещались к центру, а в поверхностных слоях концентрировались атомы легких элементов (водорода, углерода, кислорода, азота), из которых

и состоят тела живых организмов. При дальнейшем охлаждении Земли появились химические соединения: вода, метан, углекислый газ, аммиак, цианистый водород, а также молекулярный водород, кислород, азот.

Когда температура поверхности Земли опустилась ниже 100°C, произошло сгущение водяных паров и образование воды. В результате активной вулканической деятельности из внутренних слоев Земли на поверхность выносилось много раскаленной массы, в том числе карбидов - соединений металла с углеродом. При взаимодействии карбидов с водой выделялись углеводородные соединения. Горячая дождевая вода как хороший растворитель имела в своем составе растворенные углеводороды, а также газы (аммиак, углекислый газ, цианистый водород), соли и другие соединения, которые могли вступать в химические реакции. Так постепенно на поверхности молодой планеты Земля накапливались простейшие органические соединения.

*Возникновение сложных органических соединений.* Второй этап биогенеза характеризовался возникновением более сложных органических соединений, в частности, белковых веществ в водах первичного океана.

В 1951 - 1957 гг. американским химиком С. Миллер были смоделированы условия первичной атмосферы Земли, при которых могли образовываться аминокислоты, а при их полимеризации - и первичные белки. Они показали, что (при использовании других соотношений исходных газов и видов источника энергии) путем реакции полимеризации из простых молекул могли быть образованы и более сложные молекулы: белки, липиды, нуклеиновые кислоты и их производные. Позже была доказана возможность синтеза в условиях лаборатории и других сложных биохимических соединений, в том числе белковых молекул (инсулина), азотистых оснований нуклеотидов. Особенно важно то, что лабораторные эксперименты совершенно определенно *показали возможность образования белковых молекул в условиях отсутствия жизни.*

С определенного этапа в процессе химической эволюции активное участие принимает кислород. В атмосфере Земли

кислород мог накапливаться в результате разложения воды и водяного пара под действием ультрафиолетовых лучей Солнца. С накоплением в атмосфере кислорода восстановленные соединения начали окисляться.

Воды первичного океана постепенно все более насыщались разнообразными органическими веществами, образуя «первичный бульон».

*«Первичный бульон» и образование коацерватов.* Дальнейший этап биогенеза связан с концентрацией органических веществ, возникновением белковых тел.

В водах первичного океана концентрация органических веществ увеличивалась, происходило их смешивание, взаимодействие и объединение в мелкие обособленные структуры раствора. Эти обособленные в растворе органические многомолекулярные структуры А. И. Опарин назвал *коацерватными каплями* или *коацерватами*. Коацерваты - мельчайшие коллоидальные частицы - капли, обладающие осмотическими свойствами.

Исследования показали, что коацерваты имеют достаточно сложную организацию и обладают рядом свойств, которые сближают их с простейшими живыми системами. Но важные предпосылки возникновения живого в них уже содержались.

Прежде всего, коацерваты объясняют появление биологических мембран. Образование мембранной структуры считается самым «трудным» этапом химической эволюции жизни. Истинное существо (в виде клетки, пусть даже самой примитивной) не могло оформиться до возникновения мембранной структуры и ферментов. Биологические мембраны, как известно, составляют агрегаты белков и липидов, способные разграничить вещества от среды и придать упаковке молекул прочность. Мембраны могли возникнуть в ходе формирования коацерватов.

Кроме коацерватов, в «первичном бульоне» накапливались полинуклеотиды, полипептиды и различные катализаторы, без которых невозможно образование способности к самовоспроизведению и обмену веществ.

*Возникновение простейших форм живого.* Главная проблема в учении о происхождении жизни состоит в объяснении возникновения матричного синтеза белков. Жизнь возникла не тогда, когда образовались пусть даже очень сложные органические соединения, отдельные молекулы ДНК и др., а тогда, когда начал действовать механизм конвариантной редупликации.

Именно поэтому завершение процесса биогенеза связано с возникновением у более стойких коацерватов способности к самовоспроизведению составных частей, с переходом к матричному синтезу белка, характерному для живых организмов. *Наибольшие шансы на сохранение имели в ходе предбиологического отбора те коацерваты, у которых способность к обмену веществ сочеталась со способностью к самовоспроизведению.*

Существуют разные гипотезы механизма такого перехода, однако, в настоящее время наиболее перспективными здесь являются гипотезы, которые опираются на принципы теории самоорганизации, синергетики.

В последующем предбиологический отбор коацерватов, по-видимому, шел по нескольким направлениям. Во-первых, в направлении выработки способности накопления специальных белковоподобных полимеров, ответственных за ускорение химических реакций. В результате строение нуклеиновых кислот изменялось в направлении преимущественного «размножения» систем, в которых удвоение нуклеиновых кислот осуществлялось с участием ферментов. На этом пути и возникает характерный для живых существ циклический обмен веществ.

Во-вторых, в системе коацерватов происходил и отбор самих нуклеиновых кислот по наиболее удачному сочетанию последовательности нуклеотидов. На этом пути формировались гены. Самовоспроизводящиеся системы со сложившейся стабильной последовательностью нуклеотидов в нуклеиновой кислоте уже могут быть названы живыми.

*Начальные этапы эволюции жизни.* В позднем архее (более 3,5 млрд. лет назад) на дне небольших водоемов или мелководных морей возникла жизнь в виде мельчайших примитивных существ - протобионтов.

## Этапы эволюции

Первый период развития органического мира на Земле характеризуется тем, что первичные живые организмы были анаэробными (жили без кислорода), питались и воспроизводились за счет «органического бульона», возникшего из неорганических систем. Первый великий качественный переход в эволюции живой материи был связан с «энергетическим кризисом»: «органический бульон» был исчерпан и необходимо было выработать способы формирования крупных молекул биохимическим путем, внутри клеток, с помощью ферментов. В этой ситуации получили преимущество те клетки, которые могли получать большую часть необходимой им энергии непосредственно из солнечного излучения, т.е. образования хлорофилла и фотосинтеза.

С «кислородной революцией» связан и переход от прокариотов к эукариотам. Первые организмы были прокариотами. У этих клеток не было ядра, деление клетки не включало в себя точной дубликации генетического материала (ДНК), через оболочку клетки поступали только отдельные молекулы. Прокариоты - это простые, выносливые организмы, обладавшие высокой вариабельностью, способностью к быстрому размножению, легко приспосабливающиеся к изменяющимся условиям природной среды. Но новая кислородная среда стабилизировалась; первичная атмосфера была заменена новой. Понадобились организмы, которые пусть были бы и не вариабельны, но зато лучше приспособлены к новым условиям. Нужна была не генетическая гибкость, а генетическая стабильность. Ответом на эту потребность и было формирование эукариотов примерно 1,8 млрд. лет назад.

У эукариотов ДНК уже собрана в хромосомы, а хромосомы сосредоточены в ядре клетки. Такая клетка уже воспроизводится без каких-либо существенных изменений. Это значит, что в неизменной природной среде «дочерние» клетки имеют столько же шансов на выживание, сколько их имела клетка «материнская».

*Образование царства растений и царства животных.* Дальнейшая эволюция эукариотов была связана с разделением на растительные и животные клетки.

Животные клетки имеют эластичные оболочки и потому не теряют способности к передвижению; это дает им возможность самим искать пищу - растительные клетки или другие животные клетки. Животные клетки эволюционировали в направлении совершенствования, во-первых, способов передвижения и, во-вторых, способов поглощать и выделять крупные частицы через оболочку и, наконец - поедание и переваривание целых клеток (формирование первых хищников).

Следующим важным этапом развития жизни и усложнения ее форм было возникновение примерно 900 млн. лет назад полового размножения. Половое размножение состоит в механизме слияния ДНК двух индивидов и последующего перераспределения генетического материала, при котором потомство похоже, но не идентично родителям.

Значительным шагом в дальнейшем усложнении организации живых существ было появление примерно 700-800 млн. лет назад многоклеточных организмов с дифференцированным телом, развитыми тканями, органами, которые выполняли определенные функции. Первые многоклеточные животные представлены сразу несколькими типами: губки, кишечнополостные, плеченогие, членистоногие. Эволюция многоклеточных шла в направлении совершенствования способов передвижения, лучшей координации деятельности клеток, совершенствования форм отражения с учетом предыдущего опыта, образования вторичной полости, совершенствования способов дыхания и др..

В кембрийских морях уже существовали почти все основные типы животных, которые впоследствии лишь специализировались и совершенствовались. Первые позвоночные - мелкие (около 10 см длиной) существа, бесчелюстные рыбообразные, покрытые чешуей, которая помогала защищаться от крупных хищников (осьминогов, кальмаров). Дальнейшая эволюция позвоночных шла в направлении образования челюстных

рыбообразных, которые быстро вытеснили большинство бесчелюстных.

Некоторые пресноводные двоякодышащие рыбы девонского периода, очевидно, и дали жизнь сначала первичным земноводным (стегоцефалам), а затем и сухопутным позвоночным. Таким образом, первые амфибии появляются в девоне. В девоне возникает и другая чрезвычайно прогрессивная группа животных - насекомые.

Образование насекомых свидетельствовало о том, что в ходе эволюции сложилось два разных способа решения укрепления каркаса тела (основных несущих органов и всего тела в целом) и совершенствования форм отражения. У позвоночных роль каркаса играет внутренний скелет, у высших форм беспозвоночных - насекомых - наружный скелет. Что касается форм отражения, то у насекомых чрезвычайно сложная нервная система, с разбросанными по всему телу огромными и относительно самостоятельными нервными центрами, преобладание врожденных реакций над приобретенными. У позвоночных - развитие огромного головного мозга и преобладание условных рефлексов над безусловными. Различие этих двух разных способов решения важнейших эволюционных задач в полной мере проявилось после перехода к жизни на суше.

*Завоевание суши.* Важнейшим событием в эволюции форм живого являлся выход растений и живых существ из воды и последующее образование большого многообразия наземных растений и животных.

Переход к жизни в воздушной среде требовал многих изменений. Во-первых, вес тел здесь больше, чем в воде. Во-вторых, в воздухе не содержится питательных веществ. В-третьих, воздух сухой, он иначе, чем вода, пропускает через себя свет и звук. Кроме того, содержание кислорода в воздухе выше, чем в воде. Выход на сушу предполагал решение всех этих вопросов; выработку соответствующих приспособлений.

Выход растений на сушу начался, очевидно, в конце силура. Растения, переселявшиеся в воздушную среду, получали значительные эволюционные преимущества. Вслед за растениями из

воды на сушу и воздух (сначала по берегам рек, озер, в болота) последовали различные виды членистоногих - предки насекомых и предки пауков и скорпионов. Первые позвоночные, которые полностью приспособились к жизни на суше, были рептилии. Первые рептилии были небольшими животными, напоминающими ныне живущих ящериц. В карбоне достигают значительного развития насекомые. Появляются летающие насекомые.

*Пути эволюции животных.* Рептилии оказались перспективной формой. В конце пермского периода рептилии уже полностью преобладали на суше. Некоторые рептилии становятся хищными, другие - растительноядными.

Постепенно идет и завоевание воздушной среды. Насекомые начали летать еще в карбоне и около 100 млн. лет были единственными в воздухе. И только в триасе появляются первые летающие ящеры. В юре пресмыкающиеся осваивают и воздушную среду - возникают самые известные летающие ящеры - птеродактили. В юрском же периоде от одной из ветвей рептилий возникают птицы; первые птицы причудливо сочетали признаки рептилий и птиц. Поэтому птиц иногда называют «взлетевшими рептилиями».

Кайнозой - время расцвета насекомых, птиц и млекопитающих. В палеоцене появляются первые хищные млекопитающие. В это же время некоторые виды млекопитающих «уходят» в море (китообразные ластоногие, сиреновые). От древних хищных происходят копытные. От некоторых видов насекомоядных обособляется отряд приматов. И в плиоцене встречаются уже все современные семейства млекопитающих.

В кайнозой формируются те важнейшие тенденции, которые привели к возникновению человека. Это касается возникновения стайного, стадного образа жизни, который выступил ступенькой к возникновению социального общения. Причем, если у насекомых (муравьи, пчелы, термиты) биосоциальность вела к потере индивидуальности, то у млекопитающих, напротив, - к подчеркиванию индивидуальных черт особи. В неогене на обширных открытых пространствах саванн Африки

появляются многочисленные формы обезьян. Некоторые виды приматов переходят к прямохождению. Так в биологическом мире вызревали предпосылки возникновения Человека и мира Культуры.

### 2.3. Современные подходы к исследованию эволюции

Все работы в этой области можно свести к трем группам. В первой окажутся модели происхождения молекулярно-генетических систем обработки информации, во второй - модели, характеризующие общие закономерности эволюционных процессов, а в третьем - анализ моделей искусственной «эволюции» с целью применения метода эволюционного поиска к практическим задачам оптимизации.

В начале 70-х годов лауреат Нобелевской премии М. Эйген предпринял попытку построения моделей возникновения в ранней биосфере Земли молекулярно-генетических систем обработки информации. Наиболее известная из них - модель «квазивидов», описывающая простую эволюцию полинуклеотидных (информационных) последовательностей. Вслед за Эйгеном в 1980-м новосибирскими учеными В. Ратнером и В. Шапиным была предложена модель «сайзеров».

В модели квазивидов рассматривается поэтапная эволюция популяции информационных последовательностей (векторов), компоненты которых принимают небольшое число дискретных значений. Модельно заданы приспособленности «особей» как функции векторов. На каждом этапе происходит отбор особей в популяцию следующего поколения с вероятностями, пропорциональными их приспособленностям, а также мутации особей - случайные равновероятные замены компонент векторов.

Модель сайзеров в простейшем случае рассматривает систему из трех типов макромолекул: полинуклеотидной матрицы и ферментов трансляции и репликации, кодируемых этой матрицей. Полинуклеотидная матрица - это как бы запоминающее устройство, в котором хранится информация о функциональных единицах сайзера - ферментах. Фермент трансляции

обеспечивает «изготовление» произвольного фермента по записанной в матрице информации. Фермент репликации обеспечивает копирование полинуклеотидной матрицы. Сайзер достаточен для самовоспроизведения. Включая в схему сайзера дополнительные ферменты, кодируемые полинуклеотидной матрицей, можно обеспечить сайзер какими-либо свойствами, например свойством регулирования синтеза определенных ферментов и адаптации к изменениям внешней среды.

К началу 50-х годов в науке сформировалась синтетическая теория эволюции, основанная на объединении генетики и дарвиновского учения о естественном отборе. Математические модели этой теории хорошо разработаны, однако они практически не касаются анализа эволюции информационных систем биологических организмов. Однако в последующие десятилетия появились модели, исследующие молекулярно-генетические аспекты эволюции.

*Моделирование «интеллектуальной» эволюции.* Для понимания процесса возникновения человеческой логики предпринимаются попытки построить модельную теорию происхождения логики в биосфере. Такая теория могла бы содержать математические модели ключевых «интеллектуальных изобретений» биологической эволюции, акцентирующие внимание на биологическом значении и причинах возникновения этих изобретений, а также модели, характеризующие переходы между изобретениями разных уровней. Надежнее всего, видимо, начать с «самого начала» - с происхождения жизни и проследить весь путь биологической эволюции от простейших организмов до человека, выделяя на этом пути наиболее важные эволюционные открытия, ведущие к логике. Чтобы представить круг вопросов, которые составляют предмет модельной теории происхождения логики, отметим некоторые важные уровни «интеллектуальных изобретений».

Уровень первый - организм различает состояния внешней среды, память об этих состояниях записана в геноме и передается по наследству, организм адекватно использует различие сред, меняя свое поведение с изменением среды. Пример этого

уровня - свойство регулирования синтеза белков в бактериях в ответ на изменение питательных веществ во внешней среде по схеме Ф. Жакоба и Ж. Моно. Данное свойство можно назвать элементарной сенсорикой.

Второй уровень - временное запоминание организмом состояния среды и адекватное, также временное, приспособление к ней. Пример этого уровня - привыкание, а именно постепенное угасание реакции раздражения на биологически нейтральный стимул.

Третий уровень - запоминание устойчивых связей между событиями в окружающей организм природе.

Рассмотрение моделей «интеллектуальных изобретений» биологической эволюции показывает их чрезвычайную фрагментарность и слабую разработанность. Совершенно нет моделей переходов между «изобретениями» разных уровней.

Построение модельной теории возникновения логики может быть общей научной основой при создании искусственных интеллектуальных систем на нейробионических принципах. В рамках таких работ предстоит модельно сопоставить дарвиновскую (нет передачи по наследству приобретенных навыков) и ламарковскую (есть наследование приобретенных навыков) концепции эволюции и выяснить классы задач, для которых применима та или иная стратегия. Появляются возможности модельно проанализировать процесс возникновения нервной системы как специально предназначенной для быстрой и надежной обработки информации части управляющей системы.

Остается подчеркнуть, что в исследованиях по нейрокомпьютерам и по эволюционному моделированию уделяется очень мало внимания тем свойствам систем обработки информации, благодаря которым организмы приспособляются к окружающей среде, а также осмыслению того, как и почему возникали такие свойства. Поэтому идейное объединение этих исследований с анализом эволюции «интеллектуальных изобретений» биологических организмов очень актуально.

## 2.4. Концепция уровней организации живых систем

На основе разных критериев могут быть выделены различные уровни или системы организации живого мира. Во всем таком многообразии уровней должны быть выделены некоторые основные уровни. Критерием выделения основных уровней, должно быть, выступают специфические дискретные структуры и фундаментальные биологические взаимодействия. На основании таких критериев достаточно четко выделяются:

молекулярно-генетический,  
онтогенетический,  
популяционно-видовой,  
биогеоценотический уровни организации живого.

Уровни организации живого мира

*Молекулярно-генетический уровень.* Знание закономерностей молекулярно-генетического уровня организации живого - необходимая предпосылка для ясного понимания жизненных явлений, происходящих на всех остальных уровнях организации жизни. В XX веке развитие хромосомной теории наследственности, анализ мутационного процесса, изучение строения хромосом, фагов и вирусов, развитие молекулярной биологии, биохимии позволило раскрыть основные черты организации элементарных генетических структур и связанных с ними явлений.

Выяснено, что основные структуры на этом уровне несут в себе коды наследственной информации, передаваемой от поколения к поколению. Эти структуры представлены молекулами ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислотой), дифференцированными по длине на элементы кода - триплеты азотистых оснований, образующих гены. Гены на этом уровне организации жизни представляют элементарные единицы. Основными элементарными явлениями, связанными с генами, можно считать способность их к конвариантной редупликации, к локальным структурным изменениям (мутациям) и способность

передавать хранящуюся в них информацию внутриклеточным управляющим системам.

В синтезе белков важная роль принадлежит также и РНК. Синтез белка происходит в особых областях клетки - рибосомах.

В ядре генетический код переносится с молекул ДНК на молекулу информационной - РНК. Генетическая информация о последовательности и характере синтеза белка переносится из ядра молекулами, информационной - РНК в цитоплазму к рибосомам и там участвует в синтезе белка. Перенос и присоединение отдельных аминокислот к месту синтеза осуществляется транспортной-РНК.

Редупликация, основанная на матричном копировании, делает возможным сохранение не только генетической нормы, но и отклонений от нее, т. е. мутаций (основа процесса эволюции).

Таким образом, как при конвариантной редупликации, так и при внутриклеточной передаче информации используют единый «матричный принцип»: исходные молекулы ДНК и РНК являются матрицами, рядом с которыми строятся соответствующие специфические макромолекулы. Молекулы ДНК играют роль кода, в котором как бы «зашифрованы» все синтезы белковых молекул в клетках организма. Более того, оказалось, что все биологические организмы, известные нам на Земле, используют одинаковый генетический код!

В настоящее время молекулярной биологией успешно дешифруется заложенный в структуре нуклеиновых кислот код, служащий матрицей при синтезе специфических белковых структур.

*Онтогенетический уровень.* Следующий, более сложный и комплексный уровень организации жизни на Земле - онтогенетический. Онтогенетический уровень связан с жизнедеятельностью отдельных биологических особей, дискретных индивидуумов. Индивид, особь - неделимая и целостная единица жизни на Земле. В многообразной земной органической жизни особи имеют различное морфологическое содержание. Здесь - и одноклеточные, состоящие из ядра, цитоплазмы,

множества органелл и мембран, макромолекул и т. д. Здесь - и многоклеточная особь, образованная из миллионов и миллиардов клеток. Сложность многоклеточных особей неизмеримо выше сложности одноклеточных. Но и одноклеточная и многоклеточная особи обладают системной организацией и регуляцией и выступают как единое целое.

Причем, важно то, что характеристика особи не может быть исчерпана рассмотрением физико-химических свойств макромолекул, входящих в его состав. Разделить особь на части без потери «индивидуальности» невозможно. Это позволяет выделить онтогенетический уровень как особый уровень организации жизни. Таким образом, на онтогенетическом уровне единицей жизни служит особь - с момента ее возникновения до смерти.

Развитие особи от образования зародышевой клетки до смерти составляет содержание процесса онтогенеза. Онтогенез состоит из роста, перемещения отдельных структур, дифференциации и усложнения интеграции организма. По существу, онтогенез - это процесс развертывания, реализации наследственной информации, закодированной в управляющих структурах зародышевой клетки. На онтогенетическом уровне происходит не только реализация наследственной информации, но и испытание, проверка согласованности и работы управляющих систем во времени и пространстве, приспособление к среде в пределах особи и др. Многие отрасли биологии изучают процессы и явления, происходящие в особи, согласованное функционирование ее органов и систем, механизм их работы, роль в жизнедеятельности организма, взаимоотношение органов, поведение организмов, приспособительные изменения и т.п.

Причины развития организма в онтогенезе являются предметом обстоятельного и интенсивного изучения эмбриологами, биохимиками, генетиками. Но все еще не создана общая теория онтогенеза и не показаны основные причины и факторы, определяющие строгую упорядоченность процесса онтогенеза. Имеющиеся результаты позволяют понять только некоторые отдельные процессы, обеспечивающие индивидуальное развитие



организма. Прежде всего, это касается изучения дифференциации, т.е. образования разнообразных, специализированных для выполнения определенных функций частей организма.

*Популяционно-видовой уровень.* Особи в природе не абсолютно изолированы друг от друга, а объединены более высоким рангом биологической организации. Это - популяционно-видовой уровень. Он возникает там и тогда, где и когда происходит объединение особей в популяции, а популяций в виды. Популяции - это совокупность особей одного вида, населяющих определенную территорию, - более или менее изолированную от соседних совокупностей того же вида. Такие объединения характеризуются появлением новых свойств и особенностей в живой природе, отличных от свойств молекулярно-генетического и онтогенетического уровней.

Популяции и виды, несмотря на то, что состоят из множества особей, целостны. Но их целостность базируется на иных основаниях, чем целостность на молекулярно-генетическом и онтогенетическом уровнях. Целостность популяций и видов обеспечивается взаимодействием особей в популяциях и воссоздается через обмен генетическим материалом в процессе полового размножения. Популяции и виды как наиндивидуальные образования способны к существованию в течение длительного времени и к самостоятельному эволюционному развитию. Жизнь отдельной особи при этом находится в зависимости от процессов, протекающих в популяциях.

Популяции выступают как элементарные, далее неразложимые эволюционные единицы, представляющие собой генетически открытые системы (особи из разных популяций иногда скрещиваются и популяции обмениваются генетической информацией). На популяционно-видовом уровне особую роль приобретают процессы панмиксии (свободное скрещивание) и отношения между особями внутри популяции вида. Виды, всегда выступающие как система популяций, являются наименьшими, в природных условиях генетически закрытыми

системами (скрещивание особей разных видов в природе в подавляющем большинстве случаев не ведет к появлению плодovитого потомства). Все это приводит к тому, что популяции оказываются элементарными единицами, а виды - качественными этапами процесса эволюции.

Популяция - основная элементарная структура на популяционно-видовом уровне, а элементарное явление на этом уровне - изменение генотипического состава популяции; элементарный материал на этом уровне - мутации. В синтетической теории эволюции выделены элементарные факторы, действующие на этом уровне: мутационный процесс, популяционные волны, изоляция и естественный отбор. Каждый из этих факторов может оказать то или иное «давление», т.е. степень количественного воздействия на популяцию, и в зависимости от этого вызывать изменения в генотипическом составе популяции.

Популяции и виды всегда существуют в определенной системно организованной природной среде, которая включает в себя и биотические и абиотические факторы. Такие внешние для популяций и видов природные системы образуют еще один уровень организации живого - биогеоценотический.

*Биогеоценотический уровень.* Популяции разных видов взаимодействуют между собой. В ходе взаимодействия они объединяются в сложные системы - биоценозы.

*Биоценоз* - совокупность растений, животных, грибов и микроорганизмов, населяющих участок среды с более или менее однородными условиями существования и характеризующихся определенными взаимосвязями между собой и средой проживания. Компоненты, образующие биоценоз, взаимозависимы. Изменения, касающиеся только одного вида, могут сказаться на всем биоценозе и даже вызвать его распад. Биоценозы входят в качестве составных частей в еще более сложные системы (общества) - биогеоценозы.

*Биогеоценоз (экосистема, экологическая система)* - взаимобусловленный комплекс живых и абиотических компонентов,

связанных между собой обменом веществ и энергией. Биогеоценоз - одна из наиболее сложных природных систем. Биогеоценозы - продукт совместного исторического развития видов, различающихся по систематическому положению; виды при этом приспособляются друг к другу. Биогеоценозы - среда для эволюции входящих в них популяций.

Биогеоценоз - это целостная система. Выпадение одного или нескольких компонентов биогеоценоза может привести к разрушению целостности биогеоценоза в круговороте веществ, что часто ведет к необратимому нарушению равновесия и гибели биогеоценоза как системы. Структура биогеоценоза меняется в ходе эволюции видов: виды в биогеоценозе действуют друг на друга не только по принципу прямой, но и обратной связи (в том числе посредством изменения ими абиотических условий). В целом жизнь биогеоценоза регулируется в основном силами, действующими внутри самой системы, т. е. можно говорить о саморегуляции биогеоценоза. Биогеоценоз представляет собой незамкнутую систему, имеющую энергетические «входы» и «выходы», связывающие соседние биогеоценозы. Обмен веществ между соседними биогеоценозами может осуществляться в газообразной, жидкой и твердой фазах, а также в форме миграции животных.

Вся совокупность связанных между собой круговоротом веществ и энергии биогеоценозов на поверхности нашей планеты образуют мощную систему *биосферы* Земли. Рассматривая биосферу Земли как единую экологическую систему, можно убедиться, что живое вещество Земли существенно не уменьшается и не увеличивается в массе, а только переходит из одного состояния в другое.

Таким образом, молекулярно-генетический, онтогенетический, популяционно-видовой и биоценотический уровни - четыре основных уровня организации жизни на Земле.

## 2.5. Современные подходы к теоретическим исследованиям живого

### Кибернетика

Первым, кто применил термин кибернетика для управления в общем смысле, был древнегреческий философ Платон. Однако реальное становление кибернетики как науки произошло много позже. Оно было предопределено развитием технических средств управления и преобразования информации.

Разработкой базовых понятий кибернетики осуществлялась в середине XX века трудами многих ученых. Основателем кибернетики принято считать американского математика Норберта Винера (1894 - 1964). Существенный вклад в кибернетику внесли: американский биолог А. Розенблют, американский математик К. Шеннон, английский математик А. Тьюринг, английский биолог и кибернетик У. Эшби и другие ученые. В нашей стране идеи кибернетики разрабатывались и внедрялись трудами академиков А. Н. Колмогорова, А. А. Ляпунова, В. М. Глушкова и др.

Кибернетика возникла на стыке многих областей знания: математики, логики, семиотики, биологии и социологии. Обобщающий характер кибернетических идей и методов сближает науку об управлении, каковой является кибернетика, с философией.

Задача обоснования исходных понятий кибернетики, особенно таких, как информация, управление, обратная связь и др. требуют выхода в более широкую, философскую область знаний, где рассматриваются атрибуты материи - общие свойства движущая, закономерности познания.

Столь необычная «биография» кибернетики объясняется целым рядом причин, среди которых надо выделить две.

Во-первых, кибернетика имеет необычайный, синтетический характер. В связи с этим до сих пор существуют различия в трактовке некоторых ее проблем и понятий.

Во-вторых, основополагающие идеи кибернетики пришли

в нашу страну с Запада, где они с самого начала оказались под влиянием идеализма и метафизики, а иногда и идеологии. То же самое, или почти то же самое происходило и у нас. Таким образом, становится очевидной необходимость разработки философских основ кибернетики, освещение ее основных положений с позиции философского познания.

Положение о неразрывной связи информации и отражения стало одним из важнейших в изучении информации и информационных процессов и признается абсолютным большинством отечественных философов.

Информация в живой природе в отличие от неживой играет активную роль, так как участвует в управлении всеми жизненными процессами.

*Объект и предмет кибернетики.* Основным объектом исследования в кибернетике являются так называемые кибернетические системы, в которых изучают процессы управления в технических системах, живых организмах и обществе

В общей (или теоретической) кибернетике такие системы рассматриваются абстрактно, безотносительно к их реальной физической природе. Высокий уровень абстракции позволяет кибернетике находить общие методы подхода к изучению систем качественно различной природы (технических, биологических и социальных).

Абстрактная кибернетическая система представляет собой множество взаимосвязанных объектов, называемых элементами системы, способных воспринимать, запоминать и перерабатывать информацию, а также обмениваться информацией. Примерами кибернетических систем могут служить разного рода автоматические регуляторы в технике (например, автопилот или регулятор, обеспечивающий поддержание постоянной температуры в помещении), человеческий мозг, биологические популяции, человеческое общество.

Сложность кибернетических систем определяется двумя факторами. Первый фактор - это так называемая размерность системы, т. е. общее число параметров, характеризующих состояния всех её элементов. Второй фактор - сложность структуры

системы, определяющаяся общим числом связей между ее элементами и их разнообразием. Простая совокупность большого числа не связанных между собой элементов с повторяющимися от элемента к элементу простыми связями ещё не составляет сложной системы. Сложные (большие) кибернетические системы - это системы с описаниями, не сводящимися к описанию одного элемента и указанию общего числа таких (однотипных) элементов.

*Кибернетический подход к изучению объектов различной природы.* Рассмотрение различных объектов живой и неживой природы как преобразователей информации или как систем, состоящих из элементарных преобразователей информации, составляет сущность так называемого кибернетического подхода к изучению этих объектов. Этот подход (равно как и подход со стороны др. фундаментальных наук - механики, химии и тому подобное) требует определенного уровня абстракции. Так, при кибернетическом подходе к изучению мозга как системы нейронов обычно отвлекаются от их размеров, формы, химического строения и др. Предметом изучения становятся состояния нейронов (возбужденное или нет), вырабатываемые ими сигналы, связи между нейронами и законы изменения их состояний.

Простейшие преобразователи информации могут осуществлять преобразование информации лишь одного определённого вида. Так, например, исправный дверной звонок при нажатии кнопки (рецептора) отвечает всегда одним и тем же действием - звонком или гудением зуммера. Однако, как правило, сложные кибернетические системы обладают способностью накапливать информацию в той или иной форме и в зависимости от этого менять выполняемые ими действия (преобразование информации). По аналогии с человеческим мозгом подобное свойство кибернетических систем называют иногда памятью.

«Запоминание» информации в кибернетических системах может производиться двумя основными способами - либо за счет изменения состояний элементов системы, либо за счет изменения структуры системы (возможен, разумеется, смешанный вариант). Между этими двумя видами «памяти» по

существу нет принципиальных различий. В большинстве случаев это различие зависит лишь от принятого подхода к описанию системы. Например, одна из современных теорий объясняет долговременную память человека изменениями проводимости синаптических контактов, т. е. связей между отдельными составляющими мозг нейронами. Если в качестве элементов, составляющих мозг, рассматриваются лишь сами нейроны, то изменение синаптических контактов следует рассматривать как изменение структуры мозга. Если же наряду с нейронами в число составляющих мозг элементов включить и все синаптические контакты (независимо от степени их проводимости), то рассматриваемое явление сведется к изменению состояния элементов при неизменной структуре системы.

*Методы кибернетики.* Имея в качестве основного объекта исследования кибернетические системы, К. использует для их изучения три принципиально различных метода. Два из них - математико-аналитический и экспериментальный - широко применяются и в других науках. Сущность первого состоит в описании изучаемого объекта в рамках того или иного математического аппарата (например, в виде системы уравнений) и последующего извлечения различных следствий из этого описания путем математической дедукции (например, путем решения соответствующей системы уравнений). Сущность второго метода состоит в проведении различных экспериментов либо с самим объектом, либо с его реальной физической моделью. В случае уникальности исследуемого объекта и невозможности существенного влияния на него (как, например, в случае Солнечной системы или процесса биологической эволюции) активный эксперимент переходит в пассивное наблюдение.

Одним из важнейших достижений кибернетики является разработка и широкое использование нового метода исследования, получившего название математического (имитационного) эксперимента, или математического моделирования. Смысл его состоит в том, что эксперименты производятся не с реальной физической моделью изучаемого объекта, а с его описанием. Описание объекта вместе с программами, реализующими

изменения характеристик объекта в соответствии с этим описанием, помещается в память компьютера, после чего становится возможным проводить с объектом различные эксперименты: регистрировать его поведение в тех или иных условиях, менять те или иные элементы описания и тому подобное. Современное развитие вычислительных возможностей компьютеров позволяет моделировать многие процессы в более быстром темпе, чем они происходят в действительности.

*Основные разделы кибернетики.* Современная кибернетика в широком понимании состоит из большого количества разделов, представляющих собой самостоятельные научные направления. Теоретическое ядро кибернетики составляют такие разделы, как теория информации, теория кодирования, теория алгоритмов и автоматов, общая теория систем, теория оптимальных процессов, методы исследования операций, теория распознавания образов, теория формальных языков. На практике центр тяжести интересов кибернетики сместился в область создания сложных систем управления и различного рода систем для автоматизации умственного труда. В чисто познавательном плане одной из наиболее интересных перспективных задач кибернетики является моделирование мозга и его различных функций.

Особенно большое значение применение кибернетических методов имеет в тех науках, где методы классической математики могут применяться лишь в ограниченных масштабах, для решения отдельных частных задач. К числу таких наук относятся в первую очередь экономика, биология, медицина, языковедение и те области техники, которые имеют дело с большими системами. В результате большого объема применения кибернетических методов в этих науках произошло выделение самостоятельных научных направлений, которые было бы естественно называть кибернетической экономикой, кибернетической биологией и т.д. Однако в силу ряда причин первоначальное становление указанных направлений происходило в рамках кибернетики за счет специализации объектов исследования, а не в рамках соответствующих наук за счет применения методов и результатов

кибернетики. Поэтому указанные направления получили название *кибернетика* экономическая, *кибернетика* биологическая, *кибернетика* медицинская, *кибернетика* техническая. В языкознании соответствующее научное направление получило наименование математической лингвистики.

*Кибернетика биологическая, биокибернетика*, научное направление, связанное с проникновением идей, методов и технических средств кибернетики в биологию. Зарождение и развитие биокибернетики связаны с эволюцией представления об обратной связи в живой системе и попытками моделирования особенностей ее строения и функционирования (П. К. Анохин, Н. А. Бернштейн и др.). Эффективность математического и системного подходов к исследованию живого показали и многие работы в области общей биологии (Дж. Холдейн, Э. С. Бауэр, Р. Фишер, И. И. Шмальгаузен и др.). Процесс «кибернетизации» биологии осуществляется как в теоретической, так и в прикладной областях. Основная теоретическая задача биокибернетики - изучение общих закономерностей управления, а также хранения, переработки и передачи информации в живых системах.

## Синергетика

Теория самоорганизации (синергетика)

*От моделирования простых к моделированию сложных систем.* Классическое и неклассическое естествознание объединяет одна общая черта: предмет познания у них - это простые (замкнутые, изолированные, обратимые во времени) системы. Но, в сущности, такое понимание предмета познания является сильной абстракцией. Вселенная представляет собой множество систем. И лишь некоторые из них могут трактоваться как замкнутые системы, т.е. как «механизмы». Во Вселенной таких «замкнутых» систем меньшинство. Подавляющее большинство реальных систем открытые. Это значит, что они обмениваются энергией, веществом и информацией с окружающей средой. К такого рода системам относятся и такие системы, которые

больше всего интересуют человека, значимы для него - биологические и социальные системы.

В 70-е годы XX века начала активно развиваться теория сложных самоорганизующихся систем, получившая название синергетики. Результаты исследований в области нелинейного (порядка выше второго) математического моделирования сложных открытых систем привели к рождению нового мощного научного направления в современном естествознании - синергетики. Как и кибернетика, синергетика - это некоторый междисциплинарный подход. Но в отличие от кибернетики, где акцент делается на процессах управления и обмена информацией, *синергетика ориентирована на исследование принципов построения организации, ее возникновения, развития и самоорганизации.*

Мир нелинейных самоорганизующихся систем гораздо богаче мира закрытых, линейных систем. Вместе с тем, «нелинейный мир» и сложнее поддается моделированию. Большинство возникающих нелинейных уравнений не может быть решено аналитически. Как правило, для их (приближенного) решения требуется сочетание современных аналитических методов с большими сериями расчетов с помощью компьютеров, с вычислительными экспериментами. Синергетика открывает для исследования - необычные для классического и неклассического естествознания - стороны мира: его нестабильность, многообразие путей изменения и развития, раскрывает условия существования и устойчивого развития сложных структур, делает возможным моделирование катастрофических ситуаций и др.

Методами синергетики было осуществлено моделирование мношх сложных самоорганизующихся систем в физике и гидродинамике, в химии и биологии, в астрофизике и в обществе: от морфогенеза в биологии и некоторых аспектов функционирования мозга до флаттера крыла самолета, от молекулярной физики и автоколебательных процессов в химии (т. н. реакция самоструктурирования химических соединений Белоусова - Жаботинского) до эволюции звезд и космологических

процессов, от электронных приборов до формирования общественного мнения и демографических процессов.

*Характеристики самоорганизующихся систем.* Итак, предметом синергетики являются сложные самоорганизующиеся системы. Что такое самоорганизующиеся системы? Один из основоположников синергетики Г. Хакен следующим образом определяет понятие самоорганизующейся системы: «Мы называем систему самоорганизующейся, если она без специфического воздействия извне обретает какую-то пространственную, временную или функциональную структуру. Под специфическим внешним воздействием мы понимаем такое, которое навязывает системе структуру или функционирование. В случае же самоорганизующихся систем испытывается извне неспецифическое воздействие. Например, жидкость, подогреваемая снизу, совершенно равномерно обретает в результате самоорганизации макроструктуру, образуя шестиугольные ячейки» (Г. Хакен). Таким образом, современное естествознание ищет пути для теоретического моделирования самых сложных систем, которые присущи природе - систем, способных к самоорганизации, саморазвитию.

Основные свойства самоорганизующихся систем - открытость, нелинейность, диссипативность. Теория самоорганизации имеет дело с открытыми, нелинейными диссипативными системами, далекими от равновесия.

