

**К 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
ВЕЛИКОГО РУССКОГО И СОВЕТСКОГО УЧЕНОГО,
СОЗДАТЕЛЯ УЧЕНИЯ О НООСФЕРЕ**

**ВЛАДИМИРА ИВАНОВИЧА
ВЕРНАДСКОГО**

(1863—1945)



Российская академия естественных наук им. В. И. Вернадского
Петровская академия наук и искусств
Ноосферная общественная академия наук

*Серия монографий
«Макро- и микроскопическая биофизика и биоинформатика»*

И. Г. Герасимов, А. А. Яшин

ФЕНОМЕНОЛОГИЯ НООСФЕРЫ

ПАМЯТЬ, ИЛИ ВОСПОМИНАНИЕ О БУДУЩЕМ

Монография
«Живая материя и феноменология ноосферы»
Том 11

*Предисловия академика РАН В. П. Казначеева,
академика РАН В. Г. Зилова и президента Ноосферной
общественной академии наук, заслуженного деятеля науки РФ,
д-ра филос. наук, д-ра эконом. наук А. И. Субетто*

(Серия монографий «Макро- и микроскопическая
биофизика и биоинформатика» под общей редакцией
заслуженного деятеля науки РФ, д-ра биол. наук,
д-ра техн. наук, профессора А. А. Яшина)

Тула
Издательство Тульского государственного университета
2014

УДК 612.82.821
ББК 20.1
Г 96

Герасимов Игорь Григорьевич, Яшин Алексей Афанасьевич. Феноменология ноосферы: Память, или воспоминание о будущем: Монография «Живая материя и феноменология ноосферы». Т. 11 / Предисл. В. П. Казначеева, В. Г. Зилова, А. И. Субетто: РАЕН, ПАНИ, НОАН.— Тула: Издательство Тульского госуниверситета, 2014.— 438 с.; 57 ил.; 6 табл.; библиографический список 354 назв. (Серия монографий «Макро- и микроскопическая биофизика и биоинформатика». Вып. 5).

Настоящая книга продолжает многотомную монографию «Живая материя и феноменология ноосферы». Если тт. 1—9 были посвящены развитию общей современной теории эволюции биосферы и переходу ее в качество ноосферы — по В.И.Вернадскому, то, начиная с Т. 10, настоящая работа продолжает цикл книг, в которых тематически рассматриваются базовые характеристики развертывания ноосферы, что мы сейчас воочию и наблюдаем. Том 11-й посвящен ионно-молекулярной модели памяти, разработанной авторами с Украины (И. Г. Герасимов) и из России (А. А. Яшин) в последние годы в рамках межгосударственного научного сотрудничества, отличающейся высокой степенью адекватности и логической непротиворечивости, на основе которой далее в книге выстраивается биофизическая и нейробиологическая концепция динамической вариабельности памяти человека в процессе перехода биосферы Земли в иное биогеохимическое качество — ноосферу. В определенном смысле настоящая книга продолжает и развивает тематику предыдущего тома, посвященного аналоговому и цифровому («компьютерному») мышлению в контексте феноменологии ноосферы. Авторами разработаны базовые теории и концепции настоящей книги, содержащей большое число теорем и лемм с привлечением современных физико-математических методов и комплексной многозначной логики А. А. Зиновьева.

Для широкого круга специалистов в области естествознания, ноосферологии, физики, философии, информатики и др.— и для всех, интересующихся современным естествознанием.

ББК 20.1

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, академик РАИН им. А. М. Прохорова *Е. И. Нефёдов* (ИРЭ РАН, Москва);

член-корреспондент РАМН, доктор биологических наук, заместитель директора *Н. А. Фудин* (ГУ НИИ нормальной физиологии им. П. К. Анохина РАМН, Москва).

На обложке: карта Северного полушария Земли из книги: *Gerardus Mercator, Atlas sive Cosmographical Meditations de Fabrica Mundi et Fabricati Figura.*— Duisburg, 1595 (*The Lessing I. Rosenwald Collection, Library of Congress*).

В книге использованы иллюстрации из издания: *Jerome Patural. A la recherché d'une position sociale, par Louis Reyband. Paris, 1846.*

ISBN 978-5-7679-2844-6

© И. Г. Герасимов, 2014

© А. А. Яшин, 2014

© А. А. Яшин, подписи к иллюстрациям, 2014

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АМ — аналоговое мышление
АМБ — автономный многомодовый блок
АЦП — аналогоцифровое преобразование
БАТ — биологически активная точка
БВ — Большой взрыв (Вселенной)
БПЧ — «биопоэз» человека
БСЗ — бессознательное
ВМП — вращающееся магнитное поле
ВР — виртуальная реальность
ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота
ДУЧП — дифференциальное уравнение в частных производных
ЕИПН — единое информационное поле ноосферы
ЖМФН — «Живая материя и феноменология ноосферы»
ИММП — ионно-молекулярная модель памяти
ИО — исполнительные органы (организма)
ИУ — интегральное уравнение
КВЧ — крайне высокая частота
КдФ — Кортвега и де Фриза (уравнение)
КЧР — кумулятивная частота разрядов
ЛП — левое полушарие (мозга)
ЛПЧ — «левополушарный» человек
МКдФ — модифицированное КдФ (уравнение)
МП — магнитное поле
НМК — Ноймана — Миннегероде — Кюри (принцип)
НОАН — Ноосферная общественная академия наук
НОДУ — нормальное обыкновенное дифференциальное уравнение
НТП — научно-технический прогресс
ОДУ — обыкновенное дифференциальное уравнение
ОКдФ — обобщенное КдФ (уравнение)
ОМЭГДА — обратный метод электрогидродинамической аналогии
ООС — отрицательная обратная связь
ПАТ — полезный аттрактор
ПИ — позиционная информация
ПОС — положительная обратная связь
ПП — правое полушарие (мозга)
ППЧ — «правополушарный» человек
РНК — рибонуклеиновая кислота
С — сознание

САИВ — спектр активности ионов водорода
СВЧ — сверхвысокая частота
СГ — солитонная голограмма
СЛАУ — система линейных алгебраических уравнений
СМИ — средства массовой информации
СР — стохастический резонанс
ТАМ — творческое аналоговое мышление
УЦМ — утилитарное цифровое мышление
ФКВ — фундаментальный код Вселенной
ФПОК — флеш-память оцифрованной информации
ФФО — фундаментальное физическое ограничение
цАМФ — циклический аденозинмонофосфат
ЦАП — цифроаналоговое преобразование
ЦМ — цифровое мышление
ЭМВ — электромагнитная волна
ЭМИ — электромагнитное излучение
ЭМП — электромагнитное поле
ЭЭ — энтропийный эквивалент
ЭЭГ — электроэнцефалография
ЯМР — ядерно-магнитный резонанс

Примечание: узкоспециальные, преимущественно технические, аббревиатуры расшифровываются в тексте.

ПРЕДИСЛОВИЕ-1*

За последние годы ученые Государственного Научно-исследовательского института новых медицинских технологий в Туле, где зам. директора по науке А. А. Яшин, развивают и продолжают углубленные биофизические, медико-биологические и эволюционные исследования о свойствах живого вещества. Ученые, опираясь на результаты новых собственных исследований, обширную мировую литературу, пробуют сформулировать некоторые, более обобщенные представления о природе живого вещества на нашей планете, его информационной сущности. Эта тематика освещалась авторами в изданных монографиях. Изложение книг этой серии формулируется авторами более широко и, я бы сказал, остро. Это низкоинтенсивные полевые потоки преимущественно электромагнитной природы в живом веществе, различные уровни их информационных взаимосвязей.

Хочется обратить внимание на определенную динамику не только экспериментальных подходов и формулировки проблем, но и на эволюцию в мировоззренческих аспектах исследователей. Надо отдать должное автору и редактору этой серии профессору Яшину А. А., который четко формулирует и отражает именно эту эволюцию.

1. В современной отечественной науке, естествознании, есть очевидная тенденция вернуться к доминирующему физиколизму. Сегодня, и не без основания, физические исследования, физическое глубинное понимание сущности микрокосмоса, макрокосмоса (их иерархии) доминируют. Эти, казалось бы, принятые сегодня парадигмы, утвержденные научным миром, являются основой для проникновения и понимания сущности живого вещества, процессов жизни на Земле и в космопланетарном мире. В целом, мировоззренческое движение науки, его поток все больше приобретает неокартезианское звучание. Все, что относится к не совсем убедительным или допустимым свойствам в живом веществе, его возникновении, эволюции, интеллекте — *сводится* к тем или иным физическим взаимодействиям, включая и признание неравномерного космического эфира. Выстраивание квантово-механических закономерностей остается доминирующим и, несомненно, довлеет сегодня.

* Настоящее предисловие было написано акад. В. П. Казначеевым к нашей серии монографий «Электродинамика и информатика живых систем» в пяти томах (под общ. редакцией А. А. Яшина; издана в Туле в 2002—2003 гг.), открывшей де-факто цикл серий монографий, посвященных биофизике биосферы и ноосферы. Публикуемые ниже предисловия В. П. Казначеева, В. Г. Зилова и А. И. Субетто дают интегрированную, совокупную научную оценку многотомной монографии «Живая материя и феноменология ноосферы», в рамках которой излагается материал настоящей книги.

В этом аспекте, следуя от указанной серии монографий к настоящей книге, исследователи все больше уходят от неокартезианского представления в мир живого вещества, живой планеты, живого космоса, подчеркивая и очевидную недостаточность современных физических знаний, недостаточность в понимании сущности нашей эволюции, стратегии выживания человеческого общества планеты. Делается попытка перехода (в дискуссионной форме) от неокартезианства к гуманитарному, мировоззренческому миру, где в естественно-философское мышление вовлекаются новые гуманистические подходы. Живое вещество оценивается наряду с косным веществом, которое сосуществует в космопланетарном мире *Suigeneris*. Предполагается, что физический мир, представление о нашей Вселенной, сущности планеты, ее эволюции, а значит жизни, может быть объяснено, исходя из сущности самого живого вещества. Допускается, что в сущности живого вещества, его эволюции, его взаимодействии скрываются малоизвестные особенности, которые, при углубленном экспериментальном подходе новых форм изучения, могут объяснить и раскрыть еще неизвестные свойства косного вещества в микрокосмосе и макрокосмосе. Эта тенденция в российском естествознании исторически очевидна (В. И. Вернадский и др.), но определенная вертикаль некоего виртуального представления о нашем мире, о чем было сказано в монографии Яшина А. А. «Информационная виртуальная реальность», довлеет. В XXI веке мы, оказываясь в окружении нарастающих катастроф различных уровней в макрокосмосе, в земном мире планеты, в нашей жизни, геотектонике, в социальных процессах, незримо возвращаем мировоззрение науки к неокартезианству. Это попытки вырваться из физической догмы, попытаться найти в открытых системах, связанных с космосом, источники энергии, превышающие обычные КПД, то есть по существу возможности создания «вечного двигателя». Эта же парадигма уходит дальше — попытка найти информационные потоки, которые не укладываются в эквивалентность энергетических их носителей, затрат.

Это важная ступень в отечественном естествознании, которая как бы пробивает вертикальную стенку определенной социальной «цензуры», которая распространяется, к сожалению, и в образовательной системе. Наука, которая экономически выгодна, технологии, которые сулят ближайшую отдачу, допустимы и имеют материализацию (финансируются). Работы же, направленные на поиск стратегических процессов, скажем, стратегии физической экономики нашей планеты, или стратегии понимания планеты, как живого вещества, или представления интеллекта, его механизмов, как части интеллектуальной среды самой планеты и космоса, выносятся за пределы допустимости. Такие стратегические (рисковые) исследования пока не находят себе «стартовой» площадки. Сегодня очевидно, что наука при-

ватизируется, но такая приватизированная наука оказывается в плену экономических, тактических конкуренций, особенно технологий. Такие конкуренции инертны и связаны источниками финансирования, лимитами реальной энергии, материалами. Многополюсный геополитический мир все больше входит в эту конкурентность. Они будут взаимодействовать друг с другом, пытаясь доказать преимущества тех или иных научно-технических компонент, зависимых от экономики.

Книга ставит проблему горизонтов современного естествознания, вопрос, *что там за «горизонтом»*, преимущественно относится к научной проблеме, отмежевывая этот вопрос от известных представлений, современных виртуальностей о догматах физических законов, где живое вещество рассматривается как некое частное проявление фундаментальностей физики Вселенной, как некое промежуточное звено в ее эволюции и не более.

2. Очень серьезно в книге привлекаются работы по натурфилософии и трактовке эволюции живого вещества, ссылаясь на отечественных авторов, современных космистов, К. Э. Циолковского, Н. А. Умова, В. И. Вернадского, А. Л. Чижевского, Э. С. Бауэра. Рассматриваются такие финалистические концепции, которые можно отнести к антропным принципам современной естественно-научной натурфилософской части исследования. В антропных принципах звучит некое единство интеллекта и эволюции космоса. Поэтому активно привлекаются и финализм Тейяра де Шардена, рассматривается *«точка Омега»* объединения духовного интеллектуального мира в единое неделимое начало, сведение всего мирового интеллекта к одной фазе эволюционного потока нашей планеты. Можно вспомнить и работу Н. Ф. Федорова *«Философия общего дела»* о восстановлении интеллекта ушедших поколений, исправить представления о самих себе, о планете и о сущности живого вещества — интеллекте на планете Земля.

Эти идеи ставят вопросы о перспективах, о стратегии выживания человечества. Они дискуссионно противостоят концепции так называемого устойчивого (стабильного) развития, которого в планетарном мире, в эволюции человечества, в биосистемах сегодня, по существу, нет. Это политизированная позиция. Устойчивость может быть лишь тактическим шагом с восстановлением всех трат, а энергоисточники планеты ограничены, их хватит в лучшем случае на 8—10 поколений. Так или иначе, биоинформатика и биоэнергетика должны пробиться через современный физиколизм. Несомненно, что возникновение живого вещества на планете, где автотрофность, то есть синтез нашего органического субстрата, связана с освоением космических потоков энергии и информации, эти технологии автотрофности сегодня не созданы, физика не может сегодня реально имитировать функцию зеленого листа. Несомненно, в будущем проблема будет

решена в аспекте процессов биоинформатики и биоэнергетики. В этих проблемах, вероятно, и будет решаться вопрос «потребительской корзины» планеты, ее экологическом сохранении, физической экономической проблемы с усвоением новых информационных и энергетических потоков внутри самой планеты, в ближнем и отдаленном космическом пространстве.

3. В циклах экспериментов автором показана роль сверхслабых информационных связей, выделяя и межмолекулярные процессы взаимодействия, в какой-то мере развивая предположение П.Л. Капицы о макромолекулярных структурах живого вещества и архитектонике их межатомных отношений, где возможны неизвестные еще пути функционирования энергоинформационных взаимодействий, связи с внутренним и окружающим миром.

Нужно сказать, что обобщение всех межклеточных, особенно дистантных, трансперсональных процессов связи, которые в мировой литературе описаны, объективные сведения из элементов непознанной экологии, включают очень многие наблюдения, которые не входят в поле современных стратегий, нередко отрицаются современной академической наукой — все это вместе указывает на то, что, по-видимому, и электромагнитные физические свойства могут рассматриваться как потоки информационные, где соотношение информации не входит в понимание комплементарности с энергопоток. Само понятие информации в авторской трактовке звучит иначе. Ставится вопрос: в каких системах, параллельных пространствах может быть выявлено представление об информации, где в ее потоках заключается прошлое, настоящее и будущее в том длении (времени), в котором существует настоящий, твердо установленный факт пространства Эйнштейна — Минковского и скорости света. В последних исследованиях и расчетах ряда ученых установлено, что признание мира, где все мгновенно и длениа (времени), собственно, нет, мы возвращаемся к идее Н. А. Козырева о пространстве энергии-времени. Это пространство в книге опосредованно предполагается. Уже в названии книги правильно подчеркивают преимущества электромагнитных взаимодействий. Является ли это преимущество сегодня утверждением или гипотезой, или это только сочетание пространства энергии-времени, где электромагнитные процессы в определенных средах пространства выполняют роль проводников или попутных организаторов (свидетелей) других информационных потоков?

В монографии ставятся все эти вопросы, анализируя научные и мировоззренческие представления. Монография обобщает ответственную и важную серию «Электродинамика и информатика живых систем», по существу, эта значимость выражена в заголовке монографии. На первое место ставится проблема информатики и потом уже в реализации этой информатики — электрофизики.

Хочется подчеркнуть принципиальное отношение к мировоззрению виртуальности научных догм и социальных утверждений. Это развито в разделе, посвященном информационной виртуальной реальности. Здесь очень важно подчеркнуть, что эволюционные периоды в мировоззрении, начиная от религиозных утверждений разных конфессий, настолько пропитывали и делали несомненным *веру* в сущности, которая есть и которая может быть в мифологическом плане (настроение и установка исторических социальных и государственных геополитических мотиваций настолько были уверованы в несомненности), что на самом деле, виртуальность, то миропредставление становилось реальной формой жизни и в повседневности, и в образовании, и перспективах будущего. В этой «реальной виртуальности» накапливались противоречия, которые пробивали плотность виртуального самоутверждения, ее «реальности» и продвигали дальнейшую необходимость жизни в область техники, энергетики, миропонимания, взаимосвязи и формировали новые понятия мировидения. В современной синергетике тоже преобладает обобщение систем: качество, сущность живого вещества и живых систем, систем косного вещества, их взаимодействие выравнивается. Сама синергетика тоже навивает сегодня некую «виртуальную реальность», которая, несомненно, будет преодолена дальнейшими знаниями. Это доказывает и факт нашего существования на планете Земля, когда наука и организация не могут справиться с эпидемиями, хроническими болезнями, с преждевременной старостью, существенно олицетворяя все будущее в генетических или эпигеномных процессах. Вряд ли в таком катастрофизме в целом доминируют только энергоинформационные, даже сверхслабые потоки, они уходят в другое пространство, как показано в ряде существующих сегодня работ. Это очень ответственная идея, в книге она подчеркивается. Ставится вопрос о том, что, по-видимому, информационные потоки, во-первых, требуют выявления нового представления о сущности живого вещества, о сложности иерархий, которые не могут быть ни линейными, ни многоэтажными, а они многопространственны. Проникающая и взаимодействующая друг с другом по неизвестным для нас каналам, информационным потокам, пространственно-временным и невременным — эти сущности составляют проблему века.

Поставлена проблема. Энциклопедичность и смелость исследований Тульской школы, основанной и руководимой А. А. Яшиным, достойны большего внимания в современном естествознании и мировоззрении. Книга в противовес очень многим сегодняшним каноническим давлениям является светлым движением за горизонт науки. Наука неизбежно будет уходить за свои горизонты, но этот горизонт понимания сущности живого вещества, сущности нашего интеллекта, представлений о многомерном пространстве,

где информатика получает свое новое видение, также как биоэнергетика, заслуживает почтения и, несомненно, привлечет интерес многих читателей. Книга написана доступно и популярно, снабжена интересным фактическим материалом, иллюстрациями. В то же время, для специалистов найдено место и для сугубо математических, физических глав. Это новый шаг в развитии отечественного естествознания и хочется пожелать, чтобы Тульская научная школа развивалась, двигалась дальше и не оказалась на пороге тех, к сожалению, все более и более усиливающихся цензорных систем или в плену тактической приватизации научных исследований.

Добавлю, что инвестиции в фундаментальной научной тематике в России, те, что относятся к рисковым (поисковым) разработкам, сегодня финансируются лишь на 2—3 % от вложений всего финансирования в НИОКР. Инвестиции сложившихся направлений, усовершенствование существующих исследований составляют 92—93 % — стратегические исследования не получают финансовой поддержки, такова сегодняшняя реальность — это мрачный прогноз. Представленная работа важна как раз в аспекте рискованных разработок науки, она является примером сочетания реальной техногенной прогрессивности с гражданским долгом ученого.

Академик РАН,
Советник при дирекции НИЦ клинической
и экспериментальной медицины СО РАН
В. П. Казначеев
(г. Новосибирск)

ПРЕДИСЛОВИЕ-2

В начале 2007-го года на сайте ведущего в настоящее время естественно-научного издательства России «УРСС» под рубрикой «бестселлер» появилось сообщение о выходе в свет трехтомной монографии профессора А. А. Яшина из Тулы, заместителя директора по науке Государственного НИИ новых медицинских технологий, под названием «Живая материя»*. Предисловие к книге написал выдающийся ученый современности, создатель науки космоантропоэкологии, акад. РАН В. П. Казначеев из Новосибирска. Наряду с вице-президентом РАСХН, акад. Л. К. Эрнстом и профессором В. И. Дедовым из университета «Дубна», я выступил в качестве рецензента монографии. Сам автор определил ее содержание и назначение как введение в теоретическую биологию и физику живого.

Мы потому так подробно остановились на «Живой материи», что настоящая, предваряемая новая книга А. А. Яшина в плане общенаучном является продолжением предыдущей, а конкретно — развитием темы третьего тома: «Живая материя: Ноосферная биология (нообиология)». А если говорить точнее и не опасаться ответственных сравнений, то «Феноменологию ноосферы» в определенном смысле можно рассматривать как «современное прочтение» основополагающих исследований В. И. Вернадского, понятно, что с учетом уровня современного знания и выраженной авторской концептуальности. И еще заметим, что как «Живая материя» имеет своим предшественником «Теоретическую биологию» Эрвина Бауэра, созданную в 20-е годы XX века, так и между теорией ноосферы, впервые сформулированной Владимиром Ивановичем Вернадским в те же годы по результатам чтения курса лекций в Сорбонне, и «Феноменологией ноосферы» (она же теория нообиологии) можно назвать считанные имена, прежде всего Пьера Тейяра де Шардена с его «Феноменом человека», кстати, слушавшего те самые лекции В. И. Вернадского в Сорбонне. Он же — вместе с Э. Леруа, тоже слушателем — и ввел в научный обиход термин «ноосфера». А наш автор стал крестным отцом нообиологии, уже привычной в современной науке...

И еще одно предварительное, но существенное замечание. В современной науке сложилась ситуация, когда имя великого ученого В. И. Вернадского произносят с пietetом, особо отмечая его труды по биогеохимии, даже учредив межакадемический орден Вернадского, но о ноосфере вспоминают как-то в общем. Нередко приходится встречать и прямые сомнения в самом факте (возможности) существования ноосферы на том только ос-

* Второе издание вышло в 2010 г.

новании, что никак не наступит «обещанное Вернадским всемирное единение и комфортное проживание людей».

Здесь совершенно прав автор «Феноменологии»: В. И. Вернадский дал только абрис нашего ноосферного будущего, определив его общие черты и тенденции, но даже гению не дано предвидеть все малейшие нюансы, тем более — даты наступления событий. Проще нам, уже живущим в активный период перехода биосферы в ноосферу. К сожалению, природа или фундаментальный код Вселенной (ФКВ) по терминологии А. А. Яшина, предназначала жестокий сценарий «всеобщего единения» — через насильственную глобализацию...

А все ли и сейчас, учитывая прошедшее почти столетие со времени гениального предвидения В. И. Вернадского, мы знаем о путях и перепутьях формирования ноосферы? Полностью утвердительного ответа дать нельзя, хотя многое и прояснилось к началу XXI века. Ведь хорошо известна аксиома: история не имеет обратного хода, но и будущее экстраполировано, да и то в самых общих чертах, на длительность жизни одного-двух поколений. И то при условии «стабильной паузы» в развитии конкретного социума-государства, намного реже — в геополитике. И это все. Мудрость природы абсолютна: как человеку не дано, вовсе не нужно иметь перед глазами расписанную по годам таблицу своей жизни, так и человечеству в целом предоставлены лишь догадки ограниченного числа рефлектирующих умов. А разве может быть иначе? — Ответ лежит на поверхности.

Тем не менее, даже учитывая доминанту названной аксиомы, для каждого этапа эволюции человечества приходит время *синтеза* накопленного знания, диалектического — по Гегелю — перехода количества в качество под контролем принципа отрицания отрицания (идеалисты и креационисты скажут то же самое, но в адекватной им терминологии...)

За такую, заведомо нелегкую, задачу и взялся автор «Феноменологии ноосферы». Нелегкую, хотя в его научном заделе под тысячу публикаций в академических и всероссийских (ранее — всесоюзных), зарубежных периодических изданиях, около сорока книг, изданных в Москве, Туле, Киеве, Харькове. Это прежде всего уже упоминавшаяся выше трехтомная «Живая материя», трехтомная серия монографий «Биофизика полей и излучений и биоинформатика» и пятитомная «Электродинамика и информатика живых систем». С 2006-го года под его общей редакцией и активном участии издается продолжающаяся серия монографий «Экспериментальная электромагнитобиология» (вышло уже 12 книг). Несколько десятков изобретений, научные открытия. Многие из этих работ я имел честь рецензировать, знаю не понаслышке: глубокий теоретический синтез оптимально зиждется на отменном экспериментальном анализе в наиболее «рисковых»

разделах современной биофизики и биоинформатики. И, самое существенное, за автором «Феноменологии» стоит созданная и руководимая им Тульская научная школа биофизики и биоинформатики, хорошо известная в стране и за рубежом (ближнем и дальнем).

Но это все предыстория, хотя и заслуживающая внимания и необходимая для апологии авторского замысла.

...Как в любом музыкальном произведении его композиция и звуковая окраска во всем подчинены выдерживанию раз и навсегда заданного лейтмотива, так и в предваряемой книге все обилие теоретических построений, хорошо и мало известных фактов, авторских концепций и парадигм, физико-математических эксклюзивов служит одной цели: представлению возникновения, формирования и, увы, угасания ноосферы как динамического процесса — *движения ноосферы*. Отсюда и дотошное выяснение соотношения энергии, времени, дления и пространства, как интегральных характеристик ноопоза и эволюции жизни в ноосферный ее период.

Итак, автором сформулирована цель исследования, достигаемая решением десятка задач — содержание соответствующих глав книги. Укрупненно задачи эти фокусируются на три базовых положения: а) онтологическая необходимость перехода биосферы в ноосферу; б) завершение биологического этапа эволюции жизни и переход ее в постбиологический, виртуальный, он же ноосферный этап; в) переход от превалирования индивидуального мышления *homo sapiens* к коллективному разуму *homo noospheres*.

Первое из названных положений явно неоспоримо: переход биосферы Ж.-Б.Ламарка в качество ноосферы В. И. Вернадского. Последний так сформулировал эту онтологическую неизбежность: «Созданная в течение всего геологического времени, установившаяся в своих равновесиях биосфера начинает все сильнее и глубже меняться под влиянием научной мысли человечества» («Философские мысли натуралиста». — М., 1988).

Имеет своего предшественника и последнее утверждение. Это П. Тейяр де Шарден с его знаменитой и многозначительной *точкой Омега* («Феномен человека». — М., 1987).

Но вот срединное положение — это прерогатива автора. На первый взгляд это может показаться вычурной гипотезой. Действительно, биологи привыкли, оценивая эволюцию человека, к равному ее ходу от тупайи до человекообразных обезьян: эоцен, олигоцен, миоцен, плиоцен... Что дальше и ближе к нам? А дальше — даже для биологов — таинство рождения *homo sapiens*, сформировавшегося из гоминоидов 15...20 миллионов лет назад в меловой, особенно в третичный период. Что же произошло? Автор любит цитировать (впрочем — по делу) Тейяра де Шардена, а тот очень образно описал биогеохимическое состояние Земли в этот период: «В этот

момент на поверхности Земли, по-видимому, царило полное спокойствие. От Южной Африки до Южной Америки, через Европу и Азию раздольные степи и густые леса. Затем другие степи и другие леса. И среди этой бесконечной зелени мириады антилоп и зебровидных лошадей, разнообразные стада хоботных, олени со всевозможными рогами, тигры, волки, лисицы, барсуки, совершенно похожие на нынешних. В общем, пейзаж, довольно близкий к тому, который мы стремимся кусками сохранить в наших заповедниках в Замбези, Конго или Аризоне. За исключением нескольких сохранившихся архаичных форм, эта природа настолько знакома, что мы должны с усилием убеждать себя в том, что н и г д е (выд. Тейяром де Шарденом. — В. З.) не поднимается дым из лагеря или деревни.

Период спокойного изобилия. Пласт млекопитающих развернут. И, однако, эволюция не может быть остановлена... Что-то, где-то, наверное, накапливается и готово появиться для нового скачка вперед. Что и где?...» (Op. cit.).

А далее качественный скачок эволюции и появление *homo sapiens* — причем в результате каких-то ничтожных морфологических изменений мозга у предшественников-гоминоидов! Мы не можем не верить в произошедшее, ибо сами — плоды того гомопозза. Такой же качественный скачок назрел и в период перехода биосферы в ноосферу, то есть в наблюдаемое нами время: XX—XXII вв. Почему можно смело говорить об окончании биологического этапа эволюции жизни? — Да потому что развитие биоты пришло к своему логическому завершению, общепланетарная витальность стабилизировалась, стимулы для дальнейшего развития по этому пути исчерпаны. Проще говоря, как только появился человек с его мышлением, так биоэволюция осознала саму себя, что есть ее логическое окончание. Природе явно не нужна дальнейшая биотрансформация человека как вида. Оставив шесть пар рук и три глаза писателям-фантастам, в дальнейшей (общей) эволюции она учитывает только мозг своего высшего создания, причем побудительных причин к увеличению его производительности не имеется.

А тот факт, что мозг современного человека полагается «загруженным» на 15...20 %, ровным счетом ничего не означает, ибо остальные 85...80 % вещественной структуры мозга имеют своим назначением резервирование и дублирование мыслительного процесса — как в любой высоконадежной технической машине. Не зря автор часто обращается к аналогии с последней, так замечательно описанной французским философом эпохи Просвещения Жюльеном Офрэ де Ламетри в трактате «Человек-машина».

...А раз на пути в ноосферу большего от человеческого мозга требовать нельзя, то ноосферный этап эволюции делает ставку на коллективный разум («точка Омега» по П. Тейяру де Шардену, уже выше упоминавшемуся),

что по сути переводит реальную жизнь в виртуальную систему. Впрочем, как это происходит уже сейчас — и прелюбопытнейшим образом! — читатель с видимым интересом сам узнает из книги. Равно как и много чего другого из нашей и будущей жизни на Земле.

Читая книгу, особенно до конца ее многих страниц, сотен познавательных иллюстраций, лемм, теорем и внешне парадоксальных утверждений и выводов,— испытываешь двойственное чувство. С одной стороны, все вроде бы верно, точнее — выверено, логически непротиворечиво, не выходит за рамки фундаментальных законов мироздания, главное — просто и понятно. Так пишут, создавая новую науку, где автору все предельно ясно, а степени свободы контролируются непререкаемой и не допускающей беспочвенных фантазий диалектикой, причем материалистической. Не в обиду позитивизму и идеализму будет сказано...

Во-вторых же, неужели так все просто в нашем и будущем мире? — А почему все должно быть архисложным в структуре и движении неживой и живой материи? Надуманная сложность — это бонтон защиты диссертаций или дипломатических раутов. В действительности же природа мудро проста, и любое явление может быть объяснено, зная три секрета его сущности: самоорганизация, кластерно-иерархическая структура и двойственность представления. Кстати, почему-то последнюю мы привыкли ассоциировать исключительно с квантовыми теориями.

Вот вкратце те мысли, что пришли первоочередно в голову при чтении «Феноменологии ноосферы». Ее содержание — принципиально новый подход, феноменологический синтез известных понятий, в результате которых рождается и новое знание, что отвечает положительному утверждению общесистемной теоремы о неполноте столь уважаемого автором Курта Гёделя.

И еще одно замечание. Книга явно рассчитана на трехуровневое чтение: от общепознавательного до узкоспециализированного. Кстати, специальные знания требуются лишь для знакомства с сугубо математическими разделами, но они составляют не более 10 % от объема книги и погоды не делают. Кесарю кесарево, а автору математика нужна для утверждения своих концепций.

Вроде бы все сказано. Дело за читателем.

*Академик РАН В. Г. Зилов,
ММА им. И. М. Сеченова
(г. Москва)*

ПРЕДИСЛОВИЕ-3

Известный российский ученый, доктор технических наук, доктор биологических наук, Заслуженный деятель науки РФ, Почетный радист России, имеющий два ученых звания профессора, Алексей Афанасьевич Яшин опубликовал в 2011, 2012 годах монографическую трилогию «Феноменология ноосферы»: Часть I. «Теория и законы движения ноосферы» (312 с., 2011); Часть II. «Информационная и мультиверсумная концепции ноосферы» (360 с., 2011); Часть III. «Заключительные главы — прогностика» (330 с.; 2012).

По замыслу автора три тома «Феноменологии ноосферы» продолжают 9-томную его монографию, которую он назвал «Живая материя и феноменология ноосферы». В число первых томов вошли такие работы автора, как «Живая материя» (три тома) и «Предтеча ноосферы» (два тома).

Настоящая работа есть моя теоретическая рефлексия на концептуальную систему А. А. Яшина, которую он назвал «Феноменологией ноосферы». Сразу же подчеркну, что мне приходится судить во многом о том, что осталось «за кадром» трех томов «Феноменологии ноосферы», опираясь на те ссылки на предшествующие его работы, особенно — на «Предтечу ноосферы», которые присутствуют в тексте анализируемой трилогии.

Отмечу сразу же, что я активно занимаюсь разработкой теоретической системы ноосферизма, как формой развития учения о ноосфере В. И. Вернадского, на протяжении 25 лет, по крайней мере — с празднования научным сообществом СССР 125-летия со дня рождения В. И. Вернадского, в котором я принял активное участие, выступая с докладами в 1988 году, я не знал про исследования по теории ноосферы А. А. Яшина, которые он начал публиковать в первом десятилетии XXI века. В этом контексте теория Яшина является для меня таким же открытием, как, очевидно, будут являться открытием и мои работы по ноосферизму для него. К сожалению, данная ситуация — это отражение недостаточной коммуникационной насыщенности научных контактов в современной России, очевидно, связанной с тем, что в либерально-рыночной России науке приходится бороться с нехваткой средств на исследования и за выживание.

Трехтомная «Феноменология ноосферы» А. А. Яшина — сложная теоретическая конструкция, использующая высокого уровня формализмы, а также синтез современных знаний в области квантовой физики, астрофизики, биофизики, биоинформатики, биологии, космологии, космоантропозологии (в парадигме В. П. Казначеева), эволюционики, системологии, комплексной логики и логической физики по А. А. Зиновьеву, и др.

Выделю следующие важные общие положения, указывающие на место научных исследований А. А. Яшина в современной «вернадскологии», если воспользоваться этим понятием В. Н. Тимофеева-Ресовского*:

Первое. А. А. Яшин считает себя последователем системы взглядов на ноосферу В. И. Вернадского и П. Тейяра де Шардена, а также определенных положений теоретических достижений В. П. Казначеева, в частности его космоантропоэкологии, представлений о космогенезе интеллекта.

Второе. Признание перехода биосферы в ноосферу как закономерного этапа космического процесса на Земле, что является открытием В. И. Вернадского, в 2013 году зафиксированным Европейской академией естественных наук (по инициативе А. А. Горбунова и А. И. Субетто) как научное открытие. «Таким образом, переход (В→N) и развертывание ноосферы Земли есть составляющая глобального космического процесса (КР)»,** — пишет А. А. Яшин.

Третье. Космогонический взгляд на происхождение жизни, интеллекта и перехода биосферы в ноосферу. Данное положение «Феноменологии ноосферы» может рассматриваться как положение, находящееся в «русле» «Меморандума Вернадского-Чижевского» или «Космического меморандума организованности живого вещества», обобщенного И. Ф. Маловым и В. А. Фроловым***, — который мною был в своем названии расширен до названия «Меморандума Булгакова — Вернадского — Чижевского», поскольку идея космогенеза жизни присутствует у С. Н. Булгакова в «Философии хозяйства» (1912), в его теоретическом построении «метафизического коммунизма мироздания»****.

«Феноменология ноосферы» состоит из двух частей: части первой (том I) — теории и законов движения ноосферы и части второй (том II) — информационной и мультиверсальной концепции ноосферы. Третий том предстает собой заключительные главы, собранные под общим названием «Прогностика».

Вся теоретическая концепция Алексея Афанасьевича Яшина базируется на аксиоматике и выстроена в дедуктивной логике. Выделю следующие его

* Тимофеев-Ресовский В. Н. Вернадский и «вернадскология» // В. И. Вернадский: PRO ET CONTRA / Под общ. ред. А. Л. Яшина. — СПб.: РХГИ, 2000. — с. 74 — 83.

** Яшин А. А. Феноменология ноосферы: развертывание ноосферы. Часть I. Теория и законы движения ноосферы / Предисл. В. Г. Зилова. — М.— Тверь.— Тула: «Триада», 2011. — 312 с.; с. 9.

*** Малов И. Ф., Фролов В. А. Космический меморандум организованности живого мироздания // «Дельфис». Журнал Благотворительного фонда «Дельфис». — 2006. — № 4(48), с. 65—75.

**** Субетто А. И. Ноосферный прорыв России в будущее XXI века: монография / Под науч. ред. В. Г. Егоркина. — СПб.: Астерион, 2010. — 544 с.; с. 505 — 517.

аксиомы или постулаты, определяющие оригинальный мировоззренческий взгляд А.А.Яшина на ноосферогенез в эволюции Земли:

Аксиома 1. *В основе космогонической эволюции Вселенной лежит фундаментальный код Вселенной (своеобразная, выражаясь языком системогенетики, — системогенетическая матрица — системоген) — ФКВ, который в каком-то смысле служит основанием для взглядов на космогоническую эволюцию, как на процесс развертывания программы, заложенной в ФКВ. Поэтому «генезис живой материи» в разных частях нашей Вселенной, так же, как и на других «Вселенных», в том числе и ноосферный этап, есть результат действия программы и матрицы ФКВ. Эту запрограммированность космоэволюции можно назвать космономогенезом, если прибегнуть к теории номогенеза Л. Берга.*

За этой аксиомой, если обратиться к системе законов системогенетики, то есть к системогенетической логике эволюции, в частности — к закону системного наследования, включающему в себя четыре закона — необходимых условиях системного наследования: закону порождения, закону подобия, закону наследственного инварианта (закону существования «системогена») и закону наследственного программирования*, незримо присутствует гипотеза, что в момент рождения нашей Вселенной из сингулярной точки, в момент Большого взрыва по Г. Гамову, около 20 млрд. лет назад, произошла передача «наследственного инварианта» и соответственно осуществилось «наследственное программирование» от предшествующего цикла предшествующей Вселенной. *Возникает циклическая картина, в которой разворачивается цепь циклов развертывания и свертывания «Вселенных».* Интересно, что такая картина и закладывается в основание «Феноменологии ноосферы» А. А. Яшиным в виде его «теории циклических вселенных»**. Циклический характер космономогенеза присутствует в его теории в форме *леммы 2.8*: «Сценарий этногенеза земного человечества, включая ноогенез, как естественное продолжение и завершение биогенеза *homo sapiens*, режиссируемый космофизической эволюцией в развертывании матрицы жизни в составе ФКВ, исходя из фундаментального принципа «одноходовости» природных процессов — от микро- до макромира, — является отображением общего сценария развертывания, функ-

* Субетто А. И. Системогенетика и теория циклов. В 3-х част. В 2-х книгах. — М.: Исследоват. центр проблем кач-ва под-ки спец-ов, 1994.— 243 с.; 260с.; Субетто А. И. Манифест системогенетического и циклического мировоззрения и Креативной Онтологии.— Тольятти: МАБиБД, 1994.— 47 с.; Субетто А. И. Социогенетика: системогенетика, общественный интеллект, образовательная генетика и мировое развитие.— М.: Исследоват. центр проблем кач-ва под-ки спец-ов, 1994.— 156 с.

** Яшин А. А. Феноменология ноосферы... Часть 1.— М.— Тверь — Тула, 2011, с. 117.

ционирования и свертывания Вселенной: от Большого взрыва, далее $R(t) \rightarrow$, стабилизация $R(t) = \text{const}$ и свертывания $R(t) \leftarrow$ в сингулярность, предтечу нового цикла (в теории циклических вселенных)* (Мое замечание: $R(t)$ — радиус пространства Вселенной как функция времени, « $R(t) \rightarrow$ » — расширение или развертывание, « $R(t) \leftarrow$ » — сжатие или свертывание, $R(t) = \text{const}$ — фаза стабилизации).

Аксиома 2. Биологическая эволюция на Земле в лице «человека разумного» — «*homo sapiens*» приблизилась к своему асимптотическому пределу (соответствующему «точке Омега» в эволюционной концепции П. Тейяра де Шардена). Данная аксиома покоится на выявленной А. А. Яшиным закономерности (лемма 1.2): «геном каждого последующего, более высшего организма включает в себя геномы всех предшествующих, эволюционно более низших организмов, начиная от преджизненных вирусов, причем суммарное накопление нуклеотидов в ДНК текущего в эволюции организма подчиняется фундаментальному, в том числе общебиологическому, экспоненциальному закону».** Отмечу сразу, что данная закономерность, что интересно, находится в русле системогенетического закона спиральной фрактальности системного времени, являющегося системогенетическим обобщением принципа Геккеля (онтогенез, вернее эмбриогенез, повторяет филогенез), с его распространением на любую прогрессивную эволюцию в любых «системных мирах». В «Манифесте системогенетического и циклического мировоззрения и креативной онтологии» в Постулате 26 мною в 1994 году указывалось: «Действует закон спиральной фрактальности системного времени. Это означает, что спираль системной эволюции не исчезает, а повторяется в период системогенеза в каждом акте порождения в системном наследовании и в жизненном цикле с «обратным сжатием». Последнее свидетельствует, что более «древнее эволюционное системное время «сжимается» больше, чем более «молодое эволюционное системное время». Спираль системофилогенеза вкладывается во внутреннюю структуру спирали системоонтогенеза как бы с «опрокидыванием». Впервые данное свойство в терминах схожести фаз развития эмбриогенеза и филогенеза высших животных, в том числе человека, обнаружил Геккель. Закономерность «обратного сжатия» в «проекции» спирали системофилогенеза на спираль системоонтогенеза обусловлена тем, что системный мир (космос) в момент системного наследования как бы перебирает «матрешечную клавиатуру» инвариантов, начиная с самого «древнего» для данной системы. Самое «древнее» системное время потому «проскакивается»

* Яшин А. А. Феноменология ноосферы... Часть 1.— М.— Тверь — Тула, 2011, с. 117.

** Там же, с. 22, 23.

быстрее, что оно является носителем информации о самых глубоких инвариантах бытия для данной системы»*. Думаю, что закономерность, открытая А. А. Яшиным, на геномном уровне демонстрирует действие механизма *этого закона прогрессивной эволюции — закона спиральной фрактальности системного времени, в соответствии с которым прогрессивная эволюция есть эволюция запоминающая самое себя*, а поэтому имеющая направленность в сторону роста сложности и кооперированности систем и необратимость, то есть так называемую «стрелу времени».

Аксиома 3. Программа ФКВ, которая определяет эволюцию Вселенной как реализацию этой программы, вводит в прогрессивную эволюцию «целеуказание». Прогрессивная эволюция обретает телеологичность (без обращения к понятию Бога). В космогонической (космической) эволюции сменяемость фаз — «косной материи», «живой материи» и «ноосферной» есть форма реализации целеуказания, то есть программы, ФКВ.

А. А. Яшин выстраивает прогноз, что ноосферный этап космогонической эволюции, по крайней мере, на Земле, приведет к тому, что биологический субстрат эволюции («живая материя») сменится, по крайней мере на уровне доминирующей движущей силы эволюции, к информации, а в отдаленном будущем — это приведет к «исчезновению, или почти исчезновению, живого в биологических формах»**.

Фактически по прогнозу А. А. Яшина биологическая эволюция на Земле и в космосе сменяется «ноосферной эволюцией», которая проходит четыре этапа или цикла: «разумного», в котором поддерживается определенный баланс между биологически-живой и ноосферной составляющей, «глобальной автотрофности», «возможного» — «бункерного» мира, и, наконец, «исчезновения, или почти исчезновения, живого в биологических формах» и торжества «интеллекта» на базе «производства организованного системно неживого вещества»***. Здесь имеется явная аналогия с прозрением К. Э. Циолковского о будущем «лучистом» человечестве.

Исходя из такой аксиоматики, *ноосфера по А. А. Яшину обретает особое содержание. Фактически появление ноосферы знаменует собой, по конструктивной теории ноосферы, в моей трактовке, завершение на Земле конуса прогрессивной эволюции биосферы и начала конуса ноосферной прогрессивной эволюции, которая есть диалектическое снятие эволюции живой материи в космосе точно так же, как эволюция живой материи было диалектическим снятием эволюции косной материи.*

* Субетто А. И. Манифест системогенетическая и циклического мировоззрения и Креативной Онтологии — Тольятти: МАБиБД, 1994, с. 24, 25.

** Яшин А. А. Феноменология ноосферы..., часть 1, 2011, с. 56.

*** Там же, с. 59.

Этим обусловлена структура «Феноменологии ноосферы» с выделением в ней теоретических блоков:

— «конструктивная теория ноосферы»; в него вошли такие тематические теоретические модули, как «динамика дления живой материи», «дление в генезисе живой материи», «производство живого и неживого вещества в ноосфере», «информационная доминанта ноосферы», «энергетический баланс ноосферы»;

— «ноосфера Земли в аспекте космологии»; в него вошли такие теоретические модули, как: «Космос и ноосфера Земли», «космоантропозология В.П.Казначеева и космологическая доминанта в эволюции ноосферы», «вселенская киральность как источник и регулятор ноосферных процессов», «вселенский нейрокомпьютинг и его отображение в движении ноосферы», «вселенская сущность параллельных миров и их отображение в движении ноосферы»;

— «основные законы движения ноосферы»; в него вошли теоретические модули: «синергизм — самоорганизация как универсальный закон развертывания ноосферы», «движение ноосферы происходит в квазилинейном режиме устойчивого неравновесия», «информационное усложнение ноосферы», «дисперсия вещественной и полевой составляющих ноосферы», «степень логической обоснованности законов движения ноосферы»;

— «прощание с биологическим этапом эволюции»; в него вошли теоретические модули: «глобализация как ноосферный процесс», «цель и задачи биологического этапа эволюции», «переход биологической эволюции в виртуальность», «прогноз развития информационной виртуальной реальности», «биосфера входит в ноосферный ареал, а человек перехватывает эволюцию — что дальше?»;

— концепция единого информационного поля ноосферы; в него вошли такие теоретические модули как: «структура космоса как вещество-полевой базис для записи фундаментального информационного кода», «запись фундаментального информационного кода в виде матриц простых чисел», «запись фундаментального информационного кода на косных и живых объектах на основе чисел Фибоначчи и модифицированного ряда Фибоначчи», «аксиоматика информационного поля ноосферы», «информационное поле ноосферы создается целеуказанием эволюционирующей природы посредством мышления человека»;

— «параллельные миры как объективный фактор развертывания и функционирования ноосферы»; в него вошли теоретические модули: «общезфизическая парадигма параллельных миров», «мышление человека — отображение антропокосма и мультиверсума. Конструктивизм коллективного разума», «вещественно-полевые параллельные миры, как объективи-

зация универсума — мультиверсума», «векторизация и расслоение мышления, как солитонно-голографического процесса — феномена параллельных миров», «значение и роль параллельных миров в структуре и процессах ноосферного этапа эволюции».

«Феноменология ноосферы» А. А. Яшина, как видно из представленной структуры, очень сложное и объемное теоретическое построение, очень фундированное: список литературы, на которые выполнены ссылки, превышает более тысячи наименований.

Думаю, что знакомство с этой сложной теоретической работой, причем знакомство «в первом «приближении», потому что она требует глубокой проработки, позволяет мне утверждать *о космо-ноосферной парадигме научно-мировоззренческого синтеза А. А. Яшина — парадигме смелой, революционной, прогностичной и очень дискуссионной по многим пунктам.* Я специально подчеркиваю «дискуссионность», а не «спорность», потому что многие революционные положения требуют достаточно широкой развернутой аргументации, эмпирических обобщений, которой все ж таки не хватает, да и может ли один автор, каким бы гениальным он ни был, ее выполнить. Сам А. А. Яшин не боится вопрошаний и задает их и себе, и читателю в конце каждой главы: «выводы и проблемные вопросы».

Текст эмоционален, страстен, он далек от той холодной академичности, которая характерна для большинства текстов фундаментальных теорий, например, в физике, астрономии, или в текстах классической немецкой философии — например, Канта или Гегеля; Маркс к ряду хладнотемпературных философов явно не принадлежит.

Выделю из многообразия теоретических результатов в теоретической системе А. А. Яшина следующие положения, которые вызывают у меня, исходя из моего ноосферно-ориентированного синтеза и взгляда на космогоническую эволюцию, положительные оценки.

Первое. Введение понятия «вселенской киральности» как глобального нарушения симметрии макро- и микромира.* Здесь А. А. Яшин продолжает линию роли диссимметрии в эволюции живого и космоса в целом — линию Л. Пастера, П. Кюри, В. И. Вернадского, В. П. Казначеева. Он обобщает данные в этой области в радиофизике, электродинамике, биологии, биофизике, в гелиокосмобиологии. Он показывает, что прогрессивная эволюция живой материи, как часть эволюции — «переходов в структурировании» Вселенной, сопровождается «накоплением асимметрии (инфляции симмет-

* А. А. Яшин подчеркивает, что используемый им термин «киральность» вместо термина «хиральность» (используемого у химиков) отражает традицию физиков, которой он придерживается.

рии)», связанным с «понижением температуры среды»*. А. А. Яшин формулирует «теорему о порождающем начале Платона — Пастера», по которой *рост киральности объектов во Вселенной и в целом Вселенной индикатирует «снижение глобальной физической энтропии»* и, следовательно, *рост негэнтропии, то есть структурированности, сложности и самой Вселенной, и ее объектов, и, следовательно, рост свободной информации в объектах Вселенной. Высшим этапом этого процесса является ноосферный этап эволюции Вселенной.*

Подчеркну, что этот результат А. А. Яшина имеет переключку с теоретическим положением «Ноосферизма» (2001), по которому «конус или сходящаяся спираль прогрессивной космогонической эволюции», как и «конус» любой прогрессивной эволюции, демонстрирует существование космического закона кооперации и закономерности «сдвиг» от доминанты закона конкуренции к доминанте закона кооперации, от эволюционного механизма отбора к эволюционному механизму интеллекта, который трактуется как рост свободной информации в системе и соответственно рост роли «управления будущим» (управления с опережающей обратной связью, которое и есть «интеллект» как эволюционный механизм)**.

Это дало мне основание сформулировать положение ноосферизма о космогоническом законе интеллектуализации, или «оразумления» Вселенной, и ноосферогенезе в биоэволюции и в антропоной эволюции как следствии действия законов кооперации и интеллектуализации***.

Второе. Связывание перехода биосферы в ноосферу с резким увеличением роли коллективного интеллекта. По А. А. Яшину переход от человека, живущего в биосфере,— *homo sapiens*, к человеку, живущему в ноосфере,— *homo noospheres*, сопровождается тенденцией «перекачки» мыслительных способностей отдельных *homo sapiens* в «разум коллективный» *homo noospheres*****. Лемма 1.7 вводит положение о «коллективизации» суммы индивидуальных разумов в «точку Омега»*****. Здесь я просматриваю теоретическую параллель с разрабатываемой мною с 1987 года теорией общественного интеллекта, которая была защищена в докторской диссертации по философии в 1995 году на тему: «Общественный интеллект: социогенетические механизмы развития и выживания». Данная теория вошла неотъемлемой частью в теоретическую систему ноосферизма. В соответст-

* Яшин А. А. Феноменология ноосферы..., ч. 1, 2011, с. 137.

** Субетто А. И. Ноосферизм. Том первый. Введение в ноосферизм.— СПб.: КГУ им. Н. А. Некрасова, КГУ им. Кирилла и Мефодия, 2001.— 537с.; с. 15—38.

*** Там же, с. 36.

**** Яшин А. А. Феноменология ноосферы..., ч.1, 2011, с. 31.

***** Там же, с. 30.

вии с этой теорией на протяжении истории человечества, по крайней мере — после неолитической революции, действовал всемирно-исторический закон роста идеальной детерминации в истории через общественный интеллект, или закон роста роли общественного интеллекта как закон роста проектированного начала в исторической детерминации, который являлся частным проявлением более общего закона интеллектуализации «конуса» любой прогрессивной эволюции. Данный закон в стихийной истории человечества находился «в тени». И на рубеже XX и XXI веков, в рамках переживаемой эпохи перехода от «стихийной парадигмы» Истории к «управляемой парадигме» истории, данный закон выходит «на свет» и становится доминирующим, знаменуя собой начало новой истории как управляемой социоприродной эволюции на базе общественного интеллекта и образовательного общества — или ноосферной эволюции.*

Наличие таких «параллелей», которые я здесь выстраиваю, между теоретическими положениями ноосферизма (в моей трактовке) и теоретическими положениями «Феноменология ноосферы» А. А. Яшина, к которым мы пришли независимо друг от друга и в отличающихся понятийных построениях, свидетельствует, на мой взгляд, о более высокой достоверности самих этих положений.

Третье. Отнесение к важным законам становления и «движения» ноосферы самоорганизации или синергизма. По А. А. Яшину «синергизм-самоорганизация» — это «универсальный закон развертывания ноосферы»**. Синергизм и есть доминирование кооперации над конкуренцией, приводящее к появлению нового качества новой целостности («целое» — и есть эффект синергии — кооперации частей, из которых это «целое» синтезируется), то есть он является проявлением действия закона кооперации — на языке ноосферизма и системогенетики.

*Четвертое. Положение о законе информационного усложнения ноосферы, по сравнению с биосферой***.*

Данное положение также имеет параллель с законом интеллектуализации «конуса» прогрессивной космической эволюции в ноосферизме, за которым стоит своеобразная коррелятивная положительная связь между ростом кооперативности систем и ростом объема свободной информации в системах, сопровождаемой ростом их интеллектуальности.

* Субетто А. И. Опережающее развитие человека, качества общественных педагогических систем и качества общественного интеллекта — социалистический императив.— М., 1990.— 84с.; Субетто А. И. Ноосферизм. Том первый. Введение в ноосферизм.— СПб., 2001.— 537 с.

** Яшин А.А. Феноменология ноосферы..., Часть 1, 2011, с. 178—202.

*** Там же, с. 270.

К дискуссионным положениям я считаю необходимым отнести положение о «разрывной форме» перехода от биосферы к ноосфере, — перехода как конца биологической эволюции на Земле и начала ноосферной (с доминантой виртуально-проективных начал) эволюции, двигающейся к «точке Омега» по Тейяру де Шардену.

Слишком мало данных для такого вывода и слишком мала ретроспекция для такого прогноза.

У меня другой взгляд на сменяемость «конусов» прогрессивной эволюции в общем потоке «конуса» космогонической прогрессивной эволюции, а именно — как формы диалектического снятия, когда предшествующий этап («конус» эволюции) становится базисом следующего этапа — следующего «конуса» прогрессивной эволюции.

Сложность диалектики биологического и социального в эволюции человека состоит и в том, что еще многое в популяционных генетических механизмах, даже в аппарате ДНК, остается тайной для познающего разума.

Я в 1994 году в «Социогенетике»^{*} выдвинул «гипотезу о существовании «полевой» двойной спирали ДНК, «портретирующей» ее биосубстратную организацию. При этом эта спираль по биоинформационным каналам связана с генетической памятью биосферы Земли в целом. А поскольку биосфера как надсистема живых систем «помнит» длинную циклику биосферно-земных и космических процессов, включая синхронизацию и гармонизацию процессов Солнечной системы и Галактики, планет Солнечной системы и Земли..., постольку в момент «зачатия» человеческого зародыша происходит не только замыкание генетического управления в рамках полового диморфизма (женщина и мужчина), но и через «мужчину» как канал связи с надсистемами... с памятью биосферы. ...В этой гипотезе действует предположение, что биосфера как живой организм, адекватный всей Земле, программирует биосферную циклику эволюции человеческой популяции, включая волны зодиакальных психотипов человечества. Но не только их. Здесь просматриваются дополнительные объяснительные моменты к концепции гелиобиологии А.Л.Чижевского..., а также к некоторым прозрениям В.В.Розанова. В.В.Розанов в сборнике «Природа и история» пишет: «В акте рождения соединен весь органический мир, так разъединенный во всем остальном своем существовании»^{**}, — так писал я тогда.

Если эта гипотеза верна, то через наследственные каналы биологической эволюции транслируются и в какой-то форме социокультурная информация, как «онтологическая память» мужчины-отца.

^{*} Субетто А. И. Социогенетика: системогенетика, общественный интеллект, образовательная генетика и мировое развитие.— М.: Исследоват. центр, 1994.— 168с.; с. 42.

^{**} Там же.

По В. И. Вернадскому ноосфера — это не только сфера разума, как многие ее трактуют, и как определяли ноосферу Леруа и Тейяр де Шарден, но и новое состояние, новое качество самой биосферы, в котором научная мысль в ее планетарном выражении становится важным фактором геологической эволюции, своеобразной «энергией культуры», оказывающей воздействие на биосферу, сравнимое с «давлением» живого вещества. Я это определение ноосферы видоизменил, исходя из теории общественного управления, связал категорию ноосферы с управляемой социоприродной эволюцией как единственной моделью устойчивого развития человечества, при этом «управление» приобретает новое, неклассическое определение, в том числе оно рассматривается как управление гомеостатическими сложными системами, с учетом цикличности их развития, включающее в себя «мягкое», ценностноориентированное управление (в определении Ю. А. Шрейдера).

Поэтому для меня ноосферный этап космологической эволюции на Земле — это ноосферный этап эволюции биосферы.

На мой взгляд, на рубеже XX и XXI веков заканчивается период «беременности» биосферы человеческим разумом. Переживаемая человечеством эпоха великого эволюционного перелома — это не только эпоха смены парадигм истории, переход от стихийной истории к управляемой, «подлинной» по К. Марксу, истории, но в форме уже управляемой социоприродной эволюции, но и «роды» действительного разума человечества — разума как разума самой биосферы, — а значит и роды ноосферного человека, реализующего в себе ответственность за сохранение и прогрессивную эволюцию всего разнообразия жизни на Земле.

Здесь я приступаю к следующему моменту — это к вопросу сущности интеллекта и разума.

«Интеллект» в определении А. А. Яшина связан с мышлением, притом мышление человеческое — это мышление, осознающее самого себя, то есть мышление осознающее знание, которым оно оперирует. Именно на этом базовом признаке выстроено отделение этапа косной материи от этапа живой материи, и от этапа живой материи от ноосферного этапа в эволюции Вселенной в теоретическом построении А. А. Яшина.

Мои исследования, которые я веду около 30 лет в области теории интеллекта и теории прогрессивной эволюции, системогенетики, привели меня к другому определению интеллекта, как эволюционному механизму, противостоящему механизму естественного отбора (методу проб и ошибок) и являющему собой механизм управления будущим, то есть механизм управления с опережающей обратной связью, выводящий систему в желаемое будущее состояние (с определенным лагом опережения с вероятностью, близкой к «1»). Аналогом такого определения «интеллекта» как эво-

люционного механизма в теории биологических систем является «преадаптация». В этом контексте понятие интеллекта выводится за пределы биологических систем, им обладают любые системы, причем обладают настолько, насколько они управляют будущим.

Я придерживаюсь взгляда, что «управление» — фундаментальное свойство эволюционирующих систем, и рост уровня управляемости своим будущим в процессе эволюции есть рост интеллектуальности систем. При таком подходе прогрессивная эволюция демонстрирует рост качества интеллекта систем, сопровождающий рост их сложности и кооперированности. Кооперация подсистем, как качественный скачок с появлением новой системы в эволюции (например — кооперация одноклеточных подсистем в многоклеточные системы-организмы) закрепляется эволюцией тогда и только тогда, когда ее синергетическим эффектом является качественный скачок в управлении будущим (в преадаптации) и соответственно качественный скачок в интеллекте.

Поэтому для меня появление мышления у животных, появление человеческого мышления, как осознающего себя и знания, которым оно оперирует, осознающим себя мышлением является мышление, осознающее логику построения своих суждений, есть только момент в эволюции интеллекта систем, сопровождающей прогрессивную эволюцию самих систем.

Разум для меня — это высшее качество человеческого интеллекта, это этический интеллект. Хотя в глубоком онтологическом смысле, любой интеллект, как механизм продолжения жизни системы, несет в себе этические начала.

Я остановился подробно на этом не в порядке критики аксиоматики теории А. А. Яшина, а в порядке примера совершенно другого подхода к проблеме интеллекта, разума и границ «жизни» и «нежизни».

Из этих же оснований у меня присутствует и настороженное отношение к теяро-де-шарденовской логике движения ноосферного этапа к «точке Омега». По крайней мере, если оно присутствует, то эта точка отнесена на сотни миллионов лет в будущее, и в рамках малого промежутка времени антропогенеза, и, следовательно — ноосферогенеза на Земле, у нас мало оснований для такой гипотезы.

Следует еще раз вернуться и к определению жизни. Что считать живой системой? Если считать живыми системами любые системы, обладающие гомеостазом, то к таким относятся и биосфера, и Земля (концепция «Геи» или «Гайи» Дж.Лавлок), и Солнечная система, и Галактика, и Вселенная (последняя предстает организмом и в концепции А. А. Яшина вследствие гипотезы фундаментального кода Вселенной — ФКВ).

Интересными являются яшинская концепция мультиверсума и на ее базе — взгляд на становление ноосферы Вселенной в логике эволюции Вселенной, в которой роль «параллельных миров» — Вселенных с позиций их влияния на законы движения ноосферы становится значительной.

Меня объединяет с А. А. Яшиным и понимание того, что ноосферогенез как императив космогонической, биосферной и социальной эволюций на Земле, который особенно активно начинает проявляться в XXI веке, носит антикапиталистический, антирыночный и античастнособственнический характер.

Теорема 1.2 первой главы 3-й части трилогии «Феноменология ноосферы» звучит так: «Частнособственнический инстинкт, он же инстинкт накопительства, является биологическим атавизмом, сыгравшим свою социальную, организационную роль в эволюции человека» до периода приближения биосферы к переходу в ноосферу (ориентировочно до середины XX века), а в настоящий период — период уже начавшегося такого перехода этот инстинкт становится «актуальным атавизмом, то есть тормозящим эволюцию человека и человеческого социума»* (в этой формулировке я убрал те формализмы, которые присутствуют в оригинале).

В заключение подчеркну следующие свои выводы:

Первое. Несомненно «Феноменология ноосферы» есть серьезный вклад в становящийся ноосферизм, как совершающийся ноосферно-ориентированный синтез наук в XXI веке и одновременно, как становящуюся ноосферную научно-мировоззренческую систему и идеологию XXI века.

Второе. Весь теоретический комплекс Алексея Афанасьевича Яшина, представленный в его 11-томнике «Живая материя и феноменология ноосферы», позволяет считать, что на «небосклоне» Ноосферной научной школы России** появилась новая «звезда» — научная школа А. А. Яшина, предложившая свою космо-ноосферную парадигму. Я бы охарактеризовал эту «школу» как естественно-научную, с доминированием биофизических (космофизических) и комплексно-логических (в парадигме логики А. А. Зиновьева) оснований.

Третье. На мой взгляд, в концепции А. А. Яшина чрезмерно акцентируется виртуалистика и недооценивается связь виртуальных миров с материальным миром. Недооценивается опасность, в таком подходе, доминирования «игры», «играющего человека» как формы ухода в «некросферу» и соответственно как формы процесса экологической гибели человечества.

* Феноменология ноосферы: Заключительные главы — прогностика.— М.— Тверь — Тула: «Триада», 2012.— 330 с.; с. 101.

** Субетто А. И. Ноосферная научная школа России: итоги и перспективы.— СПб.: Астерион, 2012.— 76 с.

На мой взгляд, базовым критерием качества интеллекта, в том числе качества науки как важной состоявшей общественного интеллекта, является управление будущим.

По моей оценке, первая фаза глобальной экологической катастрофы состоялась и процессы ее, по своей мощности, нарастают. За этим скрывается глобальная интеллектуальная Черная дыра — запаздывание реакции человечества, коллективного человеческого разума, на негативные экологические изменения в живом веществе биосферы по антропогенным причинам, в том числе — негативные экологические изменения в самом монолите разумного живого вещества, олицетворяемого человечеством. Человечество явно недооценивает опасность реакции иммунных механизмов биосферы, в частности — микробно-вирусной составляющей (мощной информационно-плотной отрицательной обратной связи, работающей через «управляемый» мутагенез), на антропогенное давление на живое вещество биосферы. Если она их «запустит», то человечество может мгновенно исчезнуть с лица Земли от вирусной эпидемии, на порядок более «убойной силы», чем СПИД.

Познакомившись заочно с Алексеем Афанасьевичем Яшиным, в том числе через его не только научные, но и литературные труды, я убедился, что это красивый, настоящий русский человек, с глубокой культурой, с духовно-нравственными принципами, смелый, взыскующий к правде. «Не в силе Бог, а в правде» — таков был клич на Руси. Ему и следует А. А. Яшин.

Данное философско-научное эссе, а оно скорее всего по жанру таковым и является, — это только первый этап моего «мозгового штурма» того ноосферно-идейного богатства, которое предложил искушенному в науке читателю Алексей Афанасьевич Яшин, а теперь и его украинский коллега Игорь Григорьевич Герасимов.

*Президент Ноосферной общественной академии наук,
Заслуженный деятель науки РФ,
д-р филос. наук, д-р экон. наук, профессор А. И. Субетто
(г. Санкт-Петербург)*

ВВЕДЕНИЕ

...Как писал Сенека в «Неистовом Геркулесе» (ст. 441): «*Non est ad astra mollis e terris via*» — «Не гладок путь от земли к звездам». Точно так же Ваш покорный слуга, а сейчас и его научный коллега из Донецка Игорь Григорьевич Герасимов, невольно прокручивают в головах, приступая к очередному тому «Живой материи и феноменологии ноосферы»: ох, нелегко! Под землей понимается исходная концепция, абрис ноосферы нашего великого предшественника академика Владимира Ивановича Вернадского, а под звездами — создаваемый большим коллективом ученых России, отчасти и Украины, базисный корпус новой науки ноосферологии.

Впрочем, «негладкий путь» суть прерогатива любой, принципиально новой научной дисциплины. Приведем характерный пример. Один из авторов настоящей книги (А. А. Яшин), получая из рук нашего выдающегося ученого, академика, дважды Героя Социалистического труда Владимира Александровича Котельникова знак Почетного радиста России живо вспомнил, что его теория потенциальной помехоустойчивости в радиотехнике, не менее знаменитая чем теорема Котельникова о дискретизации непрерывных сигналов, была создана, что называется, на абсолютно «голом месте». Как пишут авторы предисловия к его книге³¹ Г. С. Ланцберг и Л. И. Филиппов: «...Один из авторов этих строк присутствовал на том заседании, будучи студентом 5 курса радиотехнического факультета, и... ничего не понял. Это не удивительно, как не очень удивительно и то, что никто в то время не понял ч т о (выд. авторами предисловия. — И. Г., А. Я.) именно произошло. Многие чувствовали, что это значительно; что автор вычислил помехоустойчивость каких-то идеальных приемников; показал, что известные способы приема далеки от идеальных. Но что при этом делать — было не совсем ясно. А главное — было не очень понятно, как он это сделал? Ведь никаких схем приемников не было!» (С. 3).

...Конечно, в отличие от ситуации В. А. Котельникова, у современных ноосферологов есть достаточно аргументированная теория — концепция В. И. Вернадского, но все же, повторимся, это скорее мощный абрис будущей аргументированной, научно и логически выверенной науки о переходе биосферы в ноосферу ($B \rightarrow N$). Все остальное, таким образом, с привлечением современного знания в области естествознания, точных наук, философии и пр. — за нынешними ноосферологами.

...Однако следует определиться с принципами самой науки ноосферологии, которые авторы книги сочли возможным изложить в форме мемурандума.

МЕМОРАНДУМ
о принципах развития науки ноосферологии
на период до 2020-го года

1. *В изложении* настоящего материала из трех основных значений слова «меморандум» (от греч. *memorandum* — то, что нужно помнить) используется следующее: тезисы (записка), в которой представлены вопросы, выдвигаемые на обсуждение.

2. *На обсуждение* научной общественности, то есть ученых, специалистов и всех интересующихся актуальными вопросами современного естествознания, преимущественно в отраслях эволюционной и социальной биологии, научной феноменологии, физики живого и биофизики (это разные понятия), космологии и квантовых теорий, формальной и комплексной логики, социологии и политологии, политэкономии и макроэкономики, общей и прикладной философии, актуальной педагогики и методологии образования, научной эвристики, социопсихологии и эвропатологии, кибернетики и синергетики, информатики, технотроники и так далее, представляются сформулированные в рамках работы Тульской научной школы биофизики полей и излучений и биоинформатики (*научн. рук. проф. А. А. Яшин*) принципы развития науки ноосферологии на период до 2020-го года.

3. *Целью* и реализующими ее задачами сформулированных принципов развития науки ноосферологии являются: а) формализованное и понятийно-содержательное уточнение определения науки ноосферологии; б) анализ в контексте содержания предыдущего пункта меморандума Декларации о вернадскианской революции (А. И. Субетто^{198, 199}); в) анализ *summa summarum* тенденций и полученных научных результатов в рамках ноосферологических исследований за предшествующий период (середина 1980-х годов — начало 2010-х годов); г) классификация разделов и направлений ноосферологии и выделение приоритетов исследований; д) другие существенные общие и частные принципы развития ноосферологии.

Нижеследующее содержание меморандума раскрывает в минимально-достаточной концептуальной полноте содержание п. 3 без строгой привязки к конкретной рубрикации а)...д).

4. *В Меморандуме* означенная периодизация — до 2020-го года — акцентирована следующими соображениями: а) среднесрочным прогнозом ноосферизации, то есть перехода биосферы Земли в ноосферу ($B \rightarrow N$); б) таковым же прогнозом научного становления ноосферологии; в) отсутствием сколь-либо достаточной научной базы для прогностики свыше среднесрочного прогноза, что объясняется: а) малым сроком (не

более 25...30 лет) реально ощутимого начала ($B \rightarrow N$); β) эффектом «стремительности» наступления периода ($B \rightarrow N$); γ) конспирологическим характером (пока) тайного всемирного управления процессом ($B \rightarrow N$).

В силу сказанного реальным представляется период анализа до 2020-го года.

5. *Определение ноосферологии.* Ноосферологией терминологически обобщенно называется комплексная, системная наука, идущая от парадигмы В. И. Вернадского^{35, 39-42} о переходе биосферы Земли в иное биогеохимическое качество — ноосферу (термин принадлежит Тейяру де Шардену²⁰² и Е. Леруа (*E. le Roy*)³³⁸ — под впечатлением прослушанных ими в 1922—23 гг. в Сорбонне лекций В. И. Вернадского по биогеохимии), оперирующая понятиями и логическими терминами всех естественных и гуманитарных дисциплин, а также частных (специализированных) научных направлений в пространственно-временном ареале от микро- до макромира, включая космо-планетарные масштабы, и подчиняющаяся в полной мере фундаментальным законам Мироздания, а в плане философском — законам диалектики Г. В. Ф. Гегеля — К. Маркса; в части виртуализации мышления — воззрениям кантовской философии (Кант¹¹², Шопенгауэр, неокантианцы).

6. *К настоящему времени* наука ноосферология «легитимна» и развивается исключительно в России, отчасти на Украине. На Западе-Востоке (термин И. В. Гёте — «Западно-восточный диван») само концептуальное учение В. И. Вернадского не признается, как не сулящее утилитарно-прагматического применения. Соответственно, не ведутся целенаправленные исследования, относящиеся к науке ноосферологии. Скорее всего, здесь действует фактор конспирологического (пока) мирового управления процессом ($B \rightarrow N$): управлять тайно. А поскольку на Западе, вопреки декларативному утверждению о «частной инициативе» исследований, последние в стратегических направлениях науки являются сугубо государственно контролируемыми, направляемыми и поддерживаемыми, то такая конспирология выдерживается строго и неукоснительно. Благо, грантовая система финансирования исследований (у нас система грантов суть фикция и казнокрадство) на Западе, как превалирующая, позволяет «направлять курс» или «сушить весла» элементарно просто и высокоэффективно...

Сказанное необходимо постоянно «держать в голове» при научных контактах с Западом-Востоком, ибо это тот «мальчик, что очень любит брать, но не любит что-либо отдавать». Это протестантская модель утили-

таризма. А у нас широкие православные души... Вот и получается, говоря на злобу дня: мы вам готовенькую науку нософерологию, вы нам — «голубую» толерантность и «болонизацию» образования.

7. *Предложенную* и разработанную президентом Ноосферной общественной академии наук (НОАН) Александром Ивановичем Субетто* концепцию вернадскианской революции — из анализа ее содержания — следует понимать в контексте *relata refero* (рассказываю рассказанное — лат.) как действительность на рубеже веков и тысячелетий диалектического закона перехода количества в качество прежде всего. Данный закон из гегелевской триады суть апология и собственно определение процесса революции на фоне непрерывающейся эволюции. Вернадскианская революция есть начало процесса ($B \rightarrow N$), как одного из составляющих в эволюции биоорганического мира Земли, но акцентированного на научном и социальном факторах.

Как и всякая революция (социально-политическая, научная, технико-экономическая и пр.), вернадскианская подчиняется — начинается, действует и заканчивается — абсолютно независимо от человека, в смысле человечества, но исключительно под действием диалектических законов эволюции.

8. *В силу сказанного* в п. 7 в период ноосферизации Земли ($B \rightarrow N$) наука ноосферология является, по-преимуществу, анализирующей процесс ($B \rightarrow N$) в части предтечи ноосферы на биосферном, проходящем (уходящем) этапе эволюции живого вещества и интеллекта на планете Земля (терминология В. П. Казначеева¹⁰⁵⁻¹¹⁰) и современного состояния процесса ($B \rightarrow N$), а также синтезирующей в части среднесрочной (до 2020-го года) прогностики названного процесса. То есть наука ноосферология является, по-преимуществу, *констатирующей*, но не конструирующей. Здесь человек — точка наблюдения, как в стандартных моделях общей теории относительности Эйнштейна — Пуанкаре — Фридмана, например, Конструктивными могут являться только умозрительные модели процесса ($B \rightarrow N$).

9. *В ноосферологии*, таким образом, не допускаются эволюционными законами диалектики «вольнoлюбивые построения» по корректиров-

* По решению редколлегии всероссийского ордена Г. Р. Державина литературно-художественного и публицистического журнала «Приокские зори» А. И. Субетто удостоен звания лауреата всероссийской литературной премии «Левша» им. Н.С. Лескова за опубликованный в 2013 г. в журнале очерк о ноосферно-социалистической миссии XXI века.

ке реального процесса ($B \rightarrow N$); только констатация, учет происходящего и более-менее достоверный прогноз. Особенно это относится к таким разделам науки ноосферологии как философия, экономика и образование, хотя именно в названных субдисциплинах в отечественной ноосферологии (повторимся: а другой во всем мире более и нет), судя по публикациям в изданиях НОАН, проявляется наибольшее оживление. В основном, к сожалению, на описательном уровне.

Поясним сказанное. Философия, экономика и педагогика в период ($B \rightarrow N$), с одной стороны, подчиняются в полной мере тем же философским, экономическим и образовательным законам, что и в предшествующий, биосферный период; с другой стороны, исключая философию, как универсальную и самодостаточную отрасль человеческого мышления и знания, экономика и педагогика в настоящий, начальный период ($B \rightarrow N$) подчиняется процессуальности *глобализма* (или глобализации), который по эволюционным законам неизбежно и неумолимо предшествует развертыванию ноосферы. Увы, но История, она же эволюция, избрала этот путь.

10. *Резюме* (Как говорили наши деды и отцы: десятым сталинским ударом...). Исходя из реального положения дел и вещей, можно объективно сформулировать базовые принципы развития науки ноосферологии на период до 2020-го года, а именно:

— к настоящему времени ноосферология, как научная, системная дисциплина, еще не сложилась, но методом проб, ошибок и отсекаемых ложных ходов (это методология любого эволюционного процесса) сформирована ее предтеча;

— ноосферология является исключительным приоритетом и прерогативой СССР, а ныне — России, отчасти и современной Украины; на прагматичном Западе — Востоке концепция В. И. Вернадского о ($B \rightarrow N$), а значит и современная ноосферология, что называется «молча», не опровергается, но и не развивается;

— вернадскианская революция на рубеже веков и тысячелетий в образной терминологии обозначает бифуркационный процесс начала этапа ($B \rightarrow N$) на фоне непрерывающейся эволюции живого мира на Земле;

— начальный период ($B \rightarrow N$) длительностью — по разным оценкам — от полусотни до полутора сотен лет является эволюционным этапом жесткой, всемирно тоталитарной социализации в мировом масштабе с полным уничтожением в итоге капиталистической социально-экономи-

ческой формации, получившей (уже устоявшееся) название периода глобализации;

— поскольку в своем историческом генезисе человек опередил эволюцию (по Конраду Лоренцу^{218, 318–321}) и потому стал ее двигателем, то процесс ($B \rightarrow N$), в особенности же глобализация, характеризуется фактором всемирного урвления, на начальном этапе глобализации (до 2020-го года) — конспирологическим, условно называемым Тайным мировым правительством;

— по определению в период ($B \rightarrow N$), особенно по этапе глобализации, наука ноосферология является констатирующей и синтезирующей, но не управляющей, из чего вытекают ее принципы организации, деятельности, поставленные цели и задачи, а также прогнозируемый научный результат;

— в наибольшей степени констатирующими разделами науки ноосферологии в период глобализма являются философия, экономика, педагогика и образование, социология и социобиология — в целом весь комплекс гуманитарных дисциплин, ибо все построения (теории, концепции, парадигмы и пр.), не отвечающие «генеральной линии» глобализации здесь являются умозрительными, отсекаемыми от практических приложений; однако, научные изыскания в названных отраслях ноосферологии несомненно приветствуются («Теория, мой друг, суха, но вечно зеленеет жизни древо» — «Фауст» Гёте), поскольку в своей совокупности позволяют «отслеживать», в определенной степени прогнозировать развитие модели и практики глобализации; это актуально важно особенно на начальном, конспирологическом этапе глобализации в процессе ($B \rightarrow N$);

— конструктивными в науке ноосферологии являются отрасли и дисциплины, занимающиеся исследованиями и разработками моделей процесса ($B \rightarrow N$), а именно: космо-физических, математических, логических, биофизических, кибернетических и синергетических, отчасти — социополитических и социобиологических, поскольку названные конструктивные исследования и модели, как и констатирующие (см. выше), хотя и не могут являться управляющими в процессе ($B \rightarrow N$) в период глобализации, но с достаточной степенью научной достоверности: а) описывают *ob ovo* процесс ($B \rightarrow N$), что является собственно апологией любой науки; б) позволяют создать научно же обоснованную прогностическую модель исследуемого эволюционного процесса.

...Итак, ничего личного — только поиск научной истины.