*Открытость.* Классическая термодинамика имела дело с закрытыми системами, т.е. такими системами, которые не обмениваются со средой веществом, энергией и информацией. Напомним, что центральным понятием термодинамики является понятие энтропии. Это понятие относится к закрытым системам, находящимся в тепловом равновесии, которое можно охарактеризовать температурой. Именно по отношению к закрытым системам и были сформулированы два начала термодинамики. В соответствии с первым началом термодинамики, в закрытой системе энергия сохраняется, хотя и может приобретать различные формы. Второе начало термодинамики гласит, что в замкнутой системе энтропия никогда не может убывать,

а лишь возрастает до тех пор, пока не достигнет максимума. Иначе говоря, согласно второму началу термодинамики запас энергии во Вселенной иссякает, а вся Вселенная неизбежно приближается к тепловой смерти. Ход событий во Вселенной невозможно повернуть вспять, дабы воспрепятствовать возрастанию энтропии. Со временем способность Вселенной поддерживать организованные структуры ослабевает и такие структуры распадаются на менее организованные, которые в большей мере наделены случайными элементами. По мере того как иссякает запас энергии и возрастает энтропия, в системе нивелируются различия. Это значит, что Вселенную ждет все более однородное будущее.

Вместе с тем, уже во второй половине XIX века, и особенно в XX веке, биология - и, прежде всего теория эволюции Дарвина - убедительно показали, что эволюция Вселенной не приводит к понижению уровня организации и обеднению разнообразия форм материи. Скорее, наоборот. История и эволюция Вселенной развивают ее в противоположном направлении - от простого к сложному, от низших форм организации к высшим, от менее организованного к более организованному. Иначе говоря, со временем, старея, Вселенная обретает все более сложную организацию. Попытки согласовать второе начало термодинамики с выводами биологических и социальных наук долгое время были безуспешными. Классическая термодинамика не могла описывать закономерности открытых систем. И только в конце XX века, с переходом естествознания к изучению открытых систем появилась возможность такого согласования. Что такое открытые системы?

*Открытые системы* - это такие системы, которые поддерживаются в определенном состоянии за счет непрерывного притока извне вещества, энергии или информации. Постоянный приток вещества, энергии или информации является необходимым условием существования неравновесных состояний в противоположность замкнутым системам, которые неизбежно стремятся (в соответствии со вторым началом термодинамики) к однородному равновесному состоянию. Открытые системы

-это системы необратимые; в них важным оказывается фактор времени.

В открытых системах ключевую роль ~ наряду с закономерным и необходимым - могут играть случайные факторы, флуктуационные процессы. Иногда флуктуация может стать настолько сильной, что существовавшая прежде организация не выдерживает и разрушается.

*Нелинейность.* Но если большинство систем Вселенной носят открытый характер, то это значит, что во Вселенной доминируют не стабильность и равновесие, а неустойчивость и иерархичность. *Неравновесность, в свою очередь, порождает избирательность системы, ее необычные реакции на внешние воздействия среды.* Неравновесные системы обретают способность воспринимать различия во внешней среде и «учитывать» их в своем функционировании. Так, некоторые воздействия, хотя и более слабые, но могут оказывать большее воздействие на эволюцию системы, чем воздействия, хотя и более сильные, но не адекватные собственным тенденциям системы. Иначе говоря, на нелинейные системы не распространяется принцип суперпозиции: в нелинейных системах возможны ситуации, когда совместные действия причин А и В приводят к эффектам, которые не имеют ничего общего с результатами воздействия А и В по отдельности.

Процессы, происходящие в нелинейных системах, часто имеют пороговый характер - при плавном изменении внешних условий поведение системы изменяется скачком. Другими словами, в состояниях, далеких от равновесия, очень слабые возмущения могут усиливаться до гигантских волн, разрушающих сложившуюся структуру и способствующих радикальному качественному изменению этой структуры.

Нелинейные системы, являясь неравновесными и открытыми, сами создают и поддерживают неоднородности в среде. В таких условиях могут иногда создаваться отношения *обратной положительной связи* между системой и ее средой. Положительная обратная связь означает, что система влияет на свою среду таким образом, что в среде вырабатываются некоторые условия,

которые, в свою очередь, обратно воздействуют на изменения в самой этой системе. (Примером может служить ситуация, когда в ходе химической реакции или какого-то другого процесса вырабатывается фермент, присутствие которого стимулирует производство его самого). Последствия такого рода взаимодействия открытой системы и ее среды могут быть самыми неожиданными и необычными.

*Диссипативность.* Открытые неравновесные системы, активно взаимодействующие с внешней средой, могут приобретать особое динамическое состояние - диссипативность.

*Диссипативность* - это качественно своеобразное макроскопическое проявление процессов, протекающих на микроуровне. Неравновесное протекание множества микропроцессов приобретает некоторую интегративную результирующую на макроуровне, которая качественно отличается от того, что происходит с каждым отдельным ее микроэлементом. *Благодаря диссипативности в неравновесных системах могут спонтанно возникать новые типы структур, может совершаться переход от хаоса и беспорядка к порядку и организации, возникать новые динамические состояния материи.*

Диссипативность проявляется в различных формах. И в способности «забывать» детали некоторых внешних воздействий. И в факторе «естественного отбора» среди множества микропроцессов, разрушающем то, что не отвечает общей тенденции развития. И в факторе когерентности (согласованности) микропроцессов, устанавливающим в них некий общий темп развития и др.

Понятие диссипативности тесно связано с понятием о «параметрах порядка». Самоорганизующиеся системы - это обычно очень сложные открытые системы, которые характеризуются огромным числом степеней свободы. Однако далеко не все степени свободы системы одинаково важны для ее функционирования. С течением времени в системе выделяется *небольшое количество ведущих, определяющих степеней свободы, к которым «подстраиваются» остальные. Такие основные степени свободы системы получили название «параметров порядка».*

Параметры порядка отражают содержание основания неравновесной системы. В процессе самоорганизации возникает множество новых свойств и состояний. И очень важно, что, обычно, соотношения, связывающие параметры порядка, оказываются намного проще, чем математические модели, в которых дается детальное описание всей новой системы. Это делает задачу определения параметров порядка одной из главных при конкретном моделировании самоорганизующихся систем.

*Закономерности самоорганизации.* Главная идея синергетики - это идея о принципиальной возможности спонтанного возникновения порядка и организации из беспорядка и хаоса в результате процесса самоорганизации. Решающим фактором самоорганизации является образование петли положительной обратной связи. С образованием такого типа связи системы и среды система начнет самоорганизовываться и будет противостоять тенденции ее разрушения средой. Самоорганизация переживает и переломные моменты - *точки бифуркации. Вблизи точек бифуркации в системах наблюдаются значительные флуктуации, роль случайных факторов резко возрастает.*

В переломный момент самоорганизации (точка бифуркации) принципиально невозможно сказать, в каком направлении будет происходить дальнейшее развитие: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более высокий уровень упорядоченности и организации (фазовые переходы и диссипативные структуры - лазерные пучки, неустойчивости плазмы, явления флаттера, химические волны, структуры в жидкостях и др.). В точке бифуркации система как бы «колеблется» перед выбором того или иного пути организации, пути развития. В таком состоянии небольшая флуктуация (момент случайности) может послужить началом эволюции (организации) системы в некотором определенном (и часто неожиданном или просто маловероятном) направлении, одновременно отсекая при этом возможности развития в других направлениях.

Как выясняется, переход от порядка к Хаосу вполне поддается математическому моделированию. И более того, в природе существует не так уж много универсальных моделей такого

перехода. Качественные переходы в самых различных сферах действительности (в природе и в обществе - его истории, экономике, демографических процессах, в духовной культуре и др.) подчиняются подчас одному и тому же математическому сценарию»

Синергетика убедительно показывает, что даже в неорганической природе существуют классы систем, способных к самоорганизации. История развития природы - это история образования все более и более сложных нелинейных систем. Такие системы и обеспечивают всеобщую эволюцию природы на всех уровнях ее организации, от низших и простейших к высшим и сложнейшим (человек, общество, культура) - глобальный эволюционизм.

## **2.6. Современные концепции естествознания и исследования в области физической культуры и спорта**

### **2.6.1. Исторический аспект развития научных исследований в области физической культуры и спорта**

По Л. Куну, до конца XIX века во всех странах, за исключением Англии и США, тренер что-то значил только в конном спорте. Атлеты, стремившиеся к более высоким спортивным результатам, по существу, копировали методику скаковых лошадей. Тренировались скорее в соответствии с искусственно выдуманными методами, чем с научными требованиями. К этому времени какую-либо обобщенную эмпирическую информацию, накопленную в ходе векового опыта, имели лишь фехтовальщики и шахматисты.

К концу XIX - началу XX вв. относится начало деятельности спортивных врачей. В нашей стране выдающиеся ученые начала века П. Ф. Лесгафт, В. В. Гориневский после являются основоположниками спортивной медицины, заложившей основы контроля и управления спортивной тренировкой. В 20-х



годах прошлого века были проведены массовые наблюдения за спортсменами, определившими показания и противопоказания к занятиям физической культуры, уточнении оптимальной нагрузки в различных видах спорта, разработке первых оценочных таблиц и стандартов для учета влияния физических упражнений на организм. Эти работы были направлены не только на вопросы, связанные с подготовкой спортсменов, но и массовой физической культуры. Также в эти годы психологи обратили свое внимание на проблемы организации труда. Ученые определили, что внешние условия труда должны увязываться с физиологической экономичностью движений человека. Было установлено, что гимнастические движения, правильно подобранные перерывы в работе вносят выгодные поправки в кривые усталости от труда. В 30-х годах XX в. значительный вклад в развитие спортивной науки связаны с исследованиями в области спортивной биомеханики, сделанными Н. А. Бернштейном. Под руководством В. В. Гориневского проведены широкие антропологические, физиологические и социальные исследования. Работы А. Н. Крестовникова по физиологии спорта показали особенности процессов при аэробной и анаэробной тренировке, а также причины и признаки перетренировки. К концу 1930-х годов были получены эмпирические данные поведения организма спортсменов в большинстве олимпийских и ряде технических видах спорта. Эти работы были в основном направлены на достижение определенного спортивного результата конкретных спортсменов, а не на раскрытие общих закономерностей естественнонаучного характера поведения организма в экстремальных условиях.

### 2.6.2. Возможная классификация наук в области физической культуры

В соответствии с двумя возможными направлениями исследований (эмпирическим и теоретическим) каждая наука начинает развиваться от изучения внешних явлений исследуемого объекта к описанию его сущностных свойств. Физическая

культура как объект исследования системно изучается «Теорией и методикой физического воспитания». В 1997г. вышли в свет учебники: «Общая теория спорта» Л.П.Матвеева и «Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте» В. Н. Платонова. Однако теория не есть собственно наука, теория является частью какой-либо науки. Поэтому в соответствии с требованиями методологии науки следует обозначить научные дисциплины, содержание которых смогут в полной мере описать все стороны такого явления как ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА.

**Таблица 2.**  
Возможные научные направления развития исследований физической культуры

Объект (материя)	Предмет (виды деятельности, функции)	Научные дисциплины
Физическая культура (Здания и спортивные сооружения, спортсмены, тренеры, преподаватели школ, вузов, инструкторы и организаторы, зрители, физкультурники, научные лаборатории и оборудование и др.)	Организационно-управленческая	<b>Физкультурология</b> Управление и организация физической культуры <i>Социология спорта</i> <i>История спорта</i> <i>Менеджмент</i> <i>Экономика</i>
	Спортивная	<b>Спортология</b> <i>Спортивная биохимия</i> <i>Спортивная физиология</i> <i>Спортивная биомеханика</i> <i>Спортивная психология</i> <i>Спортивная педагогика</i> <i>Спортивно-педагогическая адаптология</i> <i>Спортивная киберпедагогика</i> <i>Общая теория спорта</i>
	Оздоровительная	<b>Теория оздоровительной физической культуры</b>
	Реабилитационная Рекреационная	<b>Реабилитология</b> <b>Рекреациология</b>
Прикладная профессиональная Подготовка научных кадров Повышение квалификации специалистов	<b>Прикладная физкультурология</b> <b>Педагогика высшего физкультурного образования</b> <b>Педагогика переподготовки специалистов</b>	

В таблице представлены слева виды деятельности в области физической культуры (предметы исследования), а справа возможные научные дисциплины, которые должны сформироваться в соответствии с предметом исследования.

В соответствии с методологией теоретического исследования следует развивать новое направление исследования объекта - физической культуры. Новое научное направление должно формироваться в новую научную дисциплину, которая получила название СПОРТОЛОГИЯ. Спортология - комплексная наука, изучающая процессы и явления, происходящие при занятиях спортивной деятельностью.

*Спортивно-педагогическая адаптология* ~ научная дисциплина, которая формулирует свои принципы, выводит законы функционирования и др. на основе умозрительного и математического моделирования систем и органов человека. Моделирование позволило к настоящему времени чисто теоретически разработать методы и средства физической и технической подготовки спортсменов, а в ходе экспериментов обосновать их эффективность. Математические модели, имитирующие ход краткосрочных и долговременных адаптационных процессов в мышцах, железах эндокринной системы, костном мозге, позволяют проверять различные идеи применения новых методов и планов тренировки. Модели на основе искусственного интеллекта позволяют исследовать основные законы формирования двигательных навыков.

*Спортивная физиология* - наука, рассматривающая особенности деятельности организма спортсмена во время выполнения физических упражнений и в восстановительном периоде, а также изменения в различных функциональных системах, происходящие вследствие длительных занятий физической культурой и спортом.

*Спортивная биомеханика* - наука о законах механического движения человека в процессе физических упражнений. Она рассматривает двигательные действия спортсмена как систему взаимосвязанных активных движений.

*Спортивная биохимия* - наука, изучающая особенности структуры, распределения, превращения и функций химических веществ, входящих в состав организма лиц, занимающихся физической культурой и спортом.

*Общая теория спорта* - научные представления, развивающиеся в рамках эмпирического направления исследований в области спорта. Она должна стать частью такой науки, как «Спортивно-педагогическая адаптология» и строиться по методологии построения развитых наук.

*Спортивная психология* - наука, область психологии, изучающая закономерности проявления и развития психики, формирования психологии деятельной личности в специфических условиях физического воспитания и спорта.

*Спортивная педагогика* - наука, область общей педагогики, изучающая воспитательные воздействия на личность в процессе занятий физической культурой и спортом.

Дисциплины, связанные с созданием новых организационных форм управления в области физической культуры, разрабатываются в соответствии с принципами инженерного проектирования.

*Спортивная кибергагика*. Одно из вновь возникших в последнее время научных направлений, основанное на междисциплинарном подходе, учитывающих современные концепции возникновения, эволюции и строения живых организмов - биоклибергагика. Данное научное направление связано с изучением теории обучения человека двигательным действиям, основы, которой были заложены в фундаментальных работах Н. А. Бернштейна. Исследования по этой проблеме, направлены на разработку, программную реализацию моделей и последующее изучение поведения моделей при разработке теории и технологий обучения движениям. Название происходит от греческих слов - *bios* (жизнь), *kybernetike* (искусство управления), *ago* (воспитываю, обучаю).

Объектом биоклибергагики является модель нервной системы человека, управляющая действием исполнительной системы с достижением наперед заданной цели. Предметом

биокибергагогики является построение абстрактных описаний (моделей) информационных процессов в системе управления движениями человека и выявление закономерностей, законов создания или изменения системы образов (представлений) в головном мозге. Новизна предлагаемого подхода заключается в поиске связи и зависимостей, определяющих особенности мышления человека, и способности обучаться целенаправленным двигательным действиям на основе моделирования управления нервными процессами.

Среди основных вопросов, задающих направления развития нового научного направления - биокибергагогики, можно выделить следующие:

Условия, особенности, закономерности формирования и эволюционирования моторных программ в процессе обучения?

Какова могла бы быть структура памяти в базе знаний? В каком виде могут записываться данные (образы) в память и принципы целенаправленного воздействия и контроля за **ними** в процессе обучения?

Что составляет базу знаний моторных программ, как и к каким относятся категории, понятия и отдельные образы? Какова семантика образования базы знаний?

Какова степень надежности и устойчивости функционирования моторных программ в различных условиях? Какова степень и особенность воздействия различных систем жизнедеятельности на функционирование моторных программ?

Построение абстрактных моделей в биокибергагогике на основе вышеизложенного материала определяет некоторые условия, которым должна отвечать модель на стадии разработки.

1. Система управления представляет собой иерархию иерархически организованных подсистем.

2. Уровни иерархии формируются в ходе развития модели.

3. Каждый уровень иерархии обладает собственным информационным полем, включающим в том числе и выработку индивидуального языка описания.

4. Обработка информации происходит последовательно-параллельно на каждом уровне иерархии на основе использования семантических признаков.

5. Возможность изменения конструкции системы в зависимости от особенностей функционирования системы управления.

6. Управление движением должно происходить с учетом неполной информации и неопределенности данных.

Теория обучения целенаправленным двигательным действиям в прикладном аспекте для физической культуры и особенно спорта весьма продуктивна в связи с проблемами технической подготовки занимающихся и спортсменов, решения вопросов координационных способностей и т.п.

## ГЛАВА III. МЕТОДИКА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

В науковедении всякое научное исследование понимается как управляемый процесс, направленный на получение новых знаний. Управление процессом научного исследования осуществляется как принятие и исполнение решений.

Логика научно-исследовательской работы (НИР), последовательность принятия решений, включает следующие этапы: постановка проблемы, сбор и работа с литературным материалом, определение объекта и предмета исследования, формулировка цели исследования, построение модели объекта, имитационное моделирование и формулировка гипотезы исследования, определение методов исследования, разработка плана исследования, организация исследования, оформление результатов НИР.

### 3.1. Постановка проблемы

С постановки проблемы и выбора темы исследования начинается процесс научного исследования. Они могут быть заимствованы из критических обзоров достижений в данной области, критического разбора научных работ, повторения ранее выполненного исследования, но на новом экспериментальном материале или с применением нового метода или технических средств, проверки случайно обнаруженных явлений или догадок.

Степень изученности проблемы и темы может быть предварительно оценена по энциклопедическим статьям, учебникам и учебным пособиям (эти разработки отстают от реального развития науки на 5-20 лет), монографиям и научным статьям.

Ознакомление с проблемой позволяет определить методы предстоящего исследования, их точность, доступность.

#### Рабочая гипотеза

После того, как исследователю становится ясна степень изученности темы и определились методы, появляется основа для

уточнения цели исследования, т.е. разработки рабочей гипотезы исследования.

Разработка рабочей гипотезы выполняется на основе мысленного моделирования объекта исследования. Мысленное имитационное моделирование существования объекта в определенных условиях позволяет предсказывать определенные события или явления. Такое предсказание в развитой науке является рабочей гипотезой.

Например, анализ литературы по подготовке бегунов на средние дистанции показал, что рекордсмены мира выполняют годовой объем беговой тренировки в 2 раза меньше чем, рядовые спортсмены и в 3 раза меньше объема беговой нагрузки у женщин. Следует отметить, что объем беговых нагрузок с высокими скоростями (соревновательными и выше соревновательных) у рекордсменов существенно больше. Из этого противоречия следует формальный вывод о необходимости экспериментального исследования нагрузок с повышенной средней скоростью бега на тренировках, при снижении объема беговых нагрузок в 2-3 раза. Однако такой формальный подход недопустим при планировании подготовки спортсменов высшей квалификации. Здесь надо учитывать индивидуальные особенности бегунов - степень развития отдельных мышц ног, их мышечную композицию, уровень развития сердечно-сосудистой системы, наличие травм опорно-двигательного аппарата и многое другое. Главное отличие рекордсменов от рядовых бегунов заключается в том, что они быстрее бегут на дистанции 400 м (лучше 47 с) и имеют очень высокий анаэробный порог или скорость бега на дистанции 5 км (лучше 14 мин 30 с). Это означает, что основные мышцы ног существенно сильнее и доля окислительных мышечных волокон в них больше. Следовательно, рабочая гипотеза педагогического исследования может заключаться, например, во включении в тренировочный процесс тренировок на тренажерах для увеличения силы гликолитических и окислительных мышечных волокон и выполнении скоростно-силовых упражнений (прыжки-многоскоки на двух ногах или с ноги на ногу) для активации гликолитических мышечных волокон в режиме наращивания

I

массы митохондрий в них. Из рабочей гипотезы вытекает формулировка объекта, предмета и цели исследования.

Объект - бегуны на средние дистанции высшей квалификации. При определении объекта исследования дается характеристика (описание) генеральной совокупности объектов, из числа которых мы будем формировать свою выборку для проведения исследования.

Предмет - физическая подготовка бегунов на средние дистанции высшей квалификации. Определяются средства, методы и последовательность их применения в тренировочном процессе,

Цель - разработать технологию планирования нагрузок, обеспечивающую рост скоростно-силовых возможностей (скорость бега на 400 м) и специальной выносливости (скорость на уровне АНП) у бегунов на средние дистанции высшей квалификации.

### 3.2. Составление рабочего плана исследования

Организация научного исследования начинается с составления плана. План составляется на весь период работы. В нем указываются сроки начала и окончания этапов разработки темы с перечислением конкретных видов выполняемых при этом заданий. Обычно намечаются следующие этапы.

Этапы исследования

1. Этап - Сбор и изучение литературных источников по теме НИР:

а) выявление литературных источников по теме НИР путем просмотра различных библиографических указателей, реферативных журналов; б) составление списка (картотеки) источников литературы; в) чтение отобранных произведений, составление рефератов; г) уточнение объекта исследования и описание его модели; д) уточнение предмета исследования и написание критического обзора с описанием особенностей функционирования модели в отличие от общепринятых представлений;

ж) формулировка рабочей гипотезы, цели и задач исследования.

2. Этап - Проведение экспериментов:

а) овладение методикой исследований; б) постановка предварительного эксперимента; в) постановка серии основных экспериментов для доказательства справедливости рабочей гипотезы; г) статистическая обработка экспериментальных данных; д) обобщение результатов экспериментальных исследований.

Примечание:

при планировании экспериментов необходимо заранее согласовать его план с будущим методом статистической обработки опытных данных.

- план исследований не есть догма, он может существенно преобразовываться по ходу проведения исследования, в ряде случаев получаются отрицательные результаты и приходится менять тему исследования, поэтому ученый не может планировать поисковые исследования за счет средств заказчика.

на практике планируются только те исследования, результаты которых ожидаются с максимально возможной вероятностью или уже получены.

3. Этап - Завершения и оформления исследования

а) описание результатов исследования с учетом требований к научным работам; б) рецензирование научного отчета.

### 3.3. Планирование эксперимента<sup>1</sup>

Планирование эксперимента позволяет исключить слепой поиск, значительно сократить число опытов, следовательно, затраты и сроки проведения эксперимента.

В науке существует представление об идеальном эксперименте. Идеальный эксперимент предполагает изменение экспериментатором только независимой переменной (х), зависимая

<sup>1</sup> При написании данного раздела использовались следующие первоисточники: Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Планирование эксперимента. - М.: Мир, 1981; Дружинин В.Н. Экспериментальная психология. - СПб: Питер, 2000; Хикс 4. Основные принципы планирования эксперимента. - М.: Наука, 1966; Хилл П. Наука и искусство проектирования. - М.: Мир, 1973.

переменная (у) контролируется. Другие условия эксперимента остаются неизменными. Идеальный эксперимент предполагает эквивалентность испытуемых, неизменность их характеристик во времени, отсутствие самого физического времени, возможность проводить эксперимент бесконечно. Следствием этого является проведение всех экспериментальных воздействий одновременно - изотропность времени и пространства.

### **Информативность эксперимента**

Идеальный эксперимент противостоит реальному, в котором изменяются не только интересующие исследователя переменные, но и ряд других условий. Соответствие идеального эксперимента реальному выражается в такой его характеристике, как **внутренняя информативность** - достоверность результатов, которую обеспечивает реальный эксперимент по сравнению с идеальным. Обратим внимание читателя, что в литературе встречается понятие «валидность», которое является синонимом понятия «информативность».

Не все переменные, влияющие на результат исследования, можно учесть или исключить. Те из них, которые нарушают внутреннюю информативность, называют «побочными».

Например, исследование влияния тренировочного процесса на уровень развития физических качеств, всегда сопряжено с биологическими закономерностями развития опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой и эндокринной систем. Особенно заметно это побочное влияние при работе юношами.

В большинстве исследований на основе исходных литературных теоретических и экспериментальных данных предлагается новая гипотеза, которая в конечном счете и проверяется в эксперименте. Методики и план эксперимента должны соответствовать проверяемой гипотезе - степень этого соответствия и характеризует **операциональную информативность**. В самом эксперименте следует максимально учесть, устранить и т. д. влияние побочных переменных на зависимую переменную. **Внутренняя информативность** характеризует меру влияния независимой переменной на зависимую по отношению

к другим факторам. Иными словами, внутренняя информативность тем выше, чем больше вероятность того, что экспериментальный эффект (изменение зависимой переменной) вызван изменением независимой переменной.

Эксперимент должен воспроизводить внешнюю среду. Эксперимент, который полностью воспроизводит среду (внешнюю реальность), называется экспериментом полного соответствия. Разумеется, на практике полное соответствие недостижимо. Мера соответствия экспериментальной процедуры реальной среде характеризует **внешнюю информативность** эксперимента.,

Дополнительные переменные, которые требуют учета в эксперименте, влияют на внешнюю информативность. Если от внутренней информативности зависит достоверность экспериментальных результатов, то от внешней - переносимость результатов из лабораторных условий в реальный процесс.

Внешняя информативность иногда трактуется как характеристика эксперимента, определяющая возможность переноса (обобщения) полученных результатов на различные времена, места, условия и группы людей. Однако возможность переноса является следствием двух причин:

- 1) соответствия условий эксперимента его «первообразной» жизненной ситуации («репрезентативность» эксперимента);
- 2) типичности самой «первообразной» ситуации для реальности («репрезентативность» ситуации). Выбранная для моделирования в эксперименте ситуация может быть совершенно нерепрезентативной с точки зрения жизни той группы испытуемых, которая участвует в эксперименте, или являться редкой и нетипичной.

Связь теории и реальности отражается в их адекватности, способности теории давать корректный прогноз (прогностичность предсказаний теории).

Существует понятие, характеризующее информативность эксперимента, а именно - **конструктивную информативность**. Конструктивная информативность выражает адекватность метода интерпретации экспериментальных данных теории,

т.е. в структуру планирования исследования следует ввести дополнительную составляющую - интерпретацию: «Практика - старая теория - гипотеза - эксперимент - интерпретация - новая теория - практика».

Конструктивная информативность характеризует правильность обозначения (интерпретации) причины и экспериментального эффекта с помощью абстрактных терминов из обычного языка или формальной теории. Здесь, как правило, к экспериментальным данным прибавляется субъективное мнение исследователя, что и делает любой научный факт оспоримым, поскольку со временем интерпретация экспериментального явления может меняться.

Таким образом, внутренняя информативность определяется достоверностью интерпретации экспериментального эффекта как связи изучаемой причины и следствия (отношение эксперимент - интерпретация), а конструктивная информативность - правильностью употребления терминов той или иной теории при интерпретации данных эксперимента.

В случае исследования технологии подготовки бегунов на средние дистанции внешняя информативность обеспечивается точностью описания свойств испытуемых и технологии планирования нагрузок. В этом случае читателю становится понятна генеральная совокупность объектов, на которую можно перенести результаты исследования. Внутренняя информативность обосновывается и в эксперименте доказывается в виде обнаружения взаимосвязи между экспериментальными нагрузками и результатами тестирования бегунов. Операционная информативность доказывается в ходе теоретического анализа, в котором обосновывается выбор средств, методов и планов подготовки бегунов, а также методики контроля физической подготовленности. Конструктивная информативность доказывается при написании раздела «ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ», здесь дается интерпретация результатов следования, сравнение с данными других авторов.

### 3.3Л. Факторы и переменные в плане эксперимента

Планирования эксперимента в эмпирическом исследовании основаны, как правило, на кибернетическом представлении об объекте исследования, наиболее подходящей моделью последнего является кибернетическая система, называемая «черным ящиком».

При рассмотрении такой кибернетической системы различают входы - управляемые факторы  $x_i$   $x_k$ , (независимые переменные) соответствующие воздействиям на систему, и выходы - реакция системы (численные характеристики целей и следования, не управляемые факторы) -  $y_i$   $y_j$  (зависимые переменные).

#### Факторы и уровни

---

*Факторами* называются переменные, принимающие в некоторый момент времени определенные значения. Основными требованиями, предъявляемыми к факторам, являются управляемость и требование непосредственного воздействия на объект. Например, интенсивность и продолжительность выполнения упражнения являются факторами, влияющими на утомление спортсмена. Величины интенсивности и продолжительности выполнения нагрузок являются уровнями факторов.

Под управляемостью фактора подразумевается возможность установки и поддержания нужного уровня фактора постоянным в течение всего опыта или его изменение по заданной программе.

Экспериментатор проверяет гипотезу о причинной связи двух явлений А и В. Понятие «причинность» является одним из наиболее сложных в науке. Существует ряд эмпирических признаков причинной связи между двумя явлениями.

#### Признаки причинной связи

---

*Первый признак* - разделенность причины и следствия во времени, предшествование причины следствию. Если исследователь обнаруживает изменения в объекте ПМ Д1

экспериментального воздействия, по сравнению с аналогичным объектом, который воздействию не подвергался, у него есть повод говорить о том, что экспериментальное воздействие стало причиной изменения состояния объекта. Наличие воздействия и сравнение объектов являются необходимыми условиями такого вывода, но недостаточным, ибо не всегда предшествующее событие - причина последующего.

*Второй признак* - наличие статистической связи между двумя переменными (причиной и следствием). Изменение величины одной из переменных должно сопровождаться изменением величины другой»

Наличие корреляции (корреляционного отношения) - недостаточное условие для вывода о причинно-следственной связи, так как связь может быть случайной или обусловленной третьей переменной.

*Третий признак* - причинно-следственная связь регистрируется, если экспериментальная процедура исключает иные возможности объяснения связей А и В, кроме как причинной, и все другие альтернативные причины возникновения явления В исключены.

Проверка экспериментальной гипотезы о причинной связи двух явлений производится следующим образом. Экспериментатор моделирует предполагаемую причину: она выступает в качестве экспериментального воздействия, а следствие - изменение состояния объекта - регистрируется с помощью какого-либо измерительного инструмента. Экспериментальное воздействие служит для изменения независимой переменной, которая является непосредственной причиной изменения зависимой переменной. Например, тренер управляет тренировочными нагрузками (управляемый фактор, независимая переменная) и фиксирует изменение состояния объекта с помощью педагогического тестирования (реакция системы, зависимая переменная).

Внешние («прочие») переменные экспериментальной ситуации экспериментатор должен контролировать. Среди внешних переменных выделяют: 1) побочные переменные, которые

порождают систематическое смещение, ведущее к появлению ненадежных данных (фактор времени, фактор задачи, индии и дуальные особенности испытуемых, возраст, квалификация, вид спорта и др.); 2) дополнительную переменную, которая существенна для изучаемой связи между причиной и следствием (например, сила у спортсменов может изменяться как результат применения определенной тренировочной программы, НО также от дополнительной переменной - режима питания). При проверке частной гипотезы уровень дополнительной переменной должен соответствовать ее уровню в изучаемой реальности. Дополнительная переменная, особо значимая для эксперимента, называется «ключевой». Контрольной переменной называется дополнительная переменная, которая в факторном эксперименте становится второй основной.

Суть эксперимента состоит в том, что экспериментатор варьирует независимую переменную, регистрирует изменение зависимой переменной и контролирует внешние (побочные) переменные.

Каждому фиксированному набору уровней факторов соответствует определенная точка  $(x_i, y_i)$  в многомерном пространстве факторов, называемым факторным пространством. Опыты не могут быть реализованы во всех точках, принадлежащих допустимой области факторного пространства, поскольку можно бесконечно дробить любой интервал значений какой-либо переменной.

На различные наборы уровней управляемых факторов Система реагирует по-разному. Однако существует вполне определенная связь между уровнями управляемых факторов и реакцией (откликом) системы  $(y_i)$ . Это связь характеризуете эмпирической функциональной зависимостью

$y_i = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$  где  $f$  - функциональная связь между зависимыми  $(y_i)$  и независимыми переменными  $(x_1, x_2, \dots, x_k)$ ,  $k$  - количество факторов (независимых переменных).

Функцию  $f$ , связывающую параметр оптимизации с факторами, называют функцией отклика, а геометрический образ, соответствующий функции отклика, - поверхностью отклика.



Исследователю не известен заранее вид зависимости / Ему приходится получать приближенные уравнения по данным эксперимента.

Эксперимент необходимо поставить так, чтобы при минимальном количестве опытов, варьируя значения независимых переменных по специально сформулированным правилам, построить эмпирическую математическую (статистическую) модель системы, связывающую входные и выходные характеристики, найти оптимальные значения свойств системы (как правило коэффициенты в регрессионных уравнениях, которые находятся с помощью метода наименьших квадратов).

Выбор факторов, параметров оптимизации и моделей осуществляется с учетом гипотезы, объекта, предмета и цели исследований и имеющихся условий для проведения эксперимента.

Так как при планировании эксперимента обычно одновременно изменяются несколько факторов, то необходимо сформулировать и требования, предъявляемые к совокупности факторов. Среди этих требований особо следует отметить совместимость и независимость факторов. Под совместимостью факторов подразумевается осуществимость и безопасность всех запланированных комбинаций факторов, а под независимостью факторов - возможность установления факторов на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов. Цель исследования должна быть сформулирована четко и допускать количественную оценку. Характеристику цели, заданную количественно, называют управляемым фактором (в некоторых задачах параметром оптимизации, критерием оптимизации, целевой функцией).

К управляемому фактору ( $x_i$ ) предъявляется ряд требований: эффективность с точки зрения управления, количественное выражение одним числом, статистическая эффективность, физический смысл, простота и доступность измерения, существование для всех различных экспериментальных состояний.

Требование статистической эффективности сводится к возможности использования методов математической статистики,

обеспечивающих максимально возможную точность получения данных.

Из многих параметров, характеризующих объект исследования, только один может служить параметром оптимизации. Остальные рассматриваются как ограничения.

Условия проведения эксперимента

Качество итоговых результатов и выводов зависит от *качества первичной информации*. Следует соблюдать необходимые условия проведения эксперимента:

Исключение систематических ошибок.

Проведение опытов строго в соответствии с разработанным планом и методикой проведения эксперимента.

Проведение повторных опытов в относительно одинаковых условиях. Чем больше число параллельных опытов, тем выше точность эксперимента. Однако увеличение числа параллельных опытов (больше 3-4) не дает значительного эффекта.

Одной из распространенных ошибок является использование результатов не повторных опытов, а повторных измерений. Это недопустимо. Дело в том, что использование повторных измерений означает, что мы учитываем только **ошибки** измерения приборов, которая является только частью (обычно незначительной) ошибки - вариативности, связанной с особенностями, например, испытуемых (воспроизводимости).

Порядок проведения опытов должен быть рандомизирован, то есть опыты должны проводиться в случайном **порядке**. Это позволяет уменьшить систематические ошибки.

В эксперименте следует использовать материалы, испытуемых, обладающие однородными свойствами. Если это невозможно, необходимо выделять источники неоднородности.

Все неизменяемые в эксперименте факторы должны быть зафиксированы на выбранных уровнях.

Основными планами (планами истинных **экспериментов**) для исследования являются: простой план для двух групп с предварительным тестированием (тест-воздействие-ретест); план для двух рандомизированных групп **без** предварительной >

тестирования (рандомизация-воздействие-тест); план для четырех групп, объединяющий оба этих плана.

Отбор и распределение испытуемых по группам проводится в соответствии с принятым экспериментальным планом. Вся совокупность потенциальных испытуемых, которые могут быть объектами данного исследования, обозначают как популяцию, или генеральную совокупность. Множество испытуемых, принимающих участие в исследовании, называют выборкой. Состав экспериментальной выборки должен моделировать, представлять (репрезентировать) генеральную совокупность, поскольку выводы, получаемые в эксперименте, распространяются на всех членов популяции, а не только на представителей этой выборки.

Выбор генеральной совокупности зависит от целей исследования.

Все потенциальные испытуемые характеризуются разным полом, возрастом, социальным положением, уровнем образования, состоянием здоровья и т.д. Для того чтобы выборка представляла генеральную совокупность, потенциальным испытуемым должны быть предоставлены равные шансы стать реальными участниками исследования. Техника рандомизации состоит в том, что всем представителям совокупности присваивается индекс, а затем производится случайный отбор в группу необходимой численности для участия в эксперименте. В этом случае мы имеем три группы: 1) всю генеральную совокупность; 2) группу рандомизации, из которой производится отбор; 3) экспериментальную рандомизированную выборку.

Одно из требований к выборке — репрезентативность. Выборка должна качественно и количественно представлять генеральную совокупность, основные типы потенциальных испытуемых, существующие в популяции. Испытуемые должны быть правильно распределены по экспериментальной и контрольным группам, чтобы все группы были эквивалентными. Формирование выборки, будет рассмотрено ниже.

## Независимая переменная

Исследователь должен стремиться оперировать в эксперименте только независимой переменной. Эксперимент, где это условие соблюдается, называют чистым экспериментом. Чаще всего в ходе эксперимента, варьируя одну переменную, экспериментатор изменяет вместе с тем ряд других. Это изменение может быть вызвано действием экспериментатора и обусловлено связью двух переменных.

Центральная проблема при проведении экспериментального исследования - выделение независимой переменной и ее изоляция от других переменных.

В качестве независимых переменных в эксперименте могут выступать:

- 1) характеристики заданий;
- 2) особенности ситуации (внешние условия);
- 3) управляемые особенности (состояния) испытуемого.

Характеристика задания - то, чем может манипулировать экспериментатор более или менее свободно. К особенностям ситуации следует отнести те переменные, которые непосредственно не входят в структуру экспериментального задания, выполняемого испытуемым. Это может быть температура и помещении, обстановка, наличие внешнего наблюдателя и т. д.

К «организменным переменным», или неуправляемым характеристикам испытуемых, относятся физические, биологические, психологические, социально-психологические и социальные признаки. Традиционно их относят к «переменным», хотя большинство из них является неизменным или относится к неизменным на протяжении жизни. Например, рост, масса тела, длины звеньев и др.

*Независимые переменные (управляемые факторы) должны соответствовать следующим основным требованиям:*

1. Должны быть управляемыми (возможность установить и поддерживать необходимые значения в процессе эксперимента).

2. Не должны зависеть от других переменных (возможность независимо от остальных факторов управлять каждой переменной).

3. Область совместного существования независимых переменных должна допускать любые их сочетания в пределах заданных границ измерения переменных. Никакие комбинации факторов не должны приводить к нежелательным последствиям (например, качественное изменение процесса или явления, при котором изучаемый отклик не существует).

4. Должны быть детерминированными величинами.

5. Интервал изменения каждой независимой переменной не должен быть слишком мал, так как при малом интервале изменения переменная может не оказывать значительного (поддающегося регистрации с учетом ошибки измерения) влияния на отклик. Вместе с тем, интервал не должен быть слишком широк, так как в очень большом интервале изучаемый объект или процесс могут вести себя достаточно сложно.

Уровни варьирования факторов (изменения величин независимой переменной) должны выбираться с учетом: *априорной информации* о характере частного влияния на отклик каждой переменной, *точности поддержания* уровня значения фактора, *разрешающей способности* применяемой аппаратуры; *методов регистрации, вида зависимости отклика* от данной переменной. Если априорная информация о виде зависимости отсутствует, число уровней желательно брать с запасом (4-8). Значения уровней желательно размещать равномерно по интервалу варьирования. В этом случае возможно выявление нелинейных тенденций между переменными.

6. Независимые переменные должны быть однозначны: одному значению независимой переменной отвечает одно (с точностью до случайной ошибки) значение отклика.

7. Совокупность выбранных независимых переменных должна отвечать *требованиям совместимости* (все их комбинации осуществимы и безопасны).

8. *Выбор факторов* должен быть полным. Это означает, что выбранной группы факторов должно быть достаточно для

объяснения *поведения* зависимых переменных (откликов).