В ранее изданных работах авторов — И. Г. Герасимова^{61–79} и А. А. Яшина^{247–274} (см. также в библиографии к книге совместные работы данного автора с коллегами по Тульской научной школе биофизики полей и излучений и биоинформатике на русском и английском языках) развиты основные положения современной ноосферологии с позиций концепции В. И. Вернадского и современного уровня знания в самых различных отраслях естественных, гуманитарных, точных и прикладных наук — см. *Меморандум*.

Заметим, что первые девять книг^{251, 252, 260–263, 269–272} многотомной монографии «Живая материя и феноменология ноосферы» посвящены разработке общей теории эволюции биосферы-ноосферы ($B, B \rightarrow N \rightarrow \text{прогноз } N$). Начиная с десятого тома: Яшин А. А. Феноменология ноосферы: Струнный квартет, или аналоговое и цифровое мышление, уже детализовано рассматриваются конкретные, значимые разделы вновь создаваемой науки ноосферологии. В настоящей книге центр внимания — память *homo sapiens* (*h.s.* — далее) и ее определенная трансформация в процессе ($B \rightarrow N$) и формировании *homo noospheres* (*h.n.* — далее).

Соответственно такой изначальной установке, материал работы методологически излагается по следующей схеме, при этом мы придерживаемся принятой в прежних томах трехглавной, фактически — трехчастной, структуры. Первая глава содержит разработанную авторами наиболее продуктивную, на наш взгляд, современную теорию организации памяти, основанную на *ионно-молекулярной модели*. Условно мы называем ее флэш-моделью, что лишний раз подтверждает известный эффект антропности создаваемых человеком технических систем. Заметим, что первым этот принцип обосновал выдающийся французский философ Жюльен Офрэ де Ламетри, издавший в середине XVIII века свой нашумевший труд «Человек-машина»... мы вернемся к Ламетри в дальнейшем изложении материала книги.

Кстати ионно-молекулярная модель памяти (ИММП) отчасти, но в достаточной полноте, к моменту выхода этой книги уже не будет являться чем-то новым. Отдельные положения теории первоначально были изложены одним из авторов в статьях^{61–79}, а, начиная с № 4, 2013 г., полная теория ИММП публикуется авторами во всероссийском теоретическом и научно-практическом журнале «Вестник новых медицинских технологий» (г. Тула, зам. главного редактора А. А. Яшин). Как мы уже сказали выше: *relata refero...*

Цель изложения теории ИММП в самом начале настоящей книги не столько «затверждение» авторской концепции, что, в общем-то, понятно

самодостаточно мыслящему человеку^{*}, но — показать читателю в понятной-доступной форме, что наука, говоря откровенно, о человеческом мышлении, неотъемлемым атрибутом которого является память, не так уж далеко отошла за предшествующий век от первого своего этапа изучения, а именно: от вещественно-молекулярной и функциональной — модели «черного ящика» — структуры мозга, чем мы обязаны И. П. Павлову, В. М. Бехтереву²⁵ и ряду более близких к нам исследователей^{1-12, 14-24, 167 и др.} Еще отметим в данном аспекте физико-математические работы И. Пригожина^{162-164, 179, 180} и Г. Хакена^{214, 215}.

...Именно поэтому сейчас и в обозримом будущем любые теории и концепции памяти, предпочтительно в завершенной форме и не являющиеся субъектом философской спекуляции, то есть не основывающиеся на собственных же посылках, что нарушает запрет теоремы Гёделя о неполноте, должны научным миром приветствоваться, анализироваться и признаваться/отвергаться. Опять же — научно достоверно. Полагаем, что и теории ИММП заслуживает внимания.

Итак, справедлива

Лемма В.1. *Память ($h.s. \rightarrow h.n.$) в процессе ($B \rightarrow N$) является неотъемлемым атрибутом мышления человека, не прекращающей своей эволюции, при этом концепция ИММП в наибольшей степени адекватности соответствует антропному принципу создания человеком технических систем и — особенно — информационных технологий.*

Косвенная иллюстрация к лемме В.1 приведена на рис. В.1²⁶³ — аналогия между образованием Вселенной (БВ — Большой взрыв) и объективизацией мышления, как виртуальной реальности в синтетической метафизике.

Каждый такой сгусток 5 создает свой, сугубо индивидуальный, виртуальный мир, причем эти миры отдельных сгустков *не пересекаются*. Таким образом, последовательность развития одной из ветвей философской мысли: от агностиков древности к Давиду Юму, от него к Канту и далее к Шопенгауэру в итоге привело к субъективному идеализму — высшему развитию синтетической метафизики, субъекты мышления (и воли) которого мыслят, то есть существуют, в индивидуальных виртуальных мирах.

Содержание леммы В.1 и иллюстрация на рис. В.1, таким образом, поясняет выдвинутую нами ранее в предыдущих книгах «Живой материи и

^{*} В предыдущих томах мы не раз говорили о социобиологическом законе свойства мышления $h.s.$, кстати, никем не опровергаемом: только 8 % людей, независимо от пола, возраста, образования и пр., являются мыслящими самодостаточно. Такие люди определяются просто: они плохо поддаются действию обычного медицинского гипноза... от такого качества они не намного более счастливы, но на них держится вся наука и управление.

феноменологии ноосферы» (ЖМФН) концепцию *эволюционной консервативности*, суть которой заключается в том, что природа, то есть ее фундаментальные законы, чрезвычайно «экономны» — можно и без кавычек — в своих системных ходах. Само мироздание суть открытая система, но его системная организация зиждется на очень немногих эволюционных ходах.

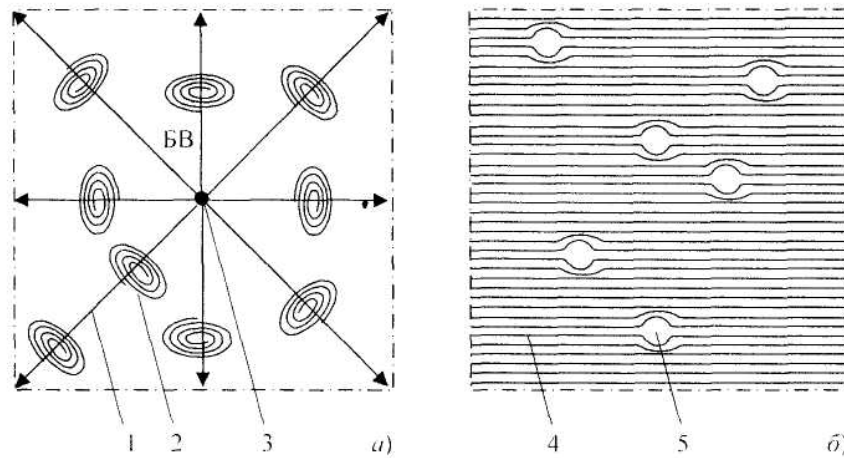


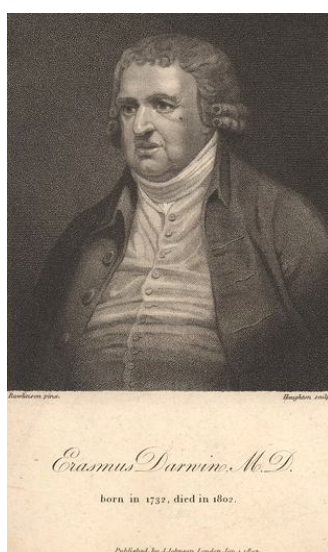
Рис. В.1. Сценарии образования Вселенной (а) и сгустков воли — мышления (б): 1 — направление расширения Вселенной; 2 — звездно-галактические образования Вселенной; 3 — эпицентр большого взрыва; 4 — «облако Майи»; 5 — сгустки воли и мышления.

Таким образом, сама структура мышления и памяти человека созданы по аналогии (см. рис. В.1) с фундаментальным кодом Вселенной (ФКВ)²⁷², человек же создает «обслуживающий» его технический, в том числе информационно-виртуальный мир, по аналогии со своей структурой (антропный принцип) и так далее: см. фантазии Герберта Уэллса, которые в процессе ($B \rightarrow N$) уже превратятся в реальность. Хотя бы в виртуальную реальность.

...Все сказанное выше, хотя бы и отвлеченно, относится к доказательству леммы В.1. Изображения деда и внука Дарвинов помещены ниже не случайно. Оба они прекрасно понимали консервативность ходов природы, то есть ФКВ, говоря языком нынешним, создавая учение о биологической эволюции. Особенно Чарльз Дарвин, живший и творивший «Происхождение видов» в период промышленной революции в Англии. Отсюда и социобиологичность его теории эволюции, в отличие от теории Ламарка:

слишком прямо Дарвин-внук перенес социобиологию эпохи первоначального накопления капитала — *homo homine lupus est* — на более гуманные», если так можно выразиться, законы и процессы эволюции!

Так и между концепцией ИММП и ее антропным близнецом, о чем пойдет речь чуть ниже, нет и не может быть знака равенства при полной идентичности эволюционных ходов.



...От поэмы Эразма Дарвина «Храм природы, или происхождение общества»⁸⁶ до «Происхождение видов»⁸⁵ его внука Чарльза только три года плавания последнего на «Бигле» (вверху — Эразм Дарвин; внизу — дед и внук).

Техническое примечание. В настоящей работе мы используем вроде бы родственные термины: антропность и антропоморфизм (см. ниже) — оба зиждутся на ключевом слова *anthropos* — греческ. человек. Тем не менее используются они в несколько различных смыслах, которые в общем случае вполне ассоциируются с их переводами на русский язык: «человечность» и «человекообразность»...

Все по той же «консервативности» построения трехчастных научных работ, если первая глава суть понятийное, доступное многим изложение новой теории, в нашем случае — ИММП, то последующая глава (у нас де-факто часть) должна иметь характер физико-математического (биофизикоматематического) описания, в простейшем случае — аранжировки, ИММП. В настоящей книге это трудновыполнимо: во-первых, не входит в задачу работы в составе серии «ЖМФН»; во-вторых, сколь-либо полное, тем более — законченное, биофизикоматематическое описание процессов в ИММП невозможно по очевидной причине: это превышает возможности современного научного аппарата; наконец, даже конспиративное изложение наработанного, в том числе авторского, материала никак не соотносится с объемом настоящего тома.

Но все же, даже чтобы скорее показать, что сугубо научное описание процессов в ИММП есть задача реальная, во второй главе рассмотрен в физико-математической трактовке, пожалуй, важнейший процесс в ИММП, а именно: передача информационных сигналов в нейронной сети головного мозга — в аспекте динамического функционирования системы памяти.

Существенным моментом данной теории, названной обратным методом электрогидродинамической аналогии (ОМЭГДА), предложенной одним из авторов и разработанной в рамках деятельности Тульской научной школы биофизики полей и излучений и биоинформатики (*далее — Тульской школы*)³⁷, является использование относительно нового и весьма эффективного математического аппарата дифференциальных форм (внешней алгебры). Заметим, что этот аппарат ранее был эффективно использован его автором при решении различных задач биофизики полей и излучений и биоинформатики^{37, 42, 134, 147, 269}.

И другой не менее существенный момент использования ОМЭГДА при исследовании процессов в теории памяти — это наиболее полный и адекватный учет системы резервирования передачи биоинформации¹⁹⁵. Рассмотрим это подробнее в контексте настоящей темы, снова обратившись к имени Ламетри.

Система резервирования передачи информации в биосистемах. В 1747 году в Лейдене (Голландия) издатель Эли Люзак выпустил книгу «Человек-машина», принадлежавшую перу известного философа эпохи Просвещения

Жюльена Офрэ де Ламетри. Книга имела шумный успех, а ее содержание сводилось к определению человеческого организма как некой, но весьма совершенной машины, причем это весьма убедительно аргументировалось на уровне знания той эпохи.

Действительно, изобретая всевозможные механизмы, устройства, сложные системы, человек вольно или невольно (подсознательно) рассматривает свое детище с позиций антропоморфизма. Но это ему так кажется. На самом деле природа (эволюция, фундаментальный код... можно называть как угодно) разумно использует свои алгоритмы структурирования объектов: живых и неживых. Действительно, коль скоро процессы в живом и неживом подчиняются одним и тем же законам физики и химии, то почему бы и системная организация объектов живого и неживого подчинялась разным алгоритмам? Естественно, с учетом уровней сложности.

Возьмем наиболее сложное с системной точки зрения создание человека в мире неживого (в мире живого он ничего еще не создал принципиально нового даже на уровне простейших вирусов) — ЭВМ. На рис. В.2, выполненном в «антропоморфном» виде, показана базовая структура (архитектоника) современной ЭВМ.

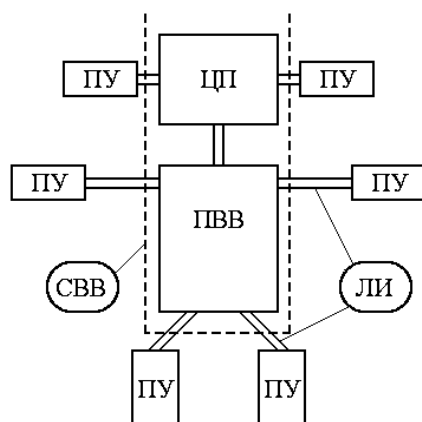


Рис. В.2. «Антропоморфная» архитектоника современной ЭВМ — «информационный робот»

Проведем «анalogию» с системной организацией *homo sapiens*. Центральная часть ЭВМ, основу которой составляет центральный процессор (ЦП), непременно ассоциируется с головным мозгом человека. Внешнюю часть ЭВМ — периферийные устройства (ПУ) — у человека выполняет вся

его система связи с внешним миром: конечности, органы слуха, зрения, обоняния и пр. Центральный процессор связан с остальными устройствами ЭВМ линиями интерфейса (ЛИ). В ЭВМ современного типа система ввода-вывода (СВВ), то есть система подключения ПУ к ЦП и оперативной памяти, очень сложная, поэтому для управления СВВ в ЭВМ предусмотрен процессор ввода-вывода (ПВВ). Его «аналогом» в биосистеме человека является спинной мозг.

Отыскание параллельных органов и систем можно продолжить вплоть до самых «малых» по своему функциональному назначению блоков, узлов и элементов ЭВМ. Более того, «аналоги» существуют и в системе питания и утилизации. Но нас, в контексте темы работы, более интересует система ЛИ в структуре СВВ, включая ЛИ высших двух типов (I_1 и I_2 — по существующей классификации интерфейсов ЭВМ), то есть осуществляющих связь ЦП с оперативной памятью и с ПВВ.

По своему назначению и сути ЛИ есть система для информационного обмена в структуре ЭВМ, причем этот обмен, во-первых, выполняется как цифровыми (импульсными, дискретными) сигналами, так и аналоговыми — в цифро-аналоговых и аналоговоцифровых преобразователях (ЦАП и АЦП) и в устройствах сопряжения ЭВМ с аппаратурой передачи данных, например, при сопряжении с телекоммуникационными сетями. Во-вторых, для надежности работы ЭВМ, повышения быстродействия и исключения потери или искажения полезной информации (управляющей и подлежащей обработке), используется разветвленная система резервирования. Простейший пример: передача сигналов в последовательных интерфейсах одновременно по нескольким линиям (шина интерфейса); в параллельном интерфейсе эта система резервирования еще сложнее, особенно при асинхронном принципе передачи.

Для процессов передачи информации в биосистеме характерны те же особенности с тем принципиальным отличием, что резервирование (в ЭВМ оно выполнено только по одному носителю — импульсному (цифровому) электрическому сигналу) в биосистеме организовано по нескольким каналам, каждый из которых характеризуется специфическим носителем (см. выше) и отличной от других скоростью передачи информационных сигналов. Сказанное проиллюстрировано на рис. В.3, причем в системе резервирования каждый канал-носитель имеет свою специфику. Например, продолжая аналогию с ЭВМ, можно ассоциировать систему кровотока с интерфейсом «Общая шина» (ОШ) ЭВМ или магистральным объединенным интерфейсом мини- и микро ЭВМ. Однако если ОШ ЭВМ работает в режиме разделения времени или предоставления канала связи схемой арбитра в порядке очереди, то в системе кровотока различная информация от раз-

личных «передатчиков» (ПРД) и к различным «приемникам» (ПРМ) переносится в едином токе крови различными носителями — составляющими плазмы крови и клетками.

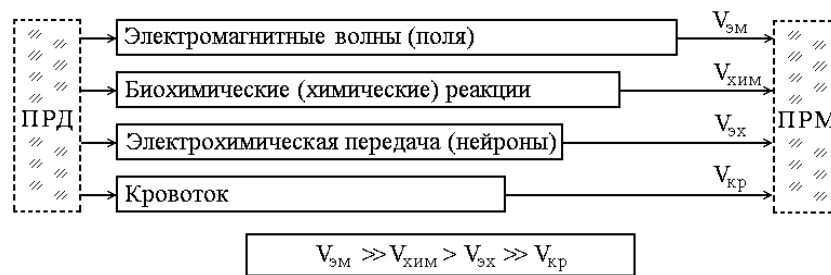


Рис. В.3. Диаграмма, иллюстрирующая систему резервирования каналов передачи информации в биосистеме

Избранная природой система резервирования (рис. В.3) является оптимальной для выполнения многофакторных функций биоинформационного обмена, в то же время она сложилась с учетом эволюционных факторов тупиковых ходов, пробного нащупывания и пр.

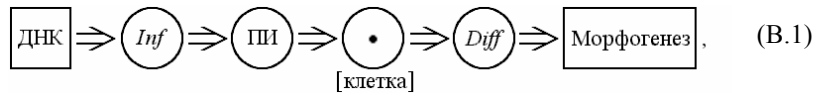
Согласно принятой нами и в достаточной степени аргументированности рассмотренной в предыдущих томах «ЖМФН» и других работах Тульской школы^{13, 26-28, 37, 48, 49, 54} и др. концепции, передача информации в биосистемах дублируется согласно схеме на рис. В.3. Для работы мозга и памяти, как его субъекта, нейронная электрохимическая передача информации, рассматриваемая в ИММП как (традиционно) базовая, резервируется, в первую очередь электромагнитной полевой; терминология последней суть триада: ЭМП, ЭМВ, ЭМИ — электромагнитное поле, волна и излучение, соответственно. Именно ОМЭГДА позволяет продуктивно использовать этот аппарат как для анализа нейронной системы как в режиме электрохимической (ИММП) передачи информации, так и электромагнитной полевой.

Это еще один существенный довод в пользу того, что в качестве основного содержания второй главы мы избрали, как характерный пример биофизикоматематического описания процессов памяти, именно ОМЭГДА.

Мы принципиально исходим из того, что структурированный живой организм есть сложная функциональная система, строго упорядоченная в своей иерархии. Для поддержания жизнедеятельности такой системы необходима сложная по своей структуре, резервированная информационная связь. Более того, как утверждает Г. Хакен^{214, 215}, в биосистеме «ничто не

происходит без кооперации отдельных ее частей на высоком уровне». Поэтому, с синергетической точки зрения, роль биоинформационного обмена заключается в своего рода в управлении и контроле за преобразованием энергии на биомолекулярном уровне и проявлением ее действия на макроскопическом уровне, то есть уровне органа, системы, организма в целом.

С точки зрения морфогенеза живого фундаментальную роль играет «позиционная информация» (ПИ). Именно эта информация, эволюционно заложенная в биоткани, управляет клеткой, в частности, инициирует ее дифференцировку (*Diff*). То есть здесь процесс идет согласно диаграмме



а передачу информации в этой цепочке можно рассматривать как «длинные волны», а сам процесс осуществляется в течение жизненного цикла организма. Понятно, что в этом цикле информация передается как непрерывными (по самому определению «длинной волны»), так и дискретными сигналами. Все дело во временной их протяженности; это несколько непривычно для «физически» мыслящего исследователя, но не вызывает возражений у специалиста-биолога или биофизика.

Сказанное выше имеет самое прямое отношение к памяти.

Знакомясь с содержанием второй главы настоящей книги, следует иметь в виду, что, согласно нашей концепции — см. предыдущие книги серии «ЖМФН», — электромагнитная передача информации в биосистемах, тем более в нейронной сети накопления и извлечения памяти, выполняется ЭМВ в форме солитонных голограмм (СГ). Это понятие достаточно сложное с физико-математических позиций. Достаточно сказать, что оно связано со сверхвысокочастотными (СВЧ) ЭМП, вращающимися магнитными полями (ВМП), решением интегральных уравнений (ИУ), обыкновенных и нормальных обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ и НОДУ), а собственно солитонные ЭМВ описываются, да и то в первом приближении, каноническими уравнениями^{37, 52} Кортевега и де Фриза (КдФ), модифицированным КдФ (МКдФ) и обобщенным уравнением КдФ (ОКдФ), соответственно:

$$6U_t = 3UU_x - (1/2)U_{xxx}, \quad (\text{B.2})$$

$$6V_t = 3V^2V_x - (1/2)V_{xxx}, \quad (\text{B.3})$$

$$U_t + U^p U_x + U_{xxx} = 0, \quad (\text{B.4})$$

а также уравнениями синус — Гордона, Клейна — Гордона, Шредингера, Буссинеска и Борна — Инфельда, соответственно:

$$U_{xt} = \sin U, \quad (\text{B.5})$$

$$U_{xt} = f(U), \quad f(U) = -\cos U, \quad (\text{B.6})$$

$$iU_t = U_x^2 - 4iU^2U_x + 8|U|^4U, \quad (\text{B.7})$$

$$U_{tt} = U_{xx} + 6(U^2)_{xx} - U_{xxx}, \quad (\text{B.8})$$

$$(1 - U_t^2)U_{xx} + 2U_xU_{xt} - (1 + U_x^2)U_{tt} = 0. \quad (\text{B.9})$$

Заметим, что решений (B.2)—(B.9) в математике известно достаточно число... с различной степенью адекватности описываемым им процессам. В работах^{147, 198} нами (В. П. Фильчакова, А. А. Яшин) разработан общий подход к решению канонических уравнений (B.2)—(B.9).

...Понятно, что в задачу настоящей работы не входит анализ решений уравнений, описывающих СГ ЭМВ; просто в системе ОМЭГДА, равно как и в материалах третьей главы, мы констатируем факт их реальности и биофизической действительности. Кесарю кесарево... как мы идентифицировали СГ ЭМВ в предыдущих работах по электромагнитобиологии^{100, 115, 123, 158–160, 168, 169 и др.} Для примера рассмотрим схему на рис. В.4, иллюстрирующую процесс информационного взаимодействия (внешнего) сигнала ЭМИ с кодом ДНК¹⁰⁰.

В рассматриваемом на рис. В.4 процессе основой является информационное взаимодействие $Inf \{ (h\nu, I_c), GK \}$ волновой структуры ЭМИ $(h\nu, I_c)$ с характеристиками, определенными как

$$I_c \{ h\nu \} = C \{ f_{н.с.}; F_{мод.с}; S_c(\omega); Pol_c; \chi_c; \dots \}^{var}, \quad (\text{B.10})$$

где $f_{н.с.}$ — несущая частота ЭМИ; $F_{мод.с}$ — модулирующая частота; $S_c(\omega)$ — спектр сигнала; Pol_c — вид поляризации; χ_c — характеристика киральности, индекс «с» означает, что параметры функции C , точнее их подбор, в пределах вариации var совпадают с характеристиками возбуждающего сигнала I_c , с генетическим кодом GK ДНК облучаемого одноклеточного организма. Формальная модель взаимодействия показана на верхней схеме. На средней схеме эта модель детализируется: облучение ЭМИ СВЧ, КВЧ с информационным сигналом I_c ДНК организма с кодом $(GK)_c \subset GK$, инициирующим сигналы опасности.

Структура процесса показана на нижней схеме. Для конкретизации показан фрагмент реплицирующейся молекулы ДНК (начало синтеза на родительской цепи дочерней цепи). Это взято не случайно, ибо, скорее всего, вирусная генерация совпадает с моментом начала репликации.

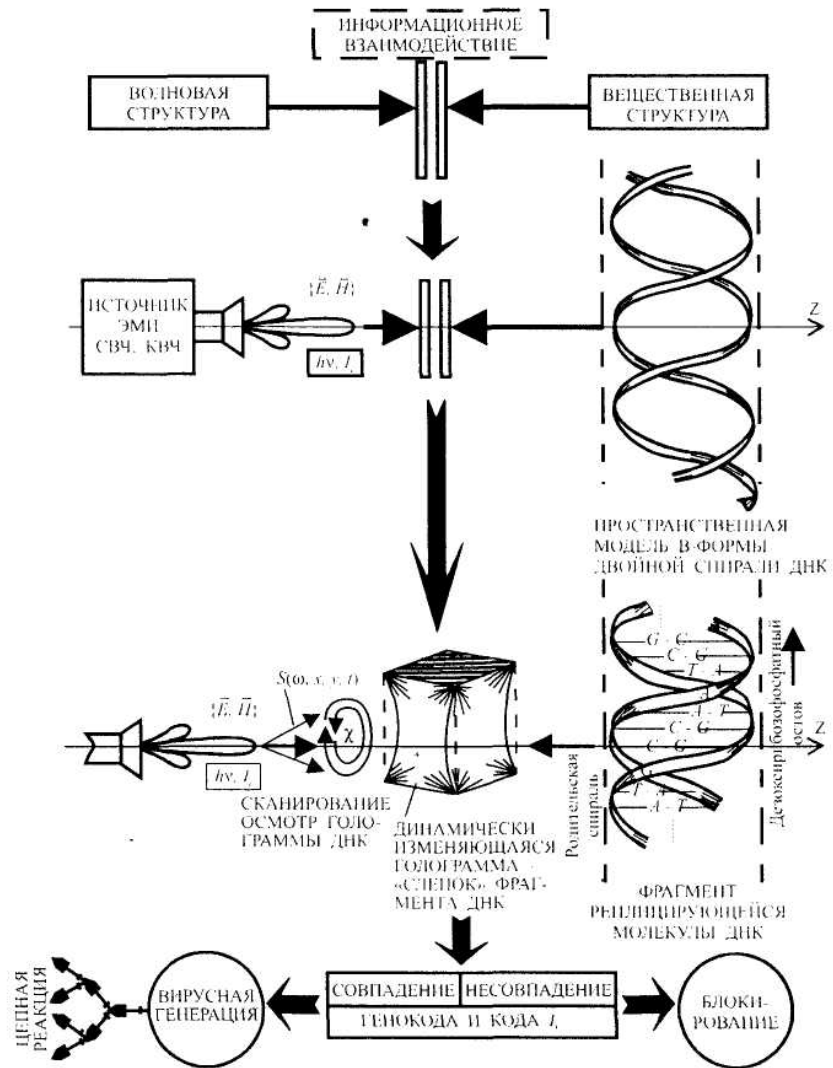


Рис. В.4. Процесс информационного взаимодействия сигнала ЭМИ с кодом ДНК; здесь СТ ЭМВ — динамическая изменяющаяся голограмма — «слепок» фрагмента ДНК

Получив несанкционированный сигнал I_c опасности, одноклеточный организм разблокирует управляющий оперон, формируя и излучая агрессивные вирионы; одновременно возникает ситуация взаимных атак среди одноклеточных в составе организма человека. В таком случае они могут ответить формированием интерферонов, противодействующих размножению чужеродного вириона, либо, оставляя заблокированным свой управляющий оперон (невосприятие сигнала I_c), они будут формировать и излучать чужеродные вирионы.

Так возникает вирусная патология организма человека, поскольку клетки многоклеточного организма не могут формировать и излучать собственные вирионы в качестве активно-нападающего средства осуществления борьбы за существование... Заинтересовавшихся отсылаем к работе¹⁰⁰, ибо здесь это только пример действенности СГ ЭМВ.

Собственно процесс распространения СГ ЭМВ, которые обозначим как SG_{ijk} (i, j, k — учитывая трехмерность их структуры и распространения), в трехмерной же нейронной сети, образующей систему памяти, ее пополнения информацией и изъятия информации, наиболее наглядно можно представить по образцу фейнмановских диаграмм (кстати, они активно используются в наиболее абстрактной математической теории струн^{111, 175}):

$$\sum_{ijk}^{V_{ijk}} |\bar{E}, \bar{H}| = SG_{ijk} \{ \dots \}, \quad (\text{B.11})$$

где \sum — суммирование (объединение) солитонных полей $|\bar{E}, \bar{H}|$ в объеме V_{ijk} выделенной нейронной системы памяти, подвода и отвода информации; в $\{ \dots \}$ — фейнмановские диаграммы, оперирующие с суммированием, объединением и прочими геометро-физическими операциями над SG_{ijk} , распространяющимися объединениями и пр.

Антропоморфизм в естествознании эпохи Просвещения: «Человек-машина» Ж.О. де Ламетри. Авторы настоящей книги не специалисты (см. афоризм Козьмы Пруткова о специалистах...) в области истории науки, но трепетно относятся к таковой. В завершении Введения не смогли побороть соблазн неопитства, тем более, что речь идет о понравившемся нам Ламетри, антропоморфизме (вновь!) и виртуальной реальности, что имеет самое непосредственное отношение к памяти человека.

Логически-философские построения Гегеля и Канта, в том числе в аспекте виртуальной реальности, используют все богатство философских концепций естествознания от античности до своих современников. В этом

смысле важно проанализировать механистическую модель человека и его сознания Ж. О. де Ламетри.



*Жюльен Офрэ де Ламетри
(1709—1751 гг.)*

Как читатель уже успел отметить при чтении материалов настоящей книги, современные фундаментальные медико-биологические исследования предполагают в качестве одного из важнейших базисов выбор той или иной естественнонаучной концепции системной организации живого, в теоретической медицине, естественно, человеческого организма.

В плане историческом небезынтересно проследить генеалогию формирования естественнонаучного подхода к созданию такой системной модели биообъекта. Как и в любой другой отрасли человеческого познания мира, здесь мы наблюдаем реальное воплощение действия закона диалектической спирали развития. Действительно, прослеживается следующая эволюционная цепочка. Первобытный человек полностью отождествлял себя с природой, биосферой, как бы мы сейчас сказали; именно здесь и корни первобытного мышления^{31, 38, 47, 55, 87, 113, 118}. Это ощущение всеединства обозримого мироздания длится до окончания исторического периода «детства человечества», то есть до классической античности Древней Греции, включая и ее саму с пантеоном языческих богов и героев (то есть полубогов-полулюдей). Особенно ярко это всеединство воплотилось в «Одиссее» Гомера.

Древний Рим с его предтечей нынешнего западно-европейского индивидуализма, Карфаген и Иудея с их меркантильным духом торговли и на-

живы, наконец, Византия с религиозным мироустроением, — это уже осознание *homo sapiens*’ом своей особой роли в мире живого и неживого^{232, 244}.

Всеобщая усталость человеческой цивилизации, вызванная спадом пассионарности основных этносов (см. труды Л.Н. Гумилева) к концу исторического периода Средневековья (XV—XVI вв.), характеризовалась странным сочетанием мрачного фатализма и религиозно-схоластического фетишизма. Такое впечатление, что в эту эпоху душу и разум человека тянуло в противоположные стороны (отсюда и вновь возродившиеся идеи учений богумильства, манихейства и пр. с их равнозначимостью Бога и Дьявола в устройении мира): всеединство с природой в демиургическом варианте, с одной стороны, и всепоглощающий эгоцентризм — от гипертрофированной «самостийности» самого захудалого феодала-владельца вымершей от чумы деревушки (яркие примеры Речи Посполитой и Италии) до патологической замкнутости в самом себе монаха-отшельника.

Недолгий по своему историческому времени всплеск эпохи Возрождения был по сути своей субпассионарным отголоском, тоской человечества по единению в мире; как и всякая искусственная копия (см. в наши дни новоделы храмов), эта эпоха дала больше карикатур нежели знания о единстве мироздания.

Сменившая Возрождение эпоха Просвещения (XVII—XVIII вв.) принесла прагматичное знание — и снова откат к индивидуальности, но уже познаваемой не религиозно-мистическим методом, но методологией естественно-философской науки.

Наконец, с достаточным накоплением знания, пройдя путь его дифференциации в XIX веке и выработку интегрированного системного подхода в веке нынешнем, обретя биогеохимическую ноосферную концепцию В. И. Вернадского³⁹⁻⁴⁰ и его последователей, человеческая мысль в очередной раз вплотную подошла к научному, логически выверенному осознанию всеединства всех явлений, предметов и субстанций в мире: окружающем индивидуума, ноосферном, планетарном, вселенском и так далее — до мыслимых человеческим умом пределов расширения атомарно-планетарной структуры мироздания.

И опять-таки это новый виток спирали познания всеединства мира предстает в новом качестве: на ипостаси современного знания единство всего живого и неживого мира постигается на уровне иерархической квантовой организации материи, где вещественные субстанции взаимосвязаны полями, а формой связи являются каналы передачи информации с преимущественным физическим носителем в виде электромагнитного поля; отсюда и разработанная нами концепция единого информационного поля ноосферы Земли²⁷².

Но это о временах нынешних, движимых неутомимым познанием: истинном и ложном, логически непротиворечивым и дискуссионным... Мы же вернемся к первой половине XVIII века, расцвету эпохи Просвещения. Именно восемнадцатый век в лице целой плеяды выдающихся французских и английских философов-материалистов, представителей Европы и Мира, впервые поставил и — на уровне тогдашнего знания — попытался дать решение сложнейшей задачи о системной сущности живого, прежде всего человека, в сложной и взаимосвязанной структуре мироздания.

Действительно, в сочинениях Дидро, Кондильяка, Гольбаха, Робине, Гельвеция, Гассенди и др. мы непременно найдем трактат о физиологической и психической организации человека и животного вообще. Но первооткрывателем этой темы стал Жюльен Офрэ де Ламетри, опубликовавший в первой половине XVIII века свои известные трактаты «Человек-машина», «Человек-растение», «Животные — больше чем машины», «Трактат о душе (Естественная история души)». По высказыванию Жюля Ассеза, Ламетри «распахивал целину», выполнял в натурфилософии и механистическом материализме роль «разведчика». *«Ламетри среди французских материалистов был не только самым крайним, но первым во времени»* (Ф. А. Ланге). — Здесь и далее все цитаты из книги²⁶³.

Однако, как и всякого первооткрывателя, Ламетри ждало полное непризнание современников; оно же оставалось и век спустя. *«Грубый материализм Ламетри, являвший собой безумную и скотскую развращенность этого человека, снискал ему общее презрение на родине и должность придворного шута у иностранного государя»* (Лагарп). Шлоссер, Геттнер, Денуарестерр, Дамирон и другие историки философии XVIII и XIX вв. давали Ламетри следующие «лестные» эпитеты: «бесстыдный развратник», «шут», «свинья Эпикура», «развратник, искавший в материализме лишь оправдания своему распутству», «ничтожество в интеллектуальном отношении», «ничего не создавший, ничего не открывший» и пр.

Уже само обилие таких эпитетов наводит на мысль о пионерском характере неординарных исследований купеческого сына из городка Сен-Мало (Бретань), медика по образованию и практической работе, автора обширного труда «Соображения относительно практической медицины» (1743), а с 1742 г. — полкового врача королевской гвардии, участника крупных сражений середины XVIII века: битвы при Детгингене и Фонтенуа, осады Фрейбурга и пр.

Однако уже в 1746 г. на Гревской площади по постановлению Парижского парламента палач сжигает первый философский труд Ламетри «Естественную историю души». Одновременно Ламетри теряет место в гвардии,

должность инспектора военных лазаретов в Лилле, Брюсселе, Антверпене и Вормсе.

Наиболее полно философская система Ламетри обоснована в его трактате «Человек-машина» (1747), который был сочтен тогдашней научной общественностью как неслыханный дерзкий вызов, навлекший (на и без того опального врача-философа) град обвинений во всех смертных грехах.

Спас его прусский король Фридрих, как и несколько позже Екатерина II, кокетничавший с антиклерикализмом. Ламетри становится придворным врачом, личным чтецом короля, членом Академии наук. Последовавшие затем три года (1748—1751) были наиболее плодотворными: одна за другой выходят его философские книги, а также и медицинские труды: «Трактат об астме», «Мемуар о дизентерии» и др. Внезапно он умирает, по всей видимости, от перитонита (современники, естественно, приписали смерть неумному обжорству, отравлению трюфельным паштетом и пр.).

Итак, раскроем столь скандализовавший ученый мир Европы трактат «Человек-машина».

Для начала — цитата из посвящения к книге:

«Что можно сказать о химике, геометре, физике, механике, анатоме и т.п.? Последний испытывает, исследуя мертвого человека, почти такое же наслаждение, какое испытывают люди, давшие ему жизнь.

Но все это уступает великому искусству врачевания. Врач является единственным философом, имеющим заслуги перед своей родиной... Что за волшебство и очарование! Один только вид его успокаивает кровь, возвращает мир взволнованной душе и возрождает сладкую надежду в сердцах несчастных смертных. Он возвещает жизнь и смерть подобно астроному, предсказывающему затмение. У каждого в руках освещающий путь факел. Но если духу было радостно найти законы, управляющие им, — какое торжество вы испытываете при каждом удачном опыте, какое торжество, когда действительность оправдывает вашу смелость!»

Уже отсюда можно заключить: присущий XVIII веку антропоморфизм и натурфилософия, естествоиспытательская основа и механистический материализм усилены в Ламетри его врачебной деятельностью. И второй существенный момент: присущее врачу знание функций органов и систем человека, их биологической (сейчас бы мы сказали: биофизической, биохимической...) организации, позволило Ламетри аргументированно подойти к системному описанию человеческого организма, как целостной, самоорганизующейся структуры, автономной в качестве субъекта жизнедеятельности, что на уровне знания того времени позволило ему ассоциировать организм с четко работающей машиной, в которой оптимально согласованы и заорганизованы все ее детали и процессы.

Именно поэтому с первых же страниц трактата Ламетри вступает в полемику с Лейбницом, Декартом и Мальбраншем, которые, по его словам, «скорее одухотворили материю, чем материализовали душу». Понятно, что устремление Ламетри обратное: свести к терминам и понятиям материального описания функционирование живого существа, то есть первоначально человека.

«Человек настолько сложная машина, что совершенно невозможно составить себе о ней ясную идею, а следовательно, дать точное определение... Поэтому только путем исследования a posteriori, то есть пытаясь найти душу как бы внутри органов тела, можно не скажу открыть с полной очевидностью саму природу человека, но достигнуть в этой области максимальной степени вероятности».

Еще раз подчеркнем, что интуитивно-стихийный материализм Ламетри во многом вызван его врачебным опытом. Поэтому, обругав «бесплодных философов» Декарта, Лейбница, Мальбранша и др., Ламетри утверждает, что только медицина и ее слуги врачи в состоянии дать толкование физической (то есть материальной) сущности тела, духа и нрава человека.

«Вот паралитик, спрашивающий на кровати ли его нога; вот солдат, воображающий, что обладает рукой, которую у него отрезали. Воспоминание о своих прежних ощущениях и о месте, с которым привыкла соединять последние его душа, порождает у него иллюзию и особого рода безумие. Достаточно заговорить с ним об отсутствующей у него части тела, чтобы напомнить ему о ней и заставить почувствовать все ее движения; и при этом воображение испытывает настоящее страдание».

Вроде бы известный фантомный эффект памяти об утерянной — в ощущениях или физически — части тела, но мыслящий системно Ламетри приближается к объяснению этого эффекта, который и в наши-то дни только-только постигается биофизиками и генетиками, порождая новейшие концепции типа волнового генома^{58, 59}. Ламетри же, не имея возможности рассуждать категориями «разговорного языка» ДНК и солитонно-голографического механизма передачи биоинформации, тем не менее убежден a priori в существующей сложной взаимосвязи психики и сомы, то есть души и тела в понятиях науки его времени.

То же самое проникновение в глубинную сущность процессов жизнедеятельности присутствует в его анализе психосоматической связи истерии и ипохондрии, других расстройств психики, как следствий нарушения метаболических процессов в организме. Относительно роли сердечно-сосудистых заболеваний Ламетри пишет:

«Душа и тело засыпают одновременно. По мере того, как затихает движение крови, приятное чувство мира и спокойствия распространяется

по всей машине; душа чувствует, как вместе с веками томно тяжелеет она, как слабеет вместе с волокнами мозга и как мало-помалу словно парализуется вместе со всеми мускулами тела... Если кровообращение протекает с чрезмерной быстротой, душа не может заснуть».

А вот о определение живого организма, как самоорганизующейся, динамически саморегулирующейся, синергетичной системы: *«Человеческое тело — это заводящая сама себя машина, живое олицетворение беспрерывного движения. Пища восстанавливает в нем то, что пожирается лихорадкой. Без пищи душа изнемогает, впадает в неистовство и наконец, изнуренная, умирает... Как велика власть пищи! Она рождает радость в опечаленном сердце; эта радость проникает в душу собеседников, выражающих ее веселыми песнями, на которые особенные мастера французы. Только меланхолики остаются неизменно в подавленном состоянии, да и люди науки мало склонны к веселью».*

Неудивительно, что современники — ученые, воспитанные на бестелесных монадах Лейбница, упрекали Ламетри в излишнем жизнелюбии, грубом материализме и — на всякий случай — в неумном обжорстве и винопитии, что вряд ли верно, судя по высказываниям Ламетри типа: *«подхлестывая воображение, кофе — это противоядие вина — успокаивает нашу мигрень и рассеивает наши горести, не вызывая, подобно вину, на следующий день похмелья».*

(Здесь надо помнить, что зерна кофе в XVIII в., в отличие от времен нынешних, не обрабатывали на предмет извлечения большей части кофеина, поэтому, когда кофе получил первоначальное распространение в Англии, то тамошние виноторговцы разорились...). Вообще говоря, о пище Ламетри пишет много и верно, но ведь и роль пищи в его трактовке человека-машины первостепенна (!!).

«Сырое мясо развивает у животных свирепость, у людей при подобной же пище развивалось бы это же качество; насколько это верно, можно судить по тому, что английская нация, которая ест мясо не столь прожаренным, как мы, но полусырым и кровавым, по-видимому, отличается в большей или меньшей степени жестокостью, протекающей от пищи такого рода наряду с другими причинами, влияние которых может быть парализовано только воспитанием. Эта жестокость вызывает в душе надменность, ненависть и презрение к другим нациям, упрямство и другие чувства, портящие характер, подобно тому как грубая пища создает тяжелейший и неповоротливый ум, характерными свойствами которого являются лень и бесстрастность».*

* Интересно знать: отучились ли англичане от этого в связи с последним всплеском «болезни бешеных коров»?

Полагая, что пища для человека есть эквивалент энергии, движущей машину (для техники того времени — это сила ветра, напор воды, рычажный противовес...), Ламетри прослеживает причинно-следственную связь по различным видам заболеваний души и тела.

Любой механизм имеет ресурс своей работы; наступает и его полная изношенность. Точно так же и антропоморфный его собрат-человек стареет, и со старостью дряхлеет тело, и «надо быть слепым, чтобы не видеть неизбежного влияния возраста на разум». Параллель более чем очевидная.

Но качества ума, как в зеркале, отражаются и на выражении лица индивидуума, его устойчивом в жизненных циклах поведении. Трактую расширительно, можно утверждать, что здесь Ламетри подошел и — опять-таки с системной точки зрения — к определению психологических типов людей, то, чем спустя почти полтора века, вплотную занялся Карл Густав Юнг²⁴⁵.

«Влияние климата настолько велико, что человек, переменяющий его, невольно чувствует эту перемену», — это уже о медицинской климатологии.

«Итак, различные состояния души всегда соответствуют аналогичным состояниям тела. Но для лучшего обнаружения этой зависимости и ее причин воспользуемся здесь сравнительной анатомией: вскрыем внутренности человека и животных. Ибо как познать природу человека, если не сопоставить его строение со строением животных?»

«Вскрывая внутренности», Ламетри проводит классификацию по рабочему объему мозга (количеству извилин), перемежая ее не лишеными правоты интермеццо: *«У рыб очень большая голова, но она лишена разума, как это бывает и у многих людей»*... И более серьезные выводы: *«Чем больше у животных развит ум, тем больше теряют они в отношении инстинкта. При этом возникает вопрос: выгодно им это или нет»*.

Далее анализируется форма, цвет и пр. серого вещества мозга у людей и животных, динамика его изменения в зависимости от возраста, степень «понятливости» животных и пр. Словом, речь идет о том, что мы называем физиологией высшей нервной деятельности. Вот такой сложный механизм предстает Ламетри при «вскрытии внутренности».

Организация образного мышления, устройства зрения и слуха — все это всесторонне анализируется при объяснении процессов мышления человека, опять же процессов, к исследованию физико-логической (не физиологической!) сущности которых и сейчас только приступают, да и то на уровне гипотез²⁵².

«Организация является главным преимуществом человека», — вот первостепенной важности вывод Ламетри.

«Движущее начало целых тел или их частей таково, что оно вызывает не беспорядочные... но совершенно правильные движения; и это имеет место как у теплокровных и совершенных, так и у хладнокровных и несовершенных животных».

Более того, Ламетри не выделяет человека — за исключением качеств мышления — из ряда других животных, имея в виду психическую и физиологическую организацию, составляя из всех представителей живого эволюционный ряд. Итак, по Ламетри — человек это есть (совершенная) машина с тем лишь отличием от нее, что эта машина мыслящая и осознающая, что она мыслит! (Ибо и животные мыслят, но не осознают в себе этого качества).

«...Человек не больше как животное или совокупность двигательных сил, взаимно возбуждающих друг друга, так что невозможно установить, с какого места человеческого круга начинает свою деятельность природа. Если эти силы и отличаются чем-нибудь между собой, то только своим местонахождением и интенсивностью, но отнюдь не своей природой. Следовательно, душа является только движущим началом или чувствующей материальной частью мозга, которую, без опасности ошибиться, можно считать главным элементом всей нашей машины, оказывающим заметное влияние на все остальные и даже, по-видимому, образовавшимся раньше других. Таким образом, все остальные элементы являются только ее порождением».

Поразительной глубины догадка! — И это во времена, когда тот же французский крестьянин, по словам Вольтера, мало чем отличался от животного, а войны той поры остались в истории Европы как название количественных числительных: «тридцатилетняя», «двенадцатилетняя»

Чем дальше движутся глаза по страницам трактата Ламетри, тем чаще ловишь себя на мысли, что этот веселый полковой лекарь обозначил — в терминах своего времени — все без исключения направления современных фундаментальных медико-биологических исследований; тех разделов, которые мы сейчас именуем «наукой XXI века». Вот очередной пример интуитивной догадки.

«Мужское и женское семя настолько редко встречается при совокуплении, что я считаю возможным допустить, что семя женщины вовсе не необходимо для зарождения».

Но как можно объяснить это явление без признания соответствия частей тела, которое дает вполне удовлетворительное объяснение сходству детей то с отцом, то с матерью? С другой стороны, объяснение не может иметь большего значения, чем самый факт. По-видимому, при зарождении активную роль играет только мужчина, и безразлично, спит ли при этом женщина или испытывает сильнейшую страсть. Очевидно, рас-

положение частей тела устанавливается заранее в зародыше или даже в семенном живчике мужчины. Но все это выходит за рамки наблюдений самых выдающихся исследователей».

В определенном смысле это перекликается с гипотезами Е. И. Нефедова¹⁵⁷ и Г. Н. Петраковича (см.¹⁷¹⁻¹⁷⁴), в основе которых представление о передаче наследственной (генетической) информации связано с биоинформационным воздействием низкоинтенсивных высокочастотных электромагнитных волн. Созвучно это и концепции волнового генома П. П. Гаряева^{58, 59}.

Закончим же наше знакомство с основным трудом неординарного мыслителя, далеко опередившего свое время, цитированием заключительной фразы трактата «Человек-машина»:

«Вы могли убедиться в том, что я делаю самые решительные и логические выводы только в результате множества физических наблюдений, которых не будет оспаривать ни один ученый: только за ученым я признаю право на суждение о тех выводах, которые я делаю из этих наблюдений, отвергая свидетельство всякого человека с предрассудками, не знающего ни анатомии, ни той единственной философии, которая в данном случае имеет значение, а именно философии человеческого тела. Какое значение могут иметь против столь прочного и крепкого дуба слабые тростники богословия, метафизики и различных философских школ? Это — детские игрушки, подобные рапирам наших гимнастических залов, с помощью которых можно доставить себе удовольствие потренироваться, но ни в каком случае не одолеть противника. Надо ли прибавлять, что я имею здесь в виду пустые и пошлые идеи, избитые и жалкие доводы, которые будут приводить относительно мнимой несовместимости двух субстанций, беспрестанно соприкасающихся и воздействующих друг на друга, — идеи, которые будут существовать, пока на Земле останется хотя бы тень предрассудка или суеверия? Такова моя система или, вернее, если я не заблуждаюсь, истина. Она проста и кратка. Кто хочет, пусть попробует оспаривать ее!».*

Теперь постараемся резюмировать цель помещения очерка о Ламетри в настоящей главе и в книге в целом.

Принцип антропоморфизма (или антропности в более широком смысле) является наиболее естественным для мышления человека, ибо *homo sapiens* — по определению Джулиана Хаксли (см., например⁴²), — есть «животное, осознающее, что оно мыслит». Заметим, что та же собака или кошка тоже мыслят, но не осознают этого...

* Очевидное созвучие с «мыслящим тростником» Б. Паскаля (но в совершенно противоположном смысле).

Понимая, что только он сам и никто более из живого на Земле не способен оценить силу своего мышления, человек с задатками мыслителя и полагает свое устройство наиболее совершенным и переносит это устройство на весь окружающий его мир. Так он создает сферу обитания, включающую многие и все усложняющиеся механизмы, машины...

Однако следует учитывать и непрменный, вседвлюющий закон организации сложных систем: принцип обратной связи (ОС, ПОС, ООС). Этот процесс проиллюстрируем рис. В.5.

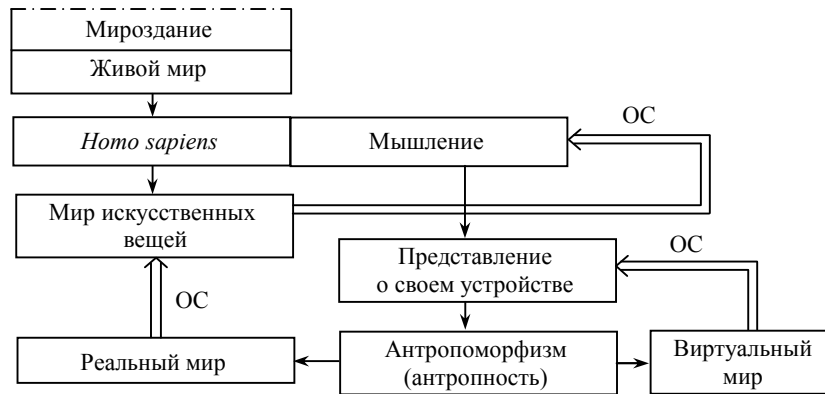


Рис. В.5. Антропоморфизм и система обратных связей

Таким образом, в процессах творчества, вообще работы мышления, устанавливается (образуется) определенная «биотехническая» система, включающая и виртуальные миры, которые конструируются, исходя из антропного принципа. Философская система Ж. О. де Ламетри есть замечательное и наглядное тому подтверждение.

...О содержании третьей, завершающей книгу, главы мы во Введении не пишем. Ее материал — базовый для включения фактора памяти человека в феноменологию ноосферы, поэтому не стоит портить обед подачей на пиршественный стол десерта вперед закуски и щей — на Украине борща.

**ГЛАВА 1.
ИОННО-МОЛЕКУЛЯРНАЯ МОДЕЛЬ ПАМЯТИ
В СИСТЕМЕ БИОИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА**

*...Я не бес,
Не искуситель — испытатель,
Осёл, циркуль, лот, отвес.
Измерить верно, взвесить право
Хочу сердца...*

Вяч. Иванов «Подстерегатель»

*От них, теорий, только та польза, что
можно немножко выиграть время и от-
дохнуть, ежели ты совсем запутался,
стараясь найти что-нибудь, чего найти
невозможно.*

Марк Твен «Том Сойер за границей»

*В. А. Решетюку — пассивному вдохнови-
телю первой главы настоящей книги*

Живая природа обеспечила свои создания уникальным свойством, которого если и не лишены неживые объекты, то среди них это свойство существенно меньше распространено и куда как менее развито. Речь идет о памяти, о свойстве воспринимать, запоминать, извлекать и передавать определенную информацию. Оговорка о том, что небезосновательно рассматривают память и как свойство неживых объектов, не случайна. Действительно, некоторые химические соединения, например, полимеры, растворы — в частности, жидкие кристаллы и даже обычная вода обладают способностью сохранять и восстанавливать отдельные параметры своей структуры, а ряд веществ, те же полимеры — и форму, после их изменения при изменении условий внешней среды: температуры, давления. Единственное, что для этого требуется — их возвращение в условия среды, в которых исходная структура была сформирована. Несомненно, в подобных случаях можно говорить о структурной, или химической, памяти.

Подобной, структурной, памятью в той или иной мере обладают и вещества, входящие в состав биологических объектов. Однако, среди последних существуют и такие, которые имеют также способность передавать информацию, что обеспечивает воспроизводство их и всего

живого организма. Носителями такой информации являются молекулы ДНК и РНК, некоторые вирусы, а передается она посредством разнообразных молекул — опять же нуклеиновые кислоты и белки, и такая память, биологический код, может быть определена как суперструктурная, как биохимическая. Принципиально, для реализации этого вида памяти живой организм не является необходимым: переписать информацию с молекулы ДНК (РНК) на другую молекулу можно и в модельных системах, что нынче широко распространено, например, для диагностики ряда заболеваний, под названием «полимеразная цепная реакция». Поэтому такую память следует определить как «биохимическая память». Еще один вид памяти — физико-химическая память, которая заключается в том, что любые ионы и молекулы в достаточной неразбавленном растворе и даже в газовой фазе в определенных концентрациях оказывают влияние на другие, вызывая их соответствующие физико-химические и структурные изменения.

В данной главе речь пойдет о памяти биосистем, в первую очередь человека. Такая память имеет дело с информацией, полученной из окружающей среды и позволяющей организму существовать в изменяющихся условиях среды, добывать пищу, общаться друг с другом, передавать собственный опыт потомству и так далее, то есть о явлении, называемом памятью в быту, в физиологии, психологии, социологии... Определим такую память, следуя за И. П. Ашмариным^{14, 16}, биологической и вовсе не структурной, в отличие от двух предыдущих видов памяти, существующих в природе. И далее будем обсуждать только ее, называя просто «память» (далее без кавычек).

Понятно, что память — свойство крайне необходимое для существования живого организма. Реализация жизненно важных задач, таких как добывание пищи, избегание опасности, обеспечение жизнеспособного потомства и так далее — совершенно невозможно без памяти. Кроме того, в целом ряде случаев живой организм попадает в нестандартные ситуации, выход из которых может быть найден двумя способами. Это, во-первых, реализация стандартных программ поведения, применимых к подобным условиям. Во-вторых — это нахождение новой программы поведения в нетривиальной ситуации, осуществляемое на основании накопленного опыта. Последнее есть решение задачи, что не достижимо без такого высшего проявления — при обязательном и ведущем участии памяти, которое называют «мышление»²⁵².

Память — высшее проявление сущности живых организмов, без нее невозможно их существование, развитие, эволюция... деградация. Однако определения термина «память», как и всякого явления, понимае-

мого на интуитивном уровне; см. трактаты от Аристотеля⁹ до наших дней: Линдсей¹³⁸, Прибрам¹⁷⁸, Хомская²¹⁹, или популярные книжки: Иванов-Муромский⁹⁹, Лурия¹⁴¹, — на наш взгляд, явно страдает недостаточной конкретностью. Дело в том, что память, как правило, определяется через информацию: Александров^{6, 7}, Батуев¹⁶, Мартынов¹⁴⁶, которая, в свою очередь, нуждается в определении.

Поэтому перейдем к определению памяти и тех понятий, без которых невозможно дать предметное определение этому понятию. Цель главы — создание непротиворечивой теории ИММП (см. Введение).

1.1. Память как субъект биоинформационного обмена преимущественно в процессах мышления

В первом параграфе главы, посвященной ИММП, приведем вводные материалы, ознакомление с которыми позволит далее аргументировано перейти к построению и обоснованию ионно-молекулярной модели системы, осуществляющей процессы памяти.

Базовые определения и термины памяти. Память суть способность хранить, запоминать один или несколько вариантов состояния внешней и/или внутренней среды, выбранных, принятых из их множества и кодированных определенным образом анализаторами для последующего предоставления — передачи по желанию или необходимости выбранного варианта(ов) аналитическим системам. Определимся с терминологией.

Замечание 1. Память оперирует с информацией: выбор, хранение, извлечение — по определению^{114, 225}, но собственно память — это хранение сделанного выбора, как нынешнего, так многих или даже всех предыдущих. То есть, опять же, по определению, память не может быть реализована без приемника, анализатора и передатчика обработанной информации. И это в простейшем варианте, поскольку в общем случае каждого из таких элементов памяти может быть более одного.

Замечание 2. Наличие структур, которые принципиально могут воспринимать информацию — это еще не есть память. Например, вода обладает способностью структурироваться, то есть возможностью записывать, запоминать информацию. Однако, поскольку извлечь эту информацию мы в настоящее время не в состоянии, и непонятно, каким образом использует ее сама вода, то говорить о памяти не приходится. Следует вести речь о наличии каких-то упорядоченных структур, которые, возможно, несут определенную информацию, но не о памяти. То есть структурирование — необходимое, но недостаточное условие реализации памяти.

Замечание 3. Системы с памятью — информационные системы, биологические системы с памятью — информационные биологические системы.

Приемники — системы захвата, выделение из многочисленного разнообразия информации из внешней и/или внутренней среды.

Анализаторы — системы выбора и перекодирования информации.

Аналитические системы — системы извлечения и обработки информации.

Замечание 4. Пожалуй, только живой организм имеет анализаторы и аналитические системы более сложные, чем разного рода простые фильтры — по типу пропустить или не пропускать все выше/ниже или ниже/выше, чем порог, и/или осуществляющие бинарный — принимать из двух только такой-то сигнал, или n -мерный — принимать из нескольких только такие-то сигналы, осуществлять выбор.

Замечание 5. Обратим внимание, что получение информации из среды определено как захват — выделение, тогда как близкий по сути процесс, происходящий в аналитических системах, будем называть «получение — извлечение информации».

Селекторы — те же анализаторы; селекция — другая функция анализаторов, посредством которой последние не просто пропускают или не пропускают информацию, но и одновременно — когда пропускают — классифицируют ее. То есть селекторы не только позволяют принимать и фильтровать определенную информацию, но и сортировать, классифицировать ее, определяя, куда именно она должна быть доставлена.

Передачики — системы доставки выбранной информации в структуры или системы, предназначенные для ее хранения.

Накопители информации — структуры или системы, предназначенные для хранения, накопления информации.

Носители — материальная основа для операций с информацией.

Замечание 6. Информация, хранимая в памяти одного субъекта, так называемая «энграмма»^{6, 16, 23}, «след памяти»⁶, может быть по желанию этого субъекта передана, предоставлена другому субъекту, причем эта предоставляемая информация может быть уже аналитически обработана: обучение, которое, несмотря на высказывание⁹, присуще не исключительно человеку. Принципиальное отличие этой функции от памяти неживых объектов состоит в том, что информация, хранимая в памяти неживых объектов, может быть предметно и осознанно передана субъекту — живому объекту, извлечена им — только по желанию, мотивации самого субъекта — получателя информации. Здесь почти в явном виде предусматривается наличие среды, в которой передается информация, и кодировка последней.

Библиотека памяти — совокупность всей информации, когда-либо поступившей и хранимой в памяти, классифицированная определенным образом. Как и любая библиотека, библиотека памяти имеет отделы, рубрики и другие атрибуты.

Замечание 7. В ситуации человека информация, хранимая в памяти, может быть каким-либо образом перекодирована, например, вербализована или переписана с использованием символов на подходящий носитель. Здесь способ перекодировки и выбор подходящего носителя в зависимости от обстоятельств осуществляет сам субъект, возможности чего лишен неживой объект, накопитель информации.

Анализ видов памяти. При обсуждении механизмов памяти, собственно памяти в нашем понимании, ее обычно подразделяют на виды. При этом классификация видов памяти является, естественно, концептуальной и зависит от задач исследования.

Такое деление может быть безусловным, когда классификатором является вид приемника получения первичной информации, проще говоря, органы чувств²¹⁹. В ситуации человека можно выделить пять видов сенсорных механизмов и, соответственно, пять видов памяти. Это память зрительная, слуховая, то есть вербальная — по способу передачи сигнала, тактильная, вкусовая, обонятельная. Последовательность перечисления этих видов памяти в определенной мере отражает объем получаемой с их помощью информации человеком же. По поводу последовательности трех последних видов памяти в этом отношении можно дискутировать. Что же касается первых двух видов — зрительной и слуховой памяти и сенсорных механизмов их реализации, то с помощью зрения и слуха человек получает подавляющее количество информации, причем зрительная информация явно преобладает над слуховой. Разумеется, сказанное, в первую очередь, относится к нормальному человеку в обычных условиях. Кроме того, среди сенсорных видов памяти можно выделить моторную, двигательную память²¹⁹.

Все прочие классификации памяти носят условный характер. Остановимся на одной из таких классификаций, в основу которой положено время хранения информации.

Замечание. Вопрос о том, может ли вся полученная информация целиком и полностью храниться *бесконечно долго* — здесь под бесконечно долгим хранением информации подразумевается время существования живого организма, как целостной системы, — может ли информация храниться *сколько угодно долго*, то это обсуждается ниже специально в разделе, посвященном, в частности, накопителям информации.

Итак, память по продолжительности удержания, хранения информации подразделяют прежде всего на кратковременную, или оперативную, динамическую, и долговременную — статическую, стабильную^{6, 16, 22, 219, 226}. Считается, что в последней хранится наиболее значимая информация. В общем-то, смысл этих двух видов памяти прозрачен, понимается интуитивно и не требует специального разъяснения. Одни авторы считают, что кратковременная и долговременная память суть самостоятельные процессы^{6, 22}. С таким мнением можно согласиться лишь с оговорками, поскольку без первой, по-видимому, невозможна вторая, но не наоборот. Кратковременная память имеет место при повреждении структур головного мозга, ответственных за реализацию долговременной памяти, а «плохая» кратковременная память при «хорошей» долговременной⁶ вовсе не означает отсутствие механизмов, обеспечивающих первую, но быть всего лишь звеном, передающим информацию во вторую. Некоторые авторы⁷ выделяют память промежуточную, располагая ее «между» кратковременной и долговременной. Другие авторы полагают^{16, 219}, что кратковременной памяти предшествует сенсорная, мгновенная^{219, 226} память, суть которой заключается в следующем. После ответа на внешнее воздействие возникают следовые процессы, продолжающиеся некоторое время по окончании действия раздражителя. Эти первичные следовые процессы и есть сенсорная память. Длительность хранения следов в сенсорной памяти не превышает 500 мс, стирание следа осуществляется за 150 мс. И только наступающий за этим период хранения информации называют кратковременной, краткосрочной памятью: от 20 мин до нескольких суток²²⁶. Примерно за такое же время осуществляется реакция на стимул: по разным оценкам она составляет 100—225 мс¹¹⁶ или 250—300 мс²⁰⁰. Следовательно, память является инерционным процессом и ее срочность, то есть временность, определяется специальными механизмами.

Собственно, кратковременная и долговременная память суть альтернативы. В качестве других альтернативных пар видов памяти рассматривают произвольную и произвольную память, неосмысленную — механическую (мнемоническую) и семантически организованную — семантическую²¹⁹, а также декларативную и процедурную память^{284, 285}. Очевидно, тождественные соответственно активной, готовой к реализации в данный момент времени, и пассивной — латентной, не готовой к непосредственному воспроизведению, памяти⁶. Оставим подразделение памяти на последние два вида «за авторами» этой концепции и их последователей. Здесь же добавим, что выделяют триаду видов, соответственно, теорий, памяти³³⁹: процедурную, семантическую и эпизодическую память^{6, 329}. Обсуждение всех встречающихся в литературе видов памяти и способов или вариантов

ее классификации не входит в задачу данной главы книги, и мы лишь упоминаем о безграничных, как и самая память, возможностях систематиков памяти...

Далее память может быть классифицирована по механизмам ее реализации, что оказывается еще более условным, нежели классификация по времени хранения, поскольку как раз-то механизмы памяти и не ясны до конца. И все же... Можно выделить осознанную память и, как альтернативу, память неосознанную — сравните произвольную и произвольную память²¹⁹. И вновь интуитивно вкладываемый в эти виды памяти смысл вряд ли требует специального обсуждения: срабатывает интуиция, она же сама субъект памяти.

Кроме того выделяют эмоциональную, аффективную память, обусловленную событиями, имеющими эмоциональную окраску²¹⁹. Говорят также о рабочей, оперативной памяти в разных ее проявлениях, в частности, о вербальной памяти, а также об ассоциативной памяти. Последняя, возможно, наиболее интересный вид памяти, основанный на случайном доступе к информации³³¹. Ее мы будем обсуждать далее и специально после того, как рассмотрим предлагаемую в настоящей главе концептуальную модель памяти. Называя данную модель памяти концептуальной, мы имеем в виду, что она строится на не противоречащих экспериментальным данным предположениях, однако подтверждение/опровержение ее в принципе требует специальных исследований. Заметим, по мнению²⁰⁰, с которым трудно не согласиться, что общая теория памяти должна определять, по меньшей мере, следующее: способ представления информации, тип запоминаемой и воспроизводимой информации, природу операций запоминания и воспроизведения, форму хранения информации.

Обзор известных моделей памяти. Отмечается, что «нейрофизиологическим механизмам сознания и его моделированию в последнее время посвящается большое число работ»²⁰⁵. Обсуждаемые в литературе модели памяти можно условно разделить на три типа, которые моделируют:

— ассоциативную, распределенную память — большинство моделей, то есть память по ассоциации, когда субъект вспоминает информацию, совершенно не относящуюся к данной ситуации, но каким-то образом необходимым ему сейчас или ранее; при этом не отвергается память о конкретных явлениях;

— рабочую память; не совсем понятно, что вкладывают в это понятие, однако исходя из контекста, можно думать, что речь идет об оперативной, ситуационной памяти, требующейся для решения данной конкретной задачи;

— другие виды памяти; и здесь наблюдается большое разнообразие, начиная от различных моделей временной памяти и оканчивая различными

вариантами ее сенсоров, причем под чтением информации понимают буквальное ее прочтение^{277, 284, 285} или рассматривают модели речевой, семантической памяти³⁰⁰, выделяя также эмоциональную память²².

Отдельно отметим, что рассматривают не исключающие друг друга две концептуальные модели: концепцию уровней, согласно которой существует строгая иерархия в обработке информации, и концепцию доменов, которые представляют собой отграниченные области памяти, содержащие информацию о характеристиках стимулов и о наборе операций, участвующих в их обработке и запоминании, причем в доменах и субдоменах обработка информации может осуществляться параллельно²⁰⁰.

В моделях памяти используется разнообразнейший математический аппарат и физические принципы. Например, нейронные сети, принцип голографии, интерференция, стохастичность/статистичность, шум и хаос, бифуркации и аттракторы, марковские цепи и гамильтонианы, голосование — экспертная оценка, векторы и матрицы, а также регрессии и корреляции, в том числе, автокорреляции. И все это в разных сочетаниях. Единственный результат, который отсюда получен наверняка при проверке моделей памяти, — это локализация памяти в соответствующих мозговых структурах: кортексе или коре; география памяти — не путать с топологией, топологической картой памяти в этих структурах, о чем речь пойдет далее.

Говорят о буферах памяти^{284, 285}, называя такой буфер эпизодическим³⁴⁷, что предполагает наличие нескольких компонентов памяти и ее буферирование^{284, 285}, и о порогах для информации³⁵⁴, а также о валентности, буквально — «валенсировании», памяти³¹⁷, о ложной памяти³³², об ингибиторной памяти, которая исключает ненужную информацию²⁷⁸, словно кто-то или что-то знает, что нужно — даже не памяти, а организму, а что нет, и об отсутствии интерференции памяти²⁹⁵.

По мнению³²⁶, ключевые особенности модели памяти включают: использование запасных соединений сетей; способность манипулировать очень большими входными паттернами; распределение хранения паттернов входных данных; статистическое перестраивание резервных паттернов памяти в течение операций чтения.

1.2. Материальные носители биоинформационного обмена в системе памяти

Разумеется, память имеет материальную основу, причем у высших животных единственным ответственным за память анатомическим отделом является головной мозг, который, в свою очередь, функционально или анатомически можно подразделять на отделы и более мелкие структуры. Ниже

рассматриваются выписанные в заголовок параграфа материальные носители в системе памяти.

Топологические основы памяти в головном мозге. Многочисленными исследованиями установлены отделы головного мозга, которые отвечают за реализацию памяти. Таким образом, складывается топографическая карта памяти, которая, конечно, не является окончательной, однако дает представление о локализации структур, обеспечивающих память. Локализация структур, обеспечивающих память, зависит, в частности, от ее вида^{296, 327}. В основном функцию памяти приписывают кортексу — коре, серому веществу — префронтальному, примыкающему к предлобной кости^{296, 297, 305, 327}, темпоральному, примыкающему к височной кости³⁵¹ и фронтальному, примыкающему к лобной кости. Отмечается, что при выполнении заданий, например, для рабочей памяти, средний вентралатеральный фронтальный кортекс частично активирован в левой гемисфере, средний дорсолатеральный — в правой³¹⁴. Некоторые виды памяти обеспечиваются преимущественно теменными долями коры³²⁷, иногда исключительно левой ее областью²⁹⁶. В формировании других видов памяти участвуют височные доли коры, в которые входят образования от гиппокампа^{296, 306}, причем разные отделы гиппокампа ответственны за разные ее виды²⁹⁶. Наконец, определенные виды памяти обеспечиваются не без участия мозжечка, по видимому, тоже его коры³²⁷ (другое мнение о мозжечке см. в главе 3).

Кроме того, считают, что за кратковременную память ответственны структуры гиппокампа, поскольку его синапсы способны быстро изменяться, тогда как синапсы неокортекса изменяются медленнее⁶. Впрочем, названный источник суть коллектив авторов, и не ясно, кто из них ответствен за тот или иной раздел⁶, противоречит самому себе: двумя страницами ранее утверждается, что «след памяти не имеет строгой локализации, а считается с нейронов разных структур мозга в зависимости от обстоятельств», и этот факт подтвержден экспериментами⁶ (С. 106). Бывает...

Заметим, что в цитированных работах не обсуждаются структуры, необходимые для реализации процессов захвата из среды информации и доставки ее в аналитические центры; в них речь идет исключительно о том, какие структуры головного мозга функционируют при извлечении полученной и сохраненной информации.

Впрочем, топология памяти интересует нас постольку, поскольку знание структурных образований, в которых реализуется интересующее явление, необходимо для разработки концептуальной модели памяти. В том случае, когда вещество, необходимое для формирования различных видов памяти, существенно зависело бы от ее вида, возникли бы дополнительные трудности в построении общей модели. Однако, как видно из топографии,

исключительно в коре, сером веществе, в которой, между прочим, сосредоточены тела нейронов¹⁸⁹, осуществляются собственно аналитические процессы памяти. Белое вещество, содержащее отростки нейронов, нервные волокна¹⁸⁹, очевидно служит для захвата — выделения и передачи информации из внешней и/или внутренней среды.

Память в соотношении с клеточной физиологией. Итак, без сомнения, тканевые структуры, ответственные за память, расположены в коре и белом веществе головного мозга. Следующий уровень структурных элементов памяти, который необходимо рассмотреть, есть клеточный. Известно, что процессы, обеспечивающие память, протекают при участии нейронов — это аксиома нейрофизиологии. Электрическая активность этих клеток изменяется в процессах получения и извлечения информации, относительно легко измеряется экспериментально (ЭЭГ) и потому широко исследуется. Описание собственно клеточной физиологии нейрона и механизмов передачи нервного импульса даже в конспективно-обзорном виде заняло бы много места и существенно отвлекло от обсуждаемой темы. Поэтому сошлемся на специальные работы, например^{16, 231}, и продолжим обсуждение в интересующем нас аспекте. С этих позиций принципиально то, что нейроны выступают исключительно как приемники и передатчики информации из внешней и внутренней среды, включая, возможно, функции анализаторов и селекторов.

По реакции на возбуждение нейроны заметно неоднородны. Так, в ростральном гипоталамусе кошки описаны нейроны нескольких типов. Результаты приведены¹⁰³ и детально проанализированы¹⁰⁴; указано на соответствие типов активности нейронов типам реакций, описанных в работах^{178, 302}. По фоновому типу кумулятивной, накопленной частоты разрядов (КЧР), помимо молчащих, имеющих низкую фоновую импульсную активность клеток, выделены четыре основных типа нейронов: *T*-нейроны: КЧР возрастает линейно; *L*-нейроны: КЧР имеют форму в виде буквы *L*, повернутой на 90° по часовой стрелке, и вначале быстро возрастает, после чего скорость ее увеличения существенно снижается; *S*-нейроны: КЧР имеет *S*-образную форму; *LS*-нейроны: КЧР возрастает ступенчато. Нейроны двух последних типов (*S*, *LS*) выявляются только в результате стимуляции. Поэтому предполагается, что нейроны типов *L* и *S* — частные случаи *LS*-нейронов. Результат определяется числом зафиксированных импульсов, то есть зависит от условий эксперимента и при достаточно продолжительном времени наблюдения все нейроны типов *L* и *S* проявили бы себя как *LS*-нейроны. Таким образом, имеются два (*T* и *LS*) или три (*T*, *L* и *LS*) типа возбужденных нейронов, исключая молчащие.

Вообще говоря, молчащий нейрон может быть артефактом, обусловленным несовершенством методики или ее реализации, хотя число их в эксперименте достигало 30 %¹⁰⁴, а по данным, приведенным другим автором⁶⁻⁸, даже больше. Однако, возможно, что молчащие нейроны представляют собой резерв, который используется в процессах обучения^{6-8, 133, 230}.

На возбуждение и последующее снятие действия стимула нейроны также реагируют по-разному и по этому критерию выявлены следующие преимущественные типы нейронов¹⁰⁴: *L-L-L*, *L-L-T*, *L-S-L*, *L-S-S*, *T-T-T*, а также единичные *T-T-S* и *T-S-T*. Можно предположить, что нейроны разных типов или нейроны, по-разному отвечающие на стимуляцию, являются передатчиками разного рода информации, или представляют собой селекторы различных видов, или участвуют в формировании разных видов памяти. Например, два типа нейронов с фоновой активностью *T* и *L*, а только такие и наблюдались в эксперименте, могут отвечать за кратковременную и долговременную память, поставляя информацию в разные отделы библиотеки памяти.

Другой аспект функционирования клеточной физиологии памяти заключается в том, в каких клетках накапливается полученная информация, а также какие клетки образуют аналитические системы памяти. Судя по комментариям, например¹⁷⁸, информация хранится вне нейронов, вероятно, в клетках глии; нейроглии — все не нейрональные клетки нервной ткани, в которые входят астроциты, олигодендроциты и микроглии²². На такую же возможность указывает интенсификация в глии синтеза белка — возрастание количества РНК — следующим за возбуждением нейрона^{142, 307, 308}. Итак, нейрон — приемник и передатчик, но не накопитель информации. Однако, вопрос о том, какие именно клетки формируют библиотеку памяти, остается открытым. Обсуждалась библиотека памяти матриц нейронных сетей³⁵².

Заметим, что клетки, связанные с передачей информации, не делятся. Постмитотические, утратившие способность делиться, клетки суть: нейроны, клетки мышечных волокон, сперматозоиды, яйцеклетка, эритроциты и некоторые другие. Из этих клеток, пожалуй, лишь эритроциты не участвуют в передаче информации. Но они вообще особые клетки, лишены ядра и делиться в принципе не в состоянии хотя бы по этой причине. Среди оставшихся четко выделяются два вида клеток: клетки, передающие генетическую информацию: сперматозоиды и яйцеклетки, и клетки, передающие информацию в виде электрического импульса: нейроны, миоциты. Если бы информация хранилась в нейронах, то их деление могло бы привести к искажению этой информации. Однако, скажем, ДНК — носитель генетической информации успешно делится, несмотря на аналогичные трудности.

Вероятно, нейроны не делятся не потому, что это привело бы к искажению хранящейся в них информации. Дело в том, что каждый нейрон контактирует определенным образом с другими нейронами и клетками других типов, образуя нейронную сеть: истинную, а не модельную математическую. По этой причине в результате деления материнской клетки между дочерними клетками неизбежно возникла бы конкуренция за межнейронные связи, налаженные первой, что бывает при борьбе за наследство в социальной жизни человечества. Все сказанное не противоречит предположению, что информация сосредоточена в глии: глиальное окружение делает данный нейрон уникальным, а деление последнего может повлечь за собой подобные неприятные последствия.

Биохимические основы процессов памяти. Поскольку электрические процессы, происходящие в нейронах при интересующем нас событии, являются результатом биохимических и биофизических реакций, постольку за ними стоит определенный молекулярный субстрат⁶. Рассматривая вопрос о том, какие молекулы и молекулярные структуры участвуют в формировании памяти, обычно обсуждают два их больших класса: нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) и белки, в частности, ферменты и поли (олиго) пептиды (нейропептиды), как молекулы белковой природы.

В качестве альтернативы обсуждают изменения химической и пространственной структуры синапсов нейронов, перекладывая формирование памяти с макромолекул на поверхность нейрона⁸⁰. При этом придают значение конформационным изменениям белковых молекул рецепторов синаптической и постсинаптической мембран^{16, 32, 80, 324}. Но о нейронах речь шла ранее.

Хорошо известно, что в процессе обучения интенсифицируется синтез РНК. Очевидно, имея в виду классическую схему переноса молекулярной биологической информации ДНК — РНК — белок, полагают, что формирование памяти требует участия всех трех перечисленных типов макромолекул⁸⁰. Анализируя такую возможность, учитывают прежде всего следующие факты, полученные и подтвержденные множеством экспериментов: *«стимуляция или ингибирование синтеза РНК отражается в первую очередь на выработке новых навыков, а не на их сохранении»* и *«по окончании процесса обучения, концентрация полипептидов, синтезируемых вновь, существенно понижается и вскоре они вообще не фиксируются, тогда как память и новый вид поведения, выработавшийся при обучении, не исчезают»*⁹⁹. Таким образом, считают, что *«нет ни одного аргумента в пользу признания определяющей роли макромолекул в кодировании индивидуального опыта»*¹⁶, поскольку *«ДНК слишком стабильна для участия в процессах кодирования памяти, а РНК очень неустойчива для этих целей»*⁹⁹. Вообще

же есть мнение, что наблюдаемые в мозге при обучении биохимические изменения могут быть следствием различных побочных эффектов самой процедуры обучения²²⁰. Что же касается возможной роли белков в качестве накопителей информации, то этот аспект данной ситуации остается несколько в стороне, ограничиваясь преимущественно обсуждением роли олигопептидов и белков в процессах получения — «научения»⁶, но не хранения! — информации.