9. *Точность фиксации* факторов должна быть высокой, *Это* означает, что минимальная разница между значениями  $S_0$  единиц уровней варьирования переменных должна быть, но крайней мере, на порядок (в *десять* раз) выше точности **измерения** данного параметра.

Зависимая переменная

Зависимая переменная должна быть информативной (близкой) и надежной. Информативность зависимой **переменной** доказывается логически (теоретически) или эмпирически (статистически). Например, результаты тестирования бегуна, а именно, масса тела, результаты прыжка в длину с места, **СКО** рость бега на анаэробном пороге и др. имеют смысл *только* в конкретных условиях эксперимента и применительно к *определенной* гипотезе.

Надежность переменной проявляется в устойчивости ее воспроизведения, регистрируемости при повторном проведении того же исследования, т.е. при *изменении условий* эксперимента - исследование в разные моменты времени.

Можно *выделить* три типа зависимых переменных: 1) одномерную; 2) многомерную; 3) *функциональную*. В первом *случае* регистрируется *лишь* один показатель, и именно он считается\* и откликом на *изменение* зависимой переменной (между ними существует функциональная *линейная* связь). Во втором *случае* зависимая переменная многомерна. Эти показатели могут *лишь* фиксироваться независимо. В третьем случае, когда **известно** отношение между отдельными показателями многомерной **зависимой** переменной, показатели рассматриваются в **качестве** аргументов, а сама зависимая переменная - в **качестве** функции.

*Существует* еще одно важное свойство зависимой переменной, а именно - чувствительность (чувствительность) зависимой переменной к *изменениям* независимой. Суть в том, что *манipуляция* независимой переменной *влияет* на изменение **зависимой**. Если же мы манипулируем независимой переменной,

а зависимая не изменяется, то зависимая переменная несензитивна по отношению к независимой.

*Зависимые переменные (отклики) должны соответствовать следующим требованиям:*

1. Иметь физический смысл и достаточно полно характеризовать исследуемый объект, процесс или явление (информативными).

2. Быть воспроизводимыми (надежными), то есть при повторении опытов в номинально одинаковых условиях полученные значения должны совпадать с точностью до ошибки эксперимента.

3. Каждому набору значений независимых переменных должно соответствовать одно (с точностью до случайной ошибки) значение отклика.

4. Иметь измеряемые значения при любой комбинации выбранных уровней факторов.

Каждый фактор (*xi* и его отклик!) может принимать в опыте одно из нескольких значений, называемых уровнями. Фиксированный набор уровней факторов (*%*, и откликов *yi*) определяет одно из возможных состояний кибернетической системы. Одновременно этот набор представляет условия проведения одного из возможных опытов.

### **3.3.2. Определение требуемых ресурсов для проведения исследования**

Можно выделить четыре основных вида конструирования экспериментальных групп.

1. При наиболее распространенном способе перед проведением исследования формируются две группы: экспериментальная и контрольная, которые ставятся в разные условия.

2. В случае невозможности формирования контрольной группы предполагается исследование одной группы как в экспериментальных, так и в контрольных условиях. Этот вариант используется, когда эффектом последовательности можно пренебречь.

3. Для формирования схожих **по составу** испытуемых ие пользуется вариант, при котором для каждого **субъекта** группы подбирается эквивалентный ему (или похожий на него), и они распределяются по разным группам.

4. При смешанном плане формируются несколько групп, которые в ходе эксперимента ставятся в разные условия. Способ применяется при факторном планировании эксперимента.

Основные правила формирования выборки испытуемых - экспериментальной группы.

#### **Критерии формирования выборки**

1. Содержательный критерий (критерий операциональной информативности). Напомним, что операциональная информативность определяется соответствием экспериментального метода проверяемой гипотезе. Подбор экспериментальной группы должен определяться предметом и гипотезой исследования.

Экспериментатор должен создать модель идеального объекта экспериментального исследования для своего частного случая и по возможности его описать, следуя этому описанию при формировании экспериментальной группы. Характеристики реальной экспериментальной группы должны минимально отклоняться от характеристик идеальной экспериментальной группы.

2. Критерий, эквивалентности испытуемых (критерий внутренней информативности). Результаты, полученные при исследовании экспериментальной выборки, должны распространяться на каждого ее члена. То есть мы должны учесть все значимые характеристики объекта исследования, различия в выраженности которых могут существенно повлиять на зависимую переменную. Если же это не удастся сделать, то при обработке данных используется нормировка результатов на величину значимого параметра.

Процедура подбора эквивалентных групп и эквивалентных испытуемых называется рандомизацией.

3. Критерий репрезентативности (критерий внешней информативности). Существуют теоретические статистические

критерии репрезентативности (представленное) выборки испытуемых. Группа лиц, участвующих в эксперименте, должна представлять всю часть популяции, по отношению к которой мы можем применять данные, полученные в эксперименте. Величина экспериментальной выборки определяется видом статистических мер и выбранной точностью (достоверностью) принятия или отвержения экспериментальной гипотезы. Она может быть равна множеству индивидов, чье поведение нас интересует. Экспериментальная выборка может представлять лишь часть интересующего нас множества. Главная проблема состоит в том, чтобы определить, на какие другие интересующие нас группы можно распространить результаты проводимого нами исследования.

Подбор экспериментальной группы осуществляется с помощью различных стратегий. Напоминаем, для чего нужна стратегия отбора групп. Задача сводится, во-первых, к устранению уже рассмотренного в предыдущих разделах «эффекта смешения». Под этим термином понимается влияние индивидуальных различий между испытуемыми на связь независимой и зависимой переменных. Тем самым контролируется влияние побочной переменной на внутреннюю информативность. Во-вторых, экспериментальная группа должна представлять изучаемую популяцию, т. е. обеспечивать внешнюю информативность эксперимента.

Использование реально существующих групп порождает систематическое смещение независимой переменной с индивидуальными свойствами испытуемых.

Для нас уже очевидно, что экспериментальная выборка представляет собой модель популяции в целом или той ее части, поведение которой нас интересует.

Наиболее простой вариант был уже рассмотрен - составление репрезентативной группы испытуемых, характеристики которой соответствуют характеристикам интересующей нас популяции. Иногда невозможно найти способ создания репрезентативной группы. Тогда используется метод приближенного

моделирования. Чем меньше генерализация, т. е. чем точнее набор критериев, описывающих популяцию, на которую распространяются выводы о характеристиках экспериментальной выборки, тем выше внешняя информативность эксперимента.

При моделировании популяции методом случайного выбора, или рандомизации, экспериментальную выборку составляют так, что каждой личности предоставляется равный шанс для участия в эксперименте. Каждому индивиду присваивается номер; с помощью таблицы случайных чисел производится формирование экспериментальной выборки. Процедура очень трудноосуществима, поскольку каждый представитель интересующей нас популяции должен быть учтен. На практике прибегают к более простым способам случайного отбора. Отбирают любую группу испытуемых, затем измеряют у них значимое для эксперимента индивидуальное свойство. После этого испытуемых распределяют по группам методом Монте-Карло так, что вероятность попасть в группу для каждого испытуемого равна.

Способ моделирования выборки, при котором генеральная совокупность рассматривается как совокупность групп, обладающих определенными характеристиками называется стратометрический. В экспериментальную выборку отбираются испытуемые с соответствующими характеристиками - так, чтобы в ней были равно представлены лица из каждой страты, например: пол, возраст, уровень физической подготовленности, спортивная специализация, уровень спортивной квалификации.

Ряд авторов выделяет стратегию попарного отбора. При этом экспериментальная и контрольная группы состоят из индивидов, эквивалентных по значимым для эксперимента побочным параметрам. Идеальный вариант - использование близнецовых пар (моно- и дизиготных). Разновидностью этой стратегии является подбор однородных подгрупп, в которых испытуемые уравниваются по всем характеристикам, кроме интересующих исследователя дополнительных переменных. Другой вариант - выделение значимой дополнительной переменной. Все испытуемые тестируются, ранжируются по уровню

выраженности переменной. Группы формируются так, чтобы испытуемые, обладающие одинаковыми или близкими значениями переменной, попали в разные группы.

#### **Стратегии построения экспериментальных групп**

Итак, существует шесть стратегий построения групп:

- 1) рандомизация;
- 2) попарный отбор;
- 3) рандомизация с выделением страт (стратометрический отбор);
- 4) приближенное моделирование;
- 5) репрезентативное моделирование;
- 6) привлечение реальных групп.

Различают два основных типа привлечения испытуемых в группу: а) отбор, б) распределение. Отбор проводят при рандомизации, рандомизации с выделением страт, при репрезентативном и приближенном моделировании. Распределение осуществляется при способе составления групп из эквивалентных пар и исследованиях с участием реальных групп.

Считается, что наилучшая внешняя и внутренняя информативность достигается при стратегии подбора эквивалентных пар и стратометрической рандомизации: индивидуальные особенности испытуемых с помощью этих стратегий контролируются максимально. В остальных же случаях нет никаких гарантий эквивалентности испытуемых, контролируемости индивидуальных различий и представительности группы.

Привлечение добровольцев или принудительное участие в эксперименте нарушает репрезентативность выборки. Отметим лишь, что стратегии попарного моделирования, приближенного моделирования и стратометрической рандомизации, в отличие от стратегии рандомизации («случайно отобранных групп»), предполагают, что нам известен дополнительный параметр - индивидуальная особенность, которая может оказать значимое влияние на результат эксперимента. Ошибка

в выделении этого параметра и/или недоучет других параметров приводят экспериментатора к неудаче,

В зависимости от целей и возможностей численность экспериментальной выборки может варьировать от одного испытуемого до нескольких тысяч человек. Количество испытуемых в отдельной группе (экспериментальной или контрольной) в большинстве экспериментальных исследований варьирует от 1 до 100. Рекомендуется, чтобы численность сравниваемых групп была не менее 30-35 человек из соображений статистических: коэффициенты корреляции выше 0,35 при таком количестве испытуемых значимы при  $\alpha = 0,05$ .

Если же для обработки данных используется факторный анализ, то существует простое правило: надежные факторные решения можно получить лишь в том случае, когда количество испытуемых не менее чем в 3 раза превышает число регистрируемых параметров. Целесообразно увеличивать количество испытуемых, по крайней мере, на 5-10 % больше требуемого, поскольку часть из них будет «отбракована» в ходе эксперимента или при анализе экспериментальных протоколов (не поняли инструкцию, не приняли задачу, дали «девиантные» результаты и т. д.).

Что касается состава по полу и возрасту, то рекомендуется (кроме специальных случаев) разбивать общую группу на подгруппы мужчин и женщин и обрабатывать данные отдельно для каждой подгруппы. Возрастной состав определяется исходя из целей исследования.

Количество необходимых ресурсов в значительной степени зависит от числа опытов. Здесь предполагается, что все опыты стоят одинаково, поэтому количество требуемых ресурсов прямо пропорционально числу опытов.

Если целью исследования является определение структуры связей или аппроксимация, необходимое число опытов (без учета дублирования) определяется по табл. 3.

Таблица 3.

**Количество опытов при поиске оптимальных условий**

Число независимых переменных	Число экспериментов
До 4	8
5-8	16
9-16	32
17-24	64
25-33	128

**3.3.3. Планы экспериментов для одного испытуемого**

Эксперимент с одним испытуемым возможен тогда, когда:

а) индивидуальными различиями можно пренебречь в отношении переменных, изучаемых в эксперименте, все испытуемые признаются эквивалентными, поэтому возможен перенос данных на каждого члена популяции;

б) испытуемый уникален, и проблема прямого переноса данных неактуальна (этот случай имеет место при изучении Чемпионов Мира и Олимпийских игр).

Исследование по схеме "один испытуемый" называется также планированием временных серий. Основным показателем влияния независимой переменной на зависимую при реализации такого плана является изменение характера ответов испытуемого от воздействия на него изменения условий эксперимента во времени. Если функция, описывающая кривую, изменяется при изменении воздействия А на В, то это может свидетельствовать о наличии причинной зависимости поведения от внешних воздействий (А или В).

Простейшая стратегия - схема А-В. Испытуемый первоначально выполняет деятельность в условиях А, а затем - в условиях В. Отрицательными моментами в этой схеме является:

а) неконтролируемость плацебо-эффекта;

б) невозможность учесть влияние какой-либо иной переменной, не учтенной в эксперименте.

Чаще применяется другая схема: А-В-А. Первоначально регистрируется поведение испытуемого в условиях А, затем условия изменяются (В), а на третьем этапе происходит возвращение прежних условий (А). Изучается, например, изменение функциональной связи между независимой (Х) и зависимой переменными (У). Если при изменении условий на третьем этапе восстанавливается прежний вид функциональной зависимости между зависимой и независимой переменными, то независимая переменная считается причиной, которая может модифицировать поведение испытуемого.

В обеих схемах не учитывается кумулятивный эффект воздействий, т.е. к эффекту приводит сочетание - последовательность условий (А и В).

Например. Спортсмен может тренироваться по обычной программе тренировки с обычным режимом питания. Это условия А. Молено провести педагогическое тестирование и оценить уровень силовой подготовленности. Затем следующий отрезок времени испытуемый может начать применять в питании какую-либо пищевую добавку (например, креатин, который стимулирует деятельность ДНК, синтез миофибрилл в мышечных волокнах). Это условие В. Если происходит статистически достоверное изменение (больше погрешности измерения переменной, тестирование проводится многократно в пределах ограниченного отрезка времени) управляемого фактора (отклика), то говорят о корреляции между приемом пищевой добавки (фактор) и приростом уровня силовой подготовленности (отклик, целевая функция).

Параллельно в этом эксперименте можно проводить ступенчатый тест на велоэргометре и определять зависимость «мощность - концентрация лактата в крови». Определять момент появления аэробного порога в условия А и затем Б. В этом случае отклик объекта исследования (спортсмена) будет выражаться как в виде функциональной зависимости, так и в значении мощности аэробного порога.

При использовании схемы А-В-А-В, дважды воспроизводится один и тот же экспериментальный эффект. Если при 2-м

переходе от условий А к условиям В будет воспроизведено изменение (функциональной зависимости) ответов испытуемого от времени, то это станет доказательством экспериментальной гипотезы: независимая переменная (условие В) влияет на состояние испытуемого (А, отклик, управляемый фактор).

Существуют различные варианты планирования по методу временных серий. Различают схемы регулярного чередования серий (АВ-АВ), серии стохастических последовательностей и схемы позиционного уравнивания (пример: АВВА). Модификациями схемы А-В-А-В являются схема А-В-А-В-А или более длительная: А-В-А-В-А-В-А. Для контроля плацебо-эффекта в серию А-В-А-В включают условия, "имитирующие" либо воздействие А, либо воздействие В.

Отрицательным в применении план А-В-А-В и его различных модификаций является: а) наличие кумулятивных эффектов, например утомление испытуемого; б) вероятность воздействия побочной переменной, которой может являться последовательность воздействий А-В; в) недостаточно ясное представление о том, какая причина привела к определенному эффекту.

Пример. И. А. Тер-Ованесян (1974) провел исследование некоторых путей индивидуализации тренировочного процесса у спортсменов высокой квалификации. Автор провел автоэксперимент в период с 1953 по 1970 г. В частности, в течение года ежедневно проводились измерения по 13 тестам, в том числе диагностирующие функциональное состояние нервно-мышечного аппарата с использованием методики миотонометрии, взвешивания голени, силовых показателей кисти и стопы. Было проведено 4015 измерений, т.е. получился временной ряд показателей - откликов на участие спортсмена в различных условиях тренировки. Здесь была получена выборка из генеральной совокупности возможных проявлений данного спортсмена на протяжении данного периода его обследований (тестирование можно было проводить в другое время суток или несколько раз в день). Обнаружены существенные корреляционные зависимости между спортивными результатами, показанными спортсменом в условиях официальных соревнований и регистрируемыми

показателями. Автор указывает, что применение в данном случае корреляционного анализа и интерпретация полученных результатов требует особой осторожности, вследствие того, что тренировочные нагрузки не являются случайными величинами. В этих экспериментах условие А - тренировка в подготовительном периоде, В - тренировка в соревновательном периоде, а проверялась взаимосвязь между показателями, характеризующими уровень подготовленности спортсмена. Каждый фактор (переменная) имел несколько уровней - тестов на протяжении исследуемого периода подготовки. Изучалось влияние тренировочного процесса (множество независимых переменных, объем и интенсивность различных средств подготовки) на множество зависимых переменных (показатели состояния нервно-мышечного аппарата и спортивные результаты).

#### 3.3.4. Корреляционное исследование

Корреляционным называется исследование, проводимое для подтверждения или опровержения гипотезы о статистической связи между несколькими (двумя и более) переменными или статистически достоверном влиянии их друг на друга. При этом предположения о причинной зависимости не обсуждаются. "Корреляция" в прямом переводе означает "соотношение". Если изменение одной переменной сопровождается изменением другой, то можно говорить о корреляции этих переменных. Наличие корреляции двух переменных ничего не говорит о причинно-следственных зависимостях между ними, но дает возможность выдвинуть такую гипотезу. Отсутствие же корреляции позволяет отвергнуть гипотезу о причинно-следственной связи переменных.

##### Корреляционная связь

Различают несколько интерпретаций наличия корреляционной связи между двумя измерениями:

- V 1. Линейная корреляционная связь. Уровень одной переменной непосредственно соответствует уровню другой.



2. Корреляция, обусловленная 3-й переменной. 2 переменные (а, с) связаны одна с другой через 3-ю (в), не измеренную в ходе исследования. По правилу транзитивности, если есть  $R(a, v)$  и  $R(v, c)$ , то  $R(a, c)$ .

3. Случайная корреляция, не обусловленная никакой переменной.

4. Корреляция, обусловленная неоднородностью выборки.

Корреляционные связи различаются по своему виду. Если повышение уровня одной переменной сопровождается повышением уровня другой, то речь идет о положительной корреляции. Если рост уровня одной переменной сопровождается снижением уровня другой, то мы имеем дело с отрицательной корреляцией. Нулевой называется корреляция при отсутствии линейной связи переменных, при этом не исключается тесная нелинейная связь переменных.

Математическую теорию линейных корреляций разработал К. Пирсон. Ее основания и приложения излагаются в соответствующих учебниках и справочниках по математической статистике. Напомним, что коэффициент линейной корреляции Пирсона  $r$  варьируется от  $-1$  до  $+1$ . Достоверность коэффициента корреляции зависит от принятого уровня значимости  $\alpha$  и от величины выборки. Чем больше модуль коэффициента корреляции, тем ближе связь переменных к линейной функциональной зависимости.

При корреляционном исследовании все измеряемые переменные - зависимые. Фактором, определяющим эту зависимость, может быть одна из переменных или скрытая, неизмеряемая переменная. Тестируемые группы должны быть в эквивалентных неизменных условиях.

### Шкалы измерений

Выбор меры связи определяется шкалой, с помощью которой произведены измерения.

1. Данные представлены в порядковой шкале. Мерой связи, которая соответствует шкале порядка, является

**коэффициент Кэнделла. Он основан на подсчете несовпадений в порядке следования ранжировок для X и Y.**

Часто для обработки данных, полученных с помощью шкалы порядка, используют коэффициент ранговой корреляции Спирмена, который является модификацией коэффициента Пирсона для натурального ряда чисел (рангов). Его рекомендуют применять в том случае, если одно измерение произведено по шкале порядков, а другое - по шкале интервалов.

2. Данные получены по шкале интервалов или отношений. В этом случае применяется стандартный коэффициент корреляции Пирсона или коэффициент ранговой корреляции Спирмена. В том случае, если одна переменная является дихотомической, а другая - интервальной, используется так называемый бисериальный коэффициент корреляции»

3. Если связи между переменными нелинейны, вычисляется корреляционное отношение, характеризующее величину нелинейной статистической зависимости двух переменных.

Корреляционное исследование завершается выводом о статистической значимости установленных (или неустановленных) зависимостей между переменными.

Корреляционное исследование разбивается на серию независимых друг от друга измерений в группе испытуемых (И). Различают простое и сравнительное корреляционные исследования. В первом случае группа испытуемых однородна.

Пример. Из числа студентов можно сформировать выборку. Затем последовательно определить у них ряд показателей (рост, масса, результат в жиме лежа, прыжок в длину с места), затем выполнить корреляционный анализ. В этом случае воздействие оказывалось на одну и ту же выборку испытуемых (однородная группа).

Во втором случае мы имеем несколько рандомизированных групп, различающихся по одному или нескольким определенным критериям.

Пример. Из числа студентов можно сформировать две выборки. Обе группы тестируются - определяется длина прыжка с места, затем одна группа выполняет упражнение до

локального утомления и снова тестируется, другая группа тестируется второй раз без выполнения упражнений до утомления. В этом случае производится сравнение показателей до и после упражнений до утомления (однородная группа), сравнение показателей после эксперимента у одной и другой групп (разнородные, неоднородные группы).

В общем виде план такого исследования описывается матрицей вида:  $I \times O$  (испытуемые  $\times$  операции), где данные каждого испытуемого располагаются по строкам, а данные конкретных тестов или показателей по столбцам. Данную матрицу можно обработать с помощью корреляционного анализа. Обработку данных можно вести по строкам исходной матрицы или столбцам. Коррелируя между собой строки, мы сопоставляем друг с другом испытуемых; корреляции же интерпретируются как коэффициенты сходства-различия людей между собой. И-корреляции можно вычислять лишь в том случае, если данные приведены к одной шкальной размерности, в частности с помощью Z-преобразования:

*a*

Коррелируя между собой столбцы, мы проверяем гипотезу о статистической связи измеряемых переменных ( $O$ ) или данных тестирования, в этом случае их размерность не имеет никакого значения, поскольку процедура корреляционного анализа выполняет нормирование или Z-преобразование в пределах каждой переменной. Такое исследование называется структурным, так как в итоге мы получаем матрицу корреляций измеренных переменных, которая выявляет структуру связей между ними.

В лонгитудных исследованиях выявляются временные корреляции параметров, либо определяются изменения структуры корреляций параметров во времени. План лонгитудного исследования представляет собой серию отдельных замеров одной или нескольких переменных через определенные промежутки времени. Время в лонгитудном исследовании интерпретируется

исследователем как независимая переменная, определяющая уровень зависимых. Полный план корреляционного исследования представляет собой параллелепипед  $I \times O \times B$ , грани которого обозначаются как "испытуемые", "операции", "временные этапы". Результаты исследования можно анализировать по-разному. Помимо вычисления И- и О-корреляций возникает возможность сравнения матриц  $I \times O$ , полученных в разные периоды времени, путем подсчета двухмерной корреляции - связи двух переменных с третьей. То же самое касается и матриц  $I \times T$  и  $B \times O$ . Но чаще исследователи ограничиваются обработкой другого типа, проверяя гипотезы об изменении переменных во времени, анализируя матрицы  $I \times B$  по отдельным измерениям.

### **33,5. Основные типы корреляционного исследования**

1. **Сравнение двух групп.** Этот план лишь условно можно отнести к корреляционным исследованиям. Он применяется для установления сходства или различия двух естественных или рандомизированных групп по выраженности того или иного свойства или состояния. Средние результаты у 2-х групп сравниваются с помощью t-критерия Стьюдента.

Пример. Целью педагогического эксперимента, проведенного А. В. Зубковой (1996), была проверка методики применения учебно-диагностического компьютерного комплекса для обучения и оценки уровня знаний различных групп учащихся ИФК по основным разделам профилирующих дисциплин учебного плана с использованием имитационного моделирования. Были сформированы экспериментальная и контрольная группы. Разница в распределении учебного материала в этих группах состояла в увеличении до 45% учебного времени самостоятельной работы студентов на ПЭВМ с использованием имитационного моделирования тренировочного процесса в ущерб лекционному материалу и традиционной программы обучения в экспериментальной группе. Анализ результатов эксперимента показал, что уровень теоретических знаний учащихся экспериментальной

группы достоверно ( $p < 0,05$ ) отличается от уровня знаний учащихся контрольной группы, обучавшихся по традиционной методике. Следовательно, в условиях эксперимента имелся систематический сдвиг, а значит и корреляция, в состоянии теоретических знаний у группы испытуемых до и после педагогического воздействия, тогда как в условиях обычной подготовки статистически достоверных изменений не произошло, а значит этот фактор не влияет на переменные.

Простейшее сопоставление 2 групп содержит в себе источник ряда артефактов, характерных для корреляционного сравнительного исследования. Во-первых, возникает проблема организации групп - они должны четко разделяться по степени влияния фактора. Во-вторых, реальные измерения происходят не одновременно, а разновременно:

R'	01	—
R''	—	02 -

Эффект неодновременности измерений в двух группах (в случае предположения о значимости изучаемого фактора) можно было бы "убрать" введением двух контрольных групп, но ведь тестировать их тоже придется в другое время. Удобнее разделить первоначальные группы пополам (гр01 и гр03, гр02 и гр04) и тестирование (по возможности) провести по следующему плану:

R'	01	—•
R''	—	02

R'	03	
R''	—	04

Обработка результатов для выявления эффекта последовательности осуществляется методом двухфакторного дисперсионного анализа  $2 \times 2$ . Сравнение естественных (нерандомизированных) групп ведется по тому же плану.

**2. Одномерное исследование одной группы в разных условиях.** План этого исследования аналогичен предыдущему. Но по своей сути он близок к эксперименту, так как условия, в которых находится группа, различаются. В случае

корреляционного исследования мы не управляем уровнем *пслл* зависимой переменной, а лишь констатируем изменение поведения индивида в новых условиях.

Главные артефакты этого плана - кумуляция эффектов последовательности и тестирования. Кроме того, искажающее влияние на результаты может оказывать временной фактор (эффект естественного развития).

Схема этого плана выглядит очень просто: A 01 B 02, где A и B - разные условия. Испытуемые могут отбираться из генеральной популяции случайным образом или представлять собой естественную группу.

Обработка данных сводится к оценке сходства между результатами тестирования в условиях A и B. Для контроля эффекта последовательности можно произвести разделение групп и перейти к корреляционному плану для двух подгрупп:

A	01		02
B	03	A	04

В этом случае мы можем рассматривать A и B как воздействия, а план - как неполный.

Пример. Наиболее часто этот план эксперимента используется при анализе дневников подготовки членов сборных национальных команд. При анализе дневников определяют показатели объема и интенсивности различных средств подготовки, а также результаты основных и контрольных стартов, педагогического и медико-биологического тестирования. В результате можно получить корреляционные взаимосвязи как на каждом временном интервале (И-О), так и взаимосвязь изменений во времени (О-В). В первом случае определяется особенность связей между показателями (структура). Во втором случае устойчивость структуры взаимосвязей между показателями во времени. Фактором - независимой переменной, является время, а точнее педагогический процесс.

**3. Корреляционное исследование попарно эквивалентных групп.** Этот план используется при исследовании близнецов методом внутриварных корреляций. Дизиготные или монозиготные близнецы разбиваются на две группы: в каждой - один

близнец из пары. У близнецов обеих групп измеряют интересующие исследователя психические параметры. Затем вычисляется корреляция между параметрами (О-корреляция) или близнецами (Р-корреляция). Существует множество более сложных вариантов планов психогенетических исследований близнецов.

Пример. В специальной серии экспериментов, проведенной Т. А. Пантелеевой (1977), изучалась генотипическая обусловленность времени простой двигательной реакции на стимулы разной интенсивности (звуковой сигнал частотой 1000 Гц и интенсивностью 40, 60, 80, 100 и 120 дБ над уровнем 0,0002 бара) в разные периоды онтогенеза. В серии приняли участие дети 9-11 лет (по 20 пар моно- и дизиготных близнецов, 48 человек - неродственников), 13-16 лет (также по 20 пар моно- и дизиготных близнецов, 44 человека - неродственников) и взрослые 33-56 лет (23 пары монозиготных и 20 пар дизиготных близнецов, 40 человек - неродственников). В младшей и старшей группах была зафиксирована зависимость индивидуальных особенностей времени реакции от наследственных детерминантов, в подростковом возрасте эта зависимость не установлена.

4. Для проверки гипотезы о статистической связи нескольких переменных, характеризующих поведение, проводится многомерное корреляционное исследование. Оно реализуется по следующей программе. Отбирается группа, которая представляет собой либо генеральную совокупность, либо интересующую нас популяцию. Отбираются тесты, проверенные на надежность и внутреннюю информативность. Затем группа тестируется по определенной программе:

$R \ A \ (01) \ B \ (02) \ C \ (03) \ D \ (04) \ \dots \ N \ (0n),$

где А, В, С... N - тесты, 0i - операция тестирования.

Данные исследования представлены в форме матрицы:  $t \times p$ , где  $t$  - количество испытуемых,  $p$  - тесты. Матрица "сырых" данных обрабатывается, подсчитываются коэффициенты линейной корреляции. Получается матрица вида  $t \times p$ , где  $p$  — число тестов. Корреляции оцениваются на статистические различия следующим образом: сначала  $g$  переводится в Z-оценки, затем для сравнения  $g$  применяется  $t$ -критерий Стьюдента.

Значимость корреляции оценивается при ее сопоставлении с табличным значением. При сравнении  $g_{\text{экспер.}}$  и  $g_{\text{теор.}}$  принимается гипотеза о значимом отличии корреляции от случайной при заданном значении точности ( $\alpha = 0,05$  или  $\alpha = 0,001$ ).

В ходе применения этого плана могут возникать следующие артефакты.

Эффект последовательности - предшествующее выполнение одного теста может повлиять на результат выполнения другого.

Эффект научения - при выполнении серии различных тестовых испытаний у участника эксперимента может повышаться компетентность в тестировании.

Эффекты фоновых воздействий и "естественного" развития приводят к неконтролируемой динамике состояния испытуемого в ходе исследования.

Взаимодействие процедуры тестирования и состава группы проявляется при исследовании неоднородной группы.

Пример. В результате корреляционного анализа А. В. Левченко (1982) выявил показатели силовой и скоростно-силовой подготовленности, оказывающие наибольшее влияние на спортивный результат в беге на короткие дистанции. Для изучения структуры специальной силовой подготовленности спринтеров обследовано 50 спринтеров различной квалификации, имеющие результаты в беге на 100 м в диапазоне от 11,2 до 10,1 с. У спортсменов старших и младших разрядов установлена сильная зависимость величины максимально скорости бега, времени бега на 30 м со старта, от уровня развития стартовой и взрывной силы мышц разгибателей ноги и подошвенных сгибателей стопы, относительной силы мышц подошвенных сгибателей стопы, результатов в десятикратном прыжке с места, времени преодоления прыжками дистанции 30 м. Итоговым результатом таких исследований становится эмпирический закон, который выражается в виде линейного регрессионного уравнения  $Y = a_0 + X_1 \times a_1 + X_2 \times a_2 + \dots + X_m \times a_m$ , точность предсказания которого оценивается по коэффициенту множественной корреляции и по стандартному отклонению функции (У).

5. Структурное корреляционное исследование. От предшествующих вариантов эта схема отличается тем, что исследователь выявляет не отсутствие или наличие значимых корреляций, а различие в уровне значимых корреляционных зависимостей между одними и теми же показателями, измеренными у представителей различных групп.

Пример. В исследованиях Б. С. Шенкмана (1999) при сравнении капилляризации *m.vastus lateralis* у спортсменов с различным тренировочным статусом обнаружено, что у спортсменов данной спортивной специализации, не так далеко отстоящих друг от друга по уровню квалификации, достоверных отличий по количеству капилляров на волокно не наблюдается. Однако отличия по количеству капилляров на волокно становятся достоверными при существенной разнице в уровнях квалификации. Выявление взаимосвязей между исходными уровнями капилляризации и их изменениями за время тренировки позволяет автору предположить, что в группах спортсменов, тренирующихся на выносливость, капилляризация колеблется вокруг зоны оптимальных значений, характерных для данного уровня нагрузок.

6. Лонгитудное корреляционное исследование. Воздействующей переменной экспериментатор, проводящий лонгитудное исследование, считает время. Оно является аналогом плана тестирования одной группы в разных условиях. Только условия считаются константными. Результатом любого временного исследования (в том числе и лонгитудного) является построение временного тренда измеряемых переменных, которые могут быть аналитически описаны теми или иными функциональными зависимостями.

Лонгитудное корреляционное исследование строится по плану временных серий с тестированием группы через заданные промежутки времени. Помимо эффектов обучения, последовательности и т.д. в лонгитудном исследовании следует учитывать эффект выбывания: не всех испытуемых, первоначально принимавших участие в эксперименте, удастся обследовать через какое-то определенное время. Возможно взаимодействие

эффектов выбывания и тестирования (отказ от участия в последующем обследовании) и т.д.

Пример. В педагогическом эксперименте, проведенном О. Н. Шестеркиным (2000), приняло участие в общей сложности 14 игроков в настольный теннис П-Ш спортивных разрядов. Проверялась методика совершенствования техники ударов справа и слева. Программа состояла из 11 микроциклов по 3 тренировочных занятия в каждом. По окончании каждого занятия выполнялось тестирование, во время которого испытуемые выполняли серию из 20 ударов справа и слева по мишени на теннисном столе. Определялось количество попаданий в цель. Показано, что через определенный период времени происходит стабилизация этого показателя, что является маркером для данной группы испытуемых и говорит о заключительной стадии совершенствования технического элемента - удара.

### 3.3.6. Планы для одной независимой переменной и нескольких групп

При исследованиях, в которых необходим контроль внешних переменных, либо необходимо выявление количественных зависимостей между переменными, сравнение двух групп недостаточно для подтверждения или опровержения экспериментальной гипотезы.

Для контроля внешних переменных используются различные варианты факторного экспериментального плана.

Для определения линейной зависимости между двумя переменными следует иметь хотя бы три точки, соответствующие трем уровням независимой переменной. В этом случае необходимо выделить несколько рандомизированных групп и поставить их в различные экспериментальные условия.

Простейшим вариантом является *план для трех групп и трех уровней независимой переменной*:

Эксперимент 1:	JR	$X_i$	$0_i$
Эксперимент 2:	R	$X_2$	$0_2$
Контроль:		R	- $0_3$

Контрольная группа в данном случае - это третья экспериментальная группа, для которой уровень переменной  $X = 0$ .

При реализации этого плана каждой группе предъявляется лишь один уровень независимой переменной. Возможно и увеличение числа экспериментальных групп соответственно числу уровней независимой переменной. Для обработки данных, полученных с помощью такого плана, применяется дисперсионный анализ.

Пример. Назаров А. П. (1998) изучал построение тренировочного процесса в прыжках с шестом на этапах предварительной подготовки и начальной спортивной специализации. В педагогическом эксперименте у него приняло участие 36 юных прыгуна с шестом, разделенных на три группы. Не было до начала эксперимента достоверных различий ( $p > 0,01$ ) между участниками эксперимента.

Группа А. Тренировочная программа строилась по программе ДЮСШ. Спортсмены обучались прыжкам только на прямом шесте, пока не будет достигнут уровень результатов 3,40 - 3,60 м. После чего прыгунам подбирался соответствующий их весу шест, увеличивался хват и начиналось обучение прыжкам на гнущемся шесте.

Группа Б. Спортсмены этой группы приступали к обучению прыжкам с шестом сразу на гнущихся снарядах. В ходе тренировок технической направленности использовались специальные подводящие упражнения.

Группа В. В этой группе применялся «комбинированный» метод обучения. Испытуемые обучались входу и вису на прямом шесте, прыжку на прямом шесте, входу и вису на гнущемся шесте с применением подводящих упражнений, как и в группе Б. При этом внимание прыгунов акцентировалось на выполнение упражнений с той ритмовой структурой движений, которая присуща спортсменам высокой квалификации.

Таким образом, отличие в организации тренировок технической направленности в группах Б и В заключалось в том, что в группе Б отсутствовала работа над некоторыми элементами опорной части прыжка. В группе В техника выполнения

опорной части разучивалась отдельно от совершенствования разбега и отталкивания. Результаты эксперимента позволили определить методику тренировки начинающих прыгунов **и шестом**.

### 3.3.7. Факторные планы

Факторные эксперименты применяются тогда, когда необходимо проверить сложные гипотезы о взаимосвязях между переменными. Общий вид подобной гипотезы: «Если  $A_1, A_2, A_n$ , то  $B$ ». Такие гипотезы называются комплексными, комбинированными и др. При этом между независимыми переменными могут быть различные отношения: конъюнкции, дизъюнкции, линейной независимости, аддитивные или мультипликативные и др. Факторные эксперименты являются частным случаем многомерного исследования, в ходе проведения которого пытаются установить отношения между несколькими независимыми и несколькими зависимыми переменными. В факторном эксперименте проверяются одновременно, как правило, два типа гипотез:

- 1) гипотезы о раздельном влиянии каждой из независимых переменных;
- 2) гипотезы о взаимодействии переменных, а именно - как присутствие одной из независимых переменных влияет на эффект воздействия на другой.

Факторный эксперимент строится по факторному плану. Факторное планирование эксперимента заключается в том, чтобы все уровни независимых переменных сочетались друг с другом. Число экспериментальных групп равно числу сочетаний уровней всех независимых переменных.

Чаще всего на практике используются факторные планы для двух независимых переменных и двух уровней типа  $2 \times 2$ . Для составления плана применяется принцип балансировки. План  $2 \times 2$  используется для выявления эффекта воздействия двух независимых переменных на одну зависимую. Данные приведены в простейшей таблице (табл. 4).

Таблица 4.

План эксперимента 2x2

2-я переменная	1-я переменная	
	Есть	Нет
Есть	1	2
Нет	3	4

Пример. Исследования А. А. Федякина (1999) были направлены на выявление и анализ отличий скоростно-силовой подготовленности женщин-прыгунь в длину от скоростно-силовой подготовленности мужчин-прыгунов. В эксперименте в общей сложности приняли участие 98 спортсменов от III разряда до МСМК, специализирующихся в прыжках в длину. Сравнивался уровень скоростно-силовой подготовленности женщин и мужчин, имеющих одинаковый спортивный результат, а также одинаковую спортивную квалификацию.

Таблица 5.

План эксперимента для изучения влияния на уровень скоростно-силовой подготовленности пола и квалификации

Квалификация	Спортивный результат
Мужчины - II разряд	Мужчины - 5,55 м
Женщины - разряд II	Женщины - 5,60 м

Установлено, что для мужчин с ростом спортивного мастерства характерен усиленный прирост значений скоростно-силовых показателей, у женщин наблюдается их замедление. Зафиксированные различия в уровне скоростно-силовой подготовленности между прыгунами и прыгуньями, имеющими одинаковую квалификацию, объясняют различия в технике выполнения прыжка в длину с разбега.

Реже используются четыре независимые рандомизированные группы. Для обработки результатов применяется дисперсионный анализ по Фишеру.

Также редко используются другие версии факторных планов, а именно: 3x2 или 3x3. План 3x2 применяется в тех случаях, когда нужно установить вид зависимости одной зависимой переменной от одной независимой, а одна из независимых переменных представлена дихотомическим параметром. В этом случае мы получаем план 3x2 (табл. 6).

Таблица 6.

План эксперимента 3x2

1-я переменная	2-я переменная		
	Воздействие 1	Воздействие 2	Воздействие 3
Есть наблюдатель	1	2	3
Нет наблюдателя	4	5	6

Пример. Испытывали влияние трех видов силовой тренировки на объем плечевых мышц в двух группах одной квалификации мужчин-спортсменов различной спортивной специализации. Каждое испытание имело трехкратную повторность тестирования.

Здесь через А обозначен фактор воздействия, т.е. вид силовой тренировки, а через В - группы спортсменов циклической и скоростно-силовой направленности. Число градаций фактора А равно трем, т.е.  $a=3$ , а число групп фактора В равно четырем, т.е.  $p=2$ . По результатам эксперимента определено, что сдвиги в уровне силовой подготовленности связаны с специализацией спортсменов.