Вместе с тем, естественно, не отрицают участие РНК и белковых молекул в формировании памяти, рассматривая в этом процессе, в частности, цАМФ⁶ и ферменты — цАМФ-зависимую протеинкиназу: цАМФ — циклический аденозинмонофосфат^{6, 337, 348}, внеклеточную сигнальную регуляторную киназу, ядерный фактор *κ*-*B* (фактор транскрипции), а также синаптические белки, например, предшественник β -амилоидного белка²⁹⁹. Вообще говоря, впервые гипотезу об изменении при формировании памяти структуры РНК — под влиянием нервных импульсов и изменения ионного состава — и, соответственно, белка выдвинул *H. A. Hyden*^{46, 80, 307, 308}. Он же показал, что содержание РНК и ДНК возрастает в ядрах нейронов, подвергшихся возбуждению, после чего количество РНК в них уменьшается, но увеличивается в глии. При этом полипептидам отводят роль исключительно как аналоговым молекулам^{347–351} (аналоговые — нетождественные структурные элементы, передающие информацию), а в образовании «энергетического ландшафта» аналоговых процессов обсуждают участие неспецифических первичных гидрофобных контактов и внутри- и межмолекулярного взаимодействия³⁴⁷.

Для авторов настоящей книги, может быть, наиболее существенно то, что образующиеся в процессах формирования памяти макромолекулы и полипептиды являются короткоживущими⁵. Если это было бы не так, то вес мозга по мере обучения и/или запоминания увеличивался, может быть даже неограниченно. Поскольку этого не происходит, то, с одной стороны, в мозге должны функционировать, не обязательно в готовом виде, элементы, образующие подобие кассы символов, посредством которых возможно кодирование информации, условно — текст, любого объема и сложности. С другой стороны, и это менее очевидно, в мозге должны существовать готовые структурные элементы, на которых реализуется запись полученной информации. Макромолекулы, синтезирующиеся в процессе обучения, при этом могут выступать в качестве «организаторов» информации, структурируя ее определенным образом в библиотеке памяти. Сказанное подразумевает также, что структурные элементы, предназначенные для хранения информации, существуют в анатомически сформированном — завершившем рост и анатомическое же развитие — мозге в достаточном количестве и



используются по мере необходимости. Это положение следует «держать в голове», поскольку оно является одним из ключевых в разрабатываемой концептуальной модели памяти.

Элементарные частицы в формировании памяти. Исследования в области функционирования головного мозга и процессах формирования памяти привели к единственному, не подлежащему сомнению заключению: передача информации осуществляется посредством сигналов в виде электрических импульсов. Основными, а возможно и единственными, организаторами такого рода сигналов являются нейроны. В общем-то, ничего удивительного в том, что организм использует электрические импульсы для передачи информации, нет. О роли СГ ЭМВ, что является кардинальным, авторским расширением теории мышления и памяти, см. в последующих главах книги.

Все виды энергии в принципе можно преобразовать в электрические, шире — электромагнитные волны. Человек довольно давно научился преобразовывать, например, тепловую или механическую энергию в электрическую и передавать ее, производя затем обратное преобразование в тепло, которое может быть использовано для механической работы. Звук, то есть механические волны и изображение — собственно ЭМВ также могут быть преобразованы в электрические импульсы, которые являются составным элементом ЭМВ, в виде которых переданы и затем декодированы; нейронные коды и их преобразования обсуждаются, например, в работе¹⁷⁸. Глаз, между прочим, может воспринимать механическую энергию — удар в виде света, то есть ЭМИ. Тактильные воздействия для передачи с помощью электричества требуют контакта с телом; возможно, задача бесконтактного тактильного воздействия попросту не ставилась. Передача обонятельных сигналов не была жизненно необходимой и, вероятно, поэтому такая задача пока не решена.

Аналогичный универсальный механизм передачи сигналов должен существовать в организме. Собственно говоря, так оно и есть, поскольку нейронная активность, отвечающая за любую деятельность головного мозга, и не только его, является электрической, электромагнитной. Известно, например, что электрические раздражители, действующие на мозг, со своей стороны, способны вызвать зрительные и иные образы. Таким образом, любое внешнее и внутреннее воздействие может быть сведено к электромагнитному. При этом реакция структур и субструктур, ответственных за формирование памяти, определяются физико-химическими параметрами среды¹⁷⁸. Более того, высказывалось мнение⁹⁹, что существенную пользу может принести рассмотрение явлений памяти с позиций изменения ионной конъюнктуры и состояния электрической поляризации тканей — точ-

нее было бы: клеток и субклеточных образований — без углубления в молекулярные механизмы. Так сообщается, что *«при восприятии какого-либо объекта многократное самовозбуждение цепи нервных кругов с возникновением электрических разрядов с характерной модуляцией частоты производит определенное изменение ионного равновесия в цитоплазме ассоциационных нервных клеток»* (ссылка в работе²²).

Тем не менее, анализируя вопрос о возможных передатчиках информации и принятия решения на уровне головного мозга человека Н. И. Кобозев¹²² пришел к выводу, что известные частицы не подчиняются тем законам статистики, которые могли обеспечить результат. Собственно, цитируемая работа является единственной известной нам, где ставится вопрос и детально обсуждается роль элементарных частиц в процессах передачи информации и, в частности, в формировании памяти. На основании детального и подробного анализа, основываясь, в основном, на «безэнергетичности» (далее без кавычек) процессов решения задач, Н. И. Кобозев делает вывод о том, что нужно искать другие, неизвестные в настоящее время физике, элементарные частицы.

Однако, на наш взгляд, прежде чем искать неизвестные физике элементарные частицы, которые претендовали бы на роль уникальных и были бы использованы организмом исключительно для реализации процессов мышления, было бы логичным предложить иную статистику, поскольку элементарные частицы даны природой, а статистика придумана человеком. Теми же структурными элементами, которые обеспечивают память, вполне могут быть широко используемые живой материей ионы водорода, то есть протоны, сопряженные с электронами. Тем самым не требуется «новая физика». Подвижные электроны взаимодействуют в паре, прежде всего, с менее подвижными ионами водорода, которые, кроме того, будучи принадлежностью биомолекул, могут быть относительно жестко фиксированы, локализуясь в структурах, ответственных за накопление и обработку информации. Поэтому ионы водорода, природообразующего элемента, обладая, кроме того, возможностью, которая присуща и электронам, безэнергетических переходов — туннельный эффект, о чем далее — вполне могут претендовать на роль искомым частиц. Интересно, что с электронами, помимо протонов, сопряжены также и фононы: элементарные частицы, формирующие звуковые волны¹⁰². То есть ионы водорода посредством электронов и фононов могут буквально «переговариваться» в нашем понимании друг с другом. Возможность передача информации посредством ионного поля организма обсуждается⁶⁷.

Замечание о другой статистике. Электрон или протон с «никакой», нулевой энергией в принципе может участвовать в реакциях переноса по

туннельному механизму. Тем самым нарушается принцип Пригожина-Онзагера о взаимном соответствии потоков и сил и производства энтропии⁹², в том числе в сильно нелинейных системах, который предусматривает — в линейных системах — наличие силы для возникновения потока и, наоборот, минимальное производство энтропии в общем случае. Здесь и далее речь идет о термодинамической энтропии, которую не следует отождествлять с энтропией информационной. При туннельном переходе поток есть, но силы нет. Вероятно, при этом потоки распределены не статистически, а по принципу либо есть, либо нет, «либо-либо»: принцип билибо. Собственно производство энтропии вообще не происходит. То есть потоки в отсутствие сил могут обеспечивать мыслительную деятельность, тогда как наличие силы ее не гарантирует. Вот уж действительно: сила есть — ума не надо...

1.3. Радиофизическая и информационная формализация процессов функционирования памяти

В процессе получения информации можно формализовать четыре основных элемента: источник информации, ее детектор, передатчик и накопитель. Определим элементы информационной системы (рис. 1.1):

источник — внешний или внутренний генератор сигналов, которые могут быть принципиально восприняты и определенным образом обработаны в разноразмерных структурах головного мозга;

детектор — приемник и своеобразный фильтр, по сути, аналитическая система, выделяющий информационную составляющую в потоке сигналов, которые поступают при внешних и внутренних воздействиях;

передатчик — переносчик детектированной информации в библиотеку памяти, причем в их качестве могут выступать биологические структуры разного уровня от клеточных до молекулярных, образующие эстафетные команды;

накопитель — хранитель информации, совокупность которых формирует собственно библиотеку памяти.

Примечание 1. Передатчики, как и детекторы, являются одновременно анализаторами.

Примечание 2. Вероятно, белки, о которых речь, находятся в клетках глии.

Примечание 3. Информация хранится на четырех уровнях — см. сверху вниз: тканевой — мозг; клеточный — клетки глии?; молекулярный — белковые буферы; электронно-ионный — ионы водорода и сопряженные с ними электроны.

ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ПОСТУПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ИОННЫЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ НОСИТЕЛИ
<p><i>ИСТОЧНИК</i> (воздействие).</p> <p><i>ДЕТЕКТОР ПЕРВЫЙ</i> — нейрон, он же перекодировщик-анализатор (первый и, возможно, единственный), селектор и носитель (первый приемник и передатчик, явно первый, но не единственный).</p> <p><i>ВТОРОЙ</i> — белок, он же анализатор и селектор.</p> <p><i>ПЕРЕДАТЧИК ПЕРВЫЙ</i> — нейрон,</p> <p><i>ВТОРОЙ</i> — белок, содержащий H^+, параметры активности которого образуют спектр (он же второй приемник и второй передатчик).</p> <p><i>ТРЕТИЙ</i> — ионы водорода (поле H^+).</p> <p><i>НАКОПИТЕЛЬ ПЕРВЫЙ</i> — белок, ионы водорода которого участвуют в формировании поля H^+ с параметрами спектра активности, кодирующими информацию,</p> <p><i>ВТОРОЙ</i> — ионы водорода (поле H^+).</p>

Рис. 1.1. Схема элементов информационной системы памяти

По поводу источников информации долго размышлять не приходится. Ими могут быть любые материальные тела, способные к физическим воздействиям также любого рода, и нематериальные в бытовом понимании: источники звуков — речь, музыка; запахов и вкусов — горечь слов по рту; тактильных — ветер, солнце, в смысле его лучей и визуальных — те же солнечные лучи.

Что касается трех остальных элементов информационной системы, то, с позиции построения концептуальной модели памяти, здесь открывается широкое поле для дискуссий, причем, чем ниже расположен тот или иной элемент на иерархическом древе памяти, тем сложнее становится однозначно определить его.

Нейронное структурирование памяти. Как мы убедились, не мозг целиком, а лишь отдельные его структуры оказываются ответственны за формирование памяти. Более того, клетки мозга в этом отношении также специализированы и, в частности, нейроны, по-разному реагируя на внешнее, эндогенное или внутреннее, экзогенное воздействия, могут быть ответственны за формирование разных видов памяти и выступать в качестве первых селекторов и анализаторов информации. Как представляется для современного знания, функционирование нейронов необходимо для процессов памяти. При этом нейроны образуют своеобразные сети, объединяясь в ансамбли²²⁹, и такого рода структуры оказываются весьма консервативными⁶ и вероятностными — статистически организованными²²⁹. Иными

словами, судя по экспериментальным данным, переструктурирование однажды образованной нейронной сети в последующем хотя и происходит, но однажды образованные межнейронные связи не исчезают и «если нейрон специализировался, то это на всю жизнь»⁶. Таким образом, в структуре данной нейронной сети имеется возможность гибких перестроек, связанных с поступлением новой информации, но на основе старой, однажды образованной структуры. Участие же разных нейронов в памяти различных видов может ограничиваться на уровне формирования информационных каналов, по которым осуществляется доставка информации в отделы библиотеки памяти, ответственные за разные ее виды.

Следовательно, нейроны могут претендовать исключительно на роль первых детекторов информации, а также быть первым звеном, с которого начинается ее перенос, то есть первым передатчиком информации⁶. Собственно уже на уровне этого первого передатчика происходит перекодирование информации. На таком основании удается дифференцировать передатчики информации до ее поступления в библиотеку памяти и после поступления в библиотеку, где информация вновь перекодируется и далее переносится в новом виде. Первые приемники и передатчики информации представлены нейронами, а в отношении вторых (передатчики) мы пока не можем сказать ничего определенного, разве что исключив из претендентов на их роль нейроны.

Роль и функции наличных и новых белков. Не вызывает сомнения, что в процессе поступления информации происходит активация синтеза белка; увеличение уровня РНК при этом показано неоднократно. В результате, естественно, продуцируется белок. Без потери общности будем говорить только о белке, имея в виду, что полипептид является структурным элементом белка и может предшествовать его формированию или наследовать ему. Вопрос о том, имелся ли такой белок ранее или это новый, отсутствовавший ранее, белок, поставлен давно²². Разумеется, после детектирования полученной информации возникает необходимость в передатчике, в качестве которого и может выступать синтезируемый белок или полипептид. Очевидно, передатчик информации не является строго специфическим для данного информационного события, но может быть специфичным для того или иного вида информации. То есть, синтез принципиально нового белка не происходит. Такие же или очень близкие по структуре белки, если и отсутствуют в данный конкретный момент, то их синтез есть событие тривиальное. Однако накапливать передатчики «про запас», очевидно, энергетически невыгодно, поскольку они востребованы ситуационно. Поэтому передатчик, по-видимому, является короткоживущим элементом и только в

том смысле, что он синтезируется по требованию и, вероятно, его конформационная структура специфична^{6, 22, 46, 87} и его можно назвать новым.

Что же касается накопителя информации, то совершенно очевидно, ее хранение происходит на уже готовых, имеющихся структурах, в том числе белковых. Как мы уже отмечали выше, синтез новых белков или любых других биомолекул, необходимых для формирования памяти, привел бы к увеличению веса мозга, что противоречит биологии развития⁷⁷. Зависимость массы мозга от возраста человека имеет экстремальный характер и по разным данным имеет максимум в возрасте 15—30 лет^{792, 212, 219, 242}, после чего уменьшается опять же, согласно разным авторам, начиная с 30—60 лет^{124, 219, 242}, несмотря на очевидное протекание процессов, обеспечивающих память, и после 30 лет. Следует помнить, исключая всевозможные спекуляции о «мафусаиловом возрасте»*, что средний срок жизни человека, как биологического вида, составляет 30...35 лет (Гиппократ). Все что «свыше нам дано» — успехи цивилизации и культуры здоровья... Следовательно, повторимся, в мозге имеются готовые структурные элементы — накопители информации, в качестве которых вполне могут выступать белки сформированного в результате роста и развития головного мозга. Единственное, что следует добавить, — синтез накопителей информации все же принципиально не исключен, но он должен осуществляться по необходимости для восполнения физической убыли наличных белков. Указанное положение — не возможность, а необходимость, поскольку, если бы не так, то естественная убыль белков и других биомолекул в процессе жизнедеятельности и функционирования мозга привела бы к принципиальному уменьшению его веса. Однако, уменьшение массы мозга происходит только по достижении, как минимум, 30-летнего рубежа, если не существенно позже, и не является критическим.

По всей видимости, белки осуществляют детекцию информации на более высоком, нежели нейроны, уровне, то есть являются детекторами второго порядка. Говорить о детекторах более высоких порядков⁶ до тех пор, пока они не определены на втором уровне, бессодержательно.

Таким образом, белки — очевидно, это белки клеток глии — являются вторыми передатчиками информации, полученной от нейронов, а также накопителями этой информации. Естественно, речь идет о двух принципиально разных группах белков. Первые синтезируются по требованию и суть

* Ссылки в Библии на возраста до 800...900 лет объясняются просто: в Древнем, точнее Древнейшем Ближнем Востоке годом назывался месяц жизни, то есть надо делить 800...900 на 12 = итог, это возрасты 60...75 лет, что, впрочем, для того времени и образа жизни являлось рекордом долголетия.

короткоживущие, вторые имеются в наличии в достаточном, или даже избыточном, количестве и синтезируются по мере их физической убыли и являются долгоживущими.

Хранение полученной информации в соотношении с временем существования организма. Подразумеваемый вопрос, вынесенный в заглавие, далеко не праздный. Если такая возможность существует, то, по крайней мере, в перспективе открываются возможности извлечения всей информации, когда-либо полученной организмом в течение предшествующей жизни. На сей счет имеются два диаметрально противоположных мнения^{23, 142} и более их быть не может: «да, такая возможность есть»; «нет, такой возможности нет».

В принципе, для положительного ответа на поставленный вопрос необходимо выполнение, по крайней мере, двух условий: любая информация, поступающая из внешнего мира, воспринимается мозгом хотя бы как неосознанная, и более важное — воспринятая информация хранится в накопителях, которые разрушаются лишь вследствие гибели организма и не изменяются в течение жизни; последнее неизбежно приведет к искажению информации. По понятным причинам, механические и иные повреждения мозга при этом не рассматриваются. Обсудим последовательно оба условия.

Считают, что информация, проходящая через нерелевантные каналы, не запоминается²⁰⁰. Релевантный канал — такой, который может реагировать на данный вид информации. При этом остается непонятно, есть ли возможность в таком случае воспользоваться другим каналом, который окажется релевантным. В контексте²⁰⁰, релевантный канал тот, который находится под контролем внимания. Но такой контроль может быть и неосознанным¹³⁰, чему есть множество примеров.

Очевидно, что осознанность получаемой информации заключается в ее анализе в момент получения, или сразу после, или существенно позднее, но в любом случае при желании и напряжении можно проследить за таким анализом. Информация, получаемая неосознанно, вероятно, тоже анализируется, но, во-первых, никакое желание и напряжение не позволяет это зафиксировать, иначе она тут же перейдет в разряд осознанной, и, во-вторых, такой анализ, наверняка иного рода. Впрочем, в ином роде, чем мы это осознаем, плюс ко всему анализируется и осознанная информация. Весьма вероятно, что полученная, сохраненная осознанно информация состоит из двух компонент: осознанной и неосознанной. Последняя, может быть, ничем не отличается от неосознанно получаемой — не путать с полученной — информации, то есть информации, получаемой осознанно, сопутствует информация, получаемая неосознанно, тогда как получению последней не сопутствует первая. Следовательно, вероятность того, что воспри-

нимается и может быть сохранена любая информация от внешних и внутренних источников, весьма велика.

Однако, даже при наличии такой возможности, ключевым в хранении всей полученной информации оказывается второй момент: способность накопителей информации существовать сколь угодно долго с единственным ограничением — сроком жизни организма — без изменений их структуры и записанной на них информации.

Здесь все гораздо проще. Как отмечают, при любых изменениях материального носителя информации, приводящих к изменению структуры его и, значит, сообщения, информация исчезает частично или полностью в соответствии с размерами происшедших изменений, не превращаясь ни в вещество, ни в энергию, ни в другую информацию, а просто-напросто бесследно исчезает^{186, 187}. С последним не вполне можно согласиться, иначе откуда бы возникали ошибки и «ошибочки» при воспроизведении хранимой информации. Очень простой и, как кажется, веский пример — таблица умножения: даже хорошо ее знающий иногда может ошибиться. Поскольку информация хранится на материальных носителях, которыми, по всей видимости, являются белковые молекулы, то очевидно, что накопители информации подвержены, по меньшей мере, структурным изменениям по причине изменений ионного состава среды и прочих химических и физико-химических ее свойств. При этом трудно предположить идеальное соответствие информации на переструктурированном накопителе информации исходной. Кроме того, всегда существует возможность изменения химической структуры биополимеров при изменении условий внутренней среды, защитные механизмы от чего пока что не обнаружены; репарация поврежденных ДНК есть несколько иной аспект, поскольку этот процесс реализуется при копировании нуклеиновой кислоты.

Вообще же возможность потери информации, ее забывания принципиально существует, о чем давно и хорошо известно из научной литературы^{142, 288, 289, 293, 294}, но обсуждение такой возможности отложим до более детальной проработки вопроса. Кроме того, известно, хотя в научной литературе на это обратили внимание не так давно¹⁴², что иногда со временем память улучшается, и такое явление получило название «реминисценция». Данный феномен будем обсуждать также в дальнейшем, но он, определенно, может реализоваться лишь в исключительных случаях, когда каким-то образом восстановится исходная, ранее искаженная структура, на которой записана информация, что маловероятно, либо открывается ранее заблокированный доступ к этой информации, что более вероятно.

Таким образом, принципиальная возможность «вечного», ограниченно-го лишь временем жизни организма, хранения информации если и существ-

вует, то, очевидно, лишь в том случае, когда нет никаких структурных изменений в библиотеке памяти.

Кодирование и перенос информации. Разумеется, для переноса информации из внешней среды на структурные элементы, обеспечивающие память, необходимо кодирование информации.

При обсуждении вопроса о кодировании поступающей информации в качестве элементов, которые осуществляют такое кодирование, рассматриваются исключительно нейроны — первые передатчики информации и их объединения, то есть речь ведется о кодировании информации посредством разнообразных характеристик электрических импульсов⁶. Очевидно, кодирование информации, таким образом, — задача хотя и далеко не тривиальная, но и не очень сложная, учитывая множество параметров электрического сигнала. Наиболее простые из них есть амплитуда сигналов, их частота, количество импульсов в пачке и, очевидно, фаза. Помимо этого, наверняка в качестве кодовых используются другие временные характеристики — паттерны сигналов, такие как длительность пачек и интервалов между ними и многие другие, хорошо известные из радиофизики. Кроме того, поскольку нейроны, как кодировщики информационных сигналов, рассматриваются в совокупности, то важными характеристиками кода может оказаться число одновременно возбужденных нейронов с учетом их расположения в нейронном слое.

Другой аспект этой же задачи заключается в том, что, каким бы образом не происходило кодирование, при сохранении информации в памяти должно происходить перекодирование параметров электрических сигналов в параметры структуры и энергии биополимеров или других накопителей. На энергетическую сторону памяти довольно давно обращали, но «особо не обратили», внимание, комментируя, что внутри *«мембранной оболочки волокна остается только ионная взрывная дорожка возбуждения, никем еще не разгаданная и не переведенная с ясностью на физико-химический язык»*²³.

Наконец, для извлечения, что есть важнейший аспект памяти, информации должно осуществляться ее декодирование в образы, вербальные или иные, например, обонятельные либо тактильные, характеристики. Однако механизм декодирования в известных авторам этой книги работах не обсуждается вовсе. «Не до того, Федя, не до того...».

Память с «одной из ее сторон» — это запоминание — получение и накопление информации, безусловно, обеспечиваемые изменением энергии частиц, носителей памяти; вопрос о безэнергетичности собственно процесса формирования памяти обсуждается далее. Принципиальная возможность элементарных частиц участвовать в формировании памяти обсуждалась выше. Естественно, чем меньше такая частица, тем меньшую энергию

к ней необходимо приложить, чтобы она изменила собственную энергию, то есть тем проще процесс получения информации. Однако, чем меньше частица, тем легче ей утратить энергию и потерять информацию. Кроме того, чем меньше частица, тем труднее при необходимости отыскать ту, которая требуется для считывания записанной с ее помощью информации. Последняя трудность разрешима, поскольку считывание, как и запись, информации происходит не с одной частицы, которая в единственном числе не несет, как правило, никакой информации — одна буква, одна кодовая единица, — а с их набора, ансамбля. В связи с этим возникает компромисс для оптимальной величины, физического размера частиц, участвующих в формировании памяти. Судя по веским аргументам, вряд ли это не элементарные частицы¹²². При этом те же аргументы указывают, что вряд ли это элементарные частицы, по крайней мере, известные в настоящее время. Единственным веществом, являющимся элементарной частицей, которое в то же время обладает свойствами, не присущими элементарной частице, например, вступает в химические реакции, являются ионы водорода, как и всякие другие частицы — и не только элементарные — имеющие собственную энергию, значит — активность.

Исследование спектра активности ионов водорода. Рассмотрим активность и спектр активности ионов водорода (САИВ). Активность (a) вещества выражается уравнением¹⁸, которое запишем применительно к протону H^+ :

$$a(H^+)_i = \gamma(H^+)_i \times [H^+]_i, \quad (1.1)$$

где $a(H^+)_i$, $\gamma(H^+)_i$ и $[H^+]_i$, соответственно, активность, коэффициент активности и концентрация H^+ — способ выражения концентрации не имеет значения, а подстрочный индекс i указывает на то, что H^+ (вещество) неоднородны и при $i > 1$ они разного вида, характеризующегося каждый собственной активностью. Эти виды одного вещества (H^+) с разной активностью и образуют то, что мы назвали «спектр».

Заметим, что измеряемая $[H^+]$ — и концентрация любого другого вещества — есть ни что иное как сумма концентрации частиц разной активности:

$$[H^+] = \sum_i^n (H^+)_i, \quad (1.2)$$

то есть является интегральной характеристикой активности, а известный водородный показатель (pH), используемый в качестве меры $[H^+]$, — отрицательный логарифм последней величины:

$$pH = -\lg[H^+]. \quad (1.3)$$

Для дальнейшего изложения необходимо ввести еще ряд определений. Напомним, что протон — это атом водорода, от которого электрон удален на бесконечно большое расстояние. Обычно протон, как и ион водорода, обозначают символом H^+ , не делая различий между ними.

Примем способность протона принимать электрон, то есть активность, за единицу, поэтому потенциальную энергию протона будем считать равной единице и рассмотрим его в среде, содержащей другие ионы и молекулы. В локальной области H^+ находится в определенном микроокружении. Если микроокружение H^+ имеет суммарный положительный заряд, то активность H^+ , потенциальная энергия, будет больше единицы — суперпротон, а, если микроокружение имеет суммарный отрицательный заряд, то активность H^+ меньше единицы — субпротон. Очень важно, что, в первую очередь, по причине чрезвычайно сложного микроокружения, а также высокой вязкости биологических жидкостей, имеющийся заряд не может быть компенсирован с бесконечной степенью точности. Разумеется, в идеальных условиях любой заряд притягивает заряд противоположного знака с силой, определяемой законом Кулона. В таких условиях кулоновские взаимодействия обеспечивают нейтрализацию заряда и приводят к формированию электрически нейтральных структур. Иное дело электродинамические события, происходящие в клетке или во внеклеточной среде. Компенсирующие заряд ионы и, особенно, ионные фрагменты биополимерных молекул сопряжены с ионами, имеющими заряд противоположного знака, а те, в свою очередь, с фрагментами со знаком заряда, совпадающим с первыми и так далее.

Таким образом, вокруг произвольно выбранного иона, в частности H^+ , всегда имеется некоторый избыточный положительный или отрицательный заряд. Этот, выбранный произвольно заряд, условно можно считать источником возникновения электрической неоднородности; в результате такой неоднородности появляется поле H^+ , характеризующееся градиентом заряда. В еще более плотной среде клеточных мембран локальная неоднородность и высокая вязкость обретают законченность, формируя ансамбль отрицательных зарядов на внутренней стороне мембраны и положительных зарядов — на внешней¹⁷⁰. Однако установить источник заряда, безусловно, невозможно и он оказывается размытым по полю. Идея об «обобществлении» (далее без кавычек) электронов и утрате ими связи с индивидуальными атомами высказана довольно давно²¹¹. Ничто не мешает H^+ реализовать аналогичное поведение, поскольку, как электроны, так и H^+ , в смысле протоны, суть элементарные частицы. В таком случае метафорично можно говорить об электронно-протонном газе, насыщающем живую материю. С другой стороны, электроны, являясь переносчиками зарядов во многих хи-

мических системах, в биологических жидкостях уступают эту роль H^+ , чему имеются экспериментальные доказательства¹⁴⁵.

Вследствие существования градиентов заряда, H^+ мигрирует физически, как механически, так и энергетически, в оптимальное состояние и, имея по соседству другой H^+ , расположенный дальше от ближнего локального микроокружения, передает этому соседнему иону определенную часть той энергии, которая инициировала перемещение H^+ в исходном микроокружении. Последний ион, поступит аналогичным образом с H^+ , находящимся еще дальше от активировавшего перемещение микроокружения и так далее. Физическую эволюцию H^+ осуществляют в окружении противоположных, и суммарный заряд биологических жидкостей равен нулю. Но, аналогично тому, как число «ноль» можно получить бесконечным набором сумм положительных и отрицательных чисел, так и суммарный нулевой заряд может складываться из бесконечного набора зарядов, не обязательно целочисленных, положительно и отрицательно заряженных ионов.

Попутно, но не между прочим, поскольку это положение важно для дальнейшего изложения, заметим, что числа, как и энергия, есть квантовые единицы.

В общем случае, перемещение H^+ таким или аналогичным образом носит название «эстафетной передачи протона»¹⁹. Примеры эстафетной передачи H^+ можно найти в работах^{51, 137, 149, 183}. Важно, что по такому пути происходит перемещение не протона, как его понимают физики и большинство химиков, а именно H^+ , активность которого — исходного H^+ — и будет определять активность H^+ , принявшего эстафету. Более того, принцип эстафетной передачи обсуждается в реализации механизмов переноса ионов калия через мембрану⁸², функционирования примембранных ферментативных каскадов¹⁸⁴ и даже дрейфа мембранных пор⁵¹. То есть эстафетная передача в случае частиц достаточно малого размера, по-видимому, не является уникальным явлением, и перемещение H^+ вполне может осуществляться при ее посредстве.

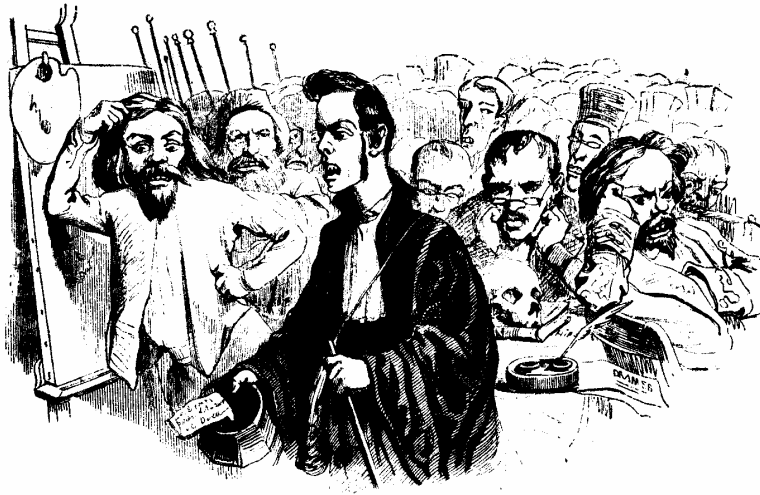
Следовательно, посредством эволюций H^+ способны переносить энергию и вместе с ней информацию. То есть H^+ в сопряжении с электронами являются третьими передатчиками и вторыми накопителями информации. При этом важно не только количество H^+ , но и их качество — активность. Так, наличие полос Маха — усиление контрастности на границах полос — при восприятии света разной интенсивности (кстати, свет — электронный спектр, а электроны сопряжены с H^+), согласно интерпретации¹⁷⁸, указывает на имеющее место в зрительном анализаторе дифференцирование в математическом смысле. Следовательно, важно не одно лишь количество, но

и соотношение, разность согласно¹³⁸, то есть форма спектра каких-то элементов, которые обеспечивают восприятие.

Почему именно H^+ , а не иные ионы? Разумеется, прежде всего, по той причине, и это свойство уникальное, подразумеваемое, но не обсуждаемое, что они участвуют во всех без исключения биохимических процессах — реакциях либо непосредственно, присоединяясь или отщепляясь в результате реакций, либо опосредованно, определяя кислотно-основное состояние среды (ph). Последнее, в свою очередь, влияет на скорость ферментативных и неферментативных процессов или даже лимитирует их: в живом организме нет достаточно больших апротонных областей. Кроме того, участие H^+ в формировании активного центра большинства, если не всех, ферментов есть общеизвестный факт. Проще говоря: водород — основа жизни.

Вторая причина — очевидное наличие в биологической среде в областях, по объему близким к локальным, H^+ не одного вида — разной активности — собственно САИВ. Свойство, отнюдь не уникальное, но также не обсуждавшееся. Иными словами, одно и то же значение суммарной активности H^+ в среде, практически определяемой как концентрация и в случае H^+ , представляемой ее отрицательным логарифмом (ph), можно получить разным набором H^+ различного вида, аналогично тому, как одну и ту же сумму можно получить разным набором слагаемых. Размеры областей, в которых допустимо вести речь о САИВ как о спектре сосуществующих H^+ , превосходят размеры локальных областей, но никак не более объема клетки. Ясно, что, например, в желудке вскоре после выделения в него соляной кислоты и, например, в головном мозге, независимо от процессов в нем происходящих, если это не патология, активность H^+ различна. Однако очевидного взаимодействия между H^+ , находящимися в желудке и в мозге, не происходит, и рассматривать их как составляющие спектра бессмысленно. Формированию поля H^+ из них, входящих в состав двух соседних клеток, препятствует, как минимум, наличие клеточных мембран, лишая возможности H^+ взаимодействовать непрерывно, то есть возможности образования поля, по определению. Более того, даже в пределах одной клетки существование клеточных компартментов может стать значительным — насколько — отдельный вопрос, требующий особого рассмотрения — препятствием для образования поля H^+ и САИВ. Подходы к оценке параметров САИВ разработаны^{68, 76} и рассмотрены некоторые аспекты биорегулирования посредством поля^{61, 71, 72}.

Следующая в ряду рассматриваемых причина — способность H^+ изменять свое местоположение, координаты без потери энергии есть туннельный эффект. Туннельный эффект²⁴³ совершенно очевиден в случае электронов^{102, 145}, важен в биологических процессах³³⁴ и имеет место в живых



Учрежденческий слесарь, прячась после обеда от своего начальника, забрел в зал заседаний ученого совета и заснул в заднем ряду. А через полчаса началась защита диссертации по биологии. Слесарь проснулся от громкого голоса соискателя и, затаившись, слушал. Особенно часто употреблялось слово «кроссинговер». Дома слесарь возмущался: «Все про гровер талдычат! А у меня в слесарке этих шайб полное ведро...» Мораль: не слушай докладов по чужой научной специальности. Это только во вред.

системах²⁹⁸. Туннелирование рассматривается как один из аспектов биологической физики^{29, 51, 82, 183, 223}. В работах^{82, 292, 334} говорится о туннелировании ядер, а в работах^{19, 51, 183, 223, 323} — конкретно протонов, которые по сравнению с более тяжелыми атомами в этом смысле являются уникальными⁵¹. Впрочем, обсуждают туннелирование и ионов кальция²⁹¹. Действительно, масса протона — и H^+ , или попросту атома водорода; в этом смысле все они практически идентичны — в несколько десятков раз меньше других важнейших атомов: натрия и калия (см. таблицу Менделеева). Заметим, что туннельный эффект гипотетически рассматривался и для объяснения интуиции¹²².

Суть туннельного перехода заключается в следующем. Для протекания реакции частицам, участвующим в ней, необходимо преодолеть так называемый *потенциальный барьер*, высота которого определяется энергией, затрачиваемой на его преодоление. На основании изучения, в частности, температурных зависимостей многих химических реакций сделан вывод о том, что электроны обладают способностью участвовать в них без получения дополнительной энергии, то есть, не преодолевая энергетический барьер, а проходя под ним *по туннелю*. Причина — исключительная малые размеры электрона. Разумеется, не все и даже не очень многие реакции протекают по туннельному механизму. Кстати, вопрос, что отличает реакции, в которых может реализоваться туннелирование, похоже, не ставился... Очевидно, протон, H^+ согласно нашей терминологии, хотя его масса примерно в 2000 раз больше массы электрона, все еще при определенных условиях сохраняет способность участвовать в реакциях, проходя под энергетическим барьером по туннелю, на что имеются экспериментальные обоснования. Если туннелирование H^+ действительно происходит, то он (H^+) осуществляет безэнергетический переход, который, как считают¹⁶¹, необходим, по крайней мере, для процесса мышления. Кстати, исследованию процессов мышления посвящена предыдущая книга²⁵² серии «ЖМФН», к которой относится и настоящая работа.

Отнюдь не строгая локализация данного H^+ на конкретной белковой или иной молекуле — обобществление в поле — может оказаться полезным свойством для протекания процессов, обеспечивающих память. Наконец, не следует забывать и возможности эстафетной передачи протона (H^+) в биохимических реакциях.

Обсуждение свойств H^+ с точки зрения формирования ими поля и САИВ понадобилось для того, чтобы обеспечить развиваемой нами концепции фундаментальную поддержку. Тем не менее, не все уникальные свойства могут быть необходимы для реализации памяти. Такого рода оговорка только что была сделана в отношении обобществления H^+ в поле.

Строго говоря, это свойство не является уникальным для H^+ , о чем упоминалось: попросту H^+ , ввиду малой массы, могут быть вслед за электронами наиболее склонны к обобществлению по сравнению с более крупными ионами. То же относится к эстафетной передаче H^+ . Что касается туннелирования, то оно, хотя и уникальное среди прочих ионов свойство H^+ , но не строго обходимое для функционирования памяти.

По-видимому, обобществление H^+ и эстафетная передача могут быть полезны при формировании библиотеки памяти, а также для более быстрого извлечения информации из нее. Туннельный же эффект с его безэнергетичностью может быть необходим в процессах решения задач, то есть для реализации мыслительного процесса, тогда как для функционирования собственно памяти ни он, ни два первых свойства могут и не иметь никакого или, по крайней мере, принципиального значения.

Пожалуй, единственная уникальность H^+ , как биохимического агента, и привела к выделению его из среды других ионов в качестве важнейшего элемента памяти. Способностью к формированию спектра активности в той же мере, что и H^+ , наделены и другие ионы, но малая масса последнего делает его уникальным в их ряду. Кроме того, по той же причине H^+ получает дополнительные преимущества в процессах обобществления, эстафетной передачи и туннелирования.

Спектр активности ионов водорода и формирование информационного кода. Рассмотрев некоторые свойства H^+ с позиций, указанных в предыдущем параграфе, перейдем к более предметному и неоднозначному вопросу. Могут ли H^+ , при том что они образуют САИВ, формировать информационный код, необходимый для реализации механизмов памяти? Под информационным кодом будем понимать способ, посредством которого в головном мозге обеспечивается хранение образов: зрительной, слуховой, вкусовой, обонятельной, осязательной и любой другой информации.

В авторских работах^{61–76} поставлена задача выявления универсального физиологического регулятора. Анализ литературных данных позволил сделать вывод о том, что таковым являются именно H^+ ввиду наличие САИВ. На основании этого теоретического вывода экспериментально показана роль САИВ в регулировании активности ферментов и функционировании клеток, намечены подходы к оценке параметров САИВ, а также исследованы причины альтернативного выбора клетками предпочтительного внутриклеточного катиона: натрия или калия. Поскольку регулирование само по себе предполагает использование информации, постольку управление состоянием биологических систем посредством САИВ указывает на то, что его параметры заключают в себе определенную информацию. Весьма вероятно, что те же структуры, которые несут в себе информацию, необходи-

мую для биологического регулирования, могут быть использованы как накопители иной информации, обеспечивая тем самым память в смысле доминанты настоящей главы. Если сделанное предположение справедливо, то в возможности информационной двойственности²⁵² САИВ прослеживается явная аналогия между последним и ДНК, на структуре которой, помимо информации о механизмах управления организмом — саморегулирования в процессах его роста, развития и функционирования, записана информация об организме в целом. То есть на ДНК кодирована не только информация об элементах, которые могут понадобиться организму для функционирования, но и сведения о том, каким образом осуществить рост и развитие организма из одной-двух клеток, а также о том, что именно, какие морфологические структуры растут и развиваются — суть генетическая память (см. гл. 3). Последняя информация — память об образах, принципиально таких же, как и те образы, которые используются для формирования памяти в обсуждаемом смысле^{9, 22. 178}.