Вариант плана 3x3 применяется в том случае, если обе независимые переменные имеют несколько уровней и есть возможность выявить виды связи зависимой переменной от независимых (табл. 7).

Таблица 7.

План эксперимента 3x3

Уровень	Интенсивность стимуляции		
	Воздействие 1	Воздействие 2	Воздействие 3
Уровень 1	1	2	3
Уровень 2	4	5	6
Уровень 3	7	8	9

Пример. Ответ на вопрос, насколько важен накопленный предшествующий опыт на развитие целевой точности, дают результаты экспериментальной работы С. В. Голомазова (1997), связанные с оценкой переноса тренированности в точностных движениях с локальной мышечной нагрузкой на различные группы мышц.

Таблица 8,

Перенос тренированности точности метаний при различных условиях тренировки с локальной мышечной нагрузкой (влияние тренировки по дисперсионному анализу в %)

Условия тренировки	Условия тестирования		
	Без нагрузки	Нагрузка на агонист	Нагрузка на антагонист
Без нагрузки	23,4*	1,01	0,0
С нагрузкой на агонист	3,1	44,3*	2,6
С нагрузкой на антагонист	5,3	8,4	38,2*

\* - влияние статистически существенно при  $p=0,01$ .

Комплексное исследование влияния локальной мышечной и нагрузки на точность показало, что основной причиной изменения точности, является неадекватное состояние исполнительного аппарата (мышц) предшествующему опыту.

В общем случае план для двух независимых переменных выглядит как  $N \times M$ . Применимость таких планов ограничивается только необходимостью набора большого числа рандомизированных групп. Объем экспериментальной работы чрезмерно возрастает с добавлением каждого уровня любой независимой переменной.

Планы, используемые для исследования влияния более двух независимых переменных применяются редко. Для трех переменных они имеют общий вид  $L \times M \times N$ .

Чаще всего применяются планы  $2 \times 2 \times 2$ : «три независимые переменные - два уровня». Очевидно, добавление каждой новой переменной увеличивает число групп. Общее их число 2, где  $n$  - число переменных в случае двух уровней интенсивности и  $K$  - в случае  $K$ -уровневой интенсивности (считаем, что число уровней одинаково для всех независимых переменных).

Упрощением полного плана с тремя независимыми переменными вида  $L \times M \times N$  является планирование по методу «латинского квадрата». «Латинский квадрат» применяют тогда, когда нужно исследовать одновременное влияние трех переменных, имеющих два уровня или более. Принцип «латинского квадрата» состоит в том, что два уровня разных переменных встречаются в экспериментальном плане только один раз. Тем самым процедура значительно упрощается, не говоря о том, что экспериментатор избавляется от необходимости работать с огромными выборками.

Предположим, что у нас есть три независимые переменные, с тремя уровнями каждая:

1.  $U$        $L2$ ,     $I3$
2.  $M1$ ,     $U$        $M3$
3.  $A$ ,       $B$ ,       $C$



План по методу «латинского квадрата» представлен в табл. 9.

**Таблица 9.**

**План эксперимента по методу «латинского квадрата»**

	<i>Li</i>	<i>Ll</i>	<i>Li</i>
<i>M1</i>	<i>Ai</i>	<i>B2</i>	<i>Cз</i>
<i>M2</i>	<i>B2</i>	<i>Cз</i>	<i>Ai</i>
<i>Mз</i>	<i>Cз</i>	<i>Ai</i>	

Нетрудно заметить, что уровни третьей переменной  $JV$  ( $A$ ,  $B$ ,  $C^y$ ) встречаются в каждой строке и в каждой колонке по одному разу. Комбинируя результаты по строкам, столбцам и уровням, можно выявить влияние каждой из независимых переменных на зависимую, а также степень попарного взаимодействия переменных.

«Латинский квадрат» позволяет значительно сократить число групп. В частности, план  $2 \times 2 \times 2$  превращается в простую таблицу (табл. 10).

**Таблица 10.**

**План эксперимента  $2 \times 2 \times 2$**

2-я переменная	1-я переменная	
	Есть	Нет
Есть	<i>A</i>	<i>B</i>
Нет	<i>B</i>	<i>A</i>

Применение латинских букв в клеточках для обозначения уровней 3-й переменной ( $A$  ~ есть,  $B$  - нет) традиционно, поэтому метод назван «латинский квадрат».

Пример. Для определения вероятности предсказания направления полета мяча у футболистов был организован эксперимент по методу латинского квадрата. Испытуемые выполняли удары в створ ворот (переменная  $L$ ) - влево, вправо, в центр; с различных точек поля (переменная  $M$ ) - с правого и левого

флангов, по центру, а также с различных расстояний от ворот (переменная  $K$ ) - 11, 15 и 21 метр.

По результатам обследования удалось получить модельные характеристики антиципации для футбольных вратарей.

Более сложный план по методу «греко-латинского квадрата» применяется очень редко. С его помощью можно исследовать влияние на зависимую переменную четырех независимых. Суть его в следующем: к каждой латинской группе плана с тремя переменными присоединяется греческая буква, обозначающая уровни четвертой переменной. План по методу «греко-латинского квадрата» примет такой вид (табл. 11).

**Таблица 11.**

**План эксперимента по методу «греко-латинского квадрата»**

	<i>Li</i>	<i>u</i>	<i>u</i>
<i>M1</i>	<i>Aa</i>	<i>wp</i>	<i>Cy</i>
<i>M2</i>	<i>wp</i>	<i>Cy</i>	<i>Aa</i>
<i>Mз</i>	<i>Cy</i>	<i>Aa</i>	<i>Щ</i>

Для обработки данных применяется метод дисперсионного анализа по Фишеру.

Пример. При разделении экспериментальной группы на две с различной квалификацией в эксперименте, описанном в примере использования латинского квадрата, мы получаем план эксперимента по методу греко-латинского квадрата. При этом группы в схеме получают латинские или греческие обозначения.

Подводя итог рассмотрению различных вариантов экспериментальных планов, предлагаем их классификацию. Экспериментальные планы различаются по таким основаниям:

1. Число независимых переменных: одна или больше. В зависимости от их числа применяется либо простой, либо факторный план.
2. Число уровней независимых переменных: при 2 уровнях речь идет об установлении качественной связи, при 3 и более

- количественной связи.

3. Кто получает воздействие. Если применяется схема «каждой группе - своя комбинация», то речь идет о межгрупповом плане. Если же применяется схема «все группы - все воздействия», то речь идет о ротационном плане. Схема планирования эксперимента может быть гомогенной или гетерогенной (в зависимости от того, равно или не равно число независимых переменных числу уровней их изменения).

### **3.3.8. Поисковые и неполные экспериментальные планы в педагогических исследованиях**

#### **3.3.8.1. Поисковые планы**

К поисковым планам относятся:

- а) исследование единичного случая;
- б) план с предварительным и итоговым тестированием одной группы;
- в) сравнение статистических групп.

Исследование единичного случая относится к области прошлого. Однократно тестируется одна группа. Контроль внешних переменных и независимой переменной полностью отсутствует. В таком «исследовании» нет никакого материала для сравнения. А ведь с него обычно начинается любая научная работа. Такого рода исследования, как правило, проводятся на первых этапах научной деятельности для сопоставления их результатов с обычными представлениями о реальности. Но научной информации они не несут.

План с предварительным и итоговым тестированием одной группы часто применяется в социологических, социально-психологических и педагогических исследованиях. В этом плане отсутствует контрольная выборка, поэтому нельзя утверждать, что изменения зависимой переменной, регистрируемые в ходе тестирования, вызваны именно изменением независимой

переменной. Между начальным и конечным тестированием происходят и другие «фоновые» события, воздействующие на испытуемых наравне с независимой переменной. Кроме того, этот план не позволяет контролировать эффект «естественного развития»: в течение короткого времени - изменение состояния испытуемого (утомление, монотония, скука и др.), а в течение длительного времени - изменения физической или технической подготовленности, личностных черт и др. Наконец, эффект тестирования - воздействие предыдущего обследования на последующее - может быть еще одним неконтролируемым фактором, влияющим на изменение зависимой переменной. Можно перечислить и другие источники артефактов - внешние переменные, которые не контролируются этим планом.

Третий вариант поискового плана - сравнение статистических групп, или, точнее, план для двух неэквивалентных групп с тестированием после воздействия. Этот план лучше предыдущего хотя бы тем, что позволяет учитывать эффект тестирования благодаря введению контрольной группы, а также отчасти контролировать влияние «истории» - фоновых воздействий на испытуемых, и ряд других внешних переменных (инструментальную погрешность, регрессию и др.). Но с помощью этого плана невозможно учесть эффект естественного развития, так как нет материала для сравнения состояния испытуемых на данный момент с их начальным состоянием (нет предварительного тестирования).

Этот поисковый план распространен в психологической исследовательской практике. Для сравнения результатов контрольной и экспериментальной групп используется t-критерий Стьюдента. Всегда надо иметь в виду, что различия в результатах тестирования могут быть обусловлены не экспериментальным воздействием, а различием состава групп. Этот план, если отбросить экспериментальное воздействие, вполне применим в корреляционном исследовании, но его не следует использовать для проверки гипотез о причинной связи двух переменных.

### 3.3.8.2. Неполные планы

*Неполные планы* являются попыткой учета реалий жизни при проведении эмпирических педагогических или психологических исследований. Условия, в которые ставит жизнь, а также практические задачи экспериментаторов не всегда позволяют реализовать планы «истинных экспериментов», использовать схемы контроля внешних переменных. Однако научные и научно-прикладные задачи нужно решать. Неполные планы создаются специально с отступлением от схемы «истинного эксперимента». Исследователь осознает те источники артефактов - внешние переменные, которые он не может контролировать.

Неполные планы используются не только для решения прикладных проблем, но и для проведения научных исследований, когда применение лучшего плана невозможно.

Существуют два типа неполных планов:

- а) планы экспериментов для неэквивалентных групп;
- б) планы дискретных временных серий.

Любое исследование, направленное на установление причинной зависимости между двумя переменными («если А, то Б»), в котором отсутствует предварительная процедура уравнивания групп или «параллельный контроль» с участием контрольной группы заменен сравнением результатов неоднократного тестирования группы (или групп) до и после воздействия.

Выбираются две естественные группы. Обе группы тестируются. Затем одна группа подвергается воздействию (ставится в особые условия деятельности), а другая - нет. Через определенное время обе группы проходят тестирование повторно. Результаты первого и второго тестирования обеих групп сопоставляются; для сравнения используют t-критерий Стьюдента и дисперсионный анализ. Различие свидетельствует о естественном развитии и фоновом воздействии. Разница результатов первичного тестирования двух групп позволяет установить меру их эквивалентности в отношении измеряемой переменной. Для выявления эффекта действия независимой переменной с помощью t-критерия сравнивать нужно величины

сдвигов показателей во времени. Значимость различия **Природ** показателей будет свидетельствовать о влиянии **нззаии** и **мой** переменной на зависимую.

Этот план аналогичен плану истинного эксперимента для двух групп с тестированием до и после воздействия. Главными источниками артефактов являются различия в составе групп. В первую очередь на результаты эксперимента может повлиять «эффект смещения», т. е. взаимодействия состава группы с факторами тестирования, фоновых событий, естественного развития и др.

Различают два варианта отбора групп. В первом случае в исследовании участвуют естественные группы, которые по отношению к самой процедуре эксперимента не отбираются. Поэтому эффект состава группы может присутствовать, но он не столь значим. Во втором случае экспериментальная группа формируется из добровольцев, а аналогичную контрольную группу приходится комплектовать другим способом (принуждением, обещанием оплаты и т. д.). При этом фактор состава группы может оказать решающее влияние на различие в результатах экспериментальной и контрольной групп.

Существует множество других вариантов неполных планов для неэквивалентных групп: так называемые «лоскутные планы», планы «множественных серий замеров», план с контрольными выборками для предварительного и итогового тестирования и т. д.

Часто применяются схемы неполные, которые имеют общее название «дискретные временные серии». Для классификации этих планов можно выделить два основания: исследование проводится 1) с участием одной группы или нескольких; 2) с одним воздействием либо серий. Следует заметить, что планы, в которых реализуется серия однородных или разнородных воздействий с тестированием после каждого воздействия, получили в советской и российской психологической науке по традиции название «формирующие эксперименты». По своей сути они, конечно, являются неполные со всеми присущими таким исследованиям нарушениями внешней и внутренней

информативности, в них отсутствуют средства контроля внешней информативности. Невозможно проконтролировать взаимодействие предварительного тестирования и экспериментального воздействия, ликвидировать эффект систематического смещения (взаимодействия состава групп и экспериментального воздействия), проконтролировать реакцию испытуемых на эксперимент и определить эффект взаимодействия между различными экспериментальными воздействиями.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие источники артефактов позволяют контролировать план Соломона?
2. В чем состоит преимущество планирования по методу «латинского квадрата» по сравнению с использованием полного факторного плана?
3. Каковы особенности многомерного эксперимента?
4. Зачем применяется контрольная группа?
5. Какие методы отбора и распределения испытуемых по группам применяются при организации эксперимента?
6. Какие факторы нарушают внутреннюю информативность эксперимента, а какие - внешнюю?
7. В чем отличие дополнительной переменной от независимой переменной?

### **3.4. Проектирование методических разработок (инженерное проектирование)**

Критика традиционной педагогики. Глубокий анализ традиционной педагогики выполнил В. В. Давыдов (1972). Он пишет: «Одна из главных предпосылок традиционной системы обучения состоит в том, что дети должны усвоить определенные сведения об окружающем природном и общественном мире, а затем с их помощью решать определенный круг практических задач... Организацию непосредственного опыта и передачу опосредованных сведений выполняет учитель. Учащимся передается компендиум сведений о вещах и их более или менее точное

описание... Определения и понятия описывают разные стороны вещей и явлений, воспринимаемые непосредственно или ранее наблюдаемые другими людьми.» Как видно, в основе традиционной педагогики лежит эмпирическая<sup>4</sup> теория мышления, поэтому «...совершенствование содержания учебных предметов неизбежно должно происходить в виде постоянного наращивания все новых и новых тем на относительно неизменное ядро традиционного курса... Развитие знаний здесь может интерпретироваться лишь как расширение их объема, ибо в пределах эмпирической теории нет средств анализа взаимосвязи формы и содержания знания, постоянного теоретического углубления в сущность предмета как перехода от сущности первого порядка к сущности второго порядка и т.д. ...Практика развертывания учебного материала традиционно ориентируется по преимуществу лишь на принципы рассудочного мышления, не обеспечивая должных и развернутых условий для формирования у школьников компонентов мышления теоретического. В этих обстоятельствах научные понятия при их школьной интерпретации могут становиться лишь суррогатом научных знаний».

Как отмечает автор, научное знание - это не простое продолжение, углубление и расширение повседневного опыта людей. Оно требует выработки особых средств абстрагирования, особого анализа и обобщения, позволяющего фиксировать внутренние связи вещей, их сущности, особых путей «идеализации» объектов познания. Полноценное усвоение научно-теоретических знаний предполагает предварительное построение в голове учащихся предметов соответствующих наук, формирование у них способностей теоретического отношения к вещам. ^ Для ребенка, имеющего лишь непосредственную оценку окружающего мира, этот теоретический взгляд на вещи необычен, заранее не дан и сам по себе не возникает. В ходе школьного обучения (и в этом его основная задача) важно с самого начала развести перед учащимися непосредственные свойства вещей и возможные их преломления в теоретическом понятии. Для эмпирической теории мышления существует схема «человек

- описание вещей», но не существует схемы «человек - вещи
- теоретическая модель связи вещей».

Дальнейшее совершенствование образования, приведение его в соответствие с научно-техническими достижениями века предполагает изменение типа мышления, проектируемого системой обучения. Новой моделью должно стать диалектическое, теоретическое мышление.

Разработка этой проблемы требует решения следующих задач:

- развитие логики и теории познания;
- изучение психологических механизмов формирования теоретического типа мышления;
- разработка учебников, то есть предметов обучения, при изучении которых учащиеся могли бы овладеть основами теоретического мышления, его компонентами.

**Технология развивающего обучения.** «Чтобы освободиться от натурализма в понимании объекта усвоения, психология и дидактика должны учитывать своеобразие самой формы научного познания, научного подхода к действительности. Научный характер учебного материала определяется таким способом оформления сообщаемых школьникам знаний, при котором эти знания становятся содержанием собственно теоретического мышления. Поэтому учащимся нужно давать такой материал, усвоение которого с самого начала обеспечивает формирование у них содержательных абстракций, обобщений и понятий. При этом нисколько не ущемляется роль экспериментальных и фактических данных («эмпирических сведений»). Они, правда, не получают самостоятельного значения, так как сразу берутся в той функции, которая придает им всеобщий характер - форму содержательной абстракции и обобщенности» (В. В. Давыдов, 1972).

Технология формирования теоретического знания, содержательных обобщений совсем иная, чем та, которая свойственна обобщениям эмпирического характера. Основой этого процесса служат не наблюдение и сравнение внешних свойств предметов

(традиционная наглядность), а преобразующее **предметное действие** и анализ, устанавливающие существенные связи **целостного** объекта, его генетически исходную (всеобщую) форму. Здесь необходимо особенно выделить то, что существенные связи целостного объекта - это взаимосвязи, существующие между элементами, из которых состоит этот объект.

### **Принципы построения учебных предметов**

Принципы построения учебных предметов (сформулированы В.В. Давыдовым):

Все понятия, конструирующие данный учебный предмет или его основные разделы, должны усваиваться человеком путем рассмотрения предметно-материальных условий их происхождения, благодаря которым они становятся необходимыми (иными словами, понятия не даются как «готовое знание», а должны характеризовать внутреннее устройство изучаемого объекта и его развитие).

Усвоение знаний общего и абстрактного характера предшествует знакомству с более частными и конкретными знаниями; последние должны быть выведены из первых, как из своей единой основы. Этот принцип следует пояснить. Единой основой теории является знание об устройстве изучаемого объекта, на этом базисе разворачивается теоретическое (диалектическое мышление), которое и порождает следствия, то есть более частные и конкретные понятия, законы функционирования объекта, взаимодействия его с окружающей средой.

При изучении предметно-материальных источников тех или иных понятий ученики прежде всего должны обнаружить генетически исходную, всеобщую связь, определяющую содержание и структуру всего объекта данных понятий (например, процессы энергообеспечения в клетках и реализации наследственной информации).

Всеобщую связь необходимо воспроизвести в особых предметных, графических или знаковых моделях, позволяющих изучать ее свойства «в чистом **виде**».

У обучаемых нужно специально сформировать такие предметные действия, посредством которых они могут в учебном материале выявить и в моделях воспроизвести существенные связи объекта, а затем изучить свойства этих моделей.

Учащиеся должны постепенно и своевременно переходить от предметных действий к их выполнению в умственном плане.

#### Направления развития процесса обучения

Применение компьютерной техники в технологии развивающего обучения. Вычислительная техника используется в процессе обучения по следующим основным направлениям:

накопление информации в виде текстов, схем и рисунков, базы данных;

объединение в единый комплекс правил, фактов и механизмов вывода для ответов на вопросы из данной предметной области, база знаний;

формирование систем искусственного интеллекта, включающих как базу знаний, так и формализованный опыт специалистов, экспертные системы;

разработка компьютерных игр, которые могут быть сгруппированы:

- а) «спортивные игры» - требуют проявления различных видов психической реакции и двигательного быстроедействия;
- б) логические игры - шахматы, шашки и т.п.;
- в) имитационные - в ЭВМ имеется программа, которая имитирует поведение изучаемого объекта.

Первое направление из вышеназванных не может существенно повлиять на процесс обучения, поскольку базы данных лишь ускоряют процесс поиска информации. Заметим, что при наличии учебника с предметным указателем преимущество компьютера резко снижается.

Второе и третье направления обеспечивают подход к объекту как к черному ящику, поэтому базы знаний и экспертные системы могут использоваться в технологии традиционной

(эмпирической) педагогики для формирования навыков управления объектом.

Логика четвертого направления - разработка имитационных игр или программ, моделирующих строение, функционирование и информационные потоки в изучаемом объекте, позволяет существенно повысить эффективность педагогической технологии развивающего обучения. Рассмотрим эту возможность подробнее.

Суть технологии развивающего обучения заключается, во-первых, в накоплении знаний о строении изучаемого объекта, о свойствах элементов, из которых состоит объект; во-вторых, в применении этих знаний для описания механизмов функционирования объекта при заданных начальных условиях внешней и внутренней среды. Эта вторая часть и есть собственно теоретическое мышление, однако оно носит субъективный характер и на начальных этапах обучения грешит многочисленными логическими ошибками - чем сложнее объект, тем больше должно быть ошибок, и тем труднее преподавателю их выявлять. А самое главное - преподавателю трудно доказать справедливость собственных суждений. На этом этапе технология развивающего обучения уже невозможна без применения имитационных моделей, поскольку в сжатые сроки обучения получить максимум обратной информации о корректности теоретического мышления можно, как правило, только с помощью ЭВМ.

Из сказанного следует еще одно важнейшее положение, без которого реализация технологии развивающего обучения невозможна: предмет обучения должен представлять собой развитую теорию изучаемого объекта. Очевидно, что наука, находящаяся на эмпирической стадии развития, не может преподаваться средствами технологии развивающего обучения, поскольку в ней отсутствует предмет обучения.

#### Инженерное проектирование

В тех случаях, когда объектом исследования является не природа, а использование научных данных в творческом процессе для создания искусственной среды для удовлетворения

потребностей человека технология познавательной деятельности меняется, становится похожей на инженерное проектирование. Такая познавательная деятельность во многом присуща специалистам, занимающимся управлением в области физической культуры, организацией учебного и научного процесса в высших учебных заведениях, планированием тренировочного процесса.

Инженерное и педагогическое творчество ближе к изобретательству, чем к научному исследованию. Наилучшей почвой для рождения творческих идей является:

личный опыт, активный и пассивный (слушание лекций или размышление).

внутренняя дисциплина.

Проверено, что человек, способный предложить большое число идей за единицу времени, имеет больше шансов выдать действительно ценные идеи. Умение высказывать новые идеи требует постоянной практики и может совершенствоваться путем познания природы, окружающих предметов и повседневных событий. Если в голову приходит идея, которая действительно является оригинальной или представляется ценной, то ее необходимо как можно быстрее записать, ибо она может быть забыта, как только человек начнет размышлять над чем-нибудь другим.

Для активизации творческого процесса используются следующие методы.

#### Метод ассоциаций

Ассоциация, или связь идей, - это явление, состоящее в том, что человек, наблюдая, слушая, пробуя на вкус или осязая нечто, доступное ему в данный момент, одновременно представляет себе что-то другое, сходное с непосредственно воспринимаемым. Связь идей может дать наибольший эффект в том случае, когда творческое воображение может обращаться к другим идеям и одна идея возникает на основе другой.

#### Метод вживания в роль (role-playing)

При использовании этого метода необходимо, чтобы человек, занятый поиском идей, ставил себя на место рассматриваемой вещи, идеи или устройства и, отвечая на собственные вопросы, представил себе, что он стал бы делать в этом случае. Этим методом можно также эффективно пользоваться для проверки осуществимости идеи; для этого один человек «становится» идеей, а другие задают ему наводящие вопросы как защищающие, так и критикующие эту идею. Для проверки возможностей сбыта изделия несколько инженеров или руководителей фирмы берут на себя роль покупателей и критически оценивают это изделие или обдумывают все причины возможной коммерческой неудачи своего продукта.

Вживание в роль с целью выработки эффективных идей может быть индивидуальным или в составе группы. Однако для применения этого метода необходима некоторая практика, позволяющая выбрать наиболее продуктивного медиума.

#### Диаграмма идей

Исключительно трудно думать о нескольких вещах сразу, хотя глаз может воспринимать одновременно почти бесконечное множество предметов и легко отличать один от другого. Метод генерирования идей на основе диаграммы идей своей наглядностью способствует повышению гибкости мысли при отыскании различных вариантов решения проблемы или задания.

Составление диаграммы начинается с перечисления широких областей, которые могут служить источником идей, затем подобластей, более мелких рубрик и т. д. Чем более детальной является диаграмма, тем больше вероятность извлечения из нее полезных идей. Наглядное представление некоторых идей содействует их более четкому пониманию, что побуждает конструктора к более творческому подходу.

#### Матрица идей

Более сложный метод генерирования идей заключается в морфологическом (т. е. относящемся к форме или структуре)

анализе независимых переменных, связанных с решаемой проблемой или поставленной задачей. Для каждой из этих переменных рассматриваются различные параметры, типы систем, свойства или методы и в совокупности эти характеристики образуют таблицу, или матрицу.

Различные сочетания указанных характеристик рожают альтернативные идеи или рекомендуемые решения поставленной задачи. Таким образом, число возможных комбинаций здесь больше, чем в случае генерирования идей методом свободных ассоциаций.

### **Метод мозгового штурма**

Мозговой штурм представляет собой метод получения новых идей путем творческого сотрудничества отдельных членов организованной группы. Образование термина связало с тем, что группа как единый мозг штурмует творческие решения рассматриваемых проблем. Это необходимо делать энергично, причем все члены группы должны сосредоточивать свое внимание на одном и том же вопросе.

Если сеанс мозгового штурма оказывается безуспешным или заканчивается хаосом, то неудачу следует полностью отнести на счет его руководителя. Ни при каких обстоятельствах руководитель не должен подчеркивать свою осведомленность в рассматриваемом вопросе или пытаться подчинить группу своей воле, поскольку это может привести к плачевному результату: мало кто отважится выступать. Очень важно, чтобы руководитель умел подавлять любую критику, которая может возникнуть в процессе работы в форме таких замечаний: «Это не будет работать», «Это уже продавалось», «Этого никто не купит», «Где ты слышал, чтобы так делали?» Руководитель должен с самого начала потребовать, чтобы идеи, высказываемые во время сеанса, обсуждались не сразу.

Сеанс, проводимый в непринужденной обстановке, когда все участники свободно высказывают идеи по обсуждаемой проблеме, а руководитель выступает в роли арбитра и иногда

побуждает членов группы к высказыванию идей, обычно является полезным и плодотворным.

Мозговой штурм - это не упражнения в высказывании нелепостей, а целенаправленная работа группы, стремящейся найти новые творческие идеи. Каждый член группы должен сосредоточить свое внимание на решаемой задаче и не увлекаться рассуждениями или высказыванием критических мнений. Наилучшие результаты получают тогда, когда группа в составе пяти-десяти человек работает не более часа. Если руководитель считает, что число участников больше оптимального, то он может составить из них две конкурирующие группы и посмотреть, кто из них получит большее число идей. Для проведения сеанса мозгового штурма необходим руководитель или арбитр и стенографистка (или магнитофон), а один из выделенных членов группы должен первым предлагать идеи для затравки. В некоторых случаях руководитель может сам выступать в этой роли. Метод основан на том, что одна высказываемая идея базируется на другой, комбинируется с ней и порождает следующую, в результате чего возникает поток идей. Члены группы должны высказывать свои идеи абсолютно свободно. Идеи, высказанные во время сеанса, подвергаются пересмотру, явно плохие отбрасываются, и для более глубокого исследования составляется упорядоченный перечень, начинающийся с хороших идей и заканчивающийся неудовлетворительными.

Недопустимость критики идей. Об этом необходимо предупредить в самом начале сеанса, и если происходит нарушение, то нарушитель получает замечание либо его просят уйти. Критика часто приводит к насмешкам, обрывающим творческий процесс.

Свободное выражение идей. Осборн отмечает: «Чем шире идея, тем лучше; легче сказать банальность, чем что-то придумать».

Чем больше идей, тем лучше. Как уже указывалось ранее в этой главе, вероятность появления одной или большего числа действительно важных идей прямо пропорциональна общему числу получаемых идей.



Обмен мыслями и сочетание идей. Члены группы должны стараться развивать идеи своих коллег, строить одну идею на основе другой и пытаться комбинировать некоторые идеи в других сочетаниях.

#### Синектика

Синектический подход к генерированию идей напоминает мозговой штурм в том отношении, что он также основан на усилиях группы, направленных на получение возможных решений предложенной задачи.

Различие состоит в том, что первоначально ведется поиск лишь небольшого числа идей (двух-трех), которые затем рассматриваются детально, при этом в процессе обсуждения основную роль играет руководитель.

Вначале группе (состоящей из руководителя, пяти-десяти членов и стенографистки) детально объясняется проблема или задание, причем объяснение повторяется до тех пор, пока все поймут задачу до конца. Затем руководитель начинает сеанс с выбора методики работы. Это может быть вживание в роль (метод, описанный выше), исследование некоторых второсте-

ственное отношение к предложенной проблеме. Когда кто-либо из членов группы высказывает интересную идею, которая может оказаться полезной, руководитель стремится направить обсуждение на развитие, а иногда и на анализ этой идеи.

В общем случае синектический метод опирается на тот факт, что умственная деятельность более продуктивна в новой или незнакомой человеку обстановке. Ситуация, аналогичная рассматриваемой, быстро отвлекает человека от конкретных условий исследуемой задачи (с традиционным подходом к решению) и требует от него рассмотрения другой задачи, связанной с данной. Таким образом, знакомая ситуация превращается в незнакомую.

## ПРЕПЯТСТВИЯ ТВОРЧЕСТВУ

Наряду с применением методов генерирования идей и стимулирования творческого процесса необходимо устранить многие обычные препятствия, мешающие творческому подходу к проектированию. Эти препятствия могут быть как личного, так и организационного порядка. Перечислим их.

#### **Препятствия личного порядка.**

Отсутствие гибкости.

Сила привычки.

Узкопрактический подход.

Прямолинейный подход. Иногда вместо всестороннего обдумывания проблемы мы сразу же переходим к фактам и тем самым слишком быстро беремся за ее непосредственное решение. Преждевременный упор на детали губит всякую возможность творчества. (Лучше всего приступить к решению новой проблемы или разработке нового изделия, продумав вначале все варианты, какими бы необычными они ни казались, а затем остановиться на наиболее реальных решениях.)

Чрезмерная специализация. Специализация может настолько ограничивать кругозор, что технические познания инженера и его понимание реального мира будут неглубокими, препятствуя тем самым поиску идей, лежащих на стыке различных дисциплин.

Влияние авторитетов. Часто инженеры и студенты в такой степени находятся под влиянием суждений и методов признанных авторитетов, что они сразу же признают их ведущую роль и не могут выработать в себе качеств, необходимых руководителю. Чем быстрее человек убеждается в том, что его окружают такие же люди, как он сам, тем на большее творчество он оказывается способен. Творческие идеи не нуждаются в поддержке авторитетов, поскольку такие идеи являются оригинальными и могут возникать лишь в результате самовыражения.

Боязнь критики. Люди с исключительными творческими способностями рожают необычные идеи. Чем сильнее эти способности, тем необычнее у такого человека идеи. Если

конструктора постоянно занимает вопрос, приемлемы ли его идеи для других, то это может лишь подавить в нем творческое начало. (Если не заглядывать далеко, то можно «логически» показать, что почти любая предлагаемая идея является невыполнимой, неправильной или несущественной; поэтому многие боятся критики идей. Пусть вас не обескураживают такие слова: «Я где-то уже это видел», «Это не будет работать», «Не может быть, чтобы кто-то не придумал это раньше», «Это нельзя будет продать».)

Препятствия организационного порядка. Стремление к немедленному использованию идей может привести к спешке, так как необходимо уложиться в непомерно сжатые сроки, установленные руководством.

Недоверие к оригинальному решению.

Отсутствие долгосрочных целей.

Разногласия внутри руководства относительно основных целей.

## **ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ НЕУДАЧ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Частое изменение основных решений.

Отсутствие эффективной системы контактов между инженерами и руководителями фирмы.

Горизонтальный, а не вертикальный поток новых идей.

Неумение руководства выявлять и поощрять творческие способности.

Отрицательное отношение руководства фирмы ко всем новым идеям.

Нежелание руководителей фирмы рисковать.

Неправильное использование или неправильное распределение кредитов.

Удовлетворенность существующим положением.

## **ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

При проектировании устройства, системы или процесса необходимо обеспечить выполнение ряда условий, связанных с такими факторами, как затраты, время, критерии отбора, техническая осуществимость, рабочие характеристики, производство, эстетика.

Процесс проектирования состоит из отдельных этапов.

### **Логика проектирования**

Определение потребности. Конструктор, сталкиваясь с определенной ситуацией, которая его раздражает или волнует, стремится что-то сделать для ее изменения, и его творческое воображение под действием этого стимула определяет существующую потребность.

Определение цели. Формулировка в общих выражениях характеристик системы, устройства или процесса, которые удовлетворяют эту потребность.

Научные исследования. Сбор всей доступной информации, связанной с решением поставленной цели.

Формулировка задания. Перечень данных и параметров, обеспечивающих достижение поставленной цели.

Формирование идей. Процесс рождения новых идей.

Выработка концепции. Оригинальная, новаторская, творческая, изобретательская деятельность в форме выработки вариантов возможных решений поставленной цели.

Анализ. Проверка выбранных концепций на соответствие физическим законам.

Эксперимент. Создание опытного образца и лабораторные испытания (определение рабочих характеристик, работоспособности, надежности).

Решение. Описание системы, процесса или устройства в виде отчета, затрат на внедрение.

Производство. Определение объема производства и потребности в производственном оборудовании; методы изготовления

продукции, приобретение сырья и полуфабрикатов, автоматизация, календарное планирование, контроль качества и приемочный контроль.

Распределение продукции. Установление конкурентоспособных цен, реклама, нахождение рынков сбыта, обеспечение прибыли.

Потребление. Контакты с потребителями, ремонт, обслуживание.

### **Практика применения моделирования при разработке инновационных педагогических технологий**

Практику применения моделирования в теории физической подготовки (ТФП) продемонстрируем в двух экспериментах.

Эксперимент 1. В педагогическом эксперименте была сделана исследования способности студентов, аспирантов, тренеров высшей квалификации к планированию тренировочного процесса. В качестве объекта тренировочного воздействия предлагался бегун-легкоатлет 1-2 разряда. Ставилась цель добиться улучшения спортивного результата либо в беге на 100 м, либо на 800 м, либо на 10000м. Уже попытка отразить ход мышления при построении микроцикла показала, что ни один из многих сотен специалистов не способен к теоретическому мышлению, не может ответить на вопросы, «Почему в данный день тренировки выбирается определенная интенсивность и объем нагрузки?». Отсутствие такой способности вполне объяснимо, просто в главном учебнике "Теория и методика физической культуры" нет моделей организма человека, нет вывода средств, методов и планирования физической подготовки с опорой на модель организма человека, т.е. на биохимию и физиологию человека, нет междисциплинарного синтеза, нет развитой теории. По такому учебнику невозможно научиться теоретическому мышлению, поскольку там его просто нет. Имеется лишь формально-логическое мышление, связанное с теоретической стороной эмпирической стадии развития науки - группировка, систематизация,

классификация, определение общих эмпирических правил и принципов. На базе такой информации можно копировать устоявшиеся схемы, что вполне подходит для начинающих спортсменов, но мыслительная, творческая деятельность невозможна, а это необходимо при подготовке спортсменов высшей квалификации.

Эксперимент 2. Предложено было тренировать спортсмена - бегуна на длинные дистанции. В результате тестирования оказалось, что бегун имеет в основном окислительные мышечные волокна мышц ног и относительно низкий ударный объем сердца на пульсе 170 уд/мин. Руководством была поставлена задача - повысить спортивный результат на 10-20 с за 1 год тренировки в беге на длинные дистанции.

Спортивная тренировка это комплексный процесс, требующий учета всех сторон подготовки. В данном конкретном случае в ходе контроля было выяснено.

1) Психологическая подготовленность - очень высокая мотивация (выплачивается зарплата), готовность выполнить любые тренировочные задания.

2) Техническая подготовленность - педагогическое наблюдение показало, что спортсмен не имеет сколько-нибудь существенных погрешностей в технике бега.

3) Tактическая подготовленность - спортсмен хорошо знает, что необходимо равномерно раскладывать силы по дистанции, выбирать скорость бега в соответствии с уровнем подготовленности.

4) Физическая подготовленность - судя по первому тестированию (см. табл.) имеется резерв для повышения скорости бега, для этого необходимо повысить потребление кислорода мышцами ног, повысить потребление кислорода на уровне АНП (анаэробного порога).

Таким образом, на первый план вышла проблема физической подготовки бегуна. В контексте данной статьи важно показать ход теоретических рассуждений при построении микроцикла подготовки спортсмена.

Теоретическая разработка микроцикла подготовки бегуна с целью полной реализации возможностей кардиореспираторной системы, т.е. повышения потребления кислорода мышцами ног на уровне аэробного и анаэробного порогов заключалась в следующем.

Воскресенье. Выступление в соревнованиях (коммерческий старт) или прикидка на дистанцию 5-10 км. Установка на соревнование - бег выполнять на уровне скорости АнП с финишным ускорением не более 100 м. В этом случае активны медленные или окислительные мышечные волокна (ОМВ) и часть гликолитических мышечных волокон (ГМВ), именно они в этот день получают необходимую нагрузку - активизируется деятельность митохондрий в аэробных условиях функционирования всего организма, что дает стимул для их синтеза. Нагрузка: Интенсивность (И) = 30% максимальной алактатной мощности (МАМ), продолжительность (П) ~ 15-30 мин.

Понедельник. Стресс, вызванный соревнованием, вызывает выход в кровь большого количества гормонов. Они удерживаются в тканях 2-3 суток. Поэтому в этот день выполняются спринтерские упражнения. Длина отрезка для ускорения 20-30 м. Серия: ускорение выполняется 5 раз с интервалом отдыха 45-60 с, затем отдых длится 10-20 мин и серия повторяется. Всего серий 2-4. Нагрузка: средняя интенсивность упражнения И=40% МАМ, П=4-6 мин полезного времени. Упражнения, выполняемые с такой интенсивностью, требуют рекрутирования всех мышечных волокон, следовательно, активно функционируют как окислительные, так и гликолитические мышечные волокна. ОМВ от такой тренировки не могут измениться, в во всех ГМВ создаются условия (волокно активно, митохондрии активно функционируют в относительно аэробных условиях) для синтеза новых митохондрий. В конце тренировки или вечером выполняются силовые упражнения на основные для бегуна мышцы в статодинамическом режиме (до боли в мышцах) с 1-2 подходами к каждой мышце на силовых тренажерах. Нагрузка : И=80%, П=1 мин.

Вторник. Повторяется тренировка понедельника только вместо спринта выполнялись многоскоки в холм по 10-20 отталкиваний, число повторений 10-30 раз.

Среда. Интервальная тренировка 10-20 раз по 400 м с соревновательной скоростью (5000 м), интервал отдыха до ЧСС 120 уд/мин. Цель гипертрофия миокарда (ЧСС в конце 400 м 185-195 уд/мин), совершенствование техники бега, поддержание процесса синтеза митохондрий в ГМВ. В этот же день определяется скорость бега на ЧСС 170 и 195 уд/мин.

Нагрузка: И=40%, П=15-30 мин.

Вечером в тренажерном зале выполняется силовая тренировка развивающего характера, т.е. каждую мышечную группу спортсмен упражнял 4-9 раз. Нагрузка: И=80%, П=5-8 мин.

Четверг. Повторяется тренировка для вторника.

Пятница. Повторяется тренировка для понедельника.

Суббота. Подготовка к соревнованию (настройка, бег с соревновательной скоростью > 3-5 раз по 400 м).