Повторимся, что анализируя вопрос о возможных носителях информации, необходимой для принятия решения человеком, Н. И. Кобозев¹²² пришел к следующему выводу: известные физические частицы не подчиняются тем законам статистики, которые могли бы обеспечить наблюдаемый результат. На этом основании им сделан вывод о необходимости поиска других, неизвестных физике, частиц формиионной энергии. Данное положение автор сформулировал в конце 60-х гг. — монография издана в 1971 г. — и с того времени в этом вопросе, насколько нам известно, ничего не изменилось: новые элементарные частицы если и обнаружены, то вряд ли стали претендентами на роль носителей информации в головном мозге. Будь это иначе, соответствующие сообщения не заставили бы себя ждать. Оставим в стороне один из аспектов, на основании которых постулировано существование неизвестных физике частиц, обеспечивающих мозговую деятельность, а именно то, что рассматривались процессы в мозге *исключительно человека*. Принципиальная уникальность последнего по этому поводу в том смысле обсуждается, словно природа использовала для функционирования головного мозга человека специально сконструированные лишь для этих целей частицы. Вообще говоря, это противоречит принципу эволюционной консервативности.

Тем не менее, по-прежнему выдвигаются гипотезы и на их базе строятся теории, в которых основным постулатом является наличие специальных физических частиц, обеспечивающих в головном мозге человека предельно низкую энергетичность процессов получения, передачи и хранения информации — информационных процессов. Однако, прежде чем искать гипотетические частицы с целью построения правдоподобной модели памяти,

логично попытаться применить другую статистику, имея в виду не функцию описания, а закономерности поведения, поскольку частицы даны природой, а статистика придумана человеком, и рассмотреть возможность участия в низкоэнергетических процессах известных частиц, которые могли бы обеспечить высшую нервную деятельность вообще, человека, в частности, и памяти конкретно.

Прежде всего, это касается принципиальной возможности обеспечить информационный код посредством наличных H^+ , учитывая их уникальность и разную активность — САИВ, то есть то, что они не одного вида. Первым вопросом является достаточность H^+ для построения информационного кода. Сформулируем его следующим образом: *достаточно ли имеющихся в клетке H^+ для того, чтобы с их помощью могла быть записана весьма объемная информация?*

Считается, что H^+ в клетке мало. Однако это не совсем так, а вернее и совсем не так. Оценим их количество. Граничные радиусы клеток в предположении их сферической формы, взятые из¹⁷⁰, составляют от 0,001 до 0,020 мм (1 — 200 мкм или 10^{-4} — $2 \cdot 10^{-3}$ см). По их значениям рассчитаны граничные объемы клеток, которые составили от 10^{-11} до 10^{-7} см³ (10^{-11} — 10^{-7} мл) или от 10^{-14} до 10^{-10} л. Концентрация H^+ в клетках — хорошо известная величина и приводится во многих источниках. Положив ее равной 10^{-7} моль/л, легко подсчитать, что количество H^+ в клетке составляет $1,8 \cdot 10^4$ — $4,0 \cdot 10^7$ единиц. Полученный результат согласуется с числом H^+ в клетке *E. coli*²⁹⁵ и других бактериальных клетках: несколько десятков H^+ на клетку⁹⁸, объем которых в сотни и более раз меньше, чем клетки человека. Интересно бы, конечно, оценить количество H^+ в клетках глии, но, к сожалению, их размеры найти не удалось.

Тем не менее, погрешности расчета на 1—2 порядка в данном случае не принципиальны, и число H^+ в клетке можно принять в количестве от тысяч до миллионов единиц и, возможно, более. Даже с учетом того, что не все они могут формировать единое поле, хотя бы по причине наличия внутриклеточных компартментов, такого количества кодирующих элементов, пожалуй, вполне достаточно для записи информации очень большого объема. Для сравнения, всего 4 вида нуклеотидов, структурных элементов ДНК, содержащихся в клетках млекопитающих в количестве лишь примерно на 3-6 порядков¹²⁶ превосходящем число H^+ , не только обеспечивают всю информацию об организме, но и управляют ею в процессах развития и функционирования. При этом генетическая информация очень сильно вырождена, то есть одна и та же информация может быть закодирована разным набором нуклеотидов и зачастую таких наборов больше двух¹³⁶. Кроме того, функционирование клеток одного вида обеспечивается весьма незначи-

тельной частью, не более 10 % и даже, может быть, меньше¹² хранимой в ДНК информации, тогда как остальная ее часть не востребуется никогда.

Следовательно, содержание H^+ в клетке — число букв в кассе, но не их число в алфавите — вполне достаточно для записи информации значительного объема. Считают, что поскольку мозг человека состоит примерно из 14 миллиардов (10^9) нейронов, то он может вместить около 10^{18} бит информации⁹⁹. Легко посчитать, что на один нейрон приходится информации в количестве порядка 10^9 бит. Уже три вида H^+ , три буквы алфавита, разной активности в количестве всего тысяча штук обеспечивают такой же объем информации: $(10^3)^3$. Вот и все. Единственное, что следует добавить — то, что возможность использования информационной биологической системой других, помимо H^+ , ионов в дальнейшем изложении обсуждаться не будет, поскольку нами, вслед за биологическими системами, с целью обеспечения памяти выбраны H^+ , преимущества которых в данном аспекте достаточно убедительны.

Далее обсудим техническую сторону записи информации посредством H^+ разной активности. В принципе информацию сколь угодно большого объема можно записать на любой длины отрезке прямой линии. Писатель *Харуки Мураками*¹⁵² обсуждает, очевидно, известный, но не встречавшийся нам ни в научной, ни в научно-популярной литературе способ подобного кодирования информации, и предлагает воспользоваться с этой целью обыкновенной зубочисткой. Суть способа заключается в следующем. Каждой букве — цифре, символу в смысле кодовой единицы — присваивается номер в виде двухразрядного числа, если количество символов велико, то можно использовать и трехразрядные числа, начиная от 01. После перекодировки весь текст представляется в виде одного числа, перед которым приписывается 0,... (ноль, запятая...). Получается десятичное число, являющейся долей единицы. В результате точка на отрезке единичной длины соответствует заданному числу, а информация, сколь бы большой она не была, оказывается закодированной. Назовем этот принцип кодирования — «*принцип зубочистки*» — далее без кавычек. Единственным — но существенным! — ограничением на запись информации по принципу зубочистки является точность, с которой определена точка, посредством которой записано число, заключающее закодированную информацию. В рамках данной модели в настоящее время нет возможности оценить точность «нанесения точки на зубочистке». Однако, если информационный код организован по принципу зубочистки, то становится понятным, например, почему информация большего объема запоминается хуже, нежели меньшего: с увеличением количества цифр в числе точность нанесения метки на зубочистке уменьшается.

Обладая разной активностью — наличие САИВ — H^+ могут обеспечивать код по принципу зубочистки. Та или иная активность H^+ без сложности может быть соотнесена с определенным символом, и, таким образом, техническая возможность записи информации ограничена способностью носителей одновременно воспринимать конечное число H^+ , посредством которых информация кодирована. Действительно, запоминание и вспоминание происходит не путем записи единичных элементарных символов, но путем запоминания и вспоминания элементов — блоков информации. Иными словами, ограничением на память является длина вектора, или, если угодно, матрица размером $(l \times n)$, который вектор содержит информацию в виде отпечатка символов, представленных H^+ разной активности, поддерживаемой структурой биологических молекул, в первую очередь, очевидно, полимерных, и клеточным микроокружением.

Заметим, что активность есть величина дискретная; впрочем, числа натурального ряда тоже квантовые единицы. Дискретность активности H^+ , как и любого другого иона, определяется разрешенностью для электрона находиться на одном из строго заданных расстояний — орбиталях, число которых бесконечно, от сопряженного с электроном иона — так называемые, главные квантовые числа⁸⁴. С таких позиций точность записи информации определяется тем, насколько верно тот или иной информационный символ соотнесен с определенной активностью. Исходя из того же, квантуемость информации, энергии — и, возможно, энтропии — обеспечивается дискретностью, квантуемостью активности H^+ .

Таким образом, предлагаемая концептуальная модель памяти, которая оказывается ионно-молекулярной, базируется на двух постулатах:

- в качестве символов информационного кода используются H^+ разной активности;
- собственно информационный код организован по принципу зубочистки.

Возможность физической реализации каждого из постулатов должна быть дополнительно экспериментально аргументирована. Заметим, что если вместо H^+ использовать любые другие ионы, способные формировать поле (см. выше), то, пожалуй, только принцип зубочистки позволяет реализовать блоковое — не буквенное, не символьное в указанном смысле — запоминание и вспоминание.

С другой стороны, для реализации принципа зубочистки достаточно ионов одной природы. Ионы разной природы — ионы H^+ или ионы калия, или ионы натрия, или другие ионы — не следует путать с ионами разного вида, которые в пределах ионов одной природы различаются величиной активности. Рассмотрим, например, следующий код. В качестве букв-

символов используем ионы водорода, калия, натрия, может быть, кальция. Эти ионы, образуя связный текст, последовательно подвешиваются на белковую или полинуклеотидную молекулу — белковая или нуклеотидная соль, имеющая ту или иную степень обобществления определенных ионов в зависимости от состояния среды. Как видно, принцип тот же, что и в случае ДНК. Но здесь, если запись текста и может быть блоковой в случае, когда условия среды изменяются практически мгновенно, то считывание должно быть, как и при декодировании информации с ДНК, исключительно по буквам. Кроме того, по крайней мере в условиях функционирования клеток в организме последовательность букв (слово, текст) так или иначе должна определяться состоянием среды, то есть концентрацией H^+ и других ионов. В общем, все равно приходим к активности H^+ и далее к САИВ, хотя и с иной стороны. Опять же принцип эволюционной консервативности.

Спектр активности ионов водорода в процессах переноса, хранения и перекодирования информации. Прежде всего, остановимся на вопросе об энергетических затратах, необходимых для записи информации. Считают¹⁹⁴, что время запоминания информации (t) связано с энергией через величину глубины потенциальной ямы (ΔU), которую нужно преодолеть для записи одного бита информации:

$$\ln t = \Delta U / kT + C, \quad (1.4)$$

где T — абсолютная температура запоминающего устройства; k — постоянная Больцмана; C — константа, характерная для выбранного запоминающего устройства, и добавляют, что при фиксированном времени запоминания информации можно привести в соответствие ее величины и энергии. В таком случае оказывается, что от температуры зависит не только время запоминания информации, но и количество записанной информации. Легко убедиться, что количество информации, например, содержащееся в читаемом сейчас абзаце, абсолютно не зависит от того, при какой температуре происходит чтение, и, следовательно, не зависит от температуры, при которой была сделана запись. Аналогичную антитезу можно найти и в литературе. Понятно, что приведенное уравнение не справедливо даже для механических систем записи информации, не говоря уж о биологических системах.

Более того, как уже отмечалось¹²², функционирование мозга как системы принятия решений предполагает безэнергетичность процессов мышления, которые невозможны без памяти. Во всяком случае отсутствуют экспериментальные данные, которые бы указывали на то, что во время обучения и/или решения задач, изменяется, например, потребление мозгом кислорода или какой иной показатель, отражающий уровень расходования или потребления энергии. В то же время САИВ может обеспечить способ-

ность передачи информации на любое, в пределах поля, расстояние — эстафетная передача, обобществление H^+ — без энергетических затрат. Не требуется никаких дополнительных постулатов и лемм, если принять, что энергия, затрачиваемая на мыслительную деятельность, вырабатывается обычным образом, как и во всем организме^{42, 43}. Однако, по завершении мыслительного акта, она восстанавливается полностью или почти полностью: изменение энергии не регистрируется имеющимися в настоящее время методами. То есть механизм мыслительного процесса реализуется с коэффициентом полезного действия близким к 100 %. Иными словами, весьма быстрый процесс записи информации по окончании приводит к выделению энергии в том же количестве, которое потребовалось на собственно запись. В итоге изменение энергии не наблюдается, но система в процессе поступления в нее информации находится в динамическом равновесии в энергетическом смысле. Пожалуй, только в таком контексте можно говорить о безэнергетичности мышления. Тем не менее, и в таком случае подразумевается источник энергии, расположенный вне системы записи информации. Получение информации — изменение энергетического состояния упорядоченной системы — сопровождается, как правило, поглощением энергии, что, впрочем, не означает обязательное увеличение энтропии⁷³. Наоборот, в результате поступления информации в мозг в его системе увеличивается упорядоченность, уменьшается неопределенность и энтропия также уменьшается⁹⁹. Заметим, что в процессе переработки информации — сути мышления — энергия, имеющаяся в наличии, скорее всего, перераспределяется. Поэтому и не наблюдают расходования энергии в процессе мышления и говорят о безэнергетичности, или безэнтропийности, процесса.

При наличии САИВ поле самого по себе H^+ является безэнергетичным переносчиком информации. Важнейшая, если не практически единственная характеристика любого поля, — его потенциал (μ). В случае поля, образуемого H^+ , запишем^{18, 284, 285}:

$$\mu H^+ = dG/d[H^+], \quad (1.5)$$

где G — свободная энергия.

Величина $[H^+]$ легко может быть заменена на $a(H^+)$ — см. (1.1), (1.2). С другой стороны, μ определяется при постоянных давлении, энтропии и всех концентраций кроме концентрации одного, x -го, пусть это будет H^+ , компонента, как

$$\mu H^+ = H^{+\circ} + RT \times \ln[a(H^+)], \quad (1.6)$$

где $H^{+\circ}$ — стандартная величина $\mu(H^+)$ при $a(H^+) = 1$; T — абсолютная температура; R — универсальная газовая постоянная.

Как видно из (1.5), (1.6), изменение $\mu(H^+)$ происходит при изменении $[H^+]$ и не зависит от расстояния, на котором это изменение произошло. Следовательно, изменение $[H^+]$, например, на границе поля или даже за его пределами вблизи поля, приведет к изменению $\mu(H^+)$, параметров поля, то есть параметров САИВ и информации. Очевидно для этого, см. (1.5), не требуется внешняя энергия, хотя свободная энергия, разумеется, изменяется. Собственно, такое распространение информации и есть результат эстафетной передачи и обобществления H^+ . Таким образом, может быть реализован простейший способ переноса информации без энергетических затрат при посредстве поля H^+ от области, непосредственно к полю прилегающей и в пределах поля. Это последняя стадия переноса информации, после которой она попадает в библиотеку памяти. Перенос информации в пределах библиотеки принципиально качественно не отличается от только что описанного, но он должен быть дополнен разнообразными ограничениями на доступ информации в тот или иной отдел библиотеки и собственно в библиотеку, о чем позже.

Теперь рассмотрим предыдущий шаг доставки информации согласно обсуждаемой модели: изменение $[H^+]$ на границе поля или в непосредственной близости от него. И этот процесс не должен быть выражено энергетичным, а лучше — и вовсе не требовать энергозатрат. Как не трудно догадаться, безэнергетичная доставка дополнительных H^+ к полю может осуществляться по туннелю, используя туннельный эффект. Впрочем, не исключено, что информация определяется как результат и появления новых H^+ в поле и удаления какого-то их количества за пределы поля. В обоих случаях туннельный эффект может быть реализован. Если H^+ могут «воспользоваться» туннельным эффектом, то это значит, что их перенос, на который в общем случае необходима энергия, не зависит от глубины потенциальной ямы и обратной ей величины потенциального барьера, которые являются препятствиями на пути поступления информации, и температуры. Качество функционирования мозга в известных пределах от температуры не зависит. Вот здесь и возникает «другая» статистика. Частица — электрон или протон — с «никакой», нулевой энергией, участвуя в реакциях переноса по туннельному механизму, нарушает тем самым принцип Онзагера о взаимном соответствии потоков и сил. Согласно этому принципу, в условиях стационарности, а ситуация, когда продукция энергии равна по величине ее расходу и есть стационарность, силы вызывают потоки; наоборот, потоки требуют сил. В данном же случае поток есть, силы нет. Во всяком случае, не известна какая-либо физическая сила, вызывающая поток информации. Вероятно, при этом потоки распределены не статистически, а как и в случае туннельного эффекта (см. выше) по принципу «либо-

либо» — принцип билибо: в отсутствие силы поток может быть либо не быть. Такой поток или потоки могут обеспечивать не только память, но и мыслительную деятельность, тогда как наличие силы их не гарантирует. Вот уж действительно, «сила есть ума не надо»... Извините за повтор уже выше сказанного...

Однако, вернемся непосредственно к информации на поле H^+ . Помимо данной библиотеки памяти поступающая информация также может быть записана на другом поле H^+ со своими параметрами САИВ, расположенном вне данной библиотеки памяти. В таком случае, информация копируется с исходной матрицы — другое поле — на данную. Ситуация аналогична той, которая не обсуждается сторонниками вземного зарождения жизни: откуда жизнь появилась в космосе?

Разумеется, должен быть сделан первый шаг, приводящий к изменению параметров САИВ и «другого поля», и всех предыдущих и последующих из тех, что могут находиться на пути доставки информации от передатчика к накопителю, на ее пути в библиотеку памяти. Таким первым шагом с позиций поступления информации в виде параметров поля H^+ , «запусковым» импульсом является поступающий с нейрона электрический ток. Этот сигнал в общем случае не единичный импульс, а по физической природе суть поток электронов. Его параметрами и закодирована информация от внешнего относительно системы записи источника. Этот ток индуцирован внешней, относительно нейрона, силой и в дальнейшем для эволюции потока электронов наличие силы не является необходимым условием. Перекодирование параметров электрического сигнала, передаваемого посредством движения электронов, легко может происходить на H^+ в виде своеобразного отпечатка на них, фиксируемого определенными параметрами САИВ.

Таким образом, путь передачи информации, несомой электрическим сигналом, в библиотеку памяти может быть представлен схемой на рис. 1.2. Электрический сигнал от нейрона передается посредством электронов на H^+ , расположенные вне поля H^+ , в результате чего происходит изменение активности H^+ , перекодирование информации; затем энергия H^+ — алгебраически, плюс/минус, — расположенных вне поля H^+ , передается в пределы поля H^+ или близко к нему. Возможен физический перенос по туннельному механизму; далее происходит распространение энергии получивших энергию единичных H^+ поля на все поле H^+ ; затем следует изменение параметров САИВ и передача информации — характеристик параметров САИВ — по системе полей H^+ : изменение параметров САИВ полей H^+ .

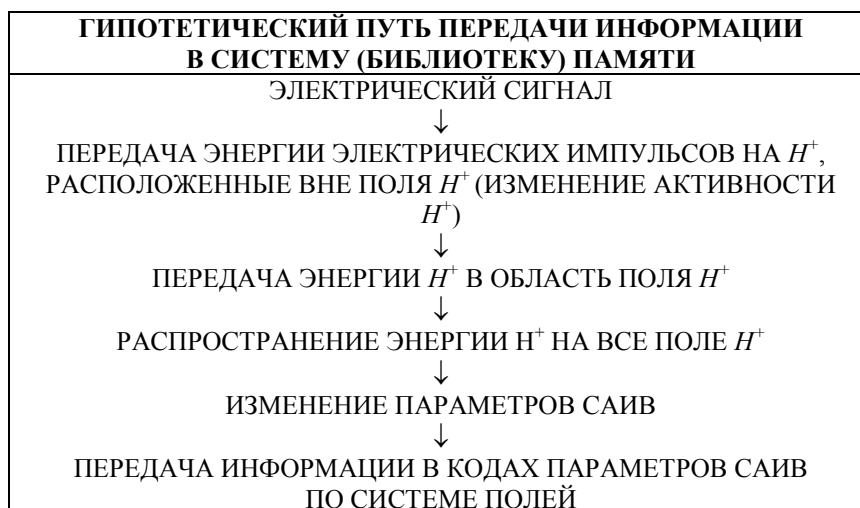


Рис. 1.2. Схема передачи информации, несомой электрическим сигналом, в библиотеку памяти

Как видно из приведенной схемы, ни один из этапов передачи информации не требует поступления или производства энергии. Энергия от внешнего или внутреннего источника на подступах к головному мозгу или даже достаточно далеко от него, но, во всяком случае, за его пределами; эта энергия трансформируется в энергию химических реакций и электрического тока, производимого нейроном, а далее передается без потерь, неся информацию в библиотеку памяти. Из этого положения следует важный вывод: энергия тратится не на память — запоминание или мышление, — а на восприятие информации. Поскольку восприятие, по крайней мере от внешних источников, происходит на периферии, то, следовательно, обнаружить энергетические затраты в процессах обучения и аналогичных, как ни парадоксально, можно исключительно на периферии. Вот он, энергетический парадокс памяти! Действительно, в процессе запоминания устают органы восприятия: глаза, уши, язык, нос, кожа, но не мозг, изменяется пульс, скорость кровотока, кровяное давление, температура тела и пр., причем не исключительно в мозге и менее всего в нем. Кроме того, в результате запоминания, обучения или другой работы, которую принято называть умственной, появляется ощущение общей физической усталости. А это означает, что энергетику памяти обеспечивает периферия, а возникший было парадокс памяти вовсе не парадокс.



Искать в темной комнате черного кота, которого там нет — восточный символ безуспешных научных упражнений. И в европейской традиции животные и мистические создания часто используются людьми науки: борелевская обезьяна, демон Максвелла, парадокс джинна, чей-то кот, вроде как Шредингера... Это в характере человека — всю вину за собственную неумелость сваливать на безвинных животных и виртуальных жителей преисподней.

1.4. Структура памяти

Рассматривая структуру памяти, будем иметь в виду не только общие положения безотносительно физической природы ее носителей, но и возможности поля H^+ в качестве такового. Однако оговоримся, что обсуждению подлежат явления, происходящие вслед за преобразованием нейронных энергий электрических импульсов в энергию химических и физико-химических связей (рис. 1.2). Предыдущее события достаточно хорошо изучены и обсуждаются во множестве работ, в том числе цитированных выше.

Фильтрация информации в процессе памяти. Пропускная способность. Собственно фильтр, в классическом понимании информационных явлений, представляет собой некое устройство, в котором происходит отбор полезной информации. Под «полезной» будем понимать такую информацию, которая может быть использована, но не обязательно используется для принятия решений. Кроме того, пропущенная информация может быть индифферентной, ее запоминание происходит «на всякий случай», «про запас» — потенциально полезная информация. Отбор информации обоих видов происходит по определенным правилам. В общем случае фильтры работают как на входе — входные фильтры, так и на последующих этапах — аналитические фильтры обработки информации. В рассматриваемом случае входной информацией является переданная от нейрона информация, закодированная электрическими импульсами, на структуры, которые назовем «молекулярные», несмотря на то, что движение электронов в нейронных сетях тоже не обходится без молекул. Разумеется, эти молекулы, белки являются элементами специальных клеток — глии. Так мы условились.

Простейшие входные фильтры подразделяются в соответствии с принципами, согласно которым они действуют: пороговые, градиентные, частотные и заградительные. Пороговые фильтры не допускают в систему сигналы величины меньше или больше заданной. Градиентные фильтры анализируют изменение мощности сигнала и отсекают — по заданной величине — слабые сигналы, поступающие вслед за сильными, или, наоборот, сильные сигналы, идущие вслед за слабыми; такие фильтры обладают способностью адаптироваться как в процессе воздействия постоянного по мощности сигнала, так и спустя определенное время после изменения его мощности, и пропускать ранее запрещенные. Например, сильный свет — слабый свет, громкий звук — тихий звук и наоборот. Частотные фильтры настроены на то, чтобы сигналы, поступающие с частотой больше заданной, не проникали в систему. Так, центральная нервная система может воспринимать раздражения с периодом не более 0,1 с, причем импульсы, идущие от нее к исполнительным элементам, проходят с такой же частотой⁹⁹.

Кроме того, предельные величины, по которым работают частотные фильтры, взаимосвязаны с таковыми для градиентных или запредельных фильтров: чем меньше одни, тем больше другие, и наоборот. Наконец, запредельные фильтры — их, возможно, два вида — останавливают вход информации, когда она избыточна; величина опять же задана по количеству либо по разнообразию; такие фильтры начинают действовать спустя определенное время после начала поступления информации.

Все перечисленные фильтры, очевидно, работают на входе в нейрон, тогда как функционирование входных фильтров молекулярных информационных систем скорее всего основано на ином принципе. По определению, они должны пропускать всю информацию, которая поступает от нейрона. Нужно думать, что входные фильтры молекулярных систем не только оценивают информацию на предмет ее полезности или индифферентности, но и как фильтры любого более высокого уровня классифицируют ее. Таким образом, они являются не только анализаторами, воспринимающими и перекодирующими информацию, поскольку уже на уровне этих фильтров энергия электрического импульса преобразуется в энергию химических и физико-химических связей — нет сведений об электрической активности клеток аналогичной нейрональной, — но также и селекторами, распределяющими информацию. Такой фильтр назовем *классифицирующим*.

Классифицирующие фильтры не просто пропускают или не пропускают информацию, но и одновременно — когда пропускают — классифицируют ее, распределяя по соответствующим отделам библиотеки памяти. Собственно, задача отбора потенциально полезной информации уже решена нейронами и запрет на ее поступление в библиотеку памяти, вероятно, явление исключительное. То есть классифицирующие фильтры не только принимают потенциально полезную информацию, но и сортируют ее, определяя, куда именно она должна поступить.

Очевидно, работа такого фильтра основана на следующих принципах. Любой сигнал является переносчиком энергии. Эта энергия передается на молекулярные структуры, которые в результате определенным образом изменяются. Такие изменения затрагивают прежде всего конформацию белковых молекул, которые, наряду с ионным окружением, определяют параметры поля H^+ . Собственно сигнал, поток электронов, может быть поставлен в соответствие ионному полю, в первую очередь полю H^+ , параметры которого изменяются таким образом, что оказываются комплиментарными параметрам сигнала. Простейший классификатор, как и собственно фильтр, может осуществлять свою функцию по величине потенциала поля. Напомним, потенциал является его важнейшей характеристикой (1.6). Заметим также, что значение потенциала не является единственным в том

случае, когда в пределах поля или вблизи него изменяется концентрация, активность не одного, а нескольких H^+ .

Подобные фильтры также могут быть пороговыми, градиентными, частотными и запредельными. Однако в том случае, когда информация не допускается в пределы данного поля, она может быть записана на другом поле или других полях. Потенциал и иные параметры, например, величины локальных градиентов и их частотные характеристики, полей библиотеки памяти представляют собой своеобразные матрицы, на основании сопоставления с которыми и распределяется информация. По-видимому, существует не одна матрица с одинаковыми или весьма близкими параметрами, что означает их тиражирование, не исключено и с ошибками в процессе запоминания — обучения и обеспечивает ряд явлений, наблюдаемых при исследовании памяти. Например, улучшение качества запоминания при повторении, возможность быстрого, воспринимаемого как мгновенный, поиска — извлечение из библиотеки памяти необходимой информации (*дважды два — четыре*), проявление феномена ассоциативной памяти. Матрицы, но корреляционные и автокорреляционные — предмет обсуждения в разнообразных моделях памяти^{312, 315, 316, 344}. В частности, аналогичный механизм памяти рассматривается применительно к функционированию нейронов³⁴⁴. Однако в подобных моделях речь идет о математических матрицах, тогда как предложенная суть физическая. Естественно, организм, являясь частью физического мира, почти наверняка в своей деятельности руководствуется его законами, а не математикой и статистикой, придуманными человеком. Математик и статистик («другая статистика») можно предложить множество. Ближе к обсуждаемой оказывается модель памяти, основанная на принципе голографии³⁴⁰, но, как отмечено, «в мозгу не обнаружено ничего такого, за чем можно было бы признать способность создавать голограммы». Впрочем, «не обнаружено» не означает «нет в принципе» (см. на этот счет в Введении и главах 2, 3).

Формирование матричной памяти, матриц памяти и их тиражирование происходит в процессе развития организма и в течение всей его жизни при поступлении новой информации аналогично тому, как в иммунной системе при взаимодействии с антителом происходит образование антител — обучение и память — и размножение клеток, способных такие антитела продуцировать. Естественно, запоминание и обучение происходит тем легче, чем больше соответствующих готовых матриц имеется. Отсюда становится понятным, почему специалисты тех или иных профессий лучше запоминают информацию, относящуюся к сфере их профессиональных интересов. Поскольку матричная память обеспечивается соответствующими полями H^+ ,

организованными своеобразной конформацией белковых молекул, необходимо остановиться на этом явлении.

Конформация — различное, но строго определенное энергетически расположение в пространстве атомов молекулы. Говорят о различных конформациях одной молекулы и о разных конформациях структурно, химически идентичных молекул. Конформационные изменения, переходы суть очень быстрые и не требуют затрат энергии, превосходящей энергию водородных связей, то есть происходят на уровне энергий так называемых слабых взаимодействий.

Химические, физико-химические и физические воздействия любого рода, начиная с температуры — электромагнитные и давления — механические и заканчивая чем угодно, в принципе могут привести к стойкому изменению конформации, которая оказывается предпочтительной по энергетическим соображениям. Зрительные образы по своей природе представляют собой электромагнитные стимулы, акустические воздействия, а обонятельные — физико-химические. Конформационные переходы есть процесс по сути близкий к броуновскому движению, однако с предпочтением одной из двух или более конформаций по энергетическим, термодинамическим соображениям. Изменение конформации молекул, способных к этому, в обычных условиях происходит постоянно, соотношение между разными конформациями определяется условиями среды и в этом смысле они находятся в состоянии динамического равновесия — стационарное состояние. При поступлении сигнала H^+ в одной из конформаций могут изменить энергию, активность, что приведет к переходу в другую или другие, которая становится в результате термодинамически более выгодной. Таким образом новое состояние H^+ окажется зафиксированным, а информация запомненной.

Реализация и функции коммутаторов и диспетчеров информации в процессах памяти. Чем далее идет наше углубление в ИММП, тем более умозрительными становятся построения. Однако, любая модель предполагает не противоречащее фактам описательное начало, затем, если такое возможно, следует конструирование математической части модели (см. главу 2) и, наконец, экспериментальную ее проверку. Поэтому продолжим на описательном уровне. Введем еще два понятия.

Диспетчеры и коммутаторы памяти — классификаторы, молекулярные, клеточные или еще какие-то образования, отсылающие информацию в соответствующие разделы библиотеки памяти.

Диспетчеры памяти отбирают информацию, которая по определенным соображениям может быть пропущена в тот или иной отдел библиотеки памяти, то есть являются классификаторами первого уровня.

Коммутаторы памяти распределяют по определенным соображениям информацию, пропущенную диспетчерами, по отсекам и полкам и прочим разделам в пределах одного отдела библиотеки памяти, то есть осуществляют более тонкую классификацию, нежели диспетчеры, являясь классификаторами второго уровня.

Отсюда следует, что библиотека памяти в своей структуре имеет отделы, которые, в свою очередь, подразделяются на более мелкие структурные элементы. Возможную структуру библиотеке памяти обсудим далее.

Понятно, что ни диспетчеры, ни коммутаторы, как и аналогичные элементы, созданные человеком — и человек в роли диспетчера или коммутатора, — не застрахованы от ошибок и могут пропускать и классифицировать неподходящую данному отделу информацию, отсеивая ту, которая в принципе может ему принадлежать.

Первые диспетчеры и коммутаторы памяти суть нейроны. Потому-то они и возбуждаются по-разному в зависимости от стимула. То есть под действием определенного стимула активируются только те нейроны, которые могут оценить качество информации, заключенной в данном стимуле. Диспетчеры и коммутаторы работают согласованно. При этом первые физически располагаются прежде вторых. Не ясно, являются ли нейроны многофункциональными клетками, работающими одновременно как передатчики, детекторы, диспетчеры и коммутаторы информации или эти функции выполняет система нейронов, их сеть. В принципе, оба обсуждаемых элемента, диспетчер и коммутатор, могут быть сосредоточены в одной клетке — нейроне или даже в пределах одной молекулы. Однако, для хранения и запоминания информации, вероятно, необходимы специальные клетки, например, клетки глии, которые тоже имеют свои передатчики и накопители, детекторы, диспетчеры и коммутаторы.

Поэтому вслед за нейронами, выполняющими кроме того и другие функции и находящимися на входе в библиотеку памяти, расположены диспетчеры и коммутаторы следующих порядков, распределяющие информацию непосредственно по ее отделам. Таким образом, в пределах библиотеки, каждого отдела библиотеки и, возможно, в более мелких ее структурах на разных уровнях функционирует множество диспетчеров и коммутаторов, образующих своеобразный многоуровневый каскад. Возможно, что каскадный принцип диспетчеризации и коммутирования реализуется буквально: каждый следующий диспетчер пропускает, точнее — не пропускает, информацию, которая характеризуется меньшим значением классифицирующего параметра по сравнению с предыдущим, а коммутатор соответствующего уровня таким же образом определяет принадлежность информации к данному отделу или более мелкому структурному элементу биб-

лиотеки памяти. В подобном случае информация буквально «скатывается» к месту хранения, как всякое движение вниз не только не требует расходования энергии, но и производит ее, и она может расходоваться на другие нужды памяти, например, на формирование каталогов. Распределенная по такому каскадному принципу информация оказывается тем менее весомой по величине классифицирующего параметра, чем дальше в библиотеке памяти она располагается. Вероятно, это означает также и меньшую степень ее доступности — извлечения из памяти.

Оценка качества информации, то есть ее классификация, очевидно, осуществляется по физическим соображениям: соответствуют ли параметры поступающей энергии тому, чтобы информация оказалась достойной запоминания. Учитывая наличие энергетического спектра — САИВ, в качестве классифицируемых параметров может выступать не только величина энергии всего спектра или какого-то его участка, но и более сложные функции от спектральных характеристик. Кроме того, уставный, классифицирующий уровень определенно зависит как от функционального состояния всех участвующих в запоминании информации элементов, так и может быть изменен под действием эндогенных и экзогенных факторов при посредстве физиологических и психологических, психофизиологических механизмов.

Собственно для запоминания выстраивается ветвистое древо, в узлах которого располагаются спаренные детекторы и коммутаторы памяти. Понятно, что для коммутации — отнесения информации в тот или иной раздел библиотеки памяти величины, уровни энергии спектра или его участка не могут иметь принципиального значения. Важно, чтобы эти параметры по своим величинам соответствовали информации, достаточной для запоминания. Тогда вся информация, отобранная диспетчерами, коммутируется, например, по следующему принципу. Частоты энергетического спектра определяют принадлежность к тому или иному отделу библиотеки памяти. В том случае, когда есть возможность направить информацию в более чем один отдел библиотеки, то она и поступает во все отделы, которые в состоянии ее принять. Несомненно, в этом отношении каждый человек индивидуален: один легче запоминает, например, цифры, другой буквы, тогда как, с точки зрения энергетической, скажем цифра «0» и буква «о» в определенном предъявлении вообще не различимы, точнее, различимы лишь контекстно.

Подобная структура формируется на основании предшествующего опыта. Информация, которая не может быть структурирована, по всей видимости, складывается — буквально сваливается — в специальный отдел, из которого она извлекается по мере необходимости для переформирования

имеющихся структур или создания новых. При получении новой информации, например, при чтении любого текста или же просто при брожении по полям, она через те же элементы — диспетчеры и коммутаторы памяти попадает в библиотеку памяти, что может вызвать возбуждение хранимого энергетического спектра и привести к вспоминанию иной информации. По такому принципу может быть организована ассоциативная память.

Не вызывает сомнения, что все пропускные и классифицирующие элементы памяти, в том числе коммутаторы и диспетчеры, могут эволюционировать, то есть изменять значения уставных параметров по мере структурирования, наполнения и переструктурирования библиотеки памяти.

Организация библиотеки памяти; структурные элементы и их взаимосвязь. Собственно, о предмете, вынесенном в заглавие подпараграфа, мы уже говорили. Здесь же, во-первых, систематизируем полученные представления и, во-вторых, существенно углубляем их.

Напомним, что, как отмечалось выше, структурные элементы, предназначенные для хранения информации, существуют в анатомически сформированном, завершившем рост и анатомическое же развитие мозге в достаточном количестве и используются по мере необходимости. Обратим внимание на обособление в анатомически сформированных структурных элементах лишь тех, которые предназначены для хранения информации. Иными словами, в зрелом мозге имеются структуры, на которых производится запись информации. Отсюда, из слова «анатомически» следует, что библиотека памяти в своей структуре имеет какие-то элементы разных физических размеров. Однако эти анатомические структуры скорее представляют здание, может быть, не одно, библиотеки памяти с отдельными, но связанными между собой корпусами и прочими строениями, необходимыми для функционирования нормальной библиотеки, что сейчас принято называть инфраструктурой.

Когда же мы говорим о структурных элементах, то имеем в виду прежде всего именно хранилище информации. Не вызывает сомнения, что она должна определенным образом структурироваться, иначе ее извлечение окажется делом случая и вспомнить что-либо конкретное в данное время окажется еще более маловероятным, нежели «олигархеру» попасть в рай... Гипотетически информация может быть структурирована по отделам, которые, в свою очередь, подразделены на более мелкие единицы вплоть до стеллажей, содержащих полки с томами, на страницах которых помещен не один факт. В данном случае «фактом» названо неделимое информационное сообщение, информационная единица, и в этом смысле будем использовать данный термин контекстно и в дальнейшем. Например, «дождь вообще», как явление природы, «дождь сегодня», как событие, факт в бытовом

смысле, «дождь на душе» — ударение на последнем слоге, как ее состояние, поэтико-философская категория, или «д» — буква алфавита и звук, фонема в слове «дождь», или в нем же сочетание звуков «до»: другая фонема, лингвистическая категория, но и самостоятельное слово нотной грамоты и так далее.

Понятно, что информация хранится в определенных структурных элементах, совокупность которых, предназначенных для непосредственного ее хранения, назовем «хранилище фактов». Это выделение необходимо для того, чтобы отличать данные структурные элементы от других, вспомогательных структурных элементов библиотеки памяти, необходимых для классификации и поиска информации.

Все подобные структуры, уже не анатомические — цитологические, субмолекулярные, молекулярные — являются структурными элементами библиотеки памяти. С очень большой степенью вероятности для качественного хранения, облегчающего последующий поиск и вместе с ним жизнь, буквально, хотя и в переносном смысле тоже, для распределения фактов по библиотеке памяти необходимы коммутаторы и диспетчеры информации. Они также представляют собой структурные элементы библиотеки, как и структурные элементы — передатчики информации, доставляющие ее к тому или иному элементу хранилища фактов.

В связи с распределением информации по структурам возникает вопрос, который до сих пор, кажется, не ставился, вопрос о наличии каталогов информации. Вряд ли к таким можно отнести обсуждаемые в одной относительно старой работе в отношении нейронов «маленькие контекстно-адресные каталоги ссылок»^{301, 327} и уже тем более геномные каталоги для кодирования белков³²⁷. Поскольку такие каталоги, если они есть, а их не может не быть — квинтэссенция всей информации, содержащейся в библиотеке памяти, постольку ее организация вряд ли проще, чем организации элементов, в которых непосредственно хранится информация. Однако этот интереснейший вопрос обсудим после того, как рассмотрим ионно-молекулярные структурные элементы хранилища фактов в следующем подпараграфе, посвященном, в частности, поиску информации в библиотеке. Здесь же констатируем сам факт наличия таких структурных элементов и добавим, что под «структурным элементом» в данном контексте нужно понимать не единственную физическую структуру, а с другой стороны, возможно, и не всю ее. Это означает, что структурные элементы могут состоять из нескольких образований — ионно-молекулярных, субмолекулярных, клеточных и пр., как, например, вероятно и каталоги. Но они могут и являться частью подобных образований, как, например, почти наверняка коммутаторы и диспетчеры.