Таким образом, в рамках микроцикла выполняется одна развивающая тренировка для ОМВ мышц ног, что должно привести к росту количества миофибрилл в ОМВ и разрастанию вокруг новых миофибрилл новых митохондрий.

Следовательно, должны изменяться показатели АэП. Регулярная активация ГМВ должна была способствовать превращению ГМВ в ОМВ. Применение четыре раза в неделю силовой тонирующей тренировки вызывало выход гормонов в кровь, а значит к ускорению процессов синтеза органелл в клетках организма

Заметим также, что итогом подготовки было участие в полумарафоне. Поэтому спортсмен выполнил в последние четыре воскресенья тренировки для увеличения запасов гликогена в мышцах. Поскольку бег на дистанцию 30 и более километров приводит к сильным разрушениям в мышечных волокнах мышц ног, то спортсмен выполнил езду на велосипеде с ЧСС 150-170 уд/мин по 1,5 - 3 часа. Это гарантировало достаточное даже для полного марафона накопление гликогена в мышцах.

После построения микроцикла данные о нагрузках были введены в компьютерную программу (В.Н.Селуянов, 1995,2000) и было показано, что при правильном белковом питании спортсменов будет непрерывно прогрессировать, пока не исчерпает потенциальные возможности сердечно-сосудистой системы.

Эксперимент показал, что через 4 месяца все теоретические предсказания сбылись: увеличилось потребление кислорода на уровне АэП (153%) и АнП (138%), выросла сила (прыгать стал лучше на 115%), а самое главное спортсмен пробежал полумарафон за 1 час 13 мин 27 с, установил национальный рекорд для спортсменов своего возраста (улучшение составило 1 мин 40 секунд), был вторым среди всех спортсменов своей национальности.

Таким образом, понимания сути средств и методов, стимулирующих ход адаптационных перестроек в мышцах позволило построить вариант тренировки, который не использовал ни один тренер, работающий с бегунами на длинные дистанции. Этот экспериментальный факт, другими словами, практика, доказывает корректность концептуального и математического моделирования, использованного в этом эксперименте.

### **3.5. Форма представления результатов НИР**

Различают несколько видов представления результатов НИР: аннотация, реферат, научный доклад, научная статья, доклад, рецензия, отчет, научный обзор, курсовая работа, дипломная работа, диссертация, учебник, учебное пособие, методическое пособие. Каждый вид представления научной работы требует соблюдения определенных требований, описанных в специальных инструкциях. Инструкции составляются с учетом общенаучных требований, среди которых наиболее значимыми являются актуальность, научная новизна, достоверность, практическая значимость, ясность изложения.

Курсовая работа - исследовательская работа студента по данному курсу. Курс - изложение научной дисциплины в высшей школе. Содержание курсовой работы сводится

к изложению уровня разработанности какой-либо проблемы по данному курсу (научной дисциплине) с привлечением к анализу дополнительных литературных источников помимо учебника.

Дипломная работа или выпускная квалификационная работа - это проектная или научно-исследовательская работа по определенной специальности, содержание которой подтверждает готовность дипломника к практической деятельности. В дипломной работе должна быть решена одна из практических задач с применением всей совокупности знаний, полученных студентом в данном вузе. Решение задачи не предполагает ее практической реализации, это может быть лишь проект. Возможность практической реализации оценивает экзаменационная комиссия. Как исключение, для тех, кто собирается продолжить учебу в магистратуре или аспирантуре, в качестве дипломного проекта может быть принята научно-исследовательская работа, например, подготовленная в виде статьи.

Аннотация - это очень краткое изложение сущности изложенного источника и выводов автора. Она может включать также и выписанные из оригинала фактические данные, представляющие интерес для исследователя.

Реферат - краткое изложение содержания литературного источника. В нем должны быть освещены следующие: 1) цель исследования; 2) объект и предмет исследования; 3) модель объекта и рабочая гипотеза; 4) характеристика изученных объектов и их количество; 5) методика исследования; 6) результаты исследования; 7) выводы; 8) критическая оценка реферированного источника.

Автореферат - изложение автором основных положений своего научного труда, в частности, диссертационного труда.

Научный обзор - разновидность обычного реферата, выполненного по определенной теме НИР. В основу содержания обзора должно быть положено рассмотрение модели изучаемого объекта с критическим анализом представлений автором о механизмах его функционирования. Научный обзор завершается кратким заключением, формулировкой нерешенных проблем,

списком литературных источников, которые были использованы для написания научного обзора.

Научная статья - ограниченное по объему научное произведение, в котором излагается определенная система положений, аргументированных и развитых суждений автора по какому-либо вопросу теории или методики физического воспитания. Обычно научные статьи, написанные по экспериментальным данным содержат следующие разделы: введение в проблему и формулировка цели исследования, объект исследования, методы исследования, организация исследования, результаты исследования, обсуждение результатов исследования с сопоставлением их с литературными данными.

Монография - научное произведение, в основе которого лежит глубокое исследование какой-либо актуальной темы, проблемы (ряда проблем) или явления. Она должна обязательно содержать новые фактические данные, оригинальные трактовки и выводы ее автора (или авторов). Монография является настоящим двигателем научной мысли, поскольку дает простор для глубокого анализа проблем, разработки новых теорий, приведения новых данных, формулировки ранее неизвестных выводов. Написание монографических трудов под силу только крупным специалистам с большим личным опытом научной работы, владеющим современными знаниями по разрабатываемым проблемам.

Диссертация - вид индивидуального исследовательского труда, представляемого для публичной защиты с целью получения ученой степени (магистра, кандидата наук, доктора наук). Специалисту, удостоенному ученой степени, предоставляются определенные права и преимущества, например, занимать научно-педагогические должности в НИИ или вузах. Поэтому порядок соискания и присвоения ученых степеней подробно регламентируется. В частности, можно привести следующие требования:

Диссертация на соискание доктора наук должна быть самостоятельной исследовательской работой, содержащей решение крупной научной или научно-технической проблемы...

Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук является научно-исследовательской работой, выполненной самостоятельно или под руководством ученого, содержащая решение части или отдельных вопросов крупной научной или научно-технической проблемы.

Диссертация на соискание ученой степени магистра, является научно-исследовательской работой, выполненной самостоятельно или под руководством ученого, содержащей решение одной научной задачи или научно-технической проблемы.

Объем рукописной диссертации установлен для докторских не более 300 машинописных страниц, для кандидатских - не более 150, для магистерских пока норматив не установлен, но объем более 100 страниц превышать не следует. Текст на странице представляется через два интервала, поэтому на стандартном листе располагается 29-30 строк, а в сроке 60-65 символов. Рисунки, таблицы, приложения, списки литературы не входят в установленный объем диссертации. Для гуманитарных диссертаций разрешено несколько увеличивать объем: для кандидатских до 180, для докторских 360.

Диссертация состоит из титульного листа, содержания, списка принятых сокращений, введения, главы - обзор литературы, главы - цель, задачи, методы и организация исследований, главы - результаты исследований, главы - обсуждение, выводов, списка использованной литературы, приложений.

Учебник или учебное пособие - представляет изложение современных научных данных, теорий, относящихся к определенной отрасли знаний (учебной дисциплины), предусмотренных для описания соответствующими программами обучения. Учебникам присущ ряд требований:

излагать основы соответствующей отрасли науки без перегрузки учебного материала излишними подробностями;

служить руководством для студентов;

соответствовать учебной программе, утвержденной министерством, советом учреждения;

строиться на основе широких научных обобщений и освещать достижения современной отечественной и мировой

науки, с изложением новейших методов научных исследований;

отличаться краткостью и ясностью изложения, четкостью определений, а также точностью и полной достоверностью приводимых сведений, при этом учебник должен быть доступен студентам ВУЗов по своему изложению;

содержать научно-теоретические положения и ясно сформулированные выводы, законы, правила, типовые расчеты, примеры и задачи с раскрытием принципов и методов их решений;

иметь указатель отечественной и мировой литературы на русском и иностранных языках для дальнейшей углубленной и самостоятельной работы по данной дисциплине.

Учебник приобретает оригинальность, приближается к переднему краю науки, если автор приводит в нем результаты собственных исследований или коллектива ученых, а также последние достижения науки. Очень важно при написании учебника использовать теорию развивающего обучения, чтобы он будил мысль, заставлял читателя задуматься о путях дальнейшего развития науки в изучаемой области. В учебнике очень важно сформулировать важнейшие проблемы теории и практики, актуальность решения которых особенно велика в настоящее время.

## **ГЛАВА IV, ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ**

В зависимости от объекта и предмета исследования меняются пути и методы исследования. Существуют специфические методы в следующих научных дисциплинах, изучающих физическую культуру и спорт как явление: социология, педагогика, психология, биохимия, физиология, биомеханика, теория и методика физического воспитания.

Однако все научные дисциплины имеют общие методы.

v

### **4.1. Методика сбора и изучения источников литературы**

Начало любого исследования связано со сбором и первичной систематизацией материалов исследований. Методика сбора и изучения источников литературы предусматривает решение следующих задач: выявление источников литературы по теме исследования и их регистрация (составление картотеки); добывание и изучение литературы с критическим осмыслением ее содержания; систематизация и обобщение собранных данных, завершающиеся составлением обзора литературы по теме исследования.

Выявление источников литературы предполагает наличие базы для изыскания. Ею, как правило, являются научные публичные библиотеки вуза или государственные. В библиотеках поиск необходимой литературы выполняется лично или по заявке в библиографические отделы научных библиотек.

Поиск литературы

*Начало поиска* связано с ориентировочным определением темы исследования научным руководителем. Он же, как правило, дает ссылки на несколько литературных источников, в которых данная тема нашла какое-то отражение.

Поиск известной литературы в библиотеке начинается с алфавитного каталога, в котором имеется набор карточек. Карточки содержат имена авторов, название книг или журнальных статей, а также код книги, по которому библиотечный работник может ее найти в фонде. Задача исследователя переписать на определенный бланк все данные карточки, включая код, и передать бланк служащему библиотеки для поиска литературного источника.

*Продолжение поиска* может идти по нескольким направлениям:

изучение списков литературы, на которые ссылаются авторы в изучаемых источниках, этот путь позволяет найти первоисточники каких-либо теорий или оригинальных данных;

для расширения круга изучаемой литературы можно обратиться к систематическому каталогу, в котором карточки уже сгруппированы согласно схеме библиографической классификации данной науки;

для ознакомления с последними достижениями науки по данной проблеме следует обратиться к реферативным журналам, в которых, как и в систематическом каталоге, все работы сгруппированы и приведены рефераты книг и статей, опубликованных за последние месяцы.

Поиск, как правило, выполняется с целью написания литературного обзора, а в конце его необходимо привести список использованной литературы. Список использованной литературы должен оформляться в соответствии с действующим на настоящий момент ГОСТом для описания научной литературы. Каждая ссылка должна включать определенный набор информации: фамилию и инициалы автора (или авторов), наименование источника, вид источника (например, учебник, учебное пособие и т.д.), город и издательство, где издан источник, год издания, количество страниц в данном источнике.

По результатам анализа литературы пишется обзор литературы. Обзор пишется в два этапа. На первом этапе производится

систематизация всего собранного материала по формальным признакам. Например, историческое расположение источников. Цель первого этапа ознакомление с литературным заданием по теме, что дает основание для проведения предварительных исследований как теоретических, так и экспериментальных. Вторым этапом написания обзора начинается после завершения исследований и формулировки выводов. На втором этапе написания литературного обзора делается акцент на описании объекта моделирования и особенностей его функционирования с обращением внимания читателя на ошибочные взгляды или отсутствие исследований каких-либо особенностей объекта. В заключении обзора следует сформулировать гипотезу, которая была уже доказана исследователем в своих экспериментах. Заметим, что по мере проведения собственных экспериментов исследователь собирает дополнительную литературу, которая прямо или косвенно подтверждает его результаты, поэтому окончательно литературный обзор пишется в последнюю очередь, после выводов и обсуждения материалов исследования. К сожалению, во многих диссертациях литературный обзор представлен как сумма мнений специалистов, без какого-либо критического анализа существа работ, без формулировки гипотезы исследования.

#### **4.2. Использование новых компьютерных технологий в научной деятельности**

Бурный рост компьютеризации, развитие материальной базы этой сферы дает богатые возможности для использования в научном процессе новых технологий на базе компьютерной техники. В наши дни умение работать на персональных машинах и использовать их в своей повседневной деятельности все в большей степени становится обязательным для любого образованного человека. Можно разделить использование компьютеров в научной области на три направления: коммуникационное, вычислительное и сервисное.



#### 4.2.1. Коммуникационное направление

Термин «электронная почта» применяется для обозначения двух различных, но взаимосвязанных систем. Они называются системами локальной и глобальной электронной почты. Локальная электронная почта применяется в основном в деловых приложениях в рамках одного офиса или предприятия. Глобальные системы электронной почты являются частью глобальных информационных сетей, таких как CompuServe, America Online, Internet. Используя специальные адреса, идентифицирующие компьютеры и пользователей, сообщения электронной почты могут быть посланы от одного компьютера к другому. Компьютер хранит эти сообщения, пока вы не получите их.

Проблема обмена сообщениями электронной почты между пользователями различных информационных служб была решена с помощью шлюзов с сетью Internet.

Internet - это компьютерная сеть, к которой напрямую или через сетевой сервер могут быть подключены как отдельные домашние компьютеры (Home Computers) или офисные компьютеры (Office Computers), так и компьютерные сети (Networks).

Можно получить доступ к Internet через Internet-провайдера. Internet-провайдерами являются организации, которые предоставляют услуги доступа в Internet через имеющиеся в их распоряжении высокоскоростные коммуникационные каналы.

Создание World wide Web (WWW) - расширения Internet, позволяющего передавать мультимедиа - информацию, сделало Internet идеальной компьютерной сетью для обмена мультимедиа-информацию, в частности, виртуальные учебники. Сеть World Wide Web содержит Web-документы, хранимые по всему миру в компьютерах, подсоединенных к Internet.

Web-документы состоят из Web-страниц и могут содержать гипертекст и гипермедиа. Под «гипертекстом» понимается следующее. Авторы Web-документов могут связывать слова и графические образы на Web-страницах с другими Web-страницами.

Эти связи называются гипертекстовыми связями. Если пользователь выполнит щелчок мышью по слову или графическому образу, имеющему связь с другой страницей, то он сразу переходит к просмотру этой страницы. Эта Web-страница может находиться в текущем документе или в другом документе.

Графические образы, цифровое видео и звук, передаваемые через Internet на Web-страницах, называются гипермедиа.

При подготовке Web-документов используется язык HTML, представляющий собой набор команд, при помощи которых описывается структура документа. Этот язык позволяет выделить в документе отдельные логические части текста (заголовки, абзацы, списки-перечисления), определить элементы гипертекста и гипермедиа, вставлять изображения интерактивные формы.

Web-документы размещаются на Web-сервере и могут быть доступными для каждого, кто их запрашивает. Web-документы передаются с помощью протокола HTTP (Hyper Text Transfer Protocol - протоколу передачи гипертекста). Существует стандартный способ для указания местонахождения тех или иных ресурсов (документов, звуковых файлов, изображений и т.д.) в Internet, который называется URL (Unified Resource Locator - универсальный указатель ресурсов).

Internet является огромным источником информации, и он расширяется ежедневно. Вы можете использовать Internet как библиотеку для поиска информации по множеству тем. Вы можете также обмениваться информацией с людьми по всему миру.

"Internet - это объединение сетей компьютеров, расположенных по всему миру. Internet соединяет разнообразные правительственные, образовательные, коммерческие организации, а также частных лиц, предоставляя как электронную почту, так и обширный набор информационных услуг. Электронная почта используется для обмена сообщениями. Internet является примером сети, позволяющей кроме этого получать программное обеспечение и самую различную информацию (вплоть до прямых телевизионных программ и репортажей) из множества

источников (в том числе, практически из всех библиотек США и Западной Европы). Internet является средой общения и обсуждения по практически любым темам и вопросам, которые можно себе представить.

Следует также упомянуть о видеоконференциях. Этот сервис не являющийся в чистом виде сервисом Internet, представляет собой достаточно эффективное средство общения между людьми, т.к. позволяет осуществлять передачу звука и видеоизображения в реальном времени. Имеются телеконференции практически по любой теме, которую можно вообразить. Неважно, какая тема вас интересует, достаточно, чтобы нашелся еще кто-то с такими же интересами.

#### 4.2.2. Вычислительное направление

В богатом ассортименте программ математического и аналитического назначения явно прослеживается несколько классов, включающих в себя электронные таблицы, системы математического анализа и проектирования типа MathCAD и, собственно, программы статистического анализа. Среди огромного числа известных и не очень известных пакетов прикладных программ для использования в научной деятельности можно дать ряд советов.

##### Программы статистического анализа

В первую очередь следует постараться точно определить тип необходимой программы. Выбор здесь может осуществляться между традиционными электронными таблицами, базами данных (СУБД, как правило, поддерживают довольно широкий аппарат математических функций) и специализированными программами математического анализа. Для обычного пользователя, не блещущего широкими познаниями в математическом и, в частности, статистическом анализе, даже самый мощный пакет будет, скорее, не помощником, а противником, поскольку большинство средств окажется бессмысленным и непонятным.

В этом случае не следует "замахиваться" на такие программы даже из соображений моды и престижа.

Рынок компьютерных программ обработки данных обширен и разнообразен. На нем представлены продукты более тысячи наименований. Такое разнообразие отражает многоплановость задач обработки в различных областях человеческой деятельности. Информация о последних версиях программ регулярно помещается в популярных компьютерных журналах и газетах типа «PC Magazin», «PC World», «BYTE», «PC Week», «Мир ПК» и др. Вместе с тем необходимо отметить, что значительная часть публикуемой информации быстро устаревает. Это связано со стремительными темпами развития отрасли.

Таблица 12.

#### Классификация статистических пакетов

Типы	(Сережина В. Г., 1996)	
	Отечественные	Зарубежные
Профессиональные	Нет	SAS, BMDP
Универсальные	STADIA, Olimp	STATGRAPHICS, SPSS, STATISTICS S-PLUS
Специализированные	Mesosaur, DataScope, Класс-Мастер, Эвриста, САНИ	Большое многообразие

Выбор пакета для обработки данных зависит от характера решаемых задач, объема обрабатываемого материала, квалификации пользователей, имеющегося оборудования и т.д. (Тюрин Ю. Н., Макаров А. А., 1995).

Для пользователей, имеющих дело со сверхбольшими объемами данных или узкоспециализированными методами анализа, пока нет альтернативы профессиональным западным пакетам.

Несколько меньшими возможностями обладают универсальные пакеты. Вместе с тем, их стоимость значительно ниже, чем профессиональных. Все универсальные пакеты имеют много

пересечений по составу статистических процедур. Кроме того, современные версии программ обладают, как правило, модульной структурой, что позволяет существенно экономить средства. Windows-интерфейс последних версий пакетов во многом унифицирует взаимодействие пользователя с аналитическими, графическими и системными процедурами.

**Графика.** Представление данных - одна из важнейших задач программ статистического анализа, и не удивительно, что в первых рядах, по многим оценкам, здесь находятся Statistica и Statgraphics, разработанные специально для персональных компьютеров.

**Интерфейс.** В основном речь идет о системах меню, хотя в некоторых случаях удобно вводить некоторые данные или команды в системной строке. Systat и SPSS очень тонко подстраиваются под работу пользователя, позволяя, например, быстро повторить вызов недавно введенной или целой процедуры. Но некоторые продукты заставят Вас повозиться с неуклюжими иерархическими меню или сложными командами (Statgraphics)

Ряд статистических пакетов (Statistica, Statgraphics, P-Stat) поддерживают редакторы данных, напоминающие по своим возможностям электронные таблицы. В этом случае работа по подготовке исходных данных становится довольно эффективной за счет средств редактирования, удаления, переноса информации в таблице или между различными таблицами, а также сортировки и других возможностей.

**Цены.** Стоимость программ статистической обработки простирается от несколько сотен (NCSS) до почти тысячи долларов и более (Statgraphics, Minitab, SPSS).

**Функциональные характеристики.** Среди тех или иных особенностей программы следует обратить внимание на возможность использовать определенное количество данных или максимальную длину числа.

Часто при создании моделей требуется наличие мощного языка программирования приложений. Почти все программы поддерживают встроенные процедурные языки. В этом случае

пользователь получает возможность создавать свои собственные приложения.

Для того, чтобы рискованные эксперименты осуществлялись не в жизни, а на экране монитора, нужно удостовериться в наличии соответствующего математического инструментария. Это может быть ANOVA (analysis of variance), ANCOVA (analysis of covariance), кластерный или факторный анализ и многое другое.

Что же выбрать? Трудно, да и наверное, невозможно дать общий совет на все случаи жизни. По крайней мере, нужно учитывать, что даже в такой специфической области выбор есть.

#### **4.2.3. Сервисное направление**

В сервисном направлении можно выделить применение компьютеров в виде: а) интерфейсных устройств; б) устройства для моделирования; в) презентационного устройства.

В обычный комплекс поставки большинства компьютеров не входят какие-либо блоки для регистрации сигналов в лабораторных условиях. Значит, для того чтобы с помощью компьютера можно было записывать или производить какие-то операции с теми электрическими сигналами, которые интересуют исследователя, необходимо подключить к разъему расширения лабораторный интерфейс. Такой интерфейс состоит из: 1) аналого-цифрового преобразователя (АЦП), позволяющего преобразовывать постоянно изменяющейся по напряжению электрический сигнал (аналоговый сигнал) в двоичный код; 2) программируемого таймера, с помощью которого оцениваются интервалы между двумя оцифрованными точками; 3) цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), который дает возможность генерировать аналоговый электрический сигнал, запрограммированный в компьютере; 4) цифровых входов и выходов, позволяющих компьютеру получать информацию о состоянии используемых в опыте устройств и управлять ими. Кроме этого необходимо иметь программы анализа. Хотя какие-то конкретные детали решения научных задач в разных исследованиях

могут **быть** неодинаковыми, все программы содержат следующие "общие\*\*" блоки: 1) оцифровка аналоговых сигналов; 2) вывод на экран и анализ оцифрованных сигналов; 3) улучшение качества сигналов, хранящихся в памяти (например, усреднение); 4) количественные измерения (например, максимальной амплитуды сигнала).

Широкое применение компьютеров в биологии, и особенно в физиологии, на Западе нашло в имитационном моделировании различных процессов. Моделировались, например, биомеханика дыхания, кислотно-щелочное равновесие, потенциал действия, гемодинамика. С разработкой имитационных моделей появляется возможность экспериментально изучать такие процессы, которые не описываются простыми линейными уравнениями, а потому не могут исследоваться обычными аналитическими методами. Математическое моделирование может сыграть ключевую роль в том, чтобы физиология, используя достижения молекулярной биологии, нейронауки и биофизики, приобрела более синтетический характер. Следующим этапом при моделировании будет использование экспертных систем, нечеткой логики, нейронных сетей и других элементов искусственного интеллекта.

В искусственном интеллекте (ИИ) фундаментальным является использование компьютеров для познания механизмов мышления человека. Решая эту главную задачу, мы получим возможность справиться с гораздо более важными и сложными прикладными задачами, которые неразрешимы существующими методами.

В своей книге «Науки об искусственном», опубликованной более четверти века назад (русский перевод вышел в свет в 1972 г.), Г. Саймон, по-видимому, впервые, проводит различие между естественными науками, занимающимися изучением (анализом) и описанием природных (естественных) явлений и объектов, и науками об искусственном, рассматривающими проблемы создания (синтеза) новых искусственных объектов, обладающих желаемыми свойствами (в данном случае,

эти **свойства связаны с имитацией поведения или** выполнения функций соответствующего **естественного** объекта).

Предлагается рассматривать **следующие** разделы общей науки об открытых, неоднородных, развивающихся искусственных системах.

### **Теории искусственных систем**

1. Общая теория проектирования и производства искусственных систем (восходящее и нисходящее проектирование, моделирование и проектирование процессов деятельности искусственных систем, виртуальная реальность в разработке искусственных систем и прочее).

2. Общая теория организации и управления искусственными системами (системогенез, организация, самоорганизация, регуляция, саморегуляция, оптимизация, адаптация, обучение, самообучение, логическое управление, ситуационное управление и прочее).<sup>4</sup> \

3. Общая теория развития (эволюции) искусственных систем (самовоспроизведение, морфогенез, разнообразие, эволюция, выживание, отбор, наследственность, скрещивание, мутации и прочее).

Все эти темы объединяет то, что они предлагают различные варианты построения высокоинтегрированных систем.

Наиболее широко и часто применяемой функцией компьютеров *является* подготовка и оформление отчетов научных работ. Общепринятым стандартом в научной среде стало использование пакета Microsoft Office. Кроме текстового редактора Word и электронной таблицы Excel, в пакете имеется программа подготовки презентаций с применением компьютера - PowerPoint, а также программа для подготовки цветных иллюстраций с распечаткой их на прозрачной пленке - Work.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Определите направления использования компьютерной техники в **научных** исследованиях.

2. В связи с чем потребовалась разработка специального языка для представления Internet-документов?
3. Чем определяется выбор пакетов прикладных программ при обработке экспериментальных данных?
4. В чем состоит различие в исследованиях естественных и искусственных объектов и явлений?

### 4.3. Моделирование

Процесс моделирования предполагает наличие:

1 - объекта исследования, 2 - исследователя, перед которым поставлена конкретная задача, 3 - модели, создаваемой для получения информации об объекте и необходимой для решения поставленной задачи.

С развитием вычислительной техники наиболее эффективным методом исследования больших систем стало машинное моделирование. Сущность машинного моделирования системы состоит в построении концептуальной модели системы, алгоритмизации модели системы и ее машинной реализации, проведение имитационного моделирования и интерпретация результатов вычислений.

Этапы моделирования

*Этапы моделирования:*

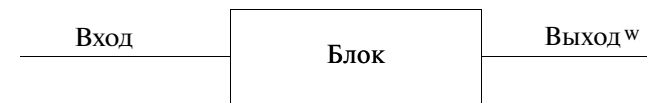
1. Постановка задачи машинного моделирования.
  - Установление основного содержания и определение параметров и переменных модели.
  - Обоснование критериев эффективности модели.
  - Описание концептуальной модели с проверкой ее адекватности.
2. Построение логической модели объекта.
  - Получение математических соотношений.
  - Выбор вычислительных средств и программирование.
  - Проверка достоверности программы модели.
  - Составление технической документации.
3. Планирование машинного эксперимента.

- Проведение рабочих расчетов.
- Составление плана эксперимента, методов обработки результатов вычислений и их демонстрации.
- Интерпретация результатов моделирования.
- Составление технической документации.

#### 4.3.1. Основы построения управляемых моделей

Моделирование начинается с описания структуры системы. построения блок-схемы объекта. При изображении блок-схемы можно не придерживаться каких-либо строго установленных обозначений для отдельных элементов и узлов. Обычными символами блк-схемы являются прямоугольники и линии их соединяющие.

Основным понятием науки об управлении и регулировании является обратная связь. Минимально управляемая система может содержать-один элемент, один вход и один выход.

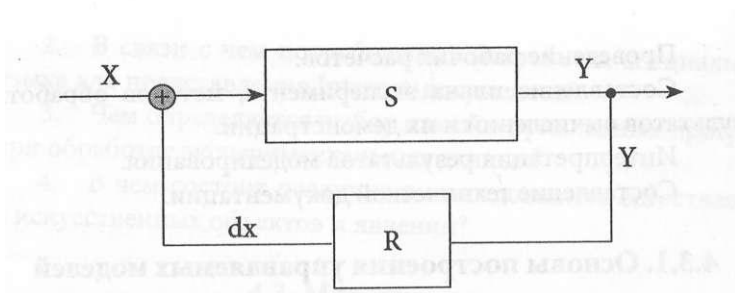


На вход такой системы поступает воздействие, предельное числом, а на выходе системы обнаруживается действие, т.е. в системе (блоке) происходит какое-то преобразование. Это преобразование может быть выражено следующей формулой:

$$y = Sx.$$

Здесь символ  $S$  обозначает функцию преобразования состояния входа ( $x$ ) в состояние выхода ( $y$ ).

В регулируемой системе происходит еще преобразование состояния выхода, через регулятор  $R$ , в состояние выхода регулятора  $dx$ . Состояние регулятора складывается со входом  $Sx$  и  $I$  мы  $x+dx$ .



Пропорциональное преобразование в системе называют усилением  $S > 1$ , или ослаблением, если  $S < 1$ . Показатель  $y/x$  называется пропускной способностью системы. Основная формула теории регулирования может быть выписана так:

$$y = (S/(1-SR)) x.$$

Она показывает связь, возникающую между состоянием выхода и входа регулируемой системы, с учетом поправки, вводимой регулятором R. Выражение  $S/(1-SR)$  называется пропускной способностью системы регулирования.

$$y = 1/(1-SR) Sx.$$

В представленной записи формулы можно четко различить, что первый множитель в правой части формулы определяет работу регулятора, а второй - работу регулируемой системы. Множитель  $1/(1-SR)$  называют мультипликатором или оператором обратной связи.

Рассмотрим ситуацию, в которой один выход характеризует состояние двух систем, имеющих параллельное соединение. В данном случае операторные формулы таковы:

$$y_1 = S_1 x \quad y_2 = S_2 x,$$

откуда

$$y = (S_1 + S_2) x.$$

Определение: оператор преобразования, в котором две или более системы соединены параллельно, равняется сумме операторов отдельных систем.

Определение: оператор, соответствующий последовательному соединению двух или более систем, равен произведению операторов этих систем.

$$y = (S_1 \cdot S_2) x.$$

При наличии двух регуляторов у системы получим формулу:

$$y = S/(1-S(R_1+R_2)) x.$$

В случае последовательного соединения двух регулируемых систем получим:

$$y_1 = S_1/(1-S_1 R_1) x \quad \text{и} \quad y_2 = S_2/(1-S_2 R_2) y_1$$

В итоге<sup>4</sup>

$$y = S_2/(1-S_2 R_2) \cdot S_1/(1-S_1 R_1) x.$$

Рассмотренные примеры могут быть применены для решения конкретных задач построения моделей систем и органов тела человека.

#### 4.3.2. Математическое моделирование

Классическим методом описания моделей живых систем и является запись связи в виде дифференциальных уравнений, на пример, они широко используются в монографиях Ф. Гродии и и Дж. Милсума.

Системы, которые описывают протекание физических, химических процессов во времени, называются динамическими

$$x = f_i(x_1, x_2, \dots, x_m; t), \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Решение системы при ограничениях на вид функции  $f_i$  полностью определяется значениями  $x_1, x_2, \dots, x_m$  (фазовыми координатами) в некоторый момент времени  $T$ , которые называют начальными условиями.

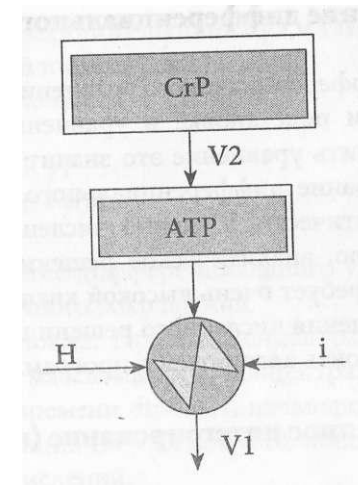
При описании биологических объектов можно выделить некоторые независимые объемы веществ, участвующих в кинетических процессах. Такое вещество называют компартментом, а модели компартментальными. В общем случае компартментальная модель содержит несколько связанных между собой компартментов, в которых протекают три типа процессов - обмен между компартментами и средой, превращение компонент друг в друга и, наконец, исчезновение каких-то компартментов (утилизация).

Процессы в компартментальных моделях описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями. Если система описывается дифференциальными уравнениями в частных производных, то такие модели называют потоковыми. Например, так описываются изменение плотности вещества в пространстве. Однако при определенных упрощениях такие процессы могут быть описанными как существующие во времени, т.е. как компартментальные.

Основной элемент схемы - концентрация или количество вещества ( $x$ ). Жизнедеятельность основного элемента связана с процессом потребления (притока) вещества ( $V_2$ ) и процессом его преобразования ( $V_1$ ). В этом случае дифференциальное уравнение будет описывать скорость изменения концентрации вещества в некотором объеме в зависимости от скорости его синтеза и скорости его преобразования:

$$dx/dt = V_2 - V_1.$$

Возьмем в качестве примера расход молекул АТФ и их синтез за счет запасов КрФ при мышечном сокращении. Блок-схема этого процесса может быть представлена так:



Для начала расходования АТФ (АТФ) необходимо, чтобы к мышце поступили импульсы из ЦНС и из цистерн саркоплазматического ретикула начали выходить ионы кальция  $Ca$ . Чем выше концентрация  $Ca$ , тем больше тратится АТФ. Ограничение на скорость расхода АТФ накладывают запасы АТФ (с уменьшением концентрации АТФ снижается вероятность образования актин-миозиновых мостиков) и концентрация ионов водорода  $H$  (положительно заряженные ионы водорода конкурируют с  $Ca$  в местах связывания на актине). Математически эта логика может быть описана следующей формулой:

$$V_1 = V_{1max} \cdot ATP/ATP_{max} \cdot Ca/Ca_{max} \cdot 1/(1+H).$$

Скорость расходования КрФ обуславливается концентрацией молекул АДФ, иначе говоря, снижением концентрации молекул АТФ, а также запасом (концентрацией) молекул КрФ:

$$V_2 = V_{2max} \cdot (1 - ATP/ATP_{max}) \cdot CrP/CrP_{max}.$$

#### 4.3.3. Решение дифференциального уравнения

Решением дифференциального уравнения называется функция, которая при подстановке в уравнение превращает его в тождество. Решить уравнение это значит его проинтегрировать. Интегрирование дифференциального уравнения можно выполнить аналитически, а можно численно с применением ЭВМ. Как правило, аналитическое решение дифференциального уравнения требует очень высокой квалификации от математика. Для получения численного решения нужно знать лишь метод и уметь строить алгоритмы и программы для ЭВМ.

##### 4.3.3.1. Численное интегрирование (метод Эйлера)

Метод Эйлера является сравнительно грубым, однако идеи, положенные в его основу, являются основой для многих более точных численных методов. Поэтому рассмотрим его подробно.

Пусть имеется дифференциальное уравнение первого порядка

$$y' = f(x, y)$$

с начальными условиями  $x=x_0, y=y_0, y'=y'_0$ .

Выберем число  $h$  настолько малым, чтобы для всех  $x$  в интервале  $(x_0, x_1)$ , где  $x_1 = x_0 + h$ , значения функции  $y$  мало отличались от  $y_0$ . Тогда для этого интервала изменения  $x$  можно написать

$$y_1 = y_0 + (x_1 - x_0) y'_0.$$

Отсюда следует, что величина  $y_1$  вычисляется по известным, заданным нами начальным условиям и по формуле прямой линии.

Нетрудно догадаться, что, в случае принятия за начальные условия вычисленные значения  $y_1, y'_1 = (y_1 - y_0)/h$ , можно

вычислить для  $x_2$  величину функции  $y_2$ , а также следующее значение производной.

В общем виде получим

$$y_{i+1} = y_i + h y'_i \\ y'_{i+1} = (y_{i+1} - y_i)/h$$

**Пример.** Решение дифференциального уравнения энергообеспечения мышечного сокращения.

Начальные условия. Примем концентрацию АТФ  $z_{a0}$  за  $z_{a0}$  мМ на 1 кг сырой массы мышцы, концентрацию КрФ  $z_{p0}$  за  $z_{p0}$  мМ/кг, интервал времени  $dt=0.001$ , начальное время  $t_0=0$ , начальная концентрация  $C_a = C_{a\max} = 10$ , ионов водорода  $H=0$ .

Алгоритм вычислений.

1 шаг. Вычислим скорость расхода АТФ в начальный момент времени:

$$V_1 = V_{1\max} \cdot ATP/ATP_{\max} \cdot C_a/C_{a\max} \cdot 1/(1+H).$$

2 шаг. Вычислим скорость ресинтеза КрФ в начальный момент времени:

$$V_2 = V_{2\max} \cdot (1 - ATP/ATP_{\max}) \cdot CrP/CrP_{\max}.$$

3 шаг. Вычислим изменения в количестве АТФ за интервал времени  $dt$ :

$$ATP_i = ATP_0 + (V_2 - V_1) \cdot dt.$$

$$t = t + dt$$

4 шаг. Печатаем результат вычислений: время,  $ATP_i$ .

5 шаг. Вычисления повторяются с 1 шага.

Реализация этого алгоритма дает набор чисел, показывающих изменения концентрации АТФ во времени, т.е. **решение** дифференциального уравнения.



Анализ результатов вычислений показывает, что мощность мгновенно достигает заданной величины и затем постепенно снижается по мере уменьшения концентрации АТФ. Концентрация КрФ не уменьшается, поскольку в данной модели скорость ресинтеза КрФ бесконечно большая.

Заключение. Результаты вычислений показывают, что модель имеет некоторое сходство с реальным объектом, однако различия в начале активности мышцы требуют усложнения модели, ввода дополнительных элементов, имитирующих процессы активации мышечного сокращения.

#### **4.4. Основные положения и методы изучения проблем отбора в спорте**

Спортивный результат определяется совокупностью двигательных способностей спортсмена. Двигательная способность - это свойство человека, делающее его пригодным к успешному выполнению какой-либо деятельности (Шварц, Хрушев, 1984).

Двигательная способность определяется действием двух факторов:

задатками, анатомо-физиологическими, наследственно обусловленными особенностями человека;

адаптационными перестройками в клетках систем и органов. Наследственное и средовое влияние может отразиться либо на количестве клеток в органе, либо на количестве органелл в клетках, либо на виде и количестве ферментов в цитоплазме и органеллах клетки, либо на интенсивности увеличения числа структур.

Требования спорта (соревнования, тренировочные занятия) и двигательные способности соответствуют друг другу в результате профессионального отбора. Для активного влияния на ход профессионального отбора необходимо знать требования, которые предъявляет данный вид спорта к спортсменам и прежде всего необходимые задатки.

Для выявления требований вида спорта принято тестировать спортсменов высшей квалификации, полученные средние

арифметические величины показателей называют модельными характеристиками. Далее проводится сопоставление модельных характеристик с аналогичными данными среднего человека или с данными представителей других видов спорта. При изучении полученных различий предполагается, что они могут иметь две причины:

профессиональный отбор, т.е. в данном виде спорта остаются лишь те спортсмены, наследственные морфологические особенности которых наилучшим образом подходят условиям соревнований, тренировок, месту проживания;

- адаптационные перестройки в органах и тканях, появляющиеся в ответ на тренировки, условия питания и жизни.

Близнецовый метод отбора

Определение степени влияния наследственности (задатков) на достижения в тестах или на другие, измеряемые показатели является одной из наиболее трудных задач проблемы отбора. Решение этой проблемы связывают с близнецовым методом, а в последнее время с дерматоглификой.

Близнецовый метод основан на сравнении близнецов монозиготных (МЗ), обладающих идентичным генотипом, и дизиготных (ДЗ), имеющих примерно половину общих генов. Метод реализуется в нескольких вариантах.

Метод контрастных групп. Основным условием являются одинаковое влияние на каждую пару близнецов, в этом случае один из факторов (среда) внутри пар МЗ и ДЗ близнецов уравнен, а другой - наследственность изменяется.

\* Метод контрольного близнеца. Здесь применяют неравные воздействия на различных членов МЗ близнецовых пар, например, одного близнеца тренируют, а другого нет. Поскольку наследственность одинаковая, то фиксируемые различия могут быть объяснены средовым влиянием.