Итак, наименьшей единицей структуры библиотеки памяти является та, в которой хранится единственный факт. Такой единицей в данной модели является одна или очень немногие молекул белковой природы — белок или полипептид, информация, записанная на которой, определяется в том числе ионным окружением. По такой причине эти единицы — ионно-молекулярные структуры. По своей физико-химической природе белковые молекулы представляют собой буферные системы. Наличие белковых буферов хорошо известно в биологических жидкостях, а наиболее значимым из них в крови является гемоглибиновый буфер^{2, 150, 201, 206, 227}. Речь идет о буферировании H^+ , поскольку в принципе возможны и реально существуют буферные системы для других ионов. Подобные системы не следует отождествлять с разнообразными буферами, которые понятийно используют в соответствующих моделях памяти^{237, 284, 285, 310, 333}. В контексте этих моделей буферы представляют по сути всего лишь удобную метафору для обозначения вместилища временного пребывания информации в процессах передачи ее на постоянное хранение или даже анатомические образования^{300, 339}.

Поскольку носители информации H^+ легко связываются классическими буферными системами, то нет никакой необходимости предполагать наличие иных, кроме физико-химических буферов белковой природы, структур для хранения фактов. При этом любое изменение взаимосвязанных концентрации, активности, энергии H^+ приведет к изменению соответствующих параметров буфера, назовем его «информационный», а значит и к записи информации. Любой биологический буфер предназначен для поддержания определенных параметров среды в пределах гомеостаза, и информационный буфер в этом смысле не является исключением. Одной из характеристик буфера является его буферная емкость, которой определяет количество вещества, способное к физико-химическому взаимодействию с компонентами буфера. Такими компонентами могут быть химические группы разных молекул, составляющих буфер, и разные химические группы одной молекулы, представляющей собой буфер, как, например, молекула гемоглобина, при том, что изменение его содержания в несвязанном виде в среде не превышает единицы. Другая характеристика буфера — константа ассоциации или обратная ей величина — константа диссоциации. Первая из них определяет степень связывания вещества с буфером, точнее, с конкретной химической группой или группами его составляющими, вторая — степень обратного процесса.

Понятно, что чем больше емкость информационного буфера, тем больше информации может быть сохранено в нем. Чем выше константы ассоциации, тем легче осуществляется запоминание. Чем выше константы диссоциации, тем легче информация извлекается из памяти. При этом кон-

станта диссоциации может быть столь же высока или низка, как и константа ассоциации. Из приведенных положений следует: разные виды памяти, например, долговременная или кратковременная, могут обеспечивать различные буферные системы, разные по структуре белки, синтез которых обеспечивается разными генами и соответственно РНК; количество запоминаемой информации определяется качеством белка, структурой, а не его количеством или иначе, емкость памяти определяется емкостью буфера; запоминание оказывается тем лучше, чем доступнее компоненты буфера, что обуславливается не только собственно химическими свойствами буферной системы, но и условиями среды. Последнее, по сути, вновь означает молекулярно-ионную структуру элемента памяти, обеспечивающего хранение факта. Следовательно, если емкость буфера исчерпана, то информация в нем не сохраняется. Она либо не сохраняется вообще, либо сохраняется в другом аналогичном буфере.

Как известно, в процессе обучения — запоминания происходит синтез РНК и белка. Этот экспериментальный факт нужно привести в соответствие тому, что синтез биополимеров *de novo* — необходимый, но недостаточный процесс для запоминания. Попробуем это показать.

Очевидно, в клетках мозга, в каких именно — сказать трудно, но в данном случае не важно, не исключено что в клетках глиии, имеются готовые и свободные для записи информации молекулы — матрицы. Одновременно матрица является непосредственным или опосредованным блокатором генов ее синтеза. Когда информация в виде серии электрических импульсов поступает в соответствующие клетки, изменяются параметры внутриклеточного САИВ и происходит разблокирование генов синтеза матрицы. Затем следует синтез РНК и соответствующей матрицы (белка — второго приемника, см. рис. 1.1). Вновь синтезированные молекулы не являются теми, в которых хранится новая информация, но они синтезируются на будущие нужды «про запас». Однако в такой ситуации, когда белок, необходимый на нужды памяти, синтезируется в процессе получения информации, его в принципе может накопиться сколь угодно много, а значит и вес мозга со временем должен увеличиться. Заметим, что, мягко критикуя «исключительно молекулярный подход» к решению задачи памяти⁸⁷, авторы тем не менее отдают предпочтение гипотезе, согласно которой давно полученным результатам — основой обучения являются особые вновь созданные молекулы, следствием чего, несомненно, должно стать увеличение веса анатомически сформированного мозга. Следовательно, белок, синтез которого происходит на подходящих РНК во время обучения — в процессе запоминания, — это белок-передатчик (второй), и он — короткоживущая молекула. Время его жизни, очевидно, ограничено временем получения

новой информации и ее перезаписи на стабильные структуры, после чего передатчик разрушается.

Отсюда, между прочим, может быть становится понятным механизм кратковременной памяти: ее обеспечивают подобного рода белки-передатчики и в том случае, когда информация с них не перезаписана на ее накопители, она просто перестает существовать. Далее ясно, что далеко не вся информация передается без ошибок и вообще передается в долговременную память. Наконец, можно предположить, что процесс запоминания в результате повторения связан с тем, что на одной молекуле белков-передатчиков, пока они не анаболизированы, одна и та же информация может быть записана более чем в одной копии, а чем их больше, тем больше копий может оказаться в стабильных структурах — накопителях информации.

Вместе с тем не исключено, что белок-передатчик может функционировать, не обязательно перемещаясь физически, определенное время, передавая в библиотеку памяти информацию, освобождаясь от нее и вновь принимая форму, в которой он может принимать информацию. Однако при этом какая-то часть молекул белка-передатчика, как и любых других функционирующих молекул, будет неизбежно изнашиваться, то есть утрачиваться. Взамен таких утраченных молекул и синтезируются в необходимом количестве новые; отсюда и синтез РНК при обучении.

К сказанному следует добавить, что наличие таких белков-передатчиков, которые синтезируются загодя, про запас, а не в момент запоминания и не в процессе его, ограничивают память естественным образом физическим пределом. Разумеется, такой предел, количество молекул белков-передатчиков индивидуален, а синтез соответствующих молекулярных структур отложен во времени. Возможно, у людей, запоминающих очень большой или даже неограниченный объем информации¹⁴¹, имеется уникальная же возможность синтеза белков-передатчиков в процессе запоминания, а объем памяти, который может быть реализован в данный момент, «сейчас» определяется тем, идет ли вообще подобный синтез в реальном времени.

Таким образом, структурные элементы библиотеки памяти представлены диспетчерами, коммутаторами — не исключено, что оба они находятся в пределах одной молекулярной или субмолекулярной структуры, — передатчиками и накопителями (см. схему на рис. 1.3).

Именуемый в этой схеме «фактометр», диспетчер-коммутатор-фактометр, обсудим ниже.

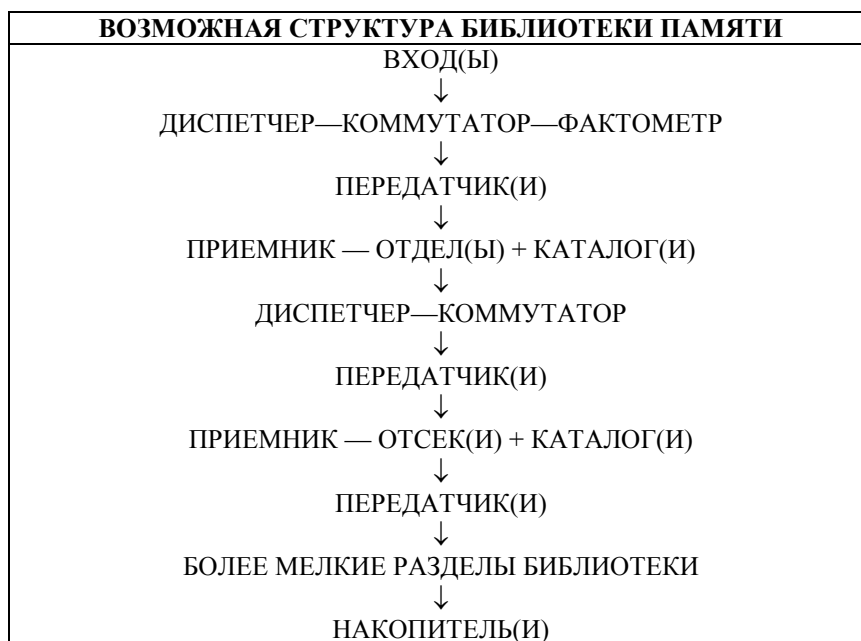


Рис. 1.3. Схема структуры библиотеки памяти

Реализация поиска информации в библиотеке памяти. Любой процесс, как-то реакция на раздражитель, мышление и пр., требует обращения к памяти. Механизмы памяти функционируют постоянно. Вряд ли можно не думать ни о чем, хотя осознание этого факта может иметь место далеко не всегда. Даже во сне происходит извлечение информации из памяти — спонтанно и хаотически, что собственно и есть сновидения, работа подсознания^{24, 323}. Внешние сигналы при этом могут отсутствовать или не восприниматься. Стимул возникает внутри самой системы. Какие-то элементы памяти лежат на поверхности: буквы алфавита, цифры, многие слова, результаты элементарных арифметических действий, например, таблица умножения...

Общее положение. Если в информации нет необходимости, то ее все равно что нет. Для того, чтобы возникла информация, для извлечения информации из памяти нужно запустить какой-то процесс, который, очевидно, связан с передачей энергии, в данном случае суть информации, в библиотеку, возбуждением каких-то элементов хранения и извлечения инфор-

мации вплоть до получения нужной. На языке выдвинутого положения энергия, переданная элементам памяти и активирующая их, смещает равновесие в буферных системах, так что информация, записанная на САИВ, становится доступной для декодирования.

Представление о том, что на пути к мозгу информация должна подвергаться «сжатию»⁹⁹, далеко не очевидно. Собственно «сжатия» информации может не быть вообще благодаря перекодировке, которая приводит к меньшей энергоемкости накапливаемой информации по сравнению с исходной. В ряде случаев часть исходной информации при этом утрачивается. Аналог, например, текст, переписанный с бумажного носителя на магнитный и еще более — на лазерный или видеофильм на фотопленке и более — в оцифрованном виде. В последнем примере почти очевидна потеря части информации по сравнению с исходной, что тем не менее не мешает восстановлению фактов. Это же замечание относится к «свертыванию» в мозге оси времени, которое столь же безапелляционно утверждается¹⁶. Далее, если «сжатие» информации и имеет место, то это место может быть расположено не обязательно «на пути к мозгу», но в нем самом. Тем не менее, если не «сжатие», то более компактное размещение информации, по крайней мере в каких-то специальных отделах библиотеки, наверняка полезно для организации каталогов памяти. Для их формирования, поскольку такие каталоги суть структурированные элементы, образование которых приводит к уменьшению энтропии, необходима энергия. Энергия на такие нужды может быть получена из запасенной энергии, которая произведена при классификации информации по отделам библиотеки памяти посредством ее прохождения по энергетическому каскаду.

Для поиска по каталогам в памяти должен быть задан вектор поиска. В качестве такого вектора могут выступать определенные параметры САИВ или один из них, по величинам которых разрешается или запрещается поиск в данном направлении в отделе библиотеки. Нужно заметить, что движение информации, поступающей в библиотеку памяти и извлекаемой из нее не однонаправлено. Если первая берет свое начало извне и движется от периферии вглубь библиотеки, то вторая — наоборот. Отсюда ясно, что поиск последней осуществляется изнутри. Тем не менее, направление вектора поиска информации задается от периферии и определяется поставленной задачей: что именно, какой факт или факты необходимо найти. Кроме того, условно говоря, в «многокомнатной», но «бездверной» библиотеке поиск идет сквозь стены, полы, потолки и даже с перескоками через комнаты или ряд их, причем система организации памяти зачастую приводит к ситуации, когда *«шел в комнату, попал в другую»* (Грибоедов).

Непосредственно вектором поиска должна служить некая интегральная характеристика накопителя информации, с одной стороны, близкая по величине многим фактам, имеющим полностью или частично схожее содержание, а с другой — отличная для того или иного набора фактов от многих иных наборов. При этом разные информационные аспекты одного и того же факта, например, информация о цвете, размере или местоположении в системе бытовых знаний искомого объекта, должны вносить подобный, если не одинаковый, вклад в величину этой характеристики. Таким образом, структура материального накопителя фактов должна заключать в себе информацию о различных его аспектах. При этом в данном контексте под структурой следует понимать и геометрию накопителя и/или присущий ему САИВ. Учитывая сказанное, в качестве такой интегральной величины логично рассматривать характеристику подобия — фрактальную размерность^{144, 207} геометрии либо САИВ накопителя.

Использование фракталов очень удобно для сравнения структуры в оговоренном смысле: одинаковые и подобные элементы структуры по определению вносят одинаковый вклад в формирование фрактальной размерности. По такой причине одинаковые структуры будут обладать одинаковой фрактальной размерностью. Различия в величине последней будут увеличиваться по мере удаления от подобия между структурами — не важно по какой причине: то ли в результате появления в одной из сравниваемых структур элементов с иной фрактальной размерностью, то ли вследствие отсутствия в одной из них ряда элементов, присущих другой, то ли, наконец, потому, что при одинаковом в каждой из сравниваемых структур наборе подобных элементов различия между ними возросли, то есть подобие уменьшилось. Нетрудно увидеть, что фракталы, выступая как скаляры, могут быть весьма полезны для формирования каталогов памяти; будучи же векторами — для поиска по ним.

Другой интересный вопрос о поиске информации в библиотеке памяти связан с тем, что события, факты размещаются в памяти по оси времени¹⁶ — стратиграфия памяти по В. Набокову¹⁵⁴. Для этого должны существовать своеобразные часы — внутренний хронотоп по А. Ухтомскому⁹⁹. Вопрос о времени считают одним из самых трудных в структуре памяти¹⁶. В существующих моделях памяти время рассматривается преимущественно в процессах обучения — запоминания, как, например²⁸⁶, а не с позиции временного упорядочения хранящейся в библиотеке памяти информации. Однако в памяти имеется возможность оценить последовательность событий, упорядоченность во времени или возможность судить об их одновременности. Совершенно очевидно, что информация не складывается слоями: более свежая поверх уже имеющейся, последующая на предыдущую. На

это указывает хотя бы хорошо всем известный парадокс, когда старое зачастую вспоминается лучше нового, доступней его. При этом далеко не всегда запоминаются календарные числа, даты, время, а если и запоминаются, то специально, мотивированно. В общем, последовательность событий если и фиксируется, то делается это автоматически. Следовательно, в системе существует некий счетчик времени, который постоянно включен независимо от сознания, однако его не следует отождествлять со шкалой времени — вектором времени биологической системы в целом^{62, 179}.

Счетчик времени в терминах развиваемой ИММП может быть организован следующим образом. Любой факт представляет собой энергетический квант. На входе в библиотеку памяти в сопряжении с диспетчером находится элемент, который отсчитывает количество пропущенных фактов. Молекулярный накопитель памяти, независимо от его структуры, содержит аналогичный элемент, на котором фиксируется порядковый номер факта. При входе информации, то есть факта, в библиотеку памяти, во-первых, квант энергии передается на хронометр, изменяя его конформацию; во-вторых, происходит комплиментарное изменение элемента, фиксирующего номер поступившего факта на накопителе памяти. Таким образом, устанавливается последовательность получения фактов, что и является внутренним временем. Это не есть время в бытовом или даже в физическом понимании. Для того, чтобы привязать факт к привычному календарю или часам, необходима дополнительная информация: запоминание даты, времени и прочих привычных атрибутов времени происходит осознанно, тогда как последовательность фактов, событий может быть структурирована по шкале времени безотносительно к какому-либо календарю или часам: раньше, позже, одновременно. Очевидно, подобная временная организация памяти присуща и животным. Тот же условный рефлекс требует строгого выполнения последовательности действий; например, собака, прежде чем пометить место на территории, предварительно поднимает ногу. Она же, прежде чем устроиться на ночлег, несколько раз покрутится вокруг ложа...

Насколько велик физически может оказаться подобный счетчик, который следует определить как *фактометр*? Примем продолжительность жизни в 100 лет, что составляет чуть более чем $3 \cdot 10^9$ с или $3 \cdot 10^{12}$ мс, и пусть необходимо расположить по шкале времени факты, поступающие с интервалом в одну миллисекунду. Примерно именно такую продолжительность (1 мс) имеет потенциал действия²³⁸, обеспечивающий поступление сигнала с периферии в мозг. Время реакции на стимул на два порядка больше^{116, 200}. Чтобы решить поставленную задачу для указанных условий необходимо и достаточно наличия двенадцатирядного счетчика с десятью градациями: аналог — измеритель пройденного пути на спидометре



Самые высокооплачиваемые (не у нас) профессии — это генная инженерия, вирусология, трансплантация, клонирование и психотерапия. За получением лаврового венка они являются, как правило, с почетным конвоем из представителей ангелов Тьмы, антихристового воинства. Такова специфика профессии, а сумма их жалованья всегда начинается с цифры 666 со многими нулями.

автомобиля. В используемых терминах это означает, что для подсчета всех фактов, которые могут в принципе поступить с указанной частотой и продолжительностью времени, достаточно двенадцати H^+ при их квантовании по активности на десяти уровнях. Последнее вполне вероятно: см., например, серии линий видимой области спектра атома водорода⁸⁴, а H^+ , обеспечивающих отсчет фактов, может быть и больше двенадцати, и тогда необходимых для функционирования фактометра уровней их активности становится соответственно меньше.

По сути дела, описанный счетчик-фактометр подсчитывает кванты энергии, но не информации, причем, независимо от объема информации, один факт несет один квант энергии, соответствующий единовременному *поступлению* — и это слово подчеркнем — информации. Понятно, что для нормального функционирования должен быть один общий фактометр на всю библиотеку памяти. Скорей всего это именно так. Нет данных, которые бы противоречили тому, что вход в библиотеку памяти единственный. Наоборот, наличие множества или хотя нескольких входов привели бы к определенным трудностям или даже полной неразберихе, хаосу и росту энтропии в библиотеке памяти. С другой стороны, входов информации в головной мозг — не в библиотеку памяти — всего шесть типов, каждый из которых, в принципе, может быть многоканальным. Это пути от пяти органов чувств: слух, зрение, обоняние, вкус, осязание, и шестой путь — не путать с шестым чувством, — по которому поступает информация о внутреннем состоянии организма от практически не ощущаемого состояния внутреннего комфорта до полного дискомфорта, включая невыносимые боли, в том числе физические, что весьма близко к тактильному восприятию. Однако то, что информация воспринимается через множество каналов, еще ни о чем не говорит: воспринимается — не значит запоминается. Несмотря на множество каналов поступления информации, число их все же ограничено и ничто не препятствует направлять в библиотеку памяти всю информацию от них на один вход. Такой, извините за каламбур, выход тем более вероятен, что возможно запоминание факта, содержащего информацию, полученную одновременно не от одного органа чувств. Например, информацию зрительную и слуховую, чем пользуются меломаны при прослушивании музыки на концерте, когда глаза не закрыты от наслаждения, или даже зрительную, вкусовую и обонятельную, что характерно для гурманов: дегустация и попросту потребление пищи, сопровождающееся гастрономическими изысками. Опять же хороший напиток... Таким образом, любой факт, поступающий в библиотеку памяти, получает временную, в оговоренном смысле, метку и располагается на шкале времени. Другой вопрос: всегда ли оказывается возможно вспомнить о месте факта на ней, но

это уже вопрос извлечения информации, о чем позже. Поиск же информации может осуществляться, зачастую и осуществляется, с учетом показаний фактометра. Следовательно, структурные элементы библиотеки памяти следует дополнить еще одним — фактометром (см. рис. 1.3). Вопрос о векторизации времени и его возможности его обращения, течения в обратном направлении, в биологических системах обсуждается⁶².

В заключение раздела сделаем небольшое, почти лирическое отступление. Почти всем известны «яркие воспоминания», но не многим — «озарение», о котором, тем не менее, все слышали. Это окраска спектра памяти, и, как кажется, не только эмоциональная. Так называемое «озарение» — часть мыслительного процесса, в котором память наверняка участвует. В данном контексте, вероятно, подразумевается спектральная частота, степень красноты: озарение, заря — окрашены в красные тона. О чем же идет речь с точки зрения физики и химии? Цвет, то есть длина волны, и яркость — количественные характеристики светового спектра. Возможно, что красный запоминается лучше других цветов и яркость определяет именно его: говорят о ярко-красном, реже — о ярко-желтом, крайне редко — о ярко-зеленом, о ярко-синем — почти никогда.* По температуре же красный — наиболее горячий цвет, то есть он обладает наибольшей энергией и может быть поэтому он запоминается лучше других. Замечательно, что физико-химические и химические связи, образованные при участии атомов водорода, поглощают в инфракрасной области спектра. Если H^+ действительно определяют механизмы формирования памяти, то при ее хорошем качестве (ярко)красная окраска может оказаться не случайной.

Искажение информации в системе памяти и причины ее. Качество памяти в смысле запоминания фактов, очевидно, зависит от двух факторов: от качества сигнала, несущего информацию, и от качества во всех смыслах приемника, то есть от качества собственно переносчиков информации, от условий их пребывания, нахождения, существования в библиотеке памяти и от качества их функционирования. Начнем с сигнала. В данном случае просматривается прямая аналогия от способа хранения информации на бытовых материальных носителях, например, на бумаге, от качества которой зависит не только насколько долго сохраняется записанный на ней текст, но и в каких условиях эта бумага хранится.

Основная причина, которая приводит к ухудшению качества поступающей информации — по умолчанию будем считать, что сенсорные сис-

* Все, или почти все, в данном контексте сказал еще Гёте — не только великий поэт, но и выдающийся естествоиспытатель; см. его труд «Учение о цветах», хорошо известный физиологам и специалистам в области медицинской психологии. Психиатрии тож.

темы функционируют предельно эффективно, — это безусловно шум. Если определить шум как случайный набор характеристик сигнала, то он может быть двух видов: информационный (— Что это там шумит? — А, это Ниагарский водопад!) И шум, как помеха, затрудняющая или полностью препятствующая получению информации: мешающий, искажающий шум. Информационный шум может запоминаться и извлекаться из памяти, по определению являясь источником информации. Например, шум моря, леса и пр. Несмотря на то, что такой сигнал в физическом и статистическом смысле представляет собой шум и выделить из него какую-либо информационную составляющую не представляется возможным, да в этом и нет необходимости, он сам по себе и весь целиком несет информацию. Несомненно, и информационный шум может быть искажен шумом, шумами другого рода: мешающим шумом. Естественно, существуют способы улучшения качества информации, например, в системе генетического информационного кода; это, в частности, его избыточность и репарация повреждений структуры ДНК, обсуждение которых в рамках рассматриваемой модели отложим на некоторое время.

Мешающий шум может сопровождать информационный сигнал от сенсорных систем и нейронов, внешний шум, но также и появляться либо усиливаться на пути доставки факта к месту, местам его хранения в библиотеке памяти — суть внутренний шум. Мешающий шум, с одной стороны, оказывает влияние на качество информации на входе в библиотеку памяти и, следовательно, может влиять не только на собственно факт, но и на то, например, к какой категории данный факт относится, то есть в какой раздел(ы) библиотеки памяти направить данную информацию, а значит на ее каталогизацию и возможность извлечения из памяти. Кроме того, факт, искаженный шумом, может быть классифицирован как вовсе иной, не имеющий никакого отношения или имеющий весьма отдаленное отношение к исходному, например, сходным образом звучащие слова, особенно вне контекста или похожие по написанию определенным почерком или шрифтом буквы и цифры, причем последние даже и в контексте. Все это очевидно. Менее очевидно другое: мешающий шум может возникать и возникает внутри системы при извлечении информации: вторичный внутренний шум.

Возможная классификация шумов приведена на рис. 1.4.

Замечание. Величины внешнего и внутреннего шумов могут быть как сопоставимы, так и принципиально различаться; величины внутренних шумов закономерно уменьшаются с увеличением их порядка при одном источнике первичного внутреннего шума.

КЛАССИФИКАЦИЯ ШУМОВ
— ИНФОРМАЦИОННЫЙ
— НЕИНФОРМАЦИОННЫЙ (ПОМЕХИ)
— — ВНЕШНИЙ
— — ВНУТРЕННИЙ
— — — ПЕРВИЧНЫЙ
— — — ВТОРИЧНЫЙ
— — — БОЛЕЕ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ

Рис. 1.4. Возможная классификация шумов

Очевидно, что источником внутреннего, как первичного, так и вторичного, шума является система памяти сама по себе. Но остановиться на этом, значит уйти от причин возникновения внутреннего шума. Понятно, что его обеспечивают функционирующие элементы в структуре библиотеки памяти. Таковыми в данном случае являются каталоги и накопители информации — в соответствующих клетках субмолекулярные и молекулярные структуры и ионные поля, обеспечивающие стабилизацию этих структур. Следовательно, причина искажения памяти лежит на ионно-молекулярном уровне. Тем не менее не следует рассматривать ее в отрыве от клеточного уровня, поскольку, если уничтожается или каким-то образом видоизменяется место хранения информации, уничтожается или видоизменяется самое информация.

Поэтому обсудим клеточный уровень. Как отмечается¹², повреждение клеток может быть первичным в результате непосредственного действия на них физических, химических и биологических факторов или вторичным вследствие нарушений гомеостаза. Поскольку нами обсуждается память в оговоренном смысле, возможности влияния на клетки первичных факторов существенно ограничены, когда это вообще возможно. Физические факторы — механическое воздействие, температура, ионизирующее и другие виды излучения — в нормальных условиях не оказывают влияние на головной мозг. Химическое повреждение клеток кислотами, щелочами, низкомолекулярными органическими и другими соединениями, в том числе ферментами, возможно лишь после механического нарушения целостности головного мозга. То же относится и к факторам биологической природы, таким как простейшие, бактерии и даже вирусы, если это не патология. Что же касается факторов, названных *вторичными*, то они также являются следствием патологических изменений, которые выходят за рамки обсуждаемой модели.

Тем не менее, при нормальном функционировании организма вообще и головного мозга в частности существует вероятность гибели клеток, обеспечивающих механизмы памяти, например, в результате физиологического явления — апоптоза, когда сама клетка не удовлетворяет предъявляемым ей средой условиям¹⁴³. Таким путем погибают нейроны в процессе старения организма и, очевидно, другие клетки мозга, которые, в отличие от нейронов, могут поддерживать собственное количество в популяции путем деления-пролиферации. Обсуждение роли апоптоза в обеспечении, вернее в нарушении памяти также не является предметом данной модели. Однако совершенно очевидно, что в том случае, когда клетка погибает без предварительного деления, вся содержащаяся в ней информация безвозвратно утрачивается.

Следовательно, единственный путь сохранения памяти при гибели структур, участвующих в ее формировании, суть предварительное копирование информации на аналогичные структуры. Поскольку время жизни белков, и это относится ко всем белкам без исключения, в том числе к накопителям информации, очевидно, ограничено разными факторами, постольку в библиотеке памяти постоянно или периодически необходимо их дублирование, возможно не в одном экземпляре. Разумеется, при таком копировании, перезаписи информации неизбежны ошибки. Собственно и в случае клеток ситуация аналогична: для того, чтобы информация, содержащаяся в них, не была утрачена, клетки, прежде чем погибнуть, должны пройти цикл деления. К слову, нейроны, обеспечивающие взаимоотношение между всеми отделами головного мозга и его связь с периферией, вероятно потому и не делятся или делятся настолько редко, чтобы это было замечено, что следствием образования нового, дочернего нейрона оказалась бы необходимость налаживания связей взамен существовавших, что само по себе не плохо и даже хорошо, однако еще при их наличии, до гибели материнской клетки, которая не может исчезнуть или даже вовсе не исчезает, не погибает, мгновенно по завершении деления. А это уже прямой путь к конкурентной борьбе за наследство. Чем такая конкуренция может завершиться, мы знаем из исторического опыта человечества.

Итак, копирование информации неизбежно приводит к ошибкам. Даже генетическая информация, от которой зависит быть или не быть и, если быть, то каким, организму, даже наследственная информация при копировании может искажаться и искажается. Для того, чтобы уменьшить количество ошибок, но не исключить их вовсе, существуют специальные механизмы репарации. Память, которая важна для успешного функционирования организма, также должна иметь системы репарации. На то, что такие системы действительно существуют, косвенно указывает известная ситуа-

ция, когда вспомнил неправильно — вспомнил правильно через какое-то время. Очевидно, репарация памяти возможна только посредством самой системы памяти, путем использования дополнительной информации, содержащейся в библиотеке памяти, или информации, поступившей в нее извне.

Механизм репарации искаженной информации может быть достаточно прост: взаимодействие с комплиментарными структурами приводит к частичному или полному восстановлению информации на репарируемых структурах. Почему не наоборот? Известно, что бывает и так: ложная информация приводит к искажению информации в памяти, а последняя воспринимается и трактуется как истинная. Не остается ничего другого кроме как предположить, что информационно более значимой является та структура, которая энергетически более выгодна. То есть более необходимой представляется такая структура, энергия которой меньше и которая приводит к должному изменению параметров САИВ репарируемого элемента. Последнее определяется не только и не столько самой структурой, на которой записан тот или иной факт, сколько ее окружением. Иными словами, качество информации зависит не только от ее накопителя, но и от условий он хранения.

Тогда должны возникать случаи, когда каждая из двух или более структур — накопителей информации имеет близкую по значению энергию, а переструктурирование ни одной из них не происходит. Действительно, известны ситуации, когда ни одному из двух или более фактов не удается отдать предпочтение: эффект «буриданова осла»...

Помимо тех факторов, которые обсуждались, качество памяти определяется качеством накопителей информации; качество каталогов влияет лишь на эффективность поиска информации, но не на нее самое. Естественно, объем информации, хранимой на конкретном накопителе, определяется его емкостью, характеризующей его же качество. Если информационный код организован по принципу зубочистки (см. выше), то становится совершенно очевидно, почему факты большего информационного объема запоминается хуже: с увеличением количества символов в сообщении точность, правильность нанесения метки на зубочистку уменьшается. При этом достаточно одной ошибки, одного H^+ с отличной от необходимой энергией, чтобы исказить факт. С другой стороны, достаточный объем факта позволяет контекстно восстановить правильную информацию, аналогично тому, как, например, слово со смысловой, приводящей к новому слову ошибкой в одной букве вне предложения воспринимается как написано, тогда как в предложении оно же может быть откорректировано — суть репарация. По таким причинам объем накопителя, на котором записывается один факт, а

фактом может быть и слово в предложении, и предложение целиком, должен быть оптимальным: не очень малым, чтобы факт запоминался контекстно, и достаточно, но не очень большим, чтобы избежать ошибок, приводящих к бессмысленному контексту.

Однако вряд ли существуют молекулярные структуры — ибо размеры белков и их конгломератов ограничены, которые в состоянии хранить информацию бесконечно большого объема. Отсюда следует, что факты малого информационного содержания могут быть в принципе записаны на накопителях малого объема или, что более вероятно, на стандартных накопителях информации, которые в таких случаях используются не полностью. Для фактов большого объема, очевидно, требуется не один стандартный накопитель информации.

Наконец, условия и качество функционирования накопителей информации также определяют качество памяти. Известно, что любая побочная деятельность, которая отделяет момент запоминания от момента извлечения информации из памяти, отрицательно влияет на последнюю, причем считают, что забывание, то есть ошибки памяти — скорее результат тормозящего влияния со стороны этих, интерферирующих воздействий, нежели следствие постепенного угасания следов памяти¹⁴². Заметим, что любая деятельность, побочная в том числе, сопряжена с использованием памяти. Поэтому более вероятно, что побочные воздействия влияют как на качество запоминания, так и на извлечение информации из памяти. Таким образом, функционирование накопителей информации в условиях, когда они могут взаимодействовать с другими накопителями информации, приводит к конкуренции между ними и искажению того или иного факта по механизму, аналогичному тому, который предложен для репарации информации, то есть путем изменения параметров САИВ.

1.5. Методология реализации памяти в рамках ионно-молекулярной модели

В этом параграфе рассматриваются лишь некоторые возможности реализации памяти с позиций предложенной ИММП. Разумеется, таких возможностей существенно больше, нежели обсуждаемых, однако важен подход, методология, которые обретают в данной модели определенные особенности. Кроме того, отдельные аспекты темы раздела уже были упомянуты выше, так что повторения неизбежны. Просим не акцентировать на этом свое внимание...

Процессы сохранения информации — запоминание. Еще Аристотель определял память как «сохранение воспринятых образов»⁹, забывая или не

обращая внимание, что для памяти помимо сохранения информации необходимо еще и ее извлечение. То есть память двуедина, и одна сторона этого явления без другой бессмысленна, а второе без первого попросту не возможно. Процесс сохранения информации будем называть не очень удобным для произношения термином *запоминание*, который, впрочем, использовали и ранее. Итак, запоминание осуществляется образами, на что указывают многие авторы^{23, 98, 141}. Когда в соответствующем контексте обсуждаются образы, то нужно помнить, что речь идет только и исключительно, извините за тавтологию, о памяти: процессы мышления, решения задач и принятия решения с помощью образов, в основном не рассматриваются. Кроме того, образом является не только *картинка* в бытовом понимании и даже не столько она, сколько некий набор определенных символов, позволяющий с достаточной степенью точности и по необходимости восстановить, вспомнить запоминаемое, то есть сохраненный образ.

Чтобы не отвлекаться, заметим: в библиотеке памяти каталогизируются, очевидно, тоже образы: СГ ЭМВ — см. последующие главы. Близкие образы обладают набором типичных параметров и/или набором типичных значений одного из параметров, а каталоги, вероятно, могут быть организованы в ширину — по близким значениям разных параметров, и в глубину — по разным значениям одного из параметров, образуя деревья образов, в которых хранится информация во всей ее полноте. Скорей всего, в результате запоминания происходит переструктурирование²³ как элементов памяти, так и каталогов — переформирование деревьев образов, — но наличная информация при этом не исчезает, а тем или иным способом входит в состав обновленной библиотеки памяти. Вообще с информацией можно поступить следующим образом: получить, в том числе создать, например, решив задачу или сделав логическое заключение, сохранить с целью дальнейшего использования или без таковой, и, наконец, уничтожить. Последнее человек способен легко сделать с информацией, записанной на любом материальном носителе, включая физические волны, за исключением собственного мозга: средства или способы направленного забывания, антоним запоминания, к счастью или к сожалению отсутствуют. «К счастью» — потому что в данный момент неизвестно: может ли понадобиться информация, которую человек желает уничтожить? Процесс забывания, как и производство, создание информации в системе памяти, есть предмет специального обсуждения.

Вернемся к предмету запоминания информации, поступившей либо извне, либо от систем организма в готовом виде. Разумеется, этот процесс реализуется в результате структурных изменений молекул и субмолекулярных структур, обусловленных физико-химическими взаимодействиями,

следствием которых он является. Такие изменения возникают при любого рода воздействиях из внешней среды и при эволюции в среде внутренней. В принципе, воздействие любого вида — внешнее воздействие, сигнал с периферии, может быть преобразовано в ЭМВ или в их частный случай, в электрические сигналы, поступающие от нейронов к структурным элементам библиотеки памяти. Последние воспринимают и трансформируют электрическую энергию сигнала в энергию физико-химических взаимодействий. В процессе запоминания участвуют системы обонятельная, вкусовая, слуховая и тактильная, и все они, наряду со зрительной, посредством электрического преобразователя формируют запоминаемый образ. Со своей стороны электрические раздражители, действующие на мозг, способны вызвать зрительные или иные образы, или образы в оговоренном смысле, которые могут сохраняться в библиотеке памяти на соответствующих структурах.

Однако, наличие структур, принципиально способных воспринимать информацию, — это еще не память. Например, повторимся, вода обладает способностью структурироваться, то есть записывать информацию. Тем не менее, поскольку извлечь эту информацию мы в настоящее время не можем, и непонятно каким образом ее использует, если только использует, сама вода, то говорить о памяти в оговоренном смысле в отношении воды не приходится, если исключить полуфантастические «произведения» на заданную тему. Здесь, скорее, следует вести речь о наличии упорядоченных структур, которые, возможно, несут определенную информацию, но эта информация не извлекается и не передается по желанию ее обладателя. С таким же успехом можно рассуждать о памяти, например, литейной формы, или книги, или, как это не покажется странным, компьютера. Наоборот, структуры, вероятно белковые, находящиеся, очевидно, в клетках глии, способны не только сохранять информацию, являясь ее накопителями, но и обеспечивают доступ к этой информации. Кодирование же идущего от нейронов электрического сигнала, передаваемого посредством движения электронов, может происходить на H^+ , приводя к изменению параметров САИВ и собственно запоминанию.

Известно, что для запоминания нужно определенное время, обычно несколько секунд. По крайней мере, как считают¹⁴¹, чтобы процесс оказался эффективным, в течение этих секунд не должно быть сделано новых предъявлений. С другой стороны, некоторые факты запоминаются практически мгновенно, что означает столь же быстрое переструктурирование накопителей памяти и отображения на нем необходимого образа.

Тем не менее, образ формируется за конечное время. Минимально оно может быть ограничено, например, суммой времен туннельных переходов

третьих переносчиков информации (H^+) от первого переносчика — нейрона на второй — белок и далее на белок-накопитель, или, скажем, временем наиболее продолжительного конформационного перехода — из необходимых для поступления информации на белок-накопитель или суммой обоих времен. Такие процессы протекают за существенно меньшие чем секунды времена — мили-, микро-, нано- и еще меньшие доли секунды. Исключение составляют длительные конформационные переходы. В вязких средах процессы изменения конформации могут протекать секунды, часы и дни⁴⁵. Возможно, что секундные латентные — период между предъявленным стимулом и реакцией на него, запоминание в данном случае — времена обусловлены именно такими переходами, тогда как «мгновенное» с точки зрения человека запоминание требует менее длительных конформационных переходов. Максимальное время, необходимое для передачи информации от источника в библиотеку памяти, ограничено прежде всего временем потенциала действия: примерно 1 мс ²³⁸. Частота же предъявлений ограничена, кроме того, временем деполяризации нейрона, что делает его доступным для восприятия следующего сигнала. Оно составляет от десятков^{280, 289, 290, 335} до сотен миллисекунд²⁸⁰.

Естественно, улучшению запоминания способствуют повторные предъявления одного и того факта. Однако считают, что повторение нужно не для более прочной или надежной записи информации, а прежде всего для того, чтобы предъявление могло вычлняться как нечто особое и стойкое из разных ситуаций, в которые оно входит как часть²³. Иными словами, для запоминания необходимо формирование особого образа, параметры которого отличны от уже имеющихся. Понятно, что эти параметры определяются параметрами воздействия, то есть входного сигнала. Когда условия запоминания позволяют воспринять факт как новый, он в таковом качестве и поступит в библиотеку памяти. Когда же по каким-то причинам, обусловленным состоянием внешней и/или внутренней среды, параметры, характеризующие данный факт, окажутся близки или идентичны параметрам уже имеющегося в библиотеке памяти образа, то тогда, в лучшем случае, если это действительно такой же или тот же самый факт, произойдет подкрепление информации о наличии факта — повторение, а в худшем — если это факт иной — искажение имеющейся в памяти информации.