Метод разлученных близнецов. Если имеются МЗ пары близнецов, воспитанные вместе и МЗ пары, разлученные в раннем детстве, то сравнение должно выявить степень влияния среды на развитие человека.

Заметим, что при использовании метода контрольного близнеца возникают трудности при изучении психических свойств, поскольку возможно не обязательно равное влияние родителей, а также действуют взаимоотношения близнецов между собой.

Для определения влияния наследственности на развитие человека могут использоваться индивидуумы с различными формами наследственных болезней.

Для количественной оценки степени влияния наследуемости на измеряемые показатели принято использовать коэффициент Хольцингера (Н), который вычисляется либо через дисперсии (D)

$$H = (D_{дз} - D_{мз}) / D_{дз},$$

либо через коэффициенты корреляции (г)

$$H = (r_{мз} - r_{дз}) / (1 - r_{мз})$$

Использует также индекс Никольса:

$$NR = 2(r_{мз} - r_{дз}) / r_{мз};$$

критерий Фишера (F):

$$F = D_{дз} / D_{мз}.$$

Сравнение различных способов расчета коэффициентов наследуемости, показало, что наилучшую оценку дает индекс Хольцингера (Н), вычисленный через дисперсии, обращается также внимание на то, что при расчете индекса Хольцингера необходимо вводить поправку к коэффициенту корреляции для

Важное значение имеют работы, связанные с определением влияния спортивной тренировки или физической активности на морфо-функциональные перестройки, поскольку по степени интенсивности перестроечных процессов можно получить представление о наследственно обусловленных признаках и степени влияния средовых факторов.

Большие перспективы открывает метод изучения кожного рельефа пальцев кисти или подошвы. Формируется кожный рельеф в эмбриональном периоде, остается неизменным в течение всей жизни, а в связи с доступностью метод дерматоглифики может найти широкое практическое применение в отборе, если между наследственно обусловленными рельефами кожи и признаками, определяющими спортивные задатки будут найдены тесные связи.

Низкую прогностическую способность имеют методы изучения родословной и исследования статистических связей между двигательными возможностями детей и родителей, поскольку для получения устойчивого генетического сходства необходима длительная селекционная работа, что применительно к человеку невозможно.

Функциональные возможности спортсмена определяют морфологические особенности его органов и тканей, поэтому наследственные особенности надо искать в строении органелл, клеток, органов. Это стратегический путь развития науки об отборе, однако недостаточный объем фактов фундаментального характера, отсутствие знания многих механизмов наследования структурных перестроек в теле растущего человека заставляет проводить эмпирические исследования, искать эмпирические закономерности.

Для эмпирических исследований характерен поиск взаимосвязей между показателями с ориентацией на интуицию исследователя, или здравый смысл, или мнения авторитетов.

Итогом эмпирических исследований становятся различные классификации. Примером может послужить комплекс

показателей, по которому спортивный врач может оценить пригодность спортсмена. Эти показатели должны быть относительно устойчивы в онтогенезе, их иначе называют «предикатами».

#### **Показатели отбора в спорте**

*Список рекомендуемых показателей, полученный по данным обобщенных генетических исследований.*

Морфологические показатели: длина тела, масса тела, продольные размеры тела, активная масса тела, состав волокон скелетных мышц.

Физиологические показатели: жизненная емкость легких (ЖЕЛ, особенно ее относительная величина), минутный объем дыхания (МОД, особенно на 1 кг массы тела), устойчивость к кислородной недостаточности и чувствительность к концентрации  $CO_2$  в крови, частота сердечных сокращений (ЧСС) в покое (брадикардия), реакция ССГ на физическую нагрузку субмаксимальной мощности (PWC150 или PWC170), максимальное потребление кислорода (МПК), данные на уровне аэробного и анаэробного порогов.

Показатели моторики: быстрота движений (теппинг-тест и др.), гибкость (наклон туловища вперед и др.), вестибулярная устойчивость, ориентация в пространстве, относительная мышечная сила (отнесенная на 1 кг массы тела).

Психофизиологические показатели: особенности центральной нервной системы (сила, уравновешенность, подвижность), особенности темперамента и личные особенности (устойчивые эмоциональные состояния, экстра- либо интровертивная направленность личности) и др.

Анализ приведенного списка показывает, что в нем содержатся как предикаты (мышечная композиция), так и изменчивые показатели (сила, гибкость, PWC170), а также интегральные показатели. Очевидно, что, опираясь на такой набор показателей, выполнить корректно отбор прямо невозможно, а интерпретировать результаты обследования с описанием свойств отдельных органов может только высококвалифицированный

специалист, методических рекомендаций по анализу тестовых данных пока нет.

Таким образом, для выполнения научно-обоснованного спортивного отбора необходимо выявить требования к системам и органам спортсмена данного вида спорта и затем на их (или разработать) методы тестирования, с помощью которых можно было бы оценить наследственно заложенное количество клеток в органе, состав ферментов, определяющих интенсивность метаболических и анаболических процессов.

### **4.5. Методы спортивной биомеханики**

На рубеже XXI века ученые-биомеханики предприняли попытку предсказать будущее спортивной биомеханики. Анализ предсказаний позволил выявить два наиболее развитых в XX веке направлений исследований - эмпирический и теоретический.

#### **4.5.1. Биомеханический эмпиризм**

Эмпирическое направление развития биомеханики представил В.М. Зацюрский (J. of Sports Sciences, 1993, 11, 27<sup>б</sup>) 28 \) Ключевым тезисом в его статье было хорошо известное утверждение - «методы исследований являются основой науки». В связи с этим предполагается, что будут развиваться методы:

- регистрации движений в пространстве,
- взаимодействия человека с опорой,
- регистрации электрической активности мышц,
- определения геометрии масс тела человека.

Все эти методы должны быть по максимуму компьютеризированы и переведены в режим работы с прямым доступом к информации, без задержки во времени (on line). Следовательно, важное значение в развитие методов биомеханики будут играть математика и компьютерное программирование. И конечно, автоматическая оцифровка видеoinформации о движении частей тела человека, математические методы сглаживания

экспериментальных данных, доведенные до обширных, всесторонних компьютерных пакетов программ.

После проведения экспериментов и получения исходной информации возникает необходимость ее обработки. Предполагается, что она будет обрабатываться с помощью методов математической статистики и классической механики.

С помощью методов математической статистики будут выполнены оценки внутри-индивидуальной и межиндивидуальной вариативности биомеханических характеристик, однако с учетом ряда условий, не совпадающих с аксиомами математической статистики:

выборка элитных спортсменов не является случайно отобранной,

генеральная совокупность в спорте может быть очень мала, например, финалисты олимпийских игр,

у таких малочисленных генеральных совокупностей невозможно определить тип распределения переменных.

Большая перспектива есть у статистических методов анализа кривых, полученных с помощью математических методов теоретической механики (решений дифференциальных уравнений).

Фундаментальное направление научных исследований будет оставаться в рамках возможностей, имеющихся методов биомеханических исследований, а также других дисциплин. Поэтому предполагается, что будут интенсивно развиваться междисциплинарные исследования.

Что является конечной целью биомеханики - измерение и описание движения и объяснение его. Поэтому для понимания смысла движения человека необходимо биомеханику тесно связать:

- 1) с нейрофизиологией,
- 2) физиологией мышечного сокращения одно и двухсуставных мышц,
- 3) биоэнергетикой мышечной деятельности,
- 4) анатомией и гистологией мышц, связок и сухожилий.

В результате такого взаимопроникновения наук будут обнаружены «биомеханические механизмы», такие как патерны управления мышцами в каком-либо действии, например, растяжение и сокращение мышц, что подробно анализирует более 25 лет финский исследователь P. Komi.

Прикладные научные исследования будут связаны уже не с отдельными видами спорта, а с важнейшими направлениями поиска, имеющими общий характер и коммерческую выгоду. К ним относятся:

- Биомеханика спортивного инвентаря (обувь, покрытия, лыжи и др.).

Профилактика травматизма.

- Биомеханика оздоровительных упражнений.
- Биомеханика обучающих двигательным действиям упражнений.

- Биомеханика тренажеров.

Таким образом, В. М. Зацюрский предположил, что биомеханика будет развиваться в рамках исторически сформированных научных направлений, прежде всего, по пути совершенствования методов регистрации движений человека и особенностей функционирования его двигательного аппарата. Решения проблем объяснения смысла двигательных действий остались незатронутыми.

#### 4.5.2. Биомеханический рационализм

В отличие от В.М. Зацюрского, систематизатора научных знаний, М.Р. Yeadon английский биомеханик специализируется на компьютерном моделировании движений человека в полете, в безопорном состоянии. Поэтому прекрасно владеет методами теоретической механики, компьютерного моделирования, что и определило несколько иной угол зрения на проблему развития биомеханики в новом столетии. В совместной М. R. Yeadon С J. H. Challis статье (J. of Sports Sciences, 1994, 12, 3-32) они писали следующее.

Биомеханика это наука о механике живых форм жизни, потому ее объектом являются растения, насекомые и животные. В отдельную научную дисциплину выделилась биомеханика человека и ее частный случай спортивная биомеханика.

Спортивная биомеханика развивается по двум направлениям - биомеханика спортивных травм и биомеханика спорта.

При рассмотрении движений человека в спорте исследователь должен ответить на три главных вопроса: «ЧТО? КАК? и ПОЧЕМУ?», которые представляют интерес для спортсмена, тренера и ученого. Причем вопрос о том, ЧТО делать? относится к спортсмену, он должен знать внешнюю форму движения. Тренера интересует вопрос о том, КАК обучать двигательному действию. Задача ученого - объяснить, ПОЧЕМУ спортсмен должен двигаться именно так.

Ответы на эти вопросы могут быть получены как в ходе экспериментальных исследований, так и теоретических.

В рамках эмпирического подхода фиксируется форма движений спортсменов. Как правило, техника лучших спортсменов определяется как эталонная, предмет для подражания и разучивания.

В рамках теоретического подхода используются различные формы идеализации с активным применением теоретического моделирования. Теоретические модели могут предсказывать виды двигательных форм, а значит давать основание к пониманию смысла и построению новых вариантов техники.

Разделять эмпирические и теоретические исследования нельзя, по мнению этих авторов, поскольку они составляют теоретико-экспериментальный цикл любого научного исследования:

теория - предсказание - эксперимент - уточнение теории.

Заметим, что этот цикл становления любой науки возникает на стадии относительно полного развития данной научной дисциплины, т.е. с момента возникновения в данной науке относительно сложных моделей объекта и, как утверждали К. Маркс

и Ф. Энгельс, с появлением математических моделей, воспроизводящих, имитирующих вещественную и процессуальную формы существования объекта исследования.

В неразвитых науках модели объекта исследования либо отсутствуют, либо являются слишком примитивными типа «черного ящика» для организма в целом. В связи с этим рабочие гипотезы формулируются на основе формально логических суждений.

Yeadon et al. считает, что науки бывают описательными (ботаника, анатомия), экспериментальными и теоретическими. Экспериментальные науки отличаются от теоретических по доле экспериментальных и теоретических исследований. Спортивная биомеханика сочетает в себе как экспериментальные исследования, так и теоретические, в примерно равных долях. Следует также выделять в спортивной биомеханике фундаментальные и прикладные направления исследований. К фундаментальным относятся исследования механики мышечного сокращения, опорно-двигательного аппарата, а в прикладных исследованиях ученые должны интерпретировать результаты фундаментальных исследований и на этой основе находить решения насущных задач для тренерской практики.

#### **4.5.3. Биомеханические методы для сбора исходной информации**

Тренеры в своей практике пользуются субъективным качественным анализом спортивных двигательных действий (СДД). В биомеханике ученые должны опираться на достоверно зарегистрированные количественные данные.

Биомеханический анализ СДД требует информации о кинематике, инерционных параметрах тела и его сегментов, внутренних и внешних силах. Для получения такой информации используются методы и аппаратура:

ручной и автоматизированный анализ (оцифровка)  
кино- и видеозаписей,  
акселерометрия,

динамометрические платформы,  
датчики давления,  
электромиография.

#### 4.5.4. Кино- и видеоанализ

В двухмерных исследованиях изучаются, как правило, движения с преимущественным перемещением в сагиттальном плане. Движения во фронтальном плане и вращения сегментов вокруг лонгитудинальных осей не рассматриваются. В большинстве случаев предполагают, что вклад этих компонентов несущественен при суммарной оценке результата движения. Корректность этого предположения проверяется данными трехмерной съемки.

##### Проблемы кино- видеосъемки

Трехмерная кино- или видеорегистрация перемещения тела спортсмена является идеальным случаем для биомеханического анализа, однако здесь имеют место ряд трудностей:

синхронизация работы камер для корректного определения координат точек тела,

ориентация в пространстве камер,  
масштабирование съемки,

определение на каждом сегменте не менее 4 точек, фиксация движений вокруг трех осей,

оцифровка координат точек сопряжена с ошибками оператора, движением маркеров вместе с кожей (одеждой), поэтому существует проблема «сглаживания» экспериментальных кривых, устранения «шума».

определение осей вращения в кинематических звеньях тела,

определение геометрии масс сегментов тела.

Решение этих проблем рассматривается во многих исследованиях (Cappozzo, 1983; Dapena et al., 1982; Hatze, 1988; Pierrynowski, 1988; Yeadon, 1990). Однако повышение точности и автоматизированное™ сбора данных остаются проблемами будущего развития методов исследования в биомеханике.

#### 4.5.5. Статистическая обработка информации

При обработке биомеханической информации приходится учитывать ряд особенностей. Как правило, сбор биомеханической информации сопряжен с большими трудностями, поэтому при статистической обработке информации возникают проблемы при определении размера выборки и снижения критерия **ДЛЯ** уровня значимости. В биологии общепринято использовать  $p^* 0,05$ . В этом случае ошибка первого рода - о принятии **ошибочной** гипотезы, минимизируется. В биомеханике в случае принятия ошибочной гипотезы никто не может умереть, поэтому ряд специалистов (Winer, 1971; Bates, 1989) предлагали снизить порог уровня значимости при определении достоверности различия до  $p < 0,2-0,3$ .

#### 4.5.6. Проблема внутри- и межиндивидуальных различий

Yeadon and Challis (1994) предложили рассмотреть прыжок В высоту с разбега. В случае разбега с различной скоростью наблюдается внутри-индивидуальная зависимость, которая имеет вид кривой с оптимумом в районе 5-6 м/с. Увеличение скорости (выше оптимальной приводит к тому, что результат в прыжках ухудшается. Рассмотрение межиндивидуальных различий ПО данным национального чемпионата (1991) показало, что все спортсмены разбегаются с примерно равной (оптимальной) скоростью, поэтому никакой явной зависимости между результатом и скоростью разбега не наблюдается.

Для определения влияния различных характеристик техники прыжка на результат обычно используют методику вычисления коэффициентов линейного уравнения регрессии. При этом исследователи часто не учитывают, что взаимосвязи между биомеханическими переменными носят нелинейный характер. **О** нелинейной взаимосвязи можно догадаться по данным законов механики или механики мышечного сокращения. Однако в случае ограничения амплитуды зарегистрированных

переменных, т.е. взятая для расчетов только часть кривой, выделенный отрезок может быть представлен в виде линейной зависимости. В этом случае рассчитанные регрессионные уравнения хорошо «работают» только в пределах той генеральной совокупности событий, из которых была сделана выборка. Эти эмпирические закономерности не отражают реального физического смысла явлений.

Невозможность получения в биомеханических исследованиях большого количества выборочных данных заставляет исследователей искать какие-либо дополнительные возможности расширения объема выборки. Нау (1987) возражает против использования нескольких попыток одного спортсмена для компенсации недостаточного объема выборочных данных. В этом случае происходит смешение внутри- и межиндивидуальных данных.

Более корректно можно искать взаимосвязи между биомеханическими характеристиками двигательного действия с помощью иерархических структур, показывающих причинно-следственные связи. Например, Нау and Miller (1985) показали, что в прыжке тройным в легкой атлетике результат сначала определяется расстоянием потерянном при постановке ноги на планку, затем расстояниями, преодоленными в шаге, скачке и прыжке. Каждый из этих отрезков зависит в свою очередь от расстояния, пройденного при взаимодействии с опорой и в полете. Дистанция полета определяется начальной скоростью, углом отталкивания, сопротивлением воздуха. Начальная скорость зависит от вертикальной и горизонтальной ее составляющих. На основе такой иерархической логической структуры легче определяются переменные, которые следует между собой коррелировать, использовать в регрессионных уравнениях. Такой подход приближается к теоретическим методам биомеханики.

#### 4.5.7. Теоретические исследования

Существенным элементом научного метода является теория или модель, с помощью которых производятся предсказания

о поведении изучаемого объекта (системы). В спортивной (>ио Механике движение механических систем изучаются с **примем!** 11 и см законов Ньютона. При анализе динамических мех **ам И 41** 1 к их систем решают две задачи:

моделирования действия сил на систему с определен **нем** н результате формы (кинематики) перемещения (прямая задача динамики);

определение сил, действующих на систему по данным **К in** тематики (обратная задача динамики).

##### 4.5.7.1. Имитационное моделирование перемещений снарядов

Раньше, чем начали моделировать движение тела человека стали изучать движения снарядов. Очевидно, что изучение механических тел в виде простейших моделей значительно проще.

Например, Hubbard and Rust (1984) моделировали копье и полете. Было показано, что траектория полета зависит от угла вылета копья, поэтому в дальнейшем была разработана система для быстрой обратной связи, информирующая об угле вылета снаряда через 2 мин после броска. В дальнейшем Hubbard and Bergman (1989) изучали уже гибкое тело (копье) в полете. Было показано, что вибрация снаряда существенно увеличивает силы  $i$  опротивления полету.

##### 4.5.7.2. Моделирование тела человека

Сегменты тела человека моделируются жесткими телами. Причем такие модели могут состоять из разного числа сегментов. Для решения задач управления действиями в полете  $i$  u пользовались шестизвенные модели Pike (1980), с помощью которой было показано влияние асимметричных движений рук на цращение тела. Yeadon et al. (1990) использовал 11-звенную модель для изучения способов построения движений типа сальто и пируэтов.

#### 4.5.7.3. Моделирование мышц

Человек взаимодействует с опорой и другими снарядами, благодаря сокращению мышц. Поэтому моделирование человека для изучения законов движения должно, как правило, строиться в виде скелетно-мышечных моделей.

Простейшая скелетно-мышечная модель была разработана Alexander (1992) в виде бедра, голени, коленного сустава и одной мышцы. Эта модель использовалась для изучения механизма отталкивания.

Yoshihuku and Herzog (1990) использовали пятизвенную модель с семью мышцами для изучения движений ноги велосипедиста. Механический аналог мышцы строится в соответствии с эмпирическими законами Hill (1938). А содержательное моделирование механики мышечного сокращения выполняется в соответствии с теорией Huxley(1957).

Модели мышцы в наиболее полном виде содержат сократительный компонент, параллельный и последовательный упругий, имитируется также электромеханический интервал (Hatzel, 1981,1983; Van den Bogert, Soest, 1993). В связи с тем, что число мышц превышает число степеней свободы, то многие исследователи пытались использовать оптимизационные методы для поиска степени активности мышц при заданной кинематике. Такие комплексные алгоритмы компьютерных программ уже разработаны (AUTOLEV, DADS) в будущем такие алгоритмы будут более совершенны.

Таким образом, теоретическое направление исследований свелось, как и в случае с прогнозом В. М. Зациорского, к разработке научного инструмента для моделирования тела человека, его опорно-двигательного аппарата. Однако о путях развития биомеханики спорта, собственно о механизмах реализации различных двигательных действий никаких соображений высказано не было.

#### 4.5.8. Биомеханизм как основа теоретической биомеханики

Биомеханика движений человека граничит с физиологией двигательной активности Н. А. Бернштейна, динамической морфологией и теоретической механикой. Для того, чтобы показать различие между биомеханикой и физиологией (нейрофизиологией) двигательной активности, приведем соображения Спинозы в интерпретации Э. В. Ильенкова (1974). «...Человеческая рука может совершать движение и по форме круга, и по форме квадрата, и по форме любой другой... фигуры, обнаруживая тем самым, что структурно анатомически она заранее не предназначена к какому либо одному из названных действий ...Человек мыслящее тело строит свое движение по форме любого другого тела» (с. 34). Следовательно, в мозгу человека могут формироваться любые программы двигательных действий, выполнение которых ограничивают пространственные, силовые и скоростные возможности ойорно двигательного аппарата.

Программы движений, образы граничных поз являются идеальными представлениями. В природе нет идеального, однако человек тренирует органы своего тела на предметах окружающей среды, поэтому среда, его тело, способы управления закодированы в виде нервно-мозговых структур, т.е. вполне материально. Идеальное есть, следовательно, субъективное бытие предмета, или инобытие предмета в другом (мозг человека). На основе этих гносеологических положений можно утверждать, что человек представляет себя как часть пространства и мыслит перемещения своего тела в модели внешнего пространства. Он не знает анатомии и не может сознательно управлять определенными мышцами ради достижения поставленной цели.

В биомеханике можно не знать устройство мозга, достаточно иметь представление о ЦНС как о "черном ящике". Здесь проходит граница между физиологией и биомеханикой. Биомеханик должен овладеть методом программирования произвольных двигательных действий, обеспечивающих достижение



заранее заданной цели. Такую же цель преследует тренер, когда пытается понять технические ошибки своего ученика и дать такие директивы, применение которых должно привести форму двигательного действия к желаемому виду.

Объект и предмет теоретической биомеханики

На основании этих методологических положений можно определить объект и предмет исследования *теоретической биомеханики движений человека*:

**ОБЪЕКТ** - опорно-двигательный аппарат человека (моделируется в виде скелета, мышц) и ЦНС, участвующий в реализации спортивно-технических действий в среде с заданными механическими свойствами;

**ПРЕДМЕТ** - закономерности построения моделей ОДА и программ управления ими в сознании человека, обеспечивающих выполнение произвольных и целенаправленных двигательных действий, т.е. биомеханизмы двигательных действий.

**СРЕДА** - трехмерное пространство и материальные тела, с которыми взаимодействует объект исследования (человек).

Моделирование ОДА человека требует использования идеальных моделей теоретической механики. В теоретической механике применяются модели: двух или трехмерное пространство, время, материальная точка, абсолютно твердое тело (стержень), шарнир, кинематическая цепь, идеальная жидкость или газ и др. Все эти модели применяются в биомеханике, но для получения адекватной модели ОДА необходимо иметь модели мышцы и функциональной модели ЦНС различного уровня сложности (например, "черный ящик" всей ЦНС, который может иметь только один вход и выход). Следовательно, объект биомеханики пересекается с объектом теоретической механики, однако, не полностью. Если объединить вместе элементы ОДА и блок управления, то, согласно теории машин и механизмов, мы получим механизм, с помощью которого можно производить какие-либо целевые преобразования.

В биомеханике эту конструкции логично обозвать биомеханизмом, поскольку включает элементы - мышцу и ЦНС,

функционирующие по биологическим законам. Поэтому дадим **И** ж-дующее определение биомеханизму. **Биомеханизм - модель части или всего ОДА человека, функционирование которой\* it соответствии с программой управления мышцами, обеспс 'Т и вает достижение цели двигательного действия.** В частное ти, повышает эффективность двигательного действия за счет и ре образования одного вида энергии в другой, или способствует жономизации метаболической энергии, или способствует **ВЫ коду** максимума механической мощности без выхода за оиреде пенные физиологические критерии оптимальности функционп Им >вания организма,

#### **биомеханизм как система**

Биомеханизм как целостная система состоит из совокупно **СПИ** элементов, входящих в ее состав. Каждый элемент обладает определенными свойствами, которые могут по-разному провн ияется в движениях человека.

Можно выделить следующие элементы:

#### 1) Мышца как:

преобразователь химической энергии в механическую; упругий элемент, способный накапливать и отдавать нц-ргию; вязкий элемент, способный демпфировать внешние **in грузки**; передатчик энергии (мощности) от других источи и к о и hi ерши.

#### 2) Кость как:

рычаг для передачи силы или энергии; маятник для преобразования энергии; стержень для опоры и противодействия внешним **HI грузкам**.

#### 3) Сустав как:

шарнир, соединяющий кости в кинематические **цепи!** шарнир, ограничивающий подвижность костей **отно< и сельно** друг друга.

4) Блок управления мышцей (группой мышц-синергистов) как черный ящик, имеющий один вход и один выход. На вход поступает информация об интенсивности и начале выполнения упражнения, на выходе изменение относительной активности мышцы (мышц) во времени, другими словами, программа управления. Программа управления активностью мышцы (мышц) формируется человеком (или ученым для спортсмена) произвольно до начала движения.

Мышцы, кости, суставы, блок управления идеальные объекты теоретической биомеханики. Из этих конструктивных элементов человек создает из своего тела более или менее сложные системы биомеханизмы, с помощью которых достигается заранее поставленная цель движения.

Таким образом, развитие теоретической биомеханики приводит к стыковке ее с динамической морфологией и физиологией. Понятие биомеханизм становится объединяющим звеном. Конструкция биомеханизма - предмет анатомии, функционирование биомеханизма - предмет биомеханики и физиологии. Следовательно, теория в биомеханике есть описание биомеханизмов и способов достижения цели двигательного действия с помощью построения из тела человека и применения биомеханизмов во времени.

#### 4.5.9. Этапы исследований в теоретической биомеханике

##### Задачи биомеханики

В соответствии с объектом и предметом исследования, а также логикой развития теоретического исследования можно определить следующие *задачи теоретической биомеханики*:

разработка умозрительных и математических моделей ОДА;

исследование свойства моделей ОДА биомеханизмов энергообеспечения движений человека;

разработка методов решения задач конструировании программ произвольного управления моделями ОДА - биомеханизмами энергообеспечения движений человека.

##### *Задачи экспериментальной биомеханики:*

измерение пространственных, временных, динамических и электромиографических характеристик при движении человека;

группировка и систематизация экспериментальных данных;

оценка вклада биомеханизмов энергообеспечения движений человека в целостное двигательное действие.

##### !) **Этапы биомеханического исследования**

Последовательность действий при проведении научного исследования включает следующие *этапы*:

1. Предварительный сбор информации и ориентировочная постановка цели исследования.
2. Уточнение цели и задачи исследования.
3. Построение модели объекта.
4. Изучение свойств модели с помощью умозрительного или математического моделирования.
5. Решение задач исследования с помощью модели, формулировка рабочей гипотезы.
6. Экспериментальная проверка рабочей гипотезы. Доказательство достоверности предложенной теории и ее следствий.
7. Оформление результатов исследований в виде отчета, статьи, монографии, диссертационной работы.

В научной деятельности ученого биомеханика следует стремиться к проведению как умозрительного, так и математического моделирования. В практике тренера при анализе техники выполнения упражнения и выявлении ошибок необходимо (реально возможно) использовать умозрительное моделирование.

Тело человека в зависимости от поставленной задачи движения (цели движения) можно рассматривать, например, как

одионочный биомеханизм, предельно простой случай - тело человека представляется как материальная точка, перемещающаяся по линии на плоскости, так и как совокупность биомеханизмов. Очень важно понимать, что человек произвольно управляет своими мышцами, он может произвольно конструировать из своего тела произвольные биомеханизмы. Например, во время бега человек может перестать махать руками или двигать ими в противоположном направлении. При выполнении спортивных движений, которые имеют четкую цель двигательного действия, произвол управления ;меняется на вполне закономерное программирование. Одна со программа управления строится в соответствии с двигательным опытом и интуицией человека, иногда в соответствии с опытом и знаниями тренера. Задача биомеханика сводится к конструированию из тела в каждый момент или определенный период движения биомеханизмов и объяснению способа управления ими, поиску и доказательству наиболее эффективных способов управления для достижения цели движения при заданных уровнях развития силы, максимальной скорости сокращения мышц. Согласование в действиях биомеханизмов является еще одним фактором повышения эффективности двигательного действия.

В результате построения какой-либо частной теории биомеханика описывает необходимость выполнения движения каким-либо биомеханизмом. Для доказательства корректности теоретических положений недостаточно показать корректность суждений в обычном, хорошо известном упражнении (можно произвольно подвести суждения под заранее известный факт). Следует изменить условие выполнения упражнения. Существуют возможности по изменению массинерционных характеристик сегментов тела, ограничение подвижности в суставах, изменение силовых возможностей мышц, опорных поверхностей и т.п. Очевидно, что спортсменов надо предварительно обучать новому способу выполнения упражнения в соответствии с теоретическими положениями.

#### 4.6. Методы спортивной физиологии

Физиология - наука, изучающая функции и механизмы, деятельности отдельных клеток, органов и систем органов, а также организма в целом (Я.М. Коц, 1982). Физиология располагает большим арсеналом методов экспериментального исследования как инвазивных, так и неинвазивных. В спортивной физиологии и тем более в практике работы со спортсменами используются неинвазивные методы оценки работоспособности основных систем организма,

##### *Пульсометрия*

Частота сердечных сокращений измеряется с помощью финского прибора Polar Vantage NV, Polar Advantage Interface или другими аналогичными приборами. Пояс с передатчиком и декодером устанавливается на груди, на 2-3 см ниже линии крепления к ребрам большой грудной мышцы. R-R интервалы регистрируются как в наручном приборе, так и прямо в ЭВМ через интерфейс. Участки кривой ЧСС-время обрабатываются либо с помощью программ приложенных фирмой Polar или с использованием стандартных статистических программ Excel.

##### *Лактатометрия*

Концентрация молочной кислоты в пробе крови определяется, например, по методу Баркера-Саммерсона в модификации Штрёма, или концентрацию лактата определяют с помощью портативного прибора - Accusport Portable Lactate Analyzer. Забор крови производится из пальцев руки или из мочки уха,

##### *"рН"метрия*

Концентрацию ионов водорода в крови определяют с помощью IL-1600. Забор крови производится из пальцев руки или из мочки уха.

## Газоанализ

Исследование выдыхаемого воздуха изучается с помощью газоанализаторов. Например, в работе Сони Бордин (2000) при использовании велоэргометра анализ содержания кислорода и углекислого газа, легочной вентиляции выполнялся с помощью "Cardiopulmonary Diagnostic Systems Medical Graphics" USA.

Во время бега на тредбане производился забор выдыхаемого воздуха, который анализировался в газоанализаторе "Pargo Medics". Анализ парциального давления кислорода выполнялся на основе парамагнитного эффекта, а углекислого газа - по степени поглощения инфракрасного излучения.

Результаты измерения усреднялись за каждые 30 с времени упражнения.

Лабораторное тестирование выполнялось с целью определения аэробного и анаэробного порогов.

При тестировании на велоэргометре педалирование выполнялось с темпом 75 об/мин. Нагрузка задавалась ступеньками. На первой ступеньке устанавливалось сопротивление 0,5 Кр (5Н). Через каждые две минуты сопротивление на велоэргометре увеличивалось на 0,5Кр (37Вт). Упражнение заканчивалось при достижении максимального потребления кислорода.

При беге на тредбане нагрузка задавалась также ступенчато. Процедура тестирования заключалась в ступенчатом нарастании скорости бега. Начальная скорость была 6,4 миль/час, затем каждую минуту скорость бега возрастала на 1 миль/час (1,6 км/час). При достижении скорости 10 миль/час (16,1 км/час) увеличивался угол наклона беговой дорожки (2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 градусов).

### Методы определения свойств мышечного аппарата

Физические свойства мышц - сила, скорость и мощность сокращения, определяются количеством мышечных волокон, а в каждом мышечном волокне количеством миофибрилл,

ЛТФ-азной активностью миозина, массой **митохондриальной** (истемы, запасами гликогена и жира. Запас молекул АТФ и КрФ обусловлен степенью гипертрофии мышечного волокна.

**Метод определения количества миофибрилл.** Для определения количества миофибрилл в данной мышечной группе обычно измеряют их максимальную изометрическую силу и ли максимальный вес, который могут преодолеть они. Более удачно оценивать состояние мышц на приборе, который используется и для оценки других характеристик состояния атлета. Таким прибором является велоэргометр.

Максимальная алактатная мощность (**МAM**) определяем на велоэргометре по величине установленного сопротивления (F, Н) и максимальному темпу (R, 1/с), который достигается в ходе спурта.

$$MAM = F * R \text{ (Вт)}.$$

Обычно максимальный темп наблюдается на 4-7 с **спурте**. Нагрузка подбирается такой, чтобы максимальный темп был около 120-140 об/мин (0,45 – 0,50 1/с). Заметим, что при достижении максимального темпа силы инерции, возникающие при разгоне маховика велоэргометра, равны нулю.

Вращение педалей можно выполнять ногами (сидя в седле) или руками. В первом случае дается оценка, по терминологии ТиМФВ, скоростно-силовым возможностям мышц ног, в **НТО** ром - рук и туловища. Абсолютная величина **МAM** определяется количеством миофибрилл и АТФ-азной активностью **активных** мышечных волокон. Если тестирование выполняется повторно, то изменения будут связаны только с ростом количества **МИО** фибрилл, поскольку АТФ-азная активность миозина **наследуемый** фактор (Р. Коті, 1979).

Таким образом, контроль МAM позволяет косвенно оценить уровень силовой подготовленности мышц атлета или количество миофибрилл в активных, в данном тесте, мышцах.

**Метод определения митохондриальной массы.** Митохондрии поглощают кислород, ионы водорода, АДФ, Ф, ни рун ли или жирные кислоты, выделяют углекислый газ, воду, АТФ. Если масса митохондрий и фермента лактатдегидрогенины

сердечного типа (ЛДГ-С) преобладают в мышечном волокне, то такое волокно называют окислительным. В других мышечных волокнах преобладают ферменты гликолиза и лактатдегидрогеназы мышечного типа (ЛДГ-М), поэтому при их активации развивается анаэробный гликолиз, а мышечные волокна классифицируются как гликолитические.

Для определения мощности (массы) митохондриальной системы активных мышц применяется ступенчатый тест. При педалировании на велоэргометре с заданным темпом каждые 2-4 мин увеличивают сопротивление. Увеличение сопротивления в заданных условиях означает рекрутирование мышечных волокон от окислительных к гликолитическим. После рекрутирования всех окислительных МВ начинают функционировать промежуточные (ПМВ) и затем гликолитические МВ (ГМВ). В крови начинают накапливаться продукты анаэробного гликолиза - Н, лактат,  $CO_2$ , которые стимулируют деятельность сердца и органов дыхания. Этот момент определяется как аэробный порог, и по нему можно судить о силе окислительных МВ, которая проявляется в аэробном режиме энергообеспечения. Дальнейшее увеличение сопротивления (мощности) приводит к моменту нарушения динамического равновесия, когда количество продуцируемого лактата активными ПМВ и ГМВ становится большим его потребления в ОМВ. Этот момент определяется как анаэробный порог, и он характеризует максимальную мощность митохондриальной системы.

Таким образом, по величине потребления кислорода или мощности на АНП можно судить о митохондриальной массе активных мышц, а по сопротивлению на уровне АЭП о силе окислительных мышечных волокон.

**Ударный объем сердца.** Сердце выполняет функцию перекачивания крови. Его производительность зависит от ударного объема и частоты сокращений. Максимальный минутный объем сердца наблюдается при работе ногами и достижении 180-190 уд/мин, а ударный объем при ЧСС 120-150 уд/мин. В ходе тренировочного процесса возможно увеличение производительности сердца, т.е. происходит изменение ударного объема

сердца (УОС), поэтому необходимо регулярно контролировать рои. и  $i$  эту характеристику.

Для выполнения оценки УОС сначала вычисляют мощность (педалирования на велоэргометре или скорость бега на тредмилле), соответствующую ЧСС 170 уд/мин по следующей формуле:

$$M_{170} = M_1 + (M_2 - M_1) * (170 - ЧСС_1) / (ЧСС_2 - ЧСС_1),$$

где  $M_1$  - мощность первой нагрузки;

$M_2$  - мощность второй нагрузки;

ЧСС<sub>1</sub> - частота сердечных сокращений на первой нагрузке (в диапазоне 100-130 уд/мин);

ЧСС<sub>2</sub> - частота сердечных сокращений на второй нагрузке (в диапазоне 150-170 уд/мин).

Примечание: у некоторых спортсменов на АНП фиксируется ЧСС 120-150 уд/мин, поэтому выполнение упражнения с мощностью выше АНП приводит к неадекватному росту ЧСС. Это приводит к ошибке оценки МПК, а главное к чрезмерному напряжению организма испытуемого.

Коэффициент полезного действия (КПД) при педалировании с темпом 60-90 об/мин составляет 19-24%, в среднем 23%. Это дает основание к вычислению потребления кислорода по мощности, демонстрируемой на велоэргометре:

$$ПК = M_{170} / k,$$

где  $k = 78$  Вт/л $O_2$ .

Знание величины потребления кислорода позволяет воспользоваться формулой В. Bevegard (1960,1963) для оценки минутного объема сердца:

$$МОС = 5,9 * ПК + 4,36 \text{ (л/мин)}.$$

Если потребление кислорода было определено для ЧСС 170 уд/мин, то ударный объем сердца можно вычислить:

$$УОС = МОС / 170.$$

Было замечено, что ударный объем сердца при работе руками, как правило, бывает меньше значения, регистрируемого при тестировании ног.

**Модельные характеристики как метод оценки физического развития систем и органов спортсменов**

Для контроля за уровнем подготовленности спортсменов, например, борцов, необходимо сравнивать достижения данного спортсмена с модельными характеристиками борцов разного уровня подготовленности. Функциональные возможности борцов существенно зависят от весовой категории, поэтому необходимо разрабатывать модельные характеристики с учетом массы спортсменов.

Легкие, средние и тяжелые весовые категории могут быть сгруппированы. Поскольку по составу тканей тела борцы этих весовых категорий различаются мало, было предположено, что по характеру двигательной активности и телосложению могут быть следующие группы модельных характеристик:

- менее 65 кг легкий вес,
- от 65 до 80 кг средний вес,
- более 80 кг тяжелый вес.

Для супертяжеловесов следует разрабатывать особые модельные характеристики.

В работе Перемышлева (2000) были разработаны модельных характеристик для легкой, средней и тяжелой весовых категорий. В эксперименте приняли участие 24 борца греко-римской борьбы. Возраст 20-24 года, квалификация: мастера спорта и мастера спорта международного класса. Все испытуемые были разделены по весовым категориям, в весовые категории случайным образом были отобраны по 8 спортсменов.

Каждый спортсмен прошел обследование в лабораторных условиях. В табл. 13, 14 представлены данные обследования спортсменов. В них приведены округленные средние данные для каждой весовой категории по относительным показателям, характеризующим уровень скоростно-силовой подготовленности (МАМ/масса тела), аэробной подготовленности мышц (мощность АэП/масса тела, мощность АнП/массу тела) и работоспособность сердечно-сосудистой системы (PWC170/Массу тела).

Анализ данных этих таблиц показывает, что уровень аэробной подготовленности мышц ног должен быть относительно выше у спортсменов более легких весовых категорий, а по показателям аэробной подготовленности мышц и работоспособности сердечно-сосудистой системы существенных различий нет.

Полученные в ходе эксперимента экспериментальные данные могут использоваться для оценки уровня функциональной подготовленности борцов высшей квалификации.

**Таблица 13.**

**Модельные характеристики борцов высшей квалификации по показателям функциональной подготовленности в греко-римской борьбе**

Весовая категория	МАМ Вт/кг	АэП Вт/кг	АнП Вт/кг	PWC170 Вт/кг
Ноги				
Менее 65 кг	8,8	2,5	2,9	3,1
65-80 кг	9,1	2,3	2,7	2,9
Более 80 кг	9,4	2,1	2,5	2,7
Руки				
Менее 65 кг	9,6	0,8	1,1	1,4
65-80 кг	9,7	0,8	1,1	1,4
Более 80 кг	10,0	0,8	1,1	1,4

**Таблица 14.**

**Модельные характеристики физической подготовленности борцов высшей квалификации по данным педагогического тестирования**

Весовая категория	Подтягивание, раз	Отжимание, раз	Жим лежа Вес/раз
	$X \pm \sigma$	$X \pm \sigma$	$X \pm \sigma$
<60	22 ± 5	60 ± 10	60 ± 20
<75	23 ± 8	50 ± 12	70 ± 16
<85	21 ± 6	45 ± 8	80 ± 14
<100	24 ± 4	40 ± 4	100 ± 8
>100	15 ± 3	40 ± 5	110 ± 8

#### 4.7. Методы биокибергагики

Выбор методов построения абстрактных моделей системы управления движениями человека в биокибергагике осуществляется на основе разделов общей науки об открытых, неоднородных, развивающихся искусственных систем:

1. Общая теория проектирования и производства искусственных систем.

Системы виртуальной реальности (VR-системы) - преобразуют пользователя в виртуального субъекта, способного совершать в виртуальном мире действия, которые нельзя выполнить в реальном мире.

2. Общая теория управления сложными искусственными системами.

Мягкие вычисления. В последнее время наиболее популярной схемой мягких вычислений стали - нечеткий регулятор, нейронная сеть, генетический алгоритм.

Нечеткие системы (регуляторы). Математический метод позволяет описывать правила функционирования системы на качественном уровне - на естественном языке, используя критерии "близко - далеко", "хорошо - плохо", "много - мало", "быстро - медленно" и т.д.

Генетические алгоритмы (ГА) - это алгоритмы оптимизации и машинного обучения, основанные на биологической аналогии и имитирующие некоторые механизмы процесса эволюции.

Нейронные сети (НС) - структура для обработки когнитивной информации, основанная на моделировании функций мозга.

Первые попытки использования теории нейронных сетей применительно к моделированию процесса обучения двигательным действиям в спорте уже сделаны. Также показана перспективность использования гибридных интеллектуальных систем при моделировании нейробионических иерархически, гетерархично или холонически организованных саморазвивающихся многоагентных систем.

#### 4.8. Методы математической статистики

Результаты большинства экспериментов требуют статистической обработки. Статистический метод объединяет большое число различных методик и приемов, которые подробно описываются в соответствующих пособиях. Здесь дается лишь общая характеристика следующих основных этапов:

- статистическое наблюдение;
- статистическая группировка данных;
- анализ статистических материалов.

##### 4.8.1. Статистическое наблюдение

В зависимости от цели исследования выбирают генеральную совокупность, из которой извлекается выборка. Основой выборки является единица отбора, в физическом воспитании обычно спортсмены. Формирование выборки может выполняться методом простого случайного отбора, расслоенным случайным отбором, систематическим отбором и другими.

Простым случайным отбором называют способ извлечения определенного количества единиц отбора из генеральной совокупности.

Подсовокупности

При расслоенном отборе совокупность, содержащая  $N$  единиц, сначала подразделяется на подсовокупности, состоящие соответственно из  $N_1, N_2, N_3 \dots N_L$  единиц. Эти подсовокупности не содержат общих единиц отбора, поэтому вся совокупность есть сумма

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_L.$$

Подсовокупности еще называют слоями. Отбор из каждого слоя производится случайно (простой случайный отбор). Объемы выборок внутри слоев обозначаются соответственно через  $n_1, n_2, \dots, n_L$ .

Расслоение - довольно распространенный прием, он применяется в случае необходимости выявления формы

эмпирического закона. Например, для определения взаимосвязи между массой и длиной тела у мужчин 20-30 лет необходимо взять в качестве независимой переменной массу тела, разбить диапазон возможных случаев наблюдения массы тела на слои (менее 50, 50-60, 61-70, 71-80, 81-90, 91-100, более 100 кг). Затем выполнить простой случайный отбор в каждом слое с регистрацией массы и длины тела. Длина тела является зависимой переменной. В некоторых случаях, когда заранее известен закон распределения признака у выборки, например, нормальный закон распределения, производят случайный отбор в каждый слой с учетом частоты встречаемости данных величин признака. В итоге формируется выборка с заданным законом распределения, но значительно меньшая по объему чем генеральная совокупность.

Систематический отбор выполняется на известной выборке, например, участников соревнований по лыжным гонкам, у которых надо определить массу и длину тела. Однако участников более 500, а измерить можно лишь 30 спортсменов. В этом случае измеряют характеристики строго у каждого 17, 34, 51 и т.д. спортсмена. Такой отбор имеет строгое правило, поэтому его легче осуществлять, а также точность, поскольку мы имеем слои (по 17 единиц) и по одному представителю из каждого слоя.

#### 4.8.2. Особенности анализа статистического материала

Различают параметрическую и непараметрическую математическую статистику. Параметрическая статистика строится на основании параметров данной совокупности, например средней арифметической  $\bar{X}$  и среднем квадратическом отклонении  $\sigma$ ; б) непараметрическая - на вариантах и частотах их встречаемости у данной выборки.

Большинство методов математической статистики разработаны для нормального закона распределения изучаемых показателей. В случае отклонения от нормального закона применение обычных методов приводит к грубым ошибкам и выводам. Поэтому при наличии, в частности, асимметрии в распределении

признака выполняют математическое преобразование исходных данных (например, возведение в какую-либо степень), с последующей проверкой полученных данных на нормальность распределения.

Применение методов для проверки статистических гипотез ( $H_0$  достоверности различий между выборочными параметрами  $X$  и  $o$ ) требует предварительной проверки изучаемых признаков на нормальность распределения. Такими методами являются дисперсионный анализ, t-критерий Стьюдента.

Высшим достижением эмпирического исследования является установление эмпирического закона, выраженного в аналитическом виде. Первым шагом на пути выявления эмпирического закона, суть которого связана с реально существующей причинно-следственной связью, является вычисление коэффициента корреляции, а затем факторного и регрессионного анализа. Здесь надо заметить, что выборка должна формироваться методом расслоенного отбора. В этом случае удастся соблюсти следующие условия:

- независимые переменные представляют собой неслучайный набор чисел;
- случайные ошибки имеют нулевую среднюю и конечную дисперсию, подчинены нормальному закону распределения;
- между независимыми переменными отсутствуют корреляция и автокорреляция.

Для определения независимости признаков полезно использовать факторный анализ, который позволяет снижать размерность описания взаимосвязей между признаками. Столбцы матрицы факторных весов содержат коэффициенты корреляции между фактором и признаком. Эта информация позволяет найти признаки наиболее тесно связанные с данным фактором, т.е. между собой, а затем для любого из признаков найти независимые переменные для построения линейных уравнений множественной регрессии.

В работе В.М. Зациорского "Кибернетика, математика, спорт" (1970) приведена таблица результатов корреляционного анализа между достижениями в отдельных видах легкоатлетического



десятиборья, представленных в виде набранных очков по отдельным видам многоборья. Эта корреляционная матрица была

по Г. Харману (1972). Решение представлено в табл. 15

Таблица 15.  
Факторные веса (умножены на 100) по видам десятиборья

Виды десятиборья	Факторы			
	I	II	III	IV
Бег 100 м	71	32	-14	-21
Прыжок в длину	75	12	10	13
Толкание ядра	76	-35	-21	-15
Прыжок в высоту	57	19	-08	-00
Бег 400 м	59	48	24	29
Бег 100 м с/б	69	10	-23	-14
Метание диска	67	-32	-00	16
Прыжок с шестом	39	-33	31	13
Метание копья	65	-30	21	-07
Бег 1500 м	09	19	36	-37
Вклад в общую дисперсию	58	13	07	05

Как интерпретировать результат факторного анализа?

Выборка из 54 спортсменов была сформирована из участников Олимпийских игр 1952,1956,1960 гг. От олимпиады к олимпиаде подготовленность многоборцев растет, поэтому выборку можно рассматривать как совокупность атлетов с примерно равной технической, но разным уровнем физической подготовленности. Все квалифицированные десятиборцы имеют схожее телосложение, которое характеризуется длиной тела выше среднего 180-190, длинными ногами, узким тазом, широкими плечами, равномерной гипертрофией мышц на верхних и нижних конечностях. Мышцы должны быть с преимущественным содержанием быстрых мышечных волокон. Мышечная композиция наследуется, следовательно, уровень физической подготовленности десятиборцев определяется, прежде всего, силой

(количеством миофибрилл в мышечных волокнах) мышц ног, рук, туловища, мышечной выносливости (отношение массы митохондрий к массе миофибрилл в мышцах), размером сердца.

Эти теоретические умозаключения можно подтвердить в ходе анализа результатов факторного анализа (табл. 1). Например, высокие коэффициенты корреляции первого фактора с результатами в отдельных видах многоборья свидетельствуют о том, что с ростом квалификации атлета, увеличивается сила всех основных мышц. Исключение составляет результат в беге на 1500 м, который обусловлен другим фактором (в таблице это 3-ий фактор).

После устранения влияния первого фактора из общей дисперсии выборки выявляется второй фактор. Он имеет наивысшие положительные коэффициенты корреляции (факторные нагрузки) с бегом на 400 м (48), 100м (32) и 1500 м (19), отрицательно коррелирует с толканием ядра (-35), метанием диска (-32), метанием копья (30) и прыжком с шестом (-33), следовательно, локальная силовая выносливость мышц ног (относительно тяжелые *яоIII*) способствуют достижению высоких результатов во всех беговых дисциплинах, а избыточная масса мышц нижних конечностей отрицательно связана с результатами в метаниях. Следует напомнить, что положительный вклад силы мышц верхних и нижних конечностей уже был учтен в первом факторе.

Устранение влияния второго фактора на общую дисперсию выборки позволило выявить третий - аэробная подготовленность (видимо уровень потребления кислорода на анаэробном пороге). Это умозаключение следует из наличия наивысшего коэффициента корреляции третьего фактора с набранными очками в беге на 1500 м (36). Третий фактор положительно коррелирует еще с результатом на 400 м (24).

После устранения влияния на общую дисперсию трех факторов в оставшейся дисперсии основную долю составила дисперсия, приходящаяся на результат на 1500 м (-37), 400м (29). Очевидно, что этот фактор связан с массой мышц верхнего плечевого пояса. Интенсивная работа массивных рук в беге на 400 м

способствует увеличению амплитуды изменения высоты общего центра массы тела, а значит длины шага. Массивные руки в беге на 1500 м являются лишним грузом, интенсивная их работа приведет к увеличению потребления кислорода, которого, как правило, не хватает для мышц ног.

Таким образом, по результатам факторного анализа можно предложить построить уравнение множественной регрессии для предсказания суммы очков:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3,$$

где  $X_1$  - толкание ядра,  $X_2$  - бег на 400 м,  $X_3$  - время бега на 1500 м.

С помощью такого уравнения можно предсказывать результат в сумме многоборья для спортсменов, относящихся к данной генеральной совокупности, т.е. для действующих десятиборцев высшей квалификации 1952 - 1960 гг. Применять такое уравнение для нашего времени уже нельзя, поскольку поменялись правила начисления очков за результаты в отдельных видах. Требуется повторить исследование.

Следует сделать еще одно замечание, интерпретация результатов факторного анализа может корректно выполняться только на основе моделирования объектов - десятиборцев (в нашем случае мысленного имитационного моделирования). Результат моделирования является лишь рабочей гипотезой, которую еще необходимо доказать прямыми исследованиями. Например, методами биомеханики можно доказать предположение о важности интенсивной работы рук в беге на 400 м, а методами биоэнергетики отрицательное влияние работы мышц рук на скорость бега. В случае использования примитивных моделей интерпретация факторных решений приводит к порождению новых терминов, не имеющих глубокого обоснования, засоряющих науку.

#### 4.9. Педагогическое наблюдение

Педагогическое наблюдение это организованный анализ и оценка учебно-тренировочного процесса без вмешательства в его течение. Организация связана с четким определением объекта наблюдения, целью, приемов исследования, проверкой выводов наблюдения.

К достоинствам метода наблюдений относятся:

- наблюдение реального педагогического процесса;
- события фиксируются в момент их явления;
- наблюдатель независим от мнений испытуемых.

К слабым сторонам относятся:

- элементы субъективизма у наблюдателя;
- недоступность некоторых сторон наблюдаемого объекта (мыслительной деятельности);
- ограниченность объема наблюдений для одного исследователя;
- пассивность исследователя.

Педагогическое наблюдение можно использовать для наблюдения без искажений педагогического процесса, в частности, для корректной интерпретации данных, полученных другими методами (хронометраж, контрольные испытания).

Важнейшей особенностью педагогического наблюдения является кодируемая единица наблюдения. Она должна описывать какую-то качественную особенность объекта и позволять ее количественно оценивать. Количественная регистрация может выполняться частотным способом (подсчет количества событий) или оценочным (с применением предварительно разработанной оценочной шкалой). Оценочный способ более информативен, поэтому ему следует отдавать предпочтение.

##### Виды наблюдений

Виды педагогических наблюдений:

- по объему (проблемные и тематические);
- по программе (разведывательные и основные);
- по стилю (включенные и невключенные);

по осведомленности (открытые и закрытые);  
по времени (непрерывные и прерывные).

Проблемные наблюдения ведутся по многим показателям, как правило, осуществляются коллективно. Тематическое наблюдение - составная часть проблемного, может выполняться одним исследователем. По степени отработанности программы исследования могут разделяться на разведывательные и основные наблюдения. Включенные наблюдения выполняются "изнутри", когда сам исследователь проводит эксперимент или участвует в нем. В этом случае исследователь получает дополнительную объективную информацию об ощущениях испытуемых по ходу проведения эксперимента. Невключенное наблюдение производится без какого-либо личного участия экспериментатора (наблюдение со стороны). Открытым наблюдением называется эксперимент, в котором все участники осведомлены о том, что за ними наблюдают. Зарытый эксперимент - скрытое наблюдение. Непрерывное наблюдение предполагает фиксацию событий от начала до конца какого-либо явления (тренировка, урок и т.п.). Прерывистое наблюдение (дискретное) связано с фиксацией каких-либо временных отрезков относительно целостного педагогического процесса. Например, можно фиксировать лишь наиболее важные моменты тренировки, которые составляют ее суть, без специальной фиксации процесса разминки или заключительной части тренировки.

Организация проведения наблюдения предполагает: определение цели (задач), объекта, способов наблюдения и методов анализа его результатов.

Для фиксации результатов наблюдения используют протоколирование (словесное описание, графическое описание, стенографирование), фотографирование, киносъемка, звуко- или видеозапись.

#### 4.10. Контрольные испытания

Контрольные испытания проводятся с помощью контрольных упражнений или тестов. Контрольное упражнение - это стандартизованное по форме и условиям проведение двигательных действий с целью определения уровня состояния отдельных систем организма человека. Процесс проведения контрольных испытаний еще называется тестированием. Следует различать лабораторное и педагогическое тестирование.

При разработке теста следует особое внимание уделять его информативности. По результатам теста или совокупности тестов исследователь должен косвенно оценивать состояние морфоструктур в отдельных органах. Приведем несколько примеров.

*Лабораторное тестирование* проводится в стандартных условиях с применением сложного и дорогостоящего оборудования.

Измерение максимальной силы разгибания коленного сустава при углах в коленном и тазобедренном суставах 90 градусов, позволяет оценить количество миофибрилл в мышечных волокнах четырехглавой мышцы бедра. Измерение скорости нарастания мышечного напряжения в этих же условиях позволяет измерить градиент силы, который зависит от максимальной мышечной силы и активности миозиновой АТФ-азы. Если разделить градиент силы на максимальную силу, то можно получить показатель, который относительно в чистом виде оценивает АТФ-азную активность миозина. Регистрация спортивных двигательных действий, например, отталкивания прыжка в длину, с помощью видео, киносъемки или других биомеханических методов позволяет зарегистрировать технику отталкивания, а следовательно, оценить двигательную программу, имеющуюся в центральной нервной системе спортсмена.

К сожалению, часто исследователи не утруждают себя работой по изучению сущности получаемых в тестах оценок. Вся мыслительная деятельность ограничивается присваиванием полученным показателям наименований. Например, измерение

высоты прыжка с места, обозвали тестом по определению некого физического качества - прыгучести. Реально же, при измерении прыжка вверх с места, оценивается техника, максимальная сила (количество миофибрилл) в разгибателях тазобедренного, коленного и голеностопного суставов и АТФ-азная активность этих мышц. Значительно более определенный смысл имеет изменение показателя прыжкового теста у данного спортсмена. В этом случае можно предположить, что техника проста для исполнения и практически не изменяется, а АТФ-азная активность наследуется, поэтому остается только один основной фактор изменения высоты прыжка - сила мышц, увеличение (уменьшение) количества миофибрилл в мышцах. Однако и в этом случае остается некоторая неопределенность, связанная с неясностью, в каких конкретно мышцах произошло увеличение силы. Поэтому исследователи разрабатывали методы измерения силы отдельных мышечных групп (топография мышечной силы).

Для каждого теста необходимо определить погрешность измерения, которая складывается из погрешности прибора и погрешности человека воспроизводить тестовое задание- Как правило, погрешность воспроизведения показаний в тесте значительно больше погрешности прибора, поэтому последней погрешностью обычно пренебрегают. Погрешность теста можно определить с помощью его воспроизведения на группе испытуемых. А затем с помощью дисперсионного анализа определить достоверность различия между повторными тестами (надежность и стабильность теста) и внутригрупповую дисперсию - ошибку теста.

#### *Педагогическое тестирование*

##### Тесты для оценки физической подготовленности

В качестве примера приведем здесь описание тестов, рекомендованных Комитетом министров стран членов ЕВРОФИТА для оценки физической подготовленности населения (детей) от 19 мая 1987 г.

Таблица 16.

#### Тесты для оценки физической подготовленности населения

Компоненты физической подготовленности		
Область	Фактор	Тест
Общая выносливость	Сердце и мышцы	Челночный бег Велоэргометр PWC170
Сила	Статическая сила	Кистевая динамометрия
	Взрывная сила	Прыжок в длину с места
Мышечная	Выносливость рук	Подтягивание на перекладине
Выносливость	Выносливость мышц живота	Подъем туловища из положения лежа
Быстрота	Беговая скорость	Челночный бег 10x5 м
	Быстрота рук	Тарелочный теппинг
Гибкость	Гибкость спины	Сгибание вперед из положения сидя
Равновесие	Общее равновесие тела	Равновесие - "фламинго"
Антропометрическое измерение	Длина тела (см)	
	Масса тела (кг)	
	Жировая масса	(4 складки: на плече спереди и сзади, животе и передней подвздошной)
	Возраст	(год и месяц)
	Пол	

#### Критические замечания

Методология разработки тестов основана на эмпирических исследованиях, в фундамент ее положено представление о человеке как "черном ящике" >>>, обладающем рядом качественных характеристик - физических качеств (сила, быстрота,

выносливость, гибкость). Степень их развития определяют с помощью специальных физических упражнений - тестов.

Очевидно, что рассуждения о силе, быстроте, выносливости и гибкости не имеет прямого отношения к внутреннему строению человека. Поэтому при изменении подхода, при теоретическом рассмотрении объекта исследования, смысловое содержание теста и его результат получает иную интерпретацию.

Ниже приведем возможную теоретическую интерпретацию некоторых рекомендованных тестов.

#### Тестирование выносливости

##### ***Тест для измерения общей выносливости***

Цель - измерить возможности системы доставки кислорода к мышцам.

Челночный бег.

Организация измерения:

в гимнастическом зале отмеряют 20 м, на звуковом магнитофоне записывают ритм пробегания каждых 20 м, он должен изменяться каждую минуту со скорости 8 до 20 км/час,

испытуемый бежит в соответствии с заданным темпом, он может ошибаться до 2 м, важно в момент гудка повернуть в обратном направлении, если не до бежал,

бег выполняется до отказа.

Достоинством данного теста является то, что можно протестировать одновременно группу из 10-20 человек. На магнитофоне записываются слова "первая минута", "вторая минута" и т.д., поэтому каждый может определить момент своего отказа по времени.

Недостатком является то, что тест требует проявления максимума волевых усилий, поэтому момент отказа носит элемент субъективизма. Этот тест невозможно использовать для людей старше 30 лет, а также для не имеющих регулярных спортивных тренировок.

#### Теоретический анализ

В беге со ступенчато возрастающей скоростью **основную** функцию несут мышцы ног и сердце. Рост скорости обусловлен увеличением силы сокращения мышц ног, т.е. рекрутированием мышечных волокон. Сначала рекрутируются медленные (окислительные) мышечные волокна (ОМВ). В момент рекрутирования всех ОМВ достигается скорость бега аэробного порога. Дальнейшее увеличение скорости приводит к рекрутированию гликолитических мышечных волокон (ГМВ), которые функционируют в режиме анаэробного гликолиза, т.е. с образованием ионов лактата и водорода. Лактат и ион водорода (H) накапливается в крови и частично попадает в ОМВ, где превращаются в CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. Поэтому возможно установление динамического равновесия между образованием лактата и H в ГМВ и их поглощением и метаболизмом в ОМВ. Предельное динамическое равновесие соответствует скорости бега на уровне анаэробного порога. Если к этому моменту ЧСС достигает максимума, то лимитирующим звеном в модели является производительность сердца. Если ЧСС не достигла максимума, то лимитирующим звеном являются мышцы ног.

Таким образом, максимальная скорость в ступенчатом тесте не может быть однозначно истолкована. Необходима дополнительная информация в виде графиков во времени изменения ЧСС и легочной вентиляции.

#### Тестирование работоспособности

##### ***Тест PWC170 (лабораторный тест)***

**III** Организация исследования:

испытуемый садится на велоэргометр, устанавливается такая высота седла, чтобы испытуемый мог свободно выпрямить ногу в нижней точке при установке на педаль пятки, измеряется ЧСС в покое, сидя на велоэргометре, задается темп педалирования 60 об/мин, устанавливается первая нагрузка на велоэргометре 0,1 Н/кг массы тела,

с 2 мин 30 с теста начинают измерять ЧСС, лучше прослушивать удары сердца с помощью стетоскопа в середине грудины, пульс считается за 15-30 с,

- длительность ступеньки 3-4 мин,
- если пульс измерен достоверно, то изменяют нагрузку на велоэргометре до 0,3 Н/кг массы тела,
- с 2 мин 30 с очередной ступеньки теста начинают измерять ЧСС, лучше прослушивать удары сердца с помощью стетоскопа в середине грудины, пульс считается за 15-30 с,
- если ЧСС меньше 130 уд/мин, то следует сделать еще ступеньку, так чтобы пульс приблизился к 150 уд/мин.

$$PWC170 = ((W3-W2)/(HR3-HR2)^{(170-HR3)+W3})/m,$$

где  $W3=F3 \cdot K \cdot T \cdot m$  - мощность на третьей (второй) ступеньке (Вт),  $F3$  - нагрузка на велоэргометре (Н),  $k$  - количество пройденных метров за один оборот педалей (обычно бывает 6 м);

$W2=F2 \cdot K \cdot T \cdot m$  - мощность на второй (первой) ступеньке (Вт);

$HR3$  - частота сердечных сокращений на третьей (второй) ступеньке (уд/мин);

$HR2$  - частота сердечных сокращений на второй (первой) ступеньке (уд/мин);

$m$  - масса тела.

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_.

определения PWO70

Фамилия \_\_\_\_\_

Имя \_\_\_\_\_

Отчество \_\_\_\_\_

Длина тела \_\_\_\_\_ (см)

Масса тела \_\_\_\_\_ (кг)

Дата рождения \_\_\_\_\_

Дата тестирования \_\_\_\_\_

ЧСС покоя \_\_\_\_\_

Темп педалирования \_\_\_\_\_

---

Первая нагрузка (F1) (Н)

ЧСС 1 (HR1) (уд/мин)

---

Вторая нагрузка (F2) (Н)

ЧСС2 (HR2) (уд/мин)

---

Третья нагрузка (F3) (Н)

ч с с з (HR3) (уд/мин)

---

Примечание о характере работы испытуемого и его состоянии \_\_\_\_\_

Экспериментатор \_\_\_\_\_

Достоинством проведения теста PWC170 на велоэргометре является то, что практически любой испытуемый может его выполнить, если ноги достают до педалей и могут нормально функционировать.

#### Теоретический анализ

При определении PWO70 выполняют только две ступеньки. Внешняя и внутренняя мощность адекватны, а сердце должно

дать соответствующий минутный объем крови. Чем больше ударный объем сердца, тем меньше будет ЧСС при заданной мощности, иначе говоря - чем больше мощность при ЧСС 170 уд/мин, тем больше ударный объем сердца.

#### **Порядок проведения педагогических тестов.**

1. Равновесие.
2. Быстрота рук.
3. Гибкость позвоночника.
4. Прыжок в длину с места.
5. Кистевая динамометрия.
6. Подъем туловища из положения лежа.
7. Подтягивание.
8. Челночный бег 10 раз по 5 м.

#### **Тестирование равновесия**

*Равновесие (тест - Фламинго)*

Оборудование:

металлический (деревянный) брусок 50 см длины, 4 см высоты, 3 см ширины;  
секундомер.

Инструкция для испытуемого:

старайся держать равновесие на одной ноге как можно дольше, держи одну ногу за стопу, а свободной рукой можешь балансировать.

тест выполняется 1 минуту чистого времени, т.е. после падения секундомер останавливается, но не сбрасывается на ноль,

после падения испытуемый принимает исходную позу с помощью экспериментатора и отсчет времени продолжается до нового падения;

выполняется подсчет количества потерь равновесия.

#### **Тестирование быстроты**

##### ***Быстрота рук***

Оборудование

стол;

на поверхности стола устанавливаются два резиновых круга с диаметром 20 см, расстояние между центрами кругов 80 см, по середине устанавливается прямоугольник шириной К) см и высотой 20 см;

секундомер.

Описание теста.

Испытуемый становится перед столом. Неведущая рука кладется на прямоугольник. Ведущая рука укладывается на один из дисков. После команды "Старт" ведущая рука должна максимально быстро перемещаться с одной тарелки на другую. Выполняется измерение времени выполнения 25 касаний кругов. Тест выполняется два раза, в итог берется лучший результат.

#### **Тестирование гибкости**

Оборудование:

ящик высотой 33 см, длина 35 см, ширина 45 см (его можно использовать для проведения степ-теста) должен упираться в стенку;

рулетка для измерения отрезков длины с точностью до 0,5 см.

Описание теста:

Испытуемый должен сесть перед ящиком и поместить стопы на его стенку. Ноги должны быть выпрямлены. По команде нужно согнуть туловище и прямыми руками достать максимально далекую точку. Измеряется расстояние от края ящика до кончиков пальцев. Если пальцы недотягиваются до края ящика, то полученный результат записывается со знаком "минус". Тест проводится два раза, лучший результат берется за оценку гибкости. Экспериментатор может удерживать ноги испытуемого, не давая им сгибаться.

## Тестирование силы ног

### ***Прыжок в длину с места***

Определяется взрывная сила.

Оборудование:

- нескользящая поверхность для отталкивания;
- гимнастический мат для приземления;
- мел;
- измерительная лента.

Описание теста:

Испытуемый устанавливает обе стопы перед линией (начерченной мелом), сгибает ноги и отводит руки максимально далеко назад и выполняет прыжок вперед и вверх с целью достижения максимальной длины прыжка. После приземления испытуемый должен остаться на ногах в положении стоя. Мелом отмечается место касания мата пятками. Тест выполняется два раза. Измеряется длина лучшего прыжка.

## Тестирование силы рук

### ***Кистевая динамометрия***

Измеряется статическая сила (изометрический режим работы мышц).

Оборудование:

- метрологически проверенный кистевой динамометр.

Описание теста:

Испытуемый в положении стоя берет динамометр в ведущую руку и опускает ее вниз. Сжимает ручки динамометра с максимально возможной силой. Продолжительность напряжения не должна превышать 2 с. Тест проводится дважды, лучший результат фиксируется (точность измерения 1 кгс или ЮН).

## Тестирование выносливости мышц живота

### ***Подъем туловища из положения лежа***

Измеряется выносливость мышц живота

Оборудование:

- гимнастический мат;
- секундомер;
- ассистент.

Описание теста:

Испытуемый садится на мат и ложится на спину, руки сцепляются за головой, ноги согнуты в коленных суставах до угла 90 градусов. Ассистент садится рядом со стопами и держит их руками. По команде "Старт" включается секундомер, испытуемый начинает сгибать туловище до момента касания локтями коленок. Локти при сгибании туловища выводятся вперед, но кисти сцеплены и остаются за головой. Выполняется подсчет подъемов за 30 с

## Тестирование выносливости мышц рук

### ***Подтягивание***

Измеряется силовая выносливость мышц рук.

Оборудование:

- круглая металлическая перекладина, диаметр 2,5 см, закрепленная на высоте удобной для закрепления рук без сильного подпрыгивания для самого высокого испытуемого;
- секундомер;
- мат под перекладиной для подстраховки;
- стул.

Описание теста:

Испытуемый становится под перекладиной, руки вверху, на ширине плеч. Ассистент подхватывает его за талию и **помогает** допрыгнуть до перекладины, и согнуть руки. Вис на согнутых руках сохраняется до возможного предела. Если линия глаз **опустится** ниже перекладины» то тест заканчивается. Измерит и время удержания позы.



## Тестирование быстроты и ловкости

### *Челночный бег 10 раз по 5 м.*

Измеряется быстрота и ловкость.

Оборудование:

- чистый нескользкий пол;
- секундомер;
- рулетка;
- мел;
- стойки.

Описание теста

На полу чертится линия 1 м 20 см - "Старт" на расстоянии 5 м чертится вторая параллельная линия - "Поворот" По краям линий устанавливаются стойки. Испытуемый встает перед линией "Старт" и по команде начинает максимально быстрый челночный бег. При каждом повороте надо следить за тем, чтобы одна из ног пересекала линию, нельзя скользить на ногах при выполнении теста. Фиксируется время пробегания 10 отрезков (50 м). Бег выполняется босиком.

### 4.11. Педагогический эксперимент

Педагогический эксперимент основа развития теории и методики физического воспитания. Следует различать дидактический и физический педагогический эксперимент.

Дидактический педагогический эксперимент направлен на формирование личности человека, в частности, передачу совокупности знаний. Физический педагогический эксперимент связан с решением проблем физического воспитания, т.е. формированием двигательных навыков и развитием физических возможностей (способностей).

Формулировка рабочей гипотезы педагогического эксперимента может выполняться на эмпирическом и теоретическом уровнях познания. На эмпирическом уровне познания исследователь руководствуется формальной логикой и анализирует лишь доступные для наблюдения явления. Как правило, при проведении педагогического эксперимента трудно учесть влияние всех факторов, поэтому результаты его всегда неоднозначны.

Иная ситуация возникает, когда в основу педагогического эксперимента заложено теоретическое исследование. Например план тренировки разрабатывается чисто теоретически, на основе анализа возможных адаптационных процессов, затем логика проверяется с помощью компьютерной программы, имитирующей ход долговременных адаптационных процессов (В. Н. Селуянов и др., 1996). В этом случае разрабатываются такие необычные варианты тренировки, которые вообще не имели места в практике. Экспериментальная проверка их эффективности и будет педагогическим экспериментом. Целью такого эксперимента является проверка предсказаний, изменений в системах и органах организма человека,

### Виды педагогического эксперимента

В соответствии с целью применяют преобразующий или констатирующий эксперимент. Преобразующий (созидательный, формирующий, научно-исследовательский) эксперимент предусматривает разработку принципиально нового для практики педагогического положения, разработанного в соответствии с рабочей гипотезой. **Констатирующий** (контролирующий, практический) эксперимент предполагает проверку эффективности уже известных педагогических положений. Он обычно проводится для сопоставления эффективности известных и неизвестных педагогических положений. Иногда его проводят в новых условиях - на другом возрастном контингенте, спортсменах других видов спорта.

Учет условий проведения эксперимента позволяет разделить их на естественные, модельные и лабораторные. Естественный эксперимент представляет собой реальную практическую деятельность. При этом спортсмены могут знать о **цели** исследования (открытый эксперимент) или не знать (закрытый эксперимент). Модельные эксперименты отличаются от естественных лишь тем, что реальный педагогический эксперимент проводится в относительно строго контролируемых условиях, например, на учебно-тренировочных сборах, где все испытуемые имеют практически одинаковое питание, режим тренировок и отдыха. **Лабораторный** эксперимент существенно отличается от реальной практической деятельности учителя **или**

тренера. Он предполагает проведение в строгих условиях стабилизации сопутствующих факторов исследования влияния управляемого фактора (независимой переменной), на некоторый неуправляемый, но контролируемый фактор (зависимая переменная).

План эксперимента должен строиться с учетом последующей статистической обработкой. Абсолютный эксперимент проводится в стандартных условиях с фиксацией контролируемых показателей. Например, регистрация и вычисление средних арифметических и стандартного отклонения антропометрических признаков, уровня функциональных показателей у спортсменов национальной сборной по определенному виду спорта позволяет получить модельные характеристики. Проведение сравнительного эксперимента возможно по последовательной и параллельной схемам.

**Последовательное** (лонгитудинальное) проведение сравнительного эксперимента предполагает сопоставление данных одного эксперимента с другим, выполненном на одной и той же экспериментальной группе. Во втором исследовании в ход педагогического эксперимента вносят какое-либо изменение, которое должно привести к предсказанному результату, т.е. к определенному изменению некоторого показателя..

**Параллельное** проведение эксперимента предполагает организацию двух или более групп, одна из которых должна быть контрольной, а другие экспериментальные. Учебно-тренировочные занятия и тестирования проводятся одновременно. В этом случае случайные воздействия, связанные с временным фактором, действуют на все группы примерно одинаково, поэтому возрастает уверенность, при наличии различия, в реальности воздействия экспериментального фактора. Для определения достоверности различия между зарегистрированными показателями (градациями фактора) удобно использовать дисперсионный анализ.

#### 4.12. Литературное оформление научного труда

Литературное оформление научного труда требует знания методов изложения и правил технического оформления рукописи.

**К**литературному оформлению научного труда **исследователь** приступает после завершения исследований и **формулирует** основные выводы. Задача исследователя заключается в том, чтобы сделать свой труд достоянием других людей. Поэтому научный труд должен быть понятен, следовательно, отвечать ряду общепринятых требований.

**Точность** языка - правильное, без логических противоречий и строгим соблюдением принятой научной терминологии изложение материалов исследований. Научная терминология избавляет писателя от излишних пояснений, делает текст доступным для подготовленного (образованного) читателя. Однако она не остается постоянной, с течением времени появляются новые термины, а некоторые наполняются новым содержанием. К сожалению, многие исследователи пытаются вводить новые термины, Как правило, "научнообразные термины", латинизированные или англоязычные. Поэтому рекомендуют придерживаться следующих правил:

не засорять научную терминологию надуманными терминами;

предлагать новый термин, если в процессе исследования удалось установить новое явление или понятие, которые нуждаются в соответствующем терминологическом обозначении, или если предлагаемый термин более точно отображает сущность явления, чем ранее существовавший.

**Ясность** языка - умелое использование всего богатства русского языка, словарного запаса, без засорения лишними словами и оборотами речи. Язык должен быть лишен вульгаризмов, жаргонных слов, повторений одних и тех же слов, злоупотреблением иностранными словами.

**Краткость** изложения - написание текста без отклонения от темы, включения в работу известных по энциклопедиям и монографиям крупных отрывков, приведения в тексте однотипных экспериментальных данных. Однако стремление к краткости не должно вредить ясности изложения, необходимо соблюдать «чувство меры».

## ГЛАВА V. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Науки принято классифицировать на фундаментальные и прикладные. Фундаментальные науки изучают объективную реальность как таковую, независимо от практических потребностей общества. Прикладные науки проводят исследования, исходя из практических целей, результаты их должны носить явную экономическую, политическую или другую выгоду.

Управление фундаментальными исследованиями не может выполняться традиционными для производства способами. Обусловлено это тем, что в процессе исследований невозможно предвидеть ни результатов, ни тем более возможностей их использования. Момент появления новой идеи трудно зафиксировать, а, следовательно, нельзя обозначить продолжительность исследования. Практически невозможно установить обратную связь, ибо результат фундаментальных исследований в силу своей универсальности (теоретический результат всегда универсален; чем выше уровень теоретичности, тем большей универсальностью он обладает) может применяться в бесчисленном множестве сфер и чрезвычайно продолжительное время.

Фундаментальные науки должны финансироваться из государственных средств. Для распределения финансов, предназначенных для фундаментальных научных исследований, создаются государственные органы. Распределение средств выполняется с учетом исторически сложившейся ситуации и перспектив развития прикладных исследований на базе достижений определенных фундаментальных наук. Академия наук является одним из социальных механизмов, обеспечивающих справедливое распределение средств, контроль за их использованием, определение перспектив развития фундаментальных и прикладных исследований.

В США фундаментальные исследования ведутся в основном в финансируемых государством научных центрах. Например, объем финансирования составил в 70-ые годы 13% от всех расходов на науку.

Прикладные науки, как правило, осуществляют свою деятельность за счет средств спонсоров, эти средства еще **ПОЯУЧ\*** ли название гранты, фьючеры. Спонсорами обычно **ЯВЛЯЮТЧИ** крупные фирмы, заинтересованные в победе на рынке **товаров** и услуг над конкурентами.

В США прикладные исследования выполняются в **ОСНОВНОМ** в промышленности. Основным источником финансирования является федеральный бюджет (52-53%) и частнопромышленный сектор. Большой вклад в развитие прикладной спортивной науки вносит Олимпийский национальный фонд США. В **о т о** ве его работы лежит финансирование научных исследований с использованием системы грантов. Грант - определенная **сумм.»** денег, которую выделяют на решение актуальной прикладной (иногда фундаментальной) научной задачи. Его получает **тот** из исследователей (независимо от страны), у которого больше шансов решить поставленную задачу. Эксперты руководствуется содержанием научных работ соискателя, учитывают его способности и оснащенность лаборатории. Другой формой финансирования перспективных исследований являются **ве и ч у р ы** Венчуры - форма объединения ученых и лабораторий для **реіне** ния наиболее дорогостоящих прорывных технологий. **Фи на і в и** рование ведется за счет средств фирм-акционеров.

Важнейшим элементом управления наукой является дублирование научной тематики. "По утилитарному счету, - пишет академик Ж. И. Алферов (лауреат Нобелевской премии 2000 года), - два коллектива, занимающихся одной проблемой, **но** идущих разными путями, обходятся дороже, чем один. **Но п.\*** деле наиболее дальновидные организаторы исследований всегда так поступали. Монопольное положение каких-то одних **на** учных коллективов оборачивалось для общества **неизмеримо** большими потерями".

Организация научных исследований в научно-исследовательских институтах (НИИ) строится по-разному. Наиболее часто структура НИИ возникает на базе выделения различных предметов на одном и том же объекте исследования. **Каждое** подразделение разрабатывает план научных **исследовании.**

в основе которого должна лежать теория, а на ее основе формулируются гипотезы исследований, определяются методы исследований. Прикладные исследования в этих подразделениях могут проводиться на базе имеющейся аппаратуры и научного задела.

Организация науки в вузе в развитых странах строится на основе создания научно-исследовательских лабораторий при кафедрах, а также на научно-производственной базе вуза. Профессорско-преподавательский состав преимущественно работает над решением научных проблем и только 30% времени тратит на собственно учебную работу. Большое значение в вузе имеет проведение прикладных исследований, результаты которых затем внедряются в производство, а студенты, принимавшие участие в исследованиях, находят себе место работы по окончании вуза или начинают трудовую деятельность у спонсора еще до окончания учебы.

## ТЕЗАУРУС

**Абсолютное знание** - полное, исчерпывающее восприятие обобщенных представлений об объекте, обеспечивающее абсолютное совпадение образа с объектом.

**Абстракция** (от лат. abstractio - отвлечение) - мысленный процесс отвлечения некоторых свойств и отношений **предметов** от других, которые рассматриваются в данном исследовании как несущественные и второстепенные. Результатом **абстракции** является образование абстрактных объектов.

**Автономное управление** - управление, при котором управляющие воздействия вырабатываются таким образом, что обеспечивается изменение значений каждой управляемой координаты независимо от изменений значений других управляемых координат.

**Аксиома** (постулат) - это положение, которое берется в качестве исходного, недоказуемого в данной теории и из которого выводятся все остальные предложения и выводы теории по заранее фиксированным правилам.

**Аксиоматический метод** - способ построения научной теории, при котором некоторые утверждения (аксиомы) принимаются без доказательств и затем используются для получения остальных знаний по определенным логическим правилам.

**Алгоритм** (от Algorithmi - от латинизированной формы имени среднеазиатского ученого Аль-Хорезми) - конечная совокупность точных предписаний или правил, посредством которых можно решать однотипные или массовые задачи и проблемы.

**Анализ** - метод познания при помощи расчленения или разложения предметов исследования (объектов, свойств и т.д.) на составные части.

**Аналогия** (от греч. analogia - сходство, соответствие) - не демонстративное умозаключение, когда на основе сходства или подобия двух объектов по некоторым их признакам (свойствам и отношениям) делают вывод об их сходстве по другим признакам. Заключение аналогии имеет вероятностный характер, степень подтверждения которого может быть увеличена путем выделения наиболее существенных признаков сходных объектов, увеличения их числа, а особенно выявления внутреннего характера их связи с переносимым признаком.

Аргументация (от лат. argumentation - приведение аргументов) - рациональный способ убеждения, опирающийся на тщательное обоснование и оценку доводов в защиту определенного тезиса, Самым сильным способом убеждения служит доказательство, которое является дедуктивным выводом из истинных аргументов. В большинстве других случаев аргументами выступают правдоподобные суждения.

Артефакт (лат. arte factum - сделанный искусственно) - результат исследования, являющийся следствием изменения зависимой переменной под влиянием побочных переменных. Артефакт есть следствие ошибок или недостаточного контроля условий проведения исследования. Одно и то же явление может быть артефактом в рамках одной экспериментальной схемы и фактом в рамках другой, поэтому явления, не объясняемые принятой теорией, часто трактуются как артефакты.

Безупречный эксперимент - включает в себя следующие признаки: 1) эксперимент, в котором устранены все источники систематических смещений - идеальный эксперимент; 2) эксперимент, в котором бесконечное число проб применяется к бесконечному числу испытуемых, позволяющий учесть бесконечное число побочных переменных; 3) эксперимент полного соответствия, полностью копирующий реальность.

Верификация (от лат. verificatio - подтверждение, доказательство) - процесс установления истинности научных утверждений путем их эмпирической проверки. Служит важнейшим критерием научности выдвигаемых гипотез и теорий, но не все утверждения могут быть проверены таким путем непосредственно. Существуют также косвенные способы верификации посредством выведения логических следствий из непроверяемых утверждений и соотношения их с данными опыта.

Взаимодействие переменных - изменение зависимой переменной под влиянием нескольких независимых переменных в факторном эксперименте. Существует три вида взаимодействия: нулевые, расходящиеся и пересекающиеся. Характеризуются разностью значений зависимой переменной при различных комбинациях уровней независимых переменных..

Возмущение - воздействие извне на любой элемент (подсистему) систему управления, затрудняющее, как правило, достижение цели управления.

Воспроизводимость эксперимента - **возможность** повторить эксперимент другим экспериментатором на основе ли.), ского описания методики.

Выборка (выборочная совокупность) - множество испытуемых, выбранных для участия в исследовании с помощью определенной процедуры (чаще - рандомизации) из генеральной совокупности. Гало-эффект (греч. halos - круг, диск) - тенденция исследователя преувеличивать значение одного из параметров ситуации и распространять его оценку на другие параметры.

Генеральная совокупность - множество объектов эквивалентных по конечному множеству свойств.

Гипотеза - это предположение о причине, которая вызывает данное следствие.

Гипотеза (лат. hypothesis - полагаемое в основу, предположение) ~ утверждение о существовании явления, истинность или ложность которого недоказуема дедуктивно, а может быть проверена только экспериментальным путем. Гипотеза экспериментальная - конкретизация теоретического предположения в терминах зависимой, независимой и дополнительной переменных. Контргипотеза - гипотеза, альтернативная основной.

Гипотетический метод - метод, где осуществляется разработка научной гипотезы на основе изучения физической, химической и т.п. сущности исследуемого явления с помощью способов познания, а затем формулирование гипотезы, составление расчетной схемы алгоритма (модели), ее изучение, анализ, разработка теоретических положений.

Дедукция - умозаключение, в котором вывод о некотором элементе множества делается на основании знания общих свойств всего множества.

Дискриминативность заданий - свойство тестового задания различать испытуемых относительно «максимального» и «минимального» значений шкалы. Для его оценки применяют коэффициент дискриминации, который характеризует критериальную информативность задания по отношению к суммарному тестовому результату.

Дисперсионный анализ - статистический метод для оценки влияния независимых переменных и их сочетания на зависимую переменную. Применяется для обработки данных факторных экспериментов. Основан на разложении общей дисперсии  $\sigma^2$

и сравнении ее отдельных компонентов с помощью критерия Фишера.

**Доверительный интервал.** Доверительные интервалы для некоторой статистики (например, среднего значения или линии регрессии) показывают диапазон вокруг значения статистики, в котором находится истинное значение этой статистики (с определенным уровнем надежности или доверия)

**Достоверность прогноза** - оценка вероятности осуществления прогноза для заданного доверительного интервала.

**Естественный эксперимент** - эксперимент, проводимый в условиях обычной жизни испытуемых. Характеризуется высоким уровнем экологической информативности и низким уровнем внутренней информативности.

**Задача экспериментальная** - задание, которое дано испытуемому в инструкции.

**Закон (научный)** - внутренняя существенная связь явлений, обуславливающая их необходимое закономерное развитие. Закон выражает определенную устойчивую связь между явлениями или свойствами материальных объектов.

**Закон управления** - математическая форма преобразований задающих воздействий, возмущений, воздействий обратных связей, определяющих управляющие воздействия.

**Замкнутая система управления** - система управления, в которой осуществлено управление с обратной связью.

**Знание научное** - идеальное воспроизведение в языковой форме обобщенных представлений о закономерных связях объективного мира.

**Идеализация** - мысленный процесс создания идеальных объектов посредством изменения свойств реальных предметов в процессе предельного перехода. Так возникают понятия идеального газа, абсолютного твердого тела, материальной точки и т.п.

**Измерение** - процедура установления взаимоднозначного соответствия между множеством объектов (состояний) и множеством символов (чисел). В более узком значении - вид эмпирического исследования, в ходе которого исследователь выявляет качественные и количественные характеристики объекта (множества объектов) с помощью внешних средств (приборов, тестов и пр).

Измерение - это физический процесс определения численного значения некоторой величины путем сравнения ее с эталоном.

Индукция - умозаключение от фактов к некоторой гипотезе (общему утверждению).

Инструкция - описание задачи, которое предъявляет экспериментатор испытуемому перед экспериментом. Включает в себя (по необходимости) объяснение сущности исследования, цели и действий испытуемого во время выполнения заданий, условий задачи, принципов оценки результата, примеры решения заданий и т.д.

Интервальная шкала - эта шкала измерений позволяет не только упорядочить наблюдения, но и количественно выразить расстояния между ними (при этом на шкале не обязательно присутствует *абсолютная* нулевая отметка).

Интерполяция - восстановление значения функции в промежуточной точке по известным ее значениям в соседних точках.

Интерполяция прогнозная - метод прогнозирования, основанный на математической интерполяции, при котором выбор интерполирующей функции осуществляется с учетом условий и ограничений развития объекта прогнозирования.

Интерпретация - (от лат. - interpretatio - истолкование, разъяснение) - раскрытие смысла явления, текста или знаковой структуры, способствующее их пониманию. В логике интерпретация сводится к приписыванию определенного смысла символам, формулам и выражениям формальной системы.

Информативность - соответствие конкретного исследования принятым стандартам (безупречному эксперименту).

Информативность внешняя - соответствие конкретного исследования природной реальности и/или другим подобным исследованиям. Определяет возможность переноса и/или обобщения результатов на другие объекты и условия исследования. Зависит от репрезентативности выборки и соответствия контролируемых в исследовании дополнительных переменных, их вариативности в других условиях. Частной формой внешней информативности является экологическая информативность, определяющая возможность распространить выводы конкретного исследования на реальные условия, а не на иные лабораторные условия.

**Информативность внутренняя** - соответствие конкретно-го исследования идеальному; оценивает изменение зависимой переменной, определяется влиянием независимой переменной, а не другими причинами. Внутренняя информативность зависит от систематического изменения влияния независимой и других переменных от неэквивалентности и изменения сравниваемых групп в ходе эксперимента.

**Информативность конструктивная** - характеризует точность реализации теоретической гипотезы в процедуре эксперимента. Является одним из проявлений внутренней информативности. Определяет область явлений, исследуемых в эксперименте. В психологической диагностике конструктивная информативность характеризует степень измеряемого свойства в результатах тестирования.

**Информативность критериальная** - отражает соответствие диагноза и прогноза, полученных на основе данных тестирования, по деятельностным и жизненным показателям; включает в себя текущую и прогностическую информативность.

**Информативность операциональная** - соответствие операций экспериментатора теоретическому описанию переменных, контролируемых в исследовании. Варьируемые экспериментатором условия должны соответствовать независимой переменной. Операциональная информативность является одним из проявлений внутренней информативности.

**Информативность содержательная (очевидная)** - соответствие целей и процедуры исследования обыденным представлениям испытуемого о природе изучаемого явления. Имеет мотивационное значение для испытуемых и является в некоторых исследованиях одной из составляющих внешней информативности.

**Информативность экологическая** ~ вид внешней информативности, характеризует соответствие процедуры и условий лабораторного исследования «естественной» реальности.

**Исторический метод** - метод исследования возникновения, формирования и развития объектов в хронологической последовательности, в результате чего исследователь получает дополнительные знания об изучаемом объекте (явлении) в процессе их развития.

**Квазифакт** (лат. quasi - напоминающий, подобный) - результат интерпретации единичных, неповторимых наблюдений, получаемый методом «исследования единичного случая».

**Компетентность экспертной группы** - способность экспертной группы создавать достоверные оценки относительно объекта исследования, адекватные мнению генеральной совокупности экспертов.

**Контроль переменных** - вся совокупность стратегий организации, планирования и проведения эксперимента, применяемых для максимализации его внутренней и внешней информативности. При межгрупповых планах каждое сочетание предъявляются разным группам испытуемых. Кроссиндивидуальные планы предусматривают предъявление каждому испытуемому или каждой группе всех уровней переменных в их сочетаниях, но в определенной последовательности (при равном числе каждого сочетания).

**Координация** - управление, цель которого заключается в согласовании процессов в разных элементах (подсистемах) объекта управления.

**Корреляционный** исследование (или пассивно-наблюдающее) - направлено не на установление причинно-следственных отношений между переменными, а на выявление статистической значимости между двумя и более переменными. Применяется при невозможности манипуляции переменными. Не может доказать наличие причинно-следственных отношений, но может доказать их отсутствие.

**Корреляция Пирсона.** Наиболее часто используемый коэффициент корреляции Пирсона  $r$  (Pearson, 1896) называется также *линейной корреляцией* (Gallon, 1888), т.к. измеряет степень линейных связей между переменными. Корреляция Пирсона предполагает, что две рассматриваемые переменные измерены, по крайней мере, в интервальной шкале.

**Латинский квадрат** - квадратная матрица  $n \times n$ , каждая его первая строка и столбец являются перестановками элементов из множества воздействий (число их равно  $n$ ). Используется при планировании межуровневых экспериментов, где требуется оценить влияние порядка предъявления уровней независимой переменной. Контролируются эффекты однородного и неоднородного переноса. Сохраняются эффекты ряда и центрации.

**Линейное управление** - управление, при котором управляющие воздействия вырабатываются посредством линейных преобразований координат системы управления.

**Меры изменчивости** - статистические показатели разброса значений переменной относительно меры центральной тенденции. Основные меры изменчивости: среднее линейное отклонение, дисперсия, стандартное отклонение, коэффициенты вариации и осцилляции.

**Меры центральной тенденции** - статистические показатели, характеризующие наиболее выраженное, репрезентативное значение переменной. Основные: средняя арифметическая, средняя геометрическая, средняя гармоническая, медиана, мода.

**Метод** (греч. иετοβος; - способ исследования, обучения, действия) - совокупность приемов, операций и способов теоретического познания и практического преобразования действительности, достижения определенных результатов. В основе любых научных методов лежат определенные принципы, теории и законы.

**Методика** - система и последовательность действий исследования, средств (инструментов, приборов, обстановки), позволяющая решить исследовательскую задачу. С помощью методики фиксируют характеристики поведения и воздействуют на объект. Как правило, для регистрации сходных сторон объекта существует множество методик (методическая избыточность), что обеспечивает взаимную верификацию данных, получаемых различными методиками.

**Методология** - философское учение о методах познания и преобразования действительности, применение принципов мировоззрения к процессу познания, духовному творчеству и практике.

**Мышление** - это опосредованное и обобщенное отражение в мозгу человека существенных свойств, причинных отношений и закономерных связей между объектами или явлениями.

**Наблюдение** - метод пассивного и непосредственного исследования реальности. Целью наблюдения является установление факта существования явлений для их последующей типологизации, классификации и пр.

**Наблюдение** - это способ познания объективного мира, основанный на непосредственном восприятии предметов

явлений при помощи органов чувств без вмешательства и при этом со стороны исследователя.

**Надежность** - 1) воспроизводимость результатов измерения; 2) точность измерения; 3) устойчивость результатов, получаемых с помощью определенной методики, во времени и по отношению к различным помехам (побочным переменным) В узком тестологическом смысле надежность понимается как согласованность результатов тестирования испытуемых в разные моменты времени, при первичном и вторичном тестировании и с использованием разных по эквивалентности, по содержанию заданий. Надежность характеризует тесты, свойства, но не состояния.

**Научная идея** - интуитивное объяснение явления без промежуточной аргументации, без осознания всей совокупности связей, на основании которой делается вывод.

**Неполный план** - план исследования, при котором экспериментатор отказывается от полного контроля за переменными ввиду его неосуществимости по объективным причинам. Любой реальный эксперимент можно считать неполным, так как он отклоняется от: «идеального».

**Номинальная шкала** - категориальная (т.е. качественная, а не количественная) шкала измерения, где каждое значение определяет отдельную категорию, в которую попадают значения и переменной (каждая категория «отличается» от других, но это отличие не может быть количественно измерено).

**Нормальное распределение** - распределение плотности вероятности  $p(x)$  значений зависимой переменной по отношению к независимой под влиянием множества не взаимодействующих факторов. Кривая уравнения нормального распределения представляет собой симметричную, одномодальную кривую, симметричную относительно ординаты, проведенной через точку 0.

**Нуль-гипотеза** - часть статистической гипотезы, состоящей из исследовательской гипотезы ( $H_1$  - гипотеза о различиях) и нуль-гипотезы ( $H_0$  - гипотеза отсутствия различий). В ней утверждается, что: 1) независимая переменная не влияет на зависимую; 2) различий между результатами сравниваемых групп нет; 3) связь между параметрами незначима.

Обобщение (от лат. generalisatio - обобщаю) - способ формулировки нового знания в виде законов, закономерностей.



признаков. Обобщения достигают путем выделения важнейших свойств предметов, явлений и абстрагирования (отвлечения) от несущественных свойств. С помощью обобщения потенциально бесконечное множество данных единичных наблюдений заменяется конечным множеством научных фактов.

Обоснованность прогноза - степень соответствия методов и исходной информации объекту, целям и задачам прогнозирования.

Объект управления - объект, для достижения желаемых результатов функционирования которого необходимы и допустимы специально организованные воздействия.

Объективность - характеристика знания, обеспечивающая его доступность для проверки научным методом, достигается выработкой согласованного подхода специалистов по поводу объекта и метода исследования.

Объем выборки - число испытуемых, включенных в выборочную совокупность. Выборка разделяется на экспериментальную и контрольную группы.

Отбор - способ создания экспериментальной и контрольной групп, обеспечивающий внешнюю информативность эксперимента. Отбор сочетается с распределением испытуемых по группам, обеспечивающим внутреннюю информативность.

Относительное знание - знание, которое, будучи в основном верным отражением действительности, отличается некоторой неполнотой совпадения образа с объектом.

Отрицательная корреляция - две переменные могут быть связаны таким образом, что при возрастании значений одной из них значения другой убывают. Это и показывает отрицательный коэффициент корреляции. Про такие переменные говорят, что они отрицательно коррелированы.

Парадигма (греч. *paradeigma* - пример, образец) - научный стандарт, общепризнанный на определенном этапе развития науки подход к исследованию действительности, включает в себя цели науки, методы и методики, систему критериев для оценки результатов исследования, базовые знания (методики, теории и факты). Эволюция научного знания сводится к формированию, развитию и революционной смене парадигм.

**Парадокс** - в узком и строгом смысле два противоположных утверждения, для обоснования каждого из которых

существуют убедительные аргументы. В научном ноша ни и возникновение парадоксов свидетельствует о существовании границ для применения существующих теоретических и методологических понятий и принципов исследования. В широком смысле парадоксальными считаются мнения или суждения, резко противоречащие традиционным, устоявшимся мнениям и представлениям.

Переменные - параметр реальности, который может изменяться и/или изменяется в экспериментальном исследовании. Различают: независимые переменные - изменяемые экспериментатором; зависимые переменные - изменяемые под влиянием изменений независимой; внешние (побочные) - недоступные управлению, но влияющие на зависимую, источник погрешности; латентные - недоступные непосредственно измерению, фиксируются путем анализа совместной вариации зависимых переменных; дополнительные - учитываемые в эксперименте внешние переменные и т. д.

**Пилотажное исследование** - исследование, предвещающее новую серию, в ходе которого проверяется качество методики и плана. Выявляются побочные переменные и уточняется экспериментальная гипотеза. Обычно проводится по упрощенной схеме, на минимальной выборке и низком уровне достоверности принятия Но.

**План** исследования (англ. *design* - проект) - проект исследовательских операций со специально отобранными группами. Включает в себя определение состава групп, отбор переменных, чередование воздействий, шкалы измерения независимой переменной и т. д.

Планирование эксперимента - основная цель заключается в получении максимального количества объективной информации относительно факторов, воздействующих на объект исследования, привлекая столь мало наблюдений (как правило, дорогостоящих) насколько это возможно.

Плацебо-эффект - реакция испытуемого на «пустые» (нулевые) воздействия, соответствующая реакции при наличии реального воздействия; «пустое» воздействие, отсутствие воздействия, о котором не предупрежден испытуемый.

**Познание** - процесс движения человеческой мысли от незнания к знанию, отражение объективной действительности

в сознании человека в процессе его деятельности.

**Показатели (параметры) поведения** - количественные характеристики поведения испытуемого, проявления зависимой переменной.

**Полевые исследования** - исследования в естественных условиях, максимально увеличивающие внешнюю и экологическую информативность.

**Положительная корреляция** - связь между двумя переменными может быть следующей: когда значения одной переменной возрастают, значения другой переменной также возрастают. Это и показывает положительный коэффициент корреляции. Про такие переменные говорят, что они положительно коррелированы.

**Понятие** - это мысль, отражающая существенные и необходимые признаки предмета или явления. Понятия могут быть общими, единичными, собирательными, абстрактными и относителными.

**Популяция** - естественное множество индивидов, обладающих определенным набором свойств, потенциальные участники исследования, часть генеральной совокупности.

**Порядковая шкала** - порядковая шкала измерений позволяет ранжировать значения переменных. Измерения в порядковой шкале содержат информацию только о порядке следования величин, но не позволяют сказать, «насколько одна величина больше другой» или «насколько она меньше другой».

**Последовательности эффект** - систематическое воздействие на результат эксперимента побочных переменных, связанных с порядком предъявления испытуемому экспериментальных воздействий. Отсутствует в экспериментах межгруппового сравнения. Имеет важнейшее значение в индивидуальных экспериментах.

**Последовательность** - порядок экспериментальных воздействий; чередование уровней независимой переменной в экспериментах по индивидуальным схемам.

**Принцип** - это правило, возникшее в результате субъективно осмысленного опыта людей.

**Проблема** (от греч. *problema* - трудность, преграда) - противоречие в познании, характеризующееся, несоответствием

между новыми фактами и данными и старыми способами их объяснения. Первоначально возникает в форме проблемной ситуации и только потом ясно осознается и формируется в виде проблемы. Разрешению проблем направлена вся исследовательская деятельность в науке. Без этого было бы невозможно дальнейшее развитие науки.

**Прогноз** - научно обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем и/или об альтернативных путях и сроках их достижения.

**Прогнозирование** - процесс разработки прогнозов.

**Различия индивидуальные** - главный источник нарушения внутренней информативности в экспериментах. В планах межгруппового сравнения необходимо уравнивать группы по контролируемым признакам либо учесть эти признаки в качестве дополнительных переменных при факторном планировании.

**Разомкнутая система управления** - система управления, в которой осуществлено управление без обратной связи.

**Рандомизация** - стратегия случайного отбора или распределения испытуемых, при которой все субъекты имеют равные шансы попасть в группу. Применяется при отборе членов популяции в экспериментальную выборку, а также при распределении испытуемых по экспериментальным и контрольным группам. Обеспечивает внутреннюю информативность, контролирует эффект смешения.

**Распределение** - стратегия создания экспериментальных групп из отобранных испытуемых (или добровольцев, или реальной группы). Используется для повышения внутренней информативности исследования. Существует несколько отражений: попарного распределения, рандомизации, рандомизации с предварительной стратификацией и пр.

**Рациональное познание** - дополняет и опережает чувственное, способствует осознанию сущности процессов, вскрывает закономерности развития. Формой рационального познания является абстрактное мышление.

**Раша-модель** - стохастическая модель теста, основана на представлении о том, что вероятность ответа на задачу теста является функцией (аддитивной или мультипликативной) от «силы задания» (трудности) и интенсивности свойства (способности). Шкалы Г. Раша являются шкалами отношений.

Регрессия - категория задач, где цель состоит в том, чтобы оценить значение непрерывной выходной переменной по значениям входных переменных.

Регулирование - управление, цель которого заключается в обеспечении близости текущих значений одной или нескольких координат объекта управления к их заданным значениям.

Редукционизм (лат. *reductio* - снижение, сведение) - объяснение сложных процессов через особенности более простых процессов, низших по уровню организации материи. Однако в последнее время выделяют и «редукцию вверх» - сведение более простых процессов к процессам в лешего уровня (например: психического к культурным).

Репрезентативность выборки - соответствие свойств исследуемой выборки свойствам генеральной совокупности. Она достигается случайным выбором объекта из совокупности (процедура рандомизации), подбором пар, члены которых эквивалентны и относятся к разным группам, или комбинацией этих способов.

Синтез - соединение отдельных сторон предмета в единое целое.

Система координации - система управления, цель управления которой состоит в согласовании процессов в элементах (подсистемах) объекта управления.

Система управления - система, состоящая из управляющего объекта и объекта управления.

Системные методы - методы исследования сложных систем с многообразными связями, характеризующимися непрерывностью и детерминированностью, так и дискретностью и случайностью.

Смещение семантическое (процедурное) - источник нарушения внутренней информативности. Вызвано тем, что действие независимой переменной сопровождается влиянием связанных с ней фактов, которые изменяются в зависимости от уровня переменной и которые невозможно одновременно контролировать. К их числу относятся факторы времени, последовательности предъявления, индивидуальных различий и т.д.

Смещение сопутствующее - источник нарушения внутренней информативности, обусловленный неизбежным сочетанием

в эксперименте основного воздействия с сопутствующим. Одним из проявлений сопутствующего смещения является ПЛ1 цебо-эффект.

Сравнение - это установление различия между объектами материального мира или нахождение в них общего, осуществляемое как при помощи органов чувств, так и при помощи специальных устройств.

Статистический уровень значимости (*p*-уровень) - статистическая значимость результата представляет собой меру уверенности в его «истинности» (в смысле «репрезентативности выборки»). Более точно, *p*-уровень - это показатель, обратно пропорциональный надежности результата. Более высокий *p*-уровень соответствует более низкому уровню доверия найденным в выборке результатам, например, зависимостям между переменными. А именно, *p*-уровень представляет собой вероятность ошибки, связанной с обобщением наблюдаемого результата на всю популяцию. Например, *p*-уровень = 0,05 (т.е. 1/20) показывает, что имеется 5% вероятность того, что найденная в выборке зависимость между переменными является лишь случайной особенностью данной выборки. Иными словами, если данная зависимость в популяции отсутствует, а вы многократно проводили бы подобные эксперименты, то примерно в одном из двадцати повторений эксперимента можно было бы ожидать такой же или более сильной зависимости между изучаемыми переменными. Во многих исследованиях *p*-уровень 0,05 рассматривается как «приемлемая граница» уровня ошибки.

Стохастическое управление - управление, при котором управляющие воздействия полностью или частично **вырабатываются** путем стохастических преобразований координат системы управления.

Стратегии построения групп - способы отбора выборки и распределения испытуемых по группам в экспериментах межгруппового сравнения для усреднения индивидуальных различий (внешняя информативность) и представления популяции (внутренняя информативность). Различают рандомизацию, стратиметрическую рандомизацию (для отбора и распределения) и подбор эквивалентных пар (только для распределения по группам).

**Структура системы управления** - совокупность и характер связей и отношений между элементами (подсистемами) системы управления.

**Субъект анализа объекта исследования** - организация (учреждение), исследовательская группа или специалист, осуществляющие анализ объекта исследования.

**Суждение** - это мысль, в которой посредством связи понятий утверждается или отрицается что-либо; это сопоставление понятий, устанавливающих объективную связь между мыслимыми предметами и их признаками или между предметом и классом предметов.

**Схема экспериментальная** (иначе - экспериментальный план) - порядок предъявления группам испытуемых или отдельным испытуемым (испытуемому) различных уровней независимой переменной (переменных). Существуют индивидуальные планы, когда одному испытуемому предъявляются все уровни и сочетания независимых переменных.

**Сциентизм** - мировоззрение, основанное на завышенной оценке и абсолютизации современного уровня развития научного метода и научных знаний, а также возможностей, предъявляемых современной наукой для решения практических задач.

**Теория** - (от греч. theoria - рассмотрение, исследование) - наиболее развитая форма организации и систематизации научного знания, дающая целостное отражение определенного фрагмента действительности. Важнейшими компонентами теории являются: 1) ее исходные основания (фундаментальные понятия и законы); 2) идеализированные или абстрактные объекты, отражающие в отвлеченной форме свойства реальных объектов; 3) логика теории, позволяющая выводить одни утверждения из других.

**Тест** (англ. test - проба, испытание) - научно-практическая процедура измерения, состоящая из конечной серии кратких заданий, направлена на диагностику выраженности свойств и состояний объекта тестирования.

**Точность прогноза** - оценка доверительного интервала прогноза для заданной вероятности его осуществления.

**Умозаключение** - процесс мышления, составляющий последовательность двух или нескольких суждений, в результате которых выводится новое суждение.

**Управление по возмущениям** - управление, при котором управляющие воздействия вырабатываются только по знаменям возмущений (сигналов возмущений) на объект управления и значениям задающих воздействий (задающих сигналов).

**Управление с обратной связью** - управление, при котором текущие управляющие воздействия вырабатываются с учетом состояния объекта управления, обусловленного предшествующими управляющими воздействиями.

**Управляющая система** - система, являющаяся управляющим объектом, состоящая из подсистем, которые предназначены для выполнения отдельных функций управляющего объекта.

**Управляющее воздействие** - процесс, состоящий из выработки и осуществления управляющих воздействий. Выработка управляющих воздействий включает сбор, передачу и обработку необходимой информации, принятие решений, обязательно включающее определение управляющих воздействий.

**Управляющий объект** - объект, предназначенный для осуществления управления.

**Факт** (лат. factum - сделанное, свершившееся) - достоверно доказанное эмпирическое знание, зафиксированное в форме научного высказывания. В узком смысле - знание о существовании объекта, явления, процесса, выявленное научным методом, результат теоретической интерпретации эмпирических данных.

**Фактор** - параметр внешних условий либо особенностей объекта, влияющий на изменение зависимой переменной. Используется при описании факторных экспериментов. Различают факторы времени, факторы задачи и факторы индивидуальных различий.

**Факторный анализ** - множество математических методов, позволяющих выявить скрытые признаки, а также их связи на основе анализа матриц статистических связей (корреляций, «расстояний») между измеряемыми признаками. Основная задача факторного анализа - сведение множества тестовых измерений к небольшому числу базовых (редукция числа переменных) с определением меры детерминации первичных переменных базовыми.

Главными целями факторного анализа являются: 1) сокращение числа переменных (редукция данных) и 2) определение

структуры взаимосвязей **между** переменными, т.е. классификация переменных. Поэтому факторный анализ используется либо как метод сокращения данных, либо как метод классификации.

**Фаллибилизм** - методологический принцип, согласно которому теории не только бывают ошибочными, а ошибочны всегда. Ошибочность есть свойство любой теории. Задача исследователя-теоретика или экспериментатора сводится к обнаружению ошибочности теории.

**Фальсифицируемость** - свойство любой научной теории быть опровержимой. Согласно К. Попперу, любое научное высказывание в отличие от ненаучного может быть опровергнуто (фальсифицировано). Научное высказывание должно быть не только доказано, должен быть определен набор утверждений, несовместимых с ним. Теория опровергается тогда, когда обнаружен воспроизводимый эффект, противоречащий выводам из теории.

**Формализация** - отображение объекта или явления в знаковой форме какого-либо искусственного языка (математики, физики и т.д.) и обеспечение возможности исследования реальных объектов и их свойств через формальное исследование соответствующих знаков.

**Функциональная структура системы** - структура системы, которая рассматривается как совокупность функциональных элементов.

**Функциональный элемент** - элемент, представляющий отдельную функцию управляющего объекта или объекта управления.

**Функция управляющего объекта** - совокупность действий управляющего объекта, относительно однородная по некоторому признаку, направленная на достижение частной цели, подчиненной общей цели управления. К числу функций управляющих объектов, например, относят: функцию сбора, передачи и преобразований исходной информации; функцию принятия решений; функцию диагностирования; функцию осуществления управляющих воздействий; функцию документирования и др.

**Цель управления - значения, соотношения значений координат процессов в объекте управления или их изменения во**

времени, при которых обеспечиваются достижения желаемых результатов функционирования объекта.

**Частная корреляция** - корреляция между двумя переменными, вычисленная после устранения влияния всех других переменных, называется частной корреляцией. Например, *длина волос* может коррелировать с *ростом* человека (чем выше человек, тем короче волосы), однако эта зависимость становится слабой или совсем исчезает, если устранить влияние *пола* наблюдаемых людей, поскольку женщины обычно ниже ростом и чаще имеют более длинные волосы, чем мужчины.

**Чувственное познание** - непосредственная связь человека с окружающей действительностью. Элементами чувственного познания являются ощущение, восприятие, представление и воображение.

**Шкала отношений** - такая шкала измерений содержит абсолютную нулевую отметку, что позволяет не только оценить и сравнить расстояния между наблюдениями, но и интерпретировать каждое значение переменной в абсолютной шкале, и\* меряющей данное качество (например, при измерении времени, 3 часа не только *на* 2 часа больше, чем 1 час, но и *в 3 раза* больше, чем 1 час).

**Эксперимент** - процесс человеческого познания, в котором подвергается проверке истинность выдвигаемых гипотез или выявляются закономерности объективного мира.

**Эксперимент** - спланированное и управляемое субъектом исследование, в ходе которого экспериментатор (субъект) воздействует на изолированный объект (объекты) и регистрирует изменение его состояния. Проводится с целью проверки гипотезы о причинно-следственной связи между воздействием (независимой переменной) и изменениями состояния объекта (зависимой переменной). В психологии эксперимент - совместная деятельность испытуемого и экспериментатора по изучению психических особенностей испытуемого путем наблюдения за его поведением при проведении экспериментальных заданий.

**Эксперимент критический** - эксперимент, направленный на проверку гипотез, являющихся следствием двух альтернативных теорий. Результатом **критического** эксперимента является **опровержение одной теории и принятие другой.**

## ЛИТЕРАТУРА

Эксперимент лабораторный - эксперимент, который проводится в специально сконструированных исследователем условиях, с выделением независимой переменной и учетом или элиминацией влияния побочных переменных. Чаще всего психологический лабораторный эксперимент проводится в специально оборудованных помещениях при помощи аппаратуры и компьютерной техники (управляемый лабораторный эксперимент).

Эксперт - квалифицированный специалист, привлекаемый для формирования оценок относительно объекта исследования.

Экспертная группа - коллектив экспертов, сформированный по определенным правилам.

Экспертная оценка - суждение эксперта или экспертной группы относительно поставленной задачи исследования.

Экстраполяция - прогнозирование неизвестных значений путем продолжения функций за границы области известных значений.

Экстраполяция прогнозная - метод прогнозирования, основанный на математической экстраполяции, при котором выбор аппроксимирующей функции осуществляется с учетом условий и ограничений развития объекта прогнозирования.

Эффект переноса - преимущественное влияние одного из уровней независимой переменной при их последовательном чередовании. Различают однородный и неоднородный, симметричный и несимметричный переносы.

Эффект ряда - эффект асимметричного переноса в многоуровневом эксперименте, когда ряд воздействий имеет несколько уровней. Зависит от удаленности предъявляемого испытуемому уровня воздействия от концов ряда. Объясняется адаптацией испытуемого к предшествующему воздействию более низкого или более высокого уровня, чем предъявляемое.

Эффект центрации - частичное проявление эффекта ряда, усиливающий действие независимой переменной. Объясняется тем, что уровням, предъявляемым в середине последовательности, предшествуют и более низкие и более высокие уровни (при их случайном или позиционно-уровневом чередовании).

1. Аванесов В. С. Тесты в социологическом исследовании. - М., 1982.
2. Анасташи А. Психологическое тестирование. - М., 1982.
3. Лшмарин Б. А. Теория и практика педагогических исследований и физического воспитания: Пособие для студентов, аспирантов, и преподавателей ин-тов физ. культуры. - М., 1978.
4. Введение в философию: Учебник для вузов / Под общ. р#д и Т. Фролова. - М., 1989.
5. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. - М., 1989.
6. Винер Н. Кибернетика. - М., 1968.
7. Георгиевский А. С. Методология и методика научно-исследовательской работы в области медицины. - Л., 1976.
8. Глазе Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Глазе Дж., Стенли Дж. - М., 1976.
9. ГОСТ 7.1-84. Библиографическое описание документа: Общие требования и правила составления. - Введ. иш с 01.07.2000.-М., 1987.
10. ГОСТ 2.105-79. Общие требования к текстовым документам. - М., 1982.
11. ГОСТ 8.417-81. Единицы физических величин. - М., 1982.
12. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Планирование эксперимента / Джонсон Н. Лион Ф. - М., 1981.
13. Диксон Дж. Проектирование систем. - М., 1969.
14. Дружинин В.Н. Экспериментальная психология. - М., 2000.
15. Ильенков Э. В. Диалектическая логика. - М., 1974.
16. Кедров Б. М. Классификации наук. - В 3-х кн. - М., 1965.
17. Кун Т. Структура научных революций. - М., 2003.
18. Ладенко С. С. Интеллектуальные системы в целевом управлении. Новосибирск, 1987.

19. Лапач С. Н, Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием EXCEL / С Л . Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабич. - Киев, 2000.

20. Маймулов В. Г. Основы научно-литературной работы в медицине / В. Г. Маймулов, В. С. Лучкевич, А. П. Румянцев и др. - СПб., 1996.

21. Мостепаненко М. В. Философия и методы научного познания. - Л., 1972.

22. Налимов В. В. Теория экспериментов. - М., 1971.

23. Новикова С. С. Введение в прикладную социологию. Анкетирование. - М., 2000.

24. Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов / Под ред. В. И. Крутова, В. В. Попова. - М., 1989.

25. Опарин А. И. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. - М., 1968.

26. Поппер К. Логика и рост научного знания. - М., 1975.

27. Пригожий И. Время, хаос, квант / И. Пригожий, И. Стенгерс. - М., 1994.

28. Рабочая книга по прогнозированию. М, 1982.

29. Рузавин Г. И. Концепции современного естествознания. - М., 1997.

30. Рузавин Г. И. Методология научного исследования. - М., 1999.

31. Светлов Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Светлов, С. А. Яковлев. - М., 1985.

32. Селуянов В. Н. Определение одаренностей и поиск талантов в спорте / В. Н. Селуянов, М. П. Шестаков. - М., 2000.

33. Сулаков Б. А. Статистические методы обработки результатов измерений // Спортивная метрология: Учебник для ин-тов физ. культуры. М., 1982.

34. Теория и практика применения дидактики развивающего обучения в подготовке специалистов по физическому воспитанию: Труды сотрудников проблемной научно-исследовательской лаборатории / Научный руководитель В. Н. Селуянов. - М., 1996.

ih.pmi Ю и Анализ данных на компьютере / К) и Тю ММ А А Макарон. - М., 1995.

|| фрейерабэнд П. Избранные труды по методологии ка ум. М . 1986.

Кик< Ч. Основные принципы планирования экспери М., 1966.

Х илл 11. Наука и искусство проектирования. - М., 1973.

\9 INварц В. Б. Медико биологические аспекты спортивной ч и. и гации и отбора / В.Б. Шварц, С.В. Хрушев. - М., 1984.

К> Шептулин А. П. Диалектический метод познания. - М: |1о мм п ;дат, 1983. 320 с.

П I Пестяков М. П., Аверкин А. Н. Моделирование управле м Iи движением человека. - М., 2003.

I \* Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. М, 1088.

I ^ . Штофф В. А. Введение в методологию на уч н о ю иоша т. I Л.: Наука, 1972. - 280 с.

П. ШупТ. Решение инженерных задач на ЭВМ: I [рактиче Кое руководство. - М.: Мир, 1982. — 238 с.

45. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. - М., 1959.

46. Ядов В. А. Социологическое исследование. - М.: I [аука, 1987.

Учебное издание

Селуянов Виктор Николаевич  
Шестаков Михаил Петрович  
Космина Ирина Павловна

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Учебник

Подписано в печать 27.07.2005.  
Формат 60х90/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Миньон.  
Усл. п. л. 18. Изд. №118  
Тираж 1800 экз. Заказ №165

ООО "Флинта",  
117342, г. Москва, ул. Буглерова, д. 17-Б, комн. 345.  
Тел.: 336-03-11; тел./факс: 334-82-65.  
E-mail: [flinta@mail.ru](mailto:flinta@mail.ru), [flinta@flinta.ru](mailto:flinta@flinta.ru)

Издательство "Наука",  
117997, ГСП-7, Москва В-485,  
ул. Профсоюзная, д. 90.

ЗАО «Столичный центр полиграфии»  
129100, г. Москва, Капельский пер., д. 8, стр.1.  
E-mail: [poligraf-centre@mail.ru](mailto:poligraf-centre@mail.ru)