Последняя ситуация, очевидно, не может быть следствием синтеза новых молекул-накопителей, но очень просто проявится при изменении структуры накопителя, на котором записана информация о данном факте. Разумеется, речь идет не о химической структуре, что было бы эквивалентно синтезу новой молекулы, а о физико-химической: конформация, параметры САИВ. Поскольку первые накопители информации образуют свое-

образный буфер памяти, постольку запоминание осуществляется тем легче, чем выше константы ассоциации составляющих его молекул со вторыми накопителями (H^+). Иначе говоря, процесс запоминания происходит тем лучше, чем подвижнее компоненты буфера памяти, что определяется не только свойствами собственно буфера, но и условиями среды, как внешней, так и, в первую очередь, внутренней. Здесь же уместно предположить, что какие-то параметры САИВ каталогов памяти могут быть представлены фрактальным образом^{144, 207}, то есть запоминается фрактал данного образа, что облегчает поиск нужной информации. Кроме того, как уже говорилось выше, память в разных ее проявлениях требует наличия корреляций²⁰⁰, которые обсуждаются в разных моделях памяти^{312, 315, 316, 344}. Вероятно, именно наличие корреляций указывает на наличие памяти и, возможно, чем сильнее корреляции, тем лучше память, тем прочнее запоминание.

Процесс качественного запоминания требует наличия не одной, а нескольких копий, на которых записана одна и та же информация об отображаемом образе — о факте. Такое условие уменьшает вероятность ошибок. При этом не обязательно повторение в смысле повторных предъявлений. Копирование запоминаемой информации может происходить безотносительно к заинтересованности субъекта в важности получаемой информации, хотя, конечно, подкрепляется ею. Каждая копия может служить матрицей для следующей и не одной копии, то есть копирование в геометрической прогрессии, что экономит время запоминания, но не место в библиотеке памяти; впрочем, такая избыточность вполне оправдана. Однако в случае ошибки копируется ошибочная информация. Если ошибочны все копии, то извлекаемая из памяти информация всегда будет ошибочна, если же ошибочна часть копий, то может быть извлечена как верная, так и ошибочная информация. Практически любой из нас сталкивался с подобным явлением. Это и есть «воспоминание о будущем», вынесенное в название настоящей книги...

С другой стороны, можно предположить, что запоминание хорошего качества обусловлено функционированием одновременно нескольких молекул-передатчиков, пока они не анаболизированы, то есть один и тот же факт может быть записан более чем в одной копии уже на уровне передатчика. Эта информация далее копируется во всей полноте в стабильные структуры библиотеки памяти и, разумеется, тоже не в одной копии. Кстати, не исключено, что именно избыточностью информации, хранимой в памяти, объясняется, почему лишь часть мозга человека участвует в процессах мышления: остальная его часть предназначена для резервного хранения информации. Существенно, что последнее характерно как для нобелевского лауреата, так и для дворника Варфоломеича...

Замечательно, что процесс запоминания отчасти контролируем и улучшаем при желании. Например, можно путем соответствующих тренировок улучшить те или иные виды памяти. Простое повторение также улучшает запоминание. Понятно, что при этом возрастает не качество *отпечатка, следа* запоминаемого образа, а число копий носителя этой информации. Очевидно, чем больше количество таких копий, тем легче отыскать нужную информацию, то есть вспомнить. Возможно, что информация, которую не удастся извлечь из памяти по первому требованию или вообще никогда, хранится в мозге в виде отдельных, весьма немногочисленных, копий. Зачастую образы с этих носителей — и другие, не искомые в данный момент образы — обнаруживаются случайно, когда направленный процесс поиска данной информации не происходит: ассоциативная память.

В аспекте обсуждаемого явления важен вопрос: формируется ли образ сразу полностью или по частям? Емкостное ограничение рабочей памяти вынуждает человека полагаться на образы, содержащие 7 ± 2 элемента³¹¹. Очевидно, именно такое их количество может быть одновременно занесено в библиотеку памяти. Подобное ограничение, разумеется, определяется энергетическими возможностями системы. В связи с этим, может быть не случайно, для H^+ рассматривают энергию излучения — испускания фотона с околоатомных орбит с главным квантовым числом не более семи⁸⁴. На более высоких орбитах, во-первых, эта энергия меньше на порядок, во-вторых, она изменяется мало, что делает такие орбиты плохо различимыми с энергетической точки зрения. Заметим также, что необходимое для обеспечения процессов памяти туннелирование есть *«непосредственное следствии волновых свойств частиц»*¹⁰². Уж совершенно точно не случайно с древнейших времен «7» — магическое число, равно как и число «6» в сложнейших структурах многообразия элементарных частиц; см. обоснование в книгах^{271, 272} одного из авторов. В общем, в подобной ситуации H^+ вновь оказываются основными претендентами на роль накопителей информации. Кроме того, возможно, что по указанным соображениям символический алфавит, образованный H^+ с разной активностью САИВ, содержит семь или немногим более того знаков (см выше).

Так или иначе, образ, содержащий количество элементов больше чем 7 ± 2 , должен формироваться по частям. Время запоминания частей, элементов или даже символов, составляющих образ, очень невелико, ибо считывание информации происходит с громадной скоростью, а в сознании образ воспринимается как сформированный сразу и целиком. При этом, поскольку образ запоминается все же частями, происходит его сканирование. Обратный пример: конечная скорость действия компьютерных систем обеспе-

чивает появление изображения блоками, фрагментами, не обязательно расположенными последовательно. Ввиду неизбежных ошибок рано или поздно должны возникать незавершенные образы или образы с лакунами. Однако ничего подобного в отсутствие патологии в литературе не описано. Более того, запоминание не всей информации, а лишь того объема, который позволяет восстановить ее полностью, существенно экономит и место, и время, необходимые для запоминания. Как отмечалось²³, при восприятии информации происходит «упорядочивающий выбор существенного из воздействующего целого». По таким причинам, скорее всего, образ запоминается с лакунами, которые не всегда могут препятствовать полному его восстановлению, однако зачастую создают препятствия для вспоминания нужного факта. Это не свертка, а способ кодирования, такой же, как аббревиатуры словосочетаний или сокращения слов: аналогичные физические и физико-математические понятия суть голограмма, вейвлет-анализ (см. главу 3). Подобное кодирование может происходить уже на уровне первых перекодировщиков — нейронов и так далее на всех последующих уровнях.

Что же касается нескольких, более чем одного, экземпляров копий информации об одном и том же факте, то они, эти копии, могут быть рассредоточены по различным отделам и другим структурным единицам библиотеки памяти. Такое избыточное и, казалось бы, явно невыгодное материально и энергетически хранение фактов призвано облегчить их последующий поиск. Все дело опять же в том, что один факт содержит, как правило, более чем один — вероятно, около семи — информационных фрагментов. Например, факт «идет дождь» может заключать информацию о том, какой именно идет дождь: ливневый, моросящий, грозовой, грибной и пр., когда он идет: время года, месяц, день недели, время суток и пр. — не путать с вектором времени данного факта, где находится наблюдатель по отношению к дождю: под дождем, наблюдает дождь из окна, знает о дожде из сообщения по радио, телевидению, от другого лица и пр. И так далее. Естественно, данный факт, согласно его элементам, может и должен быть отнесен нестрого в один раздел библиотеки памяти и соответствующим образом каталогизирован, что также в дальнейшем облегчит поиск нужной информации.

Извлечение информации из памяти — вспоминание. Процесс извлечения информации из памяти, процесс вспоминания должен быть чрезвычайно близок по существу процессу запоминания. Эти процессы отличаются направленностью, вектором действия, но не механизмом. Поэтому не случайно многие положения предыдущего раздела вошли в данный «с обратным знаком».



Биофизик — это ученый муж, который стоит между двумя скамьями: биологии и физики. На первой у него разложены для чтения и цитат трактаты Дарвина, Ламарка и их последователей, на второй — труды отцов термодинамики, электромагнетизма и информационной теории. На защите диссертации в совете по биофизике члены совета из физиков говорят биологам-членам: «Ваш NN. замечательно знает биологию, но в физике не четок несколько...» «Да ну-у? — отвечают биологи, — а мы думали, он из вашей братии?» Зал рукоплещет.

Как ни парадоксально, но для того чтобы вспомнить, нужно определить, что именно необходимо вспомнить. С этой целью формируется некий образ — маска поиска, которая заключает в себе информацию об образе поиска, и вектор поиска информации (см. выше). В соответствии с параметрами этого вектора задается направление поиска, а согласно остальным параметрам маски производится выбор требуемой информации. Эта своеобразная маска условно накладывается на хранящиеся в библиотеке памяти факты или сравнивается с ними. Параметрами такой маски могут быть параметры САИВ или их фрактальные характеристики. При этом маска, сформированная на входе в библиотеку памяти на материальном носителе — биополимере, физически может, скорее всего, не перемещаться, а информация, записанная на ней, следует по эстафетной передаче в определенных, согласно вектору поиска, разделы библиотеки памяти. Понятно, что лакун в маске не меньше чем в искомом факте, и, чем ближе значения параметров заданного на маске образа к искомым, тем легче процесс извлечения информации из библиотеки памяти, если таковая вообще в ней содержится. В том случае, когда факт, хранящийся в библиотеке памяти, имеет временную метку, одновременно с его воспоминанием в случае необходимости, а иногда или зачастую и без таковой, найденный факт соотносится со шкалой времени.

В процессе поиска нужной информации, согласно такой модели, попутно могут вспоминаться еще какие-то факты. Вообще интересно, но на это не очень обращают внимание, что факты запоминаются, как правило, единичные, тогда как вспоминаются зачастую в комплексе, пачками. Видимо, поскольку другие, не требующиеся в данный момент, факты в той или иной степени подходят под заданную маску, постольку в процессе поиска нужной информации вспоминается еще какая-то, совершенно не имеющая отношения к искомой или имеющая весьма отдаленное или косвенное отношение к ней: ассоциативная память. Дело и в том, что маска — не полный образ требуемого факта, иначе его и вспоминать незачем, а лишь подобие искомого образа, иногда весьма близкое, но чаще содержащее лакуны, порой во множестве. Естественно, по энергетическим параметрам какая-то обозначенная часть сильно лакунизированного образа может полностью соответствовать части другого образа или быть близким ему, что и приводит к воспоминанию образа по ассоциации.

Если библиотека памяти структурирована, то есть каталогизирована, скажем, по уровням энергии, необходимой для поддержания накопителей памяти в состоянии доступном для считывания с них информации или по фрактальным образам параметров САИВ, то поиск необходимого факта может быть точно ориентирован по этим же параметрам маски — вектора

поиска искомого факта. И вновь оказывается, что чем качественнее запомнен, сформирован или чем в большем числе копий хранится вспоминаемый факт, а также чем разнообразнее его элементы, определяющие число разных разделов библиотеки памяти, где хранится информация о нем, тем легче его найти. К слову, наличие информации о данном факте не в одном разделе библиотеки памяти облегчает ее извлечение по неполной маске поиска. Поскольку первые накопители информации образуют своеобразный буфер памяти, постольку извлечение информации тем легче, чем выше константы диссоциации составляющих его молекул со вторыми накопителями (H^+). Иначе говоря, извлечение информации тем лучше, чем подвижнее компоненты буфера памяти. Последнее определяется не только свойствами собственно буфера, но и условиями среды, как внешней, так и в первую очередь внутренней.

Очевидно, извлечение из памяти информации тоже происходит образами³⁰⁴ в оговоренном смысле и только потом реализуется в привычные ощущения: шумы, музыка, слова, картины, запахи, вкусовые или тактильные ощущения. Образ большого объема с числом элементов более чем 7 ± 2 вспоминается фрагментарно, причем последовательность фрагментов совершенно произвольна, лишь затем формируется полностью. Такой механизм вспоминания совершенно очевиден даже на бытовом уровне.

Наконец, аналогично тому, как при запоминании происходит переупорядочивание имеющейся информации²³, то есть реформирование деревьев образов, каталогов и элементов памяти, так и при вспоминании происходит изменение структуры библиотеки памяти, по крайней мере в какой-то ее части. Это связано с тем, что факт зачастую вспоминается не стопроцентной точностью относительно исходного, хранящегося в накопителях памяти. Причиной может быть хотя бы наличие флуктуаций энергии вследствие броуновского движения молекул и ионов¹²². Тем не менее, наличная информация при этом не исчезает, а входит во вновь образованную структуру библиотеки памяти.

Согласно рассматриваемым в литературе моделям, извлечение из памяти — восстановление, вспоминание происходит случайным образом³³¹ или хаотически³³⁰. С этим трудно согласиться, хотя бы потому, что при извлечении из памяти, вспоминании различают восстановление по контекстным деталям, а в их отсутствии — по старым знаниям или новым объектам, причем за каждый из таких процессов ответственны разные структуры головного мозга²⁹⁶. Поиск информации, построенный по подобным принципам, не может быть случайным, так как известен его механизм, зависимый даже от структур мозга, в который он осуществляется. Хаос при вспоминании возникает тогда, когда совершенно непонятно: где и в каком разделе

библиотеке памяти может находиться данный факт. Результат подобного поиска хорошо известен: он близок к нулю. Наличие же вектора и матрицы поиска делает вспоминание направленным и минимизирует время, затрачиваемое на него.

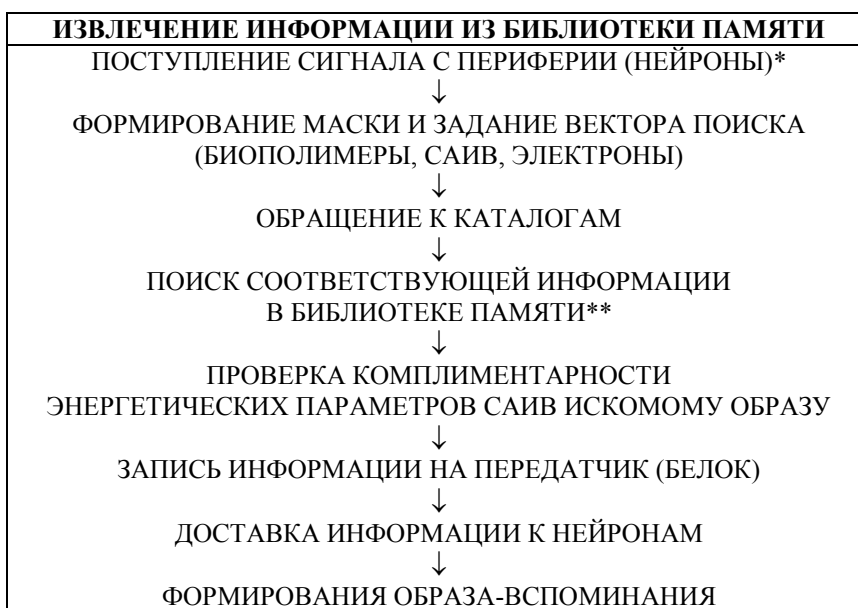


Рис. 1.5. Соподчиненность процессов в акте вспоминания

Примечания:

* в скобках указаны наиболее вероятные участники;

** на этой и неразрывно связанной с ней следующей стадии происходит запись информации о поиске в библиотеку памяти, вспоминание по ассоциации, переструктурирование библиотеки памяти.

В рамках ИММП механизм извлечения из памяти информации схематично представляется следующим (рис. 1.5). Активация нейронов приводит к формированию на биополимерных структурах образа — маски поиска. Ответственными за образ и за вектор поиска являются H^+ и сопряженные с ними электроны. Этот процесс и собственно процесс поиска требуемого факта аналогичны, даже не с обратным знаком, запоминанию информации с привлечением каталогов и всей библиотеки памяти. Действительно, информация о том, что тот или иной поиск проводился, то есть акт воспомина-

ния имел место, тоже хранится в библиотеке памяти. В случае соответствия-комплиментарности обеспечиваемых САИВ энергетических параметров маски искомому образу информация с последнего — и отсюда начинается процесс почти в точности соответствующий запоминанию, но с обратным знаком, посредством тех же электронов и H^+ переписывается на передатчик, очевидно, всегда имеющийся в наличии, синтезируемый по мере расходования и мало отличный от такового, передающего информацию от нейронов в библиотеку, который доставляет ее нейронам, где формируется образ в *бытовом смысле*, передаваемый на периферию, в сознание: вспомнил. Акту вспоминания (рис. 1.5) сопутствуют упомянутые процессы: записи информации о поиске в библиотеку памяти; вспоминание по ассоциации; переструктурирование библиотеки памяти, а критериями направленного поиска служат параметры: маски поиска, вектора поиска и, если таковая информация имеется в библиотеке памяти, — шкалы времени.

Память и фактор времени. Из множества видов памяти, точнее, из множества ее проявлений, которые по разным соображениям, но, как правило, для удобства, в научном обиходе подразделяется память — единое свойство живых организмов, включая человека, рассмотрим два: кратковременную память и долговременную память. Подразделение памяти на такие виды основано на продолжительности хранения информации. Более подробно о классификации памяти по временной ее характеристике и ссылки на соответствующую библиографию см. выше. Название же текущего раздела следует читать как *временная память*, что подразумевает ее зависимость от фактора времени.

В общем считают, что в кратковременной памяти информация хранится относительно непродолжительное время, и если она не переходит в долговременную память, то утрачивается. Напротив, в долговременной памяти информация может храниться сколь угодно долго, вплоть до завершения жизнедеятельности организма — ее носителя. Уже из данных определений следует, что долговременная память вряд ли может существовать без кратковременной, функционирование которой, очевидно, является начальным этапом формирования памяти вообще. О том же косвенно говорят авторы целого ряда работ^{7, 8, 16, 219}, посвященных механизмам памяти с учетом фактора времени. Таким образом, кратковременную память в общем случае следует рассматривать как незавершенную память в том смысле, что факты, зафиксированные с ее помощью, не были занесены в библиотеку памяти и не содержатся в ней. Альтернатива: факты, зафиксированные кратковременной памятью, все же занесены в библиотеку памяти, но по каким-то причинам оказались утраченными либо недоступными. Последнее в данном случае равнозначно утрате факта, поскольку недоступность информа-

ции в принципе означает ее отсутствие. См. в Введении антропоморфность памяти *h.s.* и основой и оперативной памяти ЭВМ...

В рамках развиваемой ИММП нет никаких оснований противопоставлять кратковременную память и долговременную. Более того, из базовых положений модели следует, что кратковременная и долговременная память суть один вид памяти, причем первая — этап на пути формирования второй, памяти в общем смысле. Как отмечалось выше, если информация не переписана с белка-передатчика, функционирующего непродолжительное время, на накопителя она перестает существовать. В тот период времени, пока белок-передатчик не утилизирован, очевидно, имеется доступ к информации, содержащейся на нем, то есть он одновременно выступает в роли ее накопителя, не являясь таковым. В подобной ситуации и создается впечатление, что имеет место особый вид памяти, определенный как кратковременная память.

На этом можно было бы поставить *point sur les «i»**, но в контексте временности — зависимости от фактора времени памяти и с учетом развития положений ИММП следует еще раз рассмотреть вопрос, вынесенный в заглавие и частично обсуждавшийся выше: возможно ли ограниченное лишь временем существования организма хранение всей воспринятой им информации?

Существует мнение, что утрата информации, забывание начинается сразу же по ее получении вследствие постепенного угасания следов (*trace decay*)^{142, 289, 290, 293}. Это положение, основанное на гипотезе наличия физического следа — трассы, проложенного поступающей информацией, явно предполагает естественность процесса забывания; во-первых, его спонтанность, во-вторых, что существенно в данной модели, его непрерывность. Как следует из последнего, по аналогии с разделительной полосой на трассе — сплошной след, — информация поначалу источается вплоть до прозрачности и прерывистости следа и в конце концов исчезает полностью. Вряд ли дело обстоит именно так. Учитывая наличие материальных носителей информации, ее утрата, конечно, может быть постепенной, но совершенно определено — это процесс дискретный, но не непрерывной. Иными словами, забывание может происходить постоянно, но фрагментарно, что определяется гибелью структур, содержащих информацию о том или ином факте — информационной единице.

Забывание *сразу* естественным образом реализуется, если разрушается или, что более вероятно, изменяется конформационная структура белка передатчика, выступающего в роли накопителя информации, но не являю-

* «Точку над «i» (фр.).

щегося таковым. Гибель же истинных накопителей информации приводит к ее утрате в дальнейшем. Таким образом, хранение информации бесконечно в оговоренном смысле, долго — скорее исключение, чем правило. Собственно, то явление, которое определяют как *кратковременная память*, одним фактом своего существования дает отрицательный ответ на поставленный вопрос, если информация, содержащаяся в ней, не переходит в долговременную память.

В контексте временности памяти рассмотрим еще один из феноменов, который заключается в том, что с возрастом, начиная с какого-то почти определенного, у каждого со своего и, возможно, не у всех, старая информация вспоминается лучше, чем новая. Этому могут быть по меньшей мере две причины: новая информация плохо запоминается и/или доступ к ней, извлечение ее из памяти оказывается затруднен, если и вовсе не заблокирован. В аспекте данного феномена следует иметь в виду, что и у детей вплоть до нескольких лет жизни, и у взрослых, начиная с определенного возраста, одинаково плохо происходит процесс запоминания. Считается, причина в том, что у первых память лишь формируется, тогда как у вторых угасает. Однако, если у детей слабо развита долговременная память, то у пожилых людей, наоборот, зачастую нарушена кратковременная память (*где мои очки? я их только что держал в руках; очки, разумеется, на носу*), хотя неизвестно, формируется ли у них долговременная память: старики обычно хорошо помнят прошлое, но вспомнят ли они через определенное время настоящее? С другой стороны, относительно среднего возраста у детей и у пожилых людей высокая $[H^+]$, о чем свидетельствуют многочисленные данные, в частности, наличие гипоксии раннего возраста и старческой^{30, 83 125, 126, 128, 209, 212, 303}, а гипоксия приводит к увеличению $[H^+]$ ^{50,056, 233}. При этом параметры САИВ у них, разумеется, различаются. С позиций ИММП логично, что у лиц этих категорий, в частности, именно высокая активность H^+ не позволяет реализоваться памяти в ее лучших проявлениях, тогда как параметры САИВ определяют наиболее слабые звенья в механизмах памяти детей и стариков: стар как мал, гласит известная присказка...

Тот факт, что старая информация пожилыми людьми вспоминается лучше новой, связан с качеством запоминания. С возрастом в организме накапливаются некатаболизируемые кислые продукты⁷⁸, и мозг в этом смысле не исключение, накапливаются H^+ и возникает невосстребуемый водородный потенциал, который, по всей видимости, оказываются шумом и мешает запоминанию, но не вспоминанию. Наоборот, возможно, более высокое содержание H^+ у детей по сравнению со взрослыми препятствует вспоминанию, а не запоминанию, поскольку неизвестно, какое именно звено в механизме памяти у них наиболее слабое.

И последнее в данном разделе. Феномен улучшения памяти о давних событиях с возрастом — реминисценцию¹⁴², этукую *сверхпамять*, проверить экспериментально вряд ли возможно; особенно если беседуешь с «ветераном Куликовской битвы...» Иными словами, когда, по мнению субъекта, он вспомнил давно казалось бы забытое, причем в деталях, оснований для утверждения о справедливости, правдивости, правильности таких воспоминаний нет: неизвестно как оно было на самом деле? Тем не менее, увеличение H^+ и изменение параметров САИВ вполне может стать причиной для открытия путей к ранее недоступной или труднодоступной информации и, по крайней мере, формирования подобных впечатлений.

Ассоциативная и эмоциональная память. С позиций ИММП обсудим еще два весьма своеобразных вида памяти. Речь пойдет об ассоциативной памяти, которая так или иначе, но уже обсуждалась в предыдущих разделах, и об эмоциональной памяти.

Ассоциативная память, или механически-ассоциативная память²³, представляет собой воспоминание факта, который не является задачей данного поиска, потому основана на случайном доступе к информации³³¹. Повторимся в литературной реминисценции: «Шел в комнату, попал в другую», как Молчалин.

В работе²⁰⁰ приведен краткий обзор существовавших на тот момент (1985-й год) моделей ассоциативной памяти, основанных преимущественно на структурировании в системе нейронных сетей и квазиголографических принципах запоминания. Однако, нейронные сети формируются на уровне достаточно далеком от ионно-молекулярного, а в отношении голографических перспектив в формировании памяти, повторимся, замечено, что «*в мозгу не обнаружено ничего такого, за чем можно было бы признать способность создавать голограммы*»³³. Однако снова возразим: см. Введение и третью главу настоящей книги...

Основной принцип реализации ассоциативной памяти, по-видимому, заключается в том, что неразличенное воспринимается как тождественное²³. Как уже отмечалось выше, поиск необходимой информации ведется по сопоставлению соответствия энергетических параметров САИВ искомого образа с таковыми среди фактов, хранящихся в библиотеке памяти. В связи с этим случайное воспоминание не востребованного в данный момент факта может произойти по следующим причинам. Во-первых, энергетические параметры маски поиска и отыскиваемого факта могут быть настолько близкими, чтобы оказаться неразличимыми наличными системами их распознавания, которые, разумеется, обладают конечной точностью. В таком случае эти параметры воспринимаются как тождественные, приводя к неслучайному воспоминанию по ассоциации; пример подобного

вспоминания с присущими автору юмором и иронией описан в рассказе А. П. Чехова «Лошадиная фамилия». Во-вторых, еще более такому развитию событий способствует наличие лакун в маске поиска и в самом образе. Чем меньше, буквально — физически, количество H^+ , но и исходя из этого энергетически, чем меньше запомненный фрагмент факта и чем меньше размер маски поиска, столь же буквально, тем больше вероятность неслучайного совпадения энергетических параметров обеих структур. Наконец, возможность ошибок при запоминании и тиражирование для хранения в библиотеке памяти фактов с разных, не всегда идентичных, матриц по той же причине различия энергетических характеристик параметров САИВ вследствие ошибок копирования, по определению не могут оказаться существенными, также может приводить к вспоминанию по ассоциации. Кроме того, ассоциативному вспоминанию способствует наличие нескольких копий факта, содержащихся в разных разделах библиотеки памяти.

Альтернативой данному механизму может быть действительно случайное возбуждение находящегося в библиотеке памяти на материальном носителе его энергетического спектра, содержащего информацию о факте, который в данный момент не является актуальным. Все, за исключением последнего, варианты вспоминания по ассоциации случайными только представляются как стороннему наблюдателю, так и обладателю факта. Механизм возникновения ассоциативного вспоминания в основе своей имеет направленный, векторный поиск в библиотеке памяти информации, вблизи которой сосредоточена другая, но совершенно конкретная информация, степень энергетического соответствия которой искомому факту уменьшается по мере удаления от физического места его хранения. Как тут в ответ на реплику Молчалина вместе с Фамусовым, или вместо него, не задать риторический вопрос: «Попал или хотел попасть?»

Собственно, все перечисленные возможные причины наличия ассоциативной памяти — итог предшествующего анализа структуры и реализации памяти.

Из ассоциативной памяти при желании можно вычленить еще один аспект памяти, а именно эмоциональную память. Обычно эмоциональную память рассматривают как особый вид памяти. Тем не менее, вряд ли механизмы ее возникновения и реализации принципиально отличны от механизмов ассоциативной памяти.

Конечно, если под эмоциональной памятью — синонимы: аффективная память, память чувств, следуя^{22, 33, 80, 219}, понимать память исключительно о настроениях, переживаниях, эмоциях, то в таком случае это действительно особый вид памяти. Но с таким же успехом можно выделить как отдельную память о том или ином времени года — годовая память, или суток — су-

точная память, память о питье и пище и пр. По сути, все подобные виды, подвиды и прочие подобные обособления памяти, интересные скорее для систематиков*, представляют собой память по ассоциации при воспроизведении тех или иных состояний при различных условиях существования. В этом смысле эмоциональное состояние ни чем не лучше и не хуже других. В случае эмоциональной памяти ассоциации лишь осуществляются на уровне эмоций. Однако для нее, как для ассоциативной памяти, необходимо повторное воздействие раздражителей, обусловивших первичное возникновение данного эмоционального состояния^{33, 80}, и она, как и ассоциативная память, характеризуется³³, но не отличается⁸⁰ быстротой формирования и произвольностью воспроизведения^{33, 80}. Психоэмоциональная сфера не находится в стороне от остальных событий, имеющих место в живом организме и не управляется какими-то особыми молекулами и ионами.

Нужно иметь в виду, что при любом внешнем или внутреннем воздействии в первую очередь изменяется потребление кислорода организмом. В психоэмоциональной области первичными могут быть изменения параметров дыхания, что на практике не всегда может быть зафиксировано с помощью соответствующих приборов и аппаратов, возможно, ввиду кратковременности и/или невыразительности таких изменений.

В качестве примера проанализируем психофизиологическое поведение главной героини, пожалуй, наиболее популярной среди русских читателей версии басни И. А. Крылова, у которой *«от радости в зобу дыханье сперло»*. При этом вследствие мощной задержки дыхания в организме обязаны возникнуть и возникают кратковременные, но ярко выраженные гипоксические явления: сильный эмоциональный стресс может привести к временному кислородному голоданию⁸⁸. Экстраполируя, заключаем, что менее мощное эмоциональное воздействие приводит не к столь значительному, но все же недостаточному при исходных потребностях снабжению клеток кислородом. В обсуждаемой ситуации сигнал об уменьшении потребления кислорода, то есть гипоксия, при помощи и посредством H^+ , количество которых возрастает при гипоксии^{50, 56, 223}, вызвал компенсаторную гипервентиляцию^{34, 81, 155} — увеличение объема дыхания, и поэтому крыловская «ворона каркнула во все (выделено нами — Авт.) воронье горло». (Сравните с версией Лафонтена, исходящей из первоисточника сюжета в авторстве Эзопа** «Ворон и Лисица», где физиология и психофизиология отсутствуют, а психология, суть эмоция, представлена в неявном виде.

* «Не надо делать того, что все равно сделают немцы» (Н. В. Тимофеев-Ресовский) — это в смысле подробнейшей систематики...

** И Скалигера не обидим, не забудем...

Следовательно, при эмоциональном возбуждении очевидно изменение САИВ, что может и должно способствовать реализации эмоциональной памяти. Разумеется, такое вспоминание не требует формирования вектора поиска — оно не направленно, потому и оказывается случайным, ассоциативным, но наличие маски поиска при этом несомненно. Параметры же маски подобного поиска вне всякого сомнения — иначе не было бы вспоминания — соответствуют энергетическим параметрам того состояния, которое привело к записи соответствующего факта в библиотеку памяти.

Таким образом, эмоциональная память и ассоциативная память по сути есть идентичные явления, реализуемые при посредстве весьма близких, почти одинаковых механизмов. Их отличает лишь отсутствие в первом случае вектора, необходимого для направленного поиска факта требуемого, но не ассоциативного. По такой причине наличие вектора поиска никак не влияет, не приводит к выигрышу ни в качестве, ни во времени на вспоминание по ассоциации, которое оказывается столь же случайным, как и без него, и в этом смысле ничем не отличается от эмоционального вспоминания.

Продуцирование информации в системе памяти. Коснемся еще одного вопроса, обычно «скромно» обсуждаемого в моделях памяти, а именно вынесенного в заголовок подпараграфа. Иными словами, рассмотрим пополнение памяти средствами самой памяти; так сказать, искусство ради искусства...

Как уже отмечалось, информацию можно получить, сохранить и утилизировать. Процесс получения информации от внешних или внутренних источников в основном есть предмет моделирования памяти. Однако новая информация может быть получена не от источников информации, а в системе самой памяти на основании анализа информации имеющейся. Этому процессу мышления⁷ и исследованию его термодинамики посвящена фундаментальная работа Н. И. Кобозева¹²². Кроме того, уже само вспоминание является импульсом для формирования нового факта и может производить информацию как при восприятии²³ — действии внешних или внутренних физических, химических или физико-химических макроскопических стимулов, так и само по себе. Впрочем, и в таком случае не обходится без анализа, пусть и неосознанного, наличной информации, то есть *без процесса мышления*.

Так или иначе, извините за полезную тавтологию, память может служить источником памяти. И в таком случае первопричиной являются соответствующие материальные стимулы, однако их вычленение из многих известных факторов, оказывающих влияние на протекание физиологических процессов в организме, суть дело будущего, возможно, не столь уж отдаленного. В общем, создать новый факт физически равносильно тому,

что вспомнить его. Действительно, такой факт должен иметь ту же материальную основу, что и любой другой, характеризуется собственными, отличными от имеющихся энергетическими параметрами и находит свое место в библиотеке памяти и на шкале времени. Механизм же процесса формирования нового факта — отдельная задача, решение которой выходит за рамки данной общей теории ИММП.

Тем не менее, она, вероятно, может быть решена с использованием положений этой теории, согласно основному положению которой все процессы, все явления, обеспечивающие память и обеспечиваемые ею, в том числе мышление, определяются как высшая логическая память²³ и протекают на биополимерных структурах при посредстве H^+ и сопряженных с ними электронов и обеспечиваются энергетическими параметрами САИВ.

На этом оптимистичном выводе закончим обсуждение собственно возможностей реализации памяти и переходим к ее термодинамической и информационной характеристикам, то есть к энтропии.

Вопросы энтропии как термодинамическая и информационная характеристика памяти. Весьма важный момент, который далеко не всегда обсуждается в моделях памяти,— производство и перераспределение энтропии в процессах и в результатах накопления и извлечения информации. Энтропия — общая характеристика функционирования самоорганизующихся систем, в том числе биологических. В случае памяти вопрос осложняется тем, что в ней могут быть выделены несколько видов энтропии. Обсуждая эту задачу, будем использовать многие положения, уже обсуждавшиеся ранее, что ниже специально не оговаривается. Хотя бы повторенье и мать учения... (см. выше).

До сих пор упоминалась лишь термодинамическая энтропия. Но она под тем же названием может быть также и статистической, и информационной. Введем определения. Термодинамическая энтропия^{216, 241} суть

$$dS \equiv \left(\frac{dQ_T}{T} \right)_{rev}, \quad (1.7)$$

где dQ_T — количество тепла, полученного системой с температурой T во внутренне обратимом процессе; индекс *rev* — указывает на обратимость процесса.

Термодинамическая энтропия в таком представлении находится «в стороне» от интересов ИММП, поскольку определяет состояние статики, равновесия. Кроме того, может быть рассчитано только ее изменение, поскольку расчет абсолютной величины требует знания состояния системы при температуре абсолютного нуля, что есть нонсенс.

Статистическая энтропия, введенная в работах^{132, 162, 164, 216}, которую иногда называют физической энтропией¹⁶⁴, представляется выражением:

$$S_s = k \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i + C, \quad (1.8)$$

где k — постоянная Больцмана; p_i — вероятность реализации i -го микросостояния в данном макросостоянии; а константа C принимается равной нулю (постулат Больцмана — Планка).

Информационная энтропия, предложенная Шенноном^{325, 341–343}, есть:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i, \quad (1.9)$$

где P_i — вероятность реализации системой i -го состояния.

Статистическая и информационная энтропии относительно просто рассчитываются при определенных условиях и в принципе могут быть использованы для характеристики системы. Существенно, что направленность изменений энтропий этих видов противоположна.

Кроме того, И. Пригожин^{162–164, 179, 180} предложил для оценки энтропии систем, в которых протекают неравновесные процессы, использовать сумму элементов корреляционной матрицы, диагональные члены которой могут быть поставлены в соответствие вероятностям, а внедиагональные — корреляциям¹⁷⁹. Эта энтропия — будем называть ее термодинамической — наиболее удобна для анализа процессов памяти. Во-первых, она характеризует динамические системы, находящиеся в стационарном состоянии динамического равновесия; во-вторых, имеет не только информационную, вероятностную, но и структурную, корреляционную составляющие. На основании положений Пригожина введен энтропийный эквивалент (ЭЭ), отвечающий положениям неравновесной термодинамики и требованию о направленности изменений, двух его составляющих, с помощью которого оценены вклады обоих видов энтропии в общую энтропию системы^{64, 65, 69, 73, 73}. Кроме того, выявляется взаимосвязь между энтропией, представленной в форме ЭЭ, и $[H^+]$ ⁶³.

Формально ЭЭ представляет собой сумму квадратов коэффициентов корреляционной матрицы, внедиагональные члены которой есть количественные характеристики коэффициентов парных линейных корреляций — структурные составляющие, а диагональные члены, расположенные на одной из главных диагоналей, суть рассчитанные на основе корреляций вероятности — информационные составляющие.

Новая информация по определению приводит к уменьшению неопределенности в системе, что неизбежно вызывает увеличение информационной энтропии и, как следствие, ввиду уменьшения числа возможных микросостояний — увеличение энтропии статистической: см. (1.8), (1.9). По-

добный ход событий неблагоприятен для системы, ведет к ее старению и гибели¹⁷⁹ и не случайно бытует мнение: «Много будешь знать, скоро состаришься». Но именно *бытует*. С позиций теории неравновесной термодинамики и по построению ЭЭ, вклад информационной составляющей таков, что увеличению информационной энтропии, напротив, соответствует уменьшение информационной составляющей и, при прочих равных условиях, снижение термодинамической энтропии системы. Уменьшение же термодинамической энтропии — это замедление старения или, если угодно, омоложение*. Таким образом, получение информации оказывается выгодно для системы памяти и, очевидно, для организма в целом: знания позволяют выбрать наилучшую стратегию во многих ситуациях, связанных с вопросами не только жизни и смерти, но и просто лучшей жизни. Не случайно, исходя из общих положений, заключили, что «*хотя получение информации сопровождается, как правило, поглощением энергии, это не означает обязательное увеличение энтропии*»⁷⁹. К такому мнению следует присоединиться, поскольку оно подтверждается анализом вклада информационной составляющей в термодинамическое состояние системы.

В ситуации живого организма увеличение энтропии при получении информации может происходить единственно по причине неспособности субъекта систематизировать эту информацию, что приводит к росту числа степеней свободы в системе памяти — числа элементов корреляционной матрицы, определяющей ЭЭ — и уменьшению вклада в термодинамическую энтропию информационной составляющей. С другой стороны, рост числа степеней свободы ведет к ослаблению силы корреляционных связей, уменьшению вклада структурной составляющей в термодинамическую энтропию и ее снижению ниже уровня, совместимого с нормальным функционированием. Подобная динамика также не может быть интерпретирована как положительная. Так или иначе, когда ничего экстраординарного не происходит, получение новой информации не приводит ни к росту энтропии, ни к ее уменьшению до критических величин.

Следовательно, один из энтропийных парадоксов о запрете на возрастании энтропии при получении системой информации оказывается легко разрешим с позиций неравновесной термодинамики. О том же говорит и *S*-теорема, альтернативная *H*-теореме Больцмана о возрастании энтропии закрытых систем, согласно которой энтропия самоорганизующихся систем не возрастает, когда она рассчитана для одинаковых средних значений энергии^{11, 119}. Последние условие, очевидно, реализуется в системе памяти

* Может поэтому нобелевскими лауреатами, исключая политдоминанту, становятся где-то в восемьдесят лет?



— Синьор, я вам сообщу величайшую эволюционную тайну науки, которой мы служим. Вы в своей диссертации доказали, что время существования неандертальцев и кроманьонцев пересеклось. А я сейчас пишу монографию, где доказываю: среди современных людей есть потомки тех и других. Постнеандертальцы — это генералы, прапорщики, политические вожди, братки, словом — люди с сильной волей. А потомки кроманьонцев — это слабосильная интеллигенция, особенно по научной части, телевизионные комментаторы, политические перевертыши, то есть люди с узкими лицами и затылками «тыковкой», малокровные, часто — безденежные...

(см. выше). Еще раз обратим внимание, что, поскольку белки-передатчики циркулируют, получая информацию, освобождаясь от нее и предоставляя себя для получения ее очередного кванта, постольку такой цикл может быть и вовсе безэнергетическим. Имеется в виду, что энергия производится, высвобождается — экзoэнергетический процесс в акте записи информации на структурных элементах, формирующих библиотеку памяти, а поступает она с периферии при записи информации на материальные носители, и тут же, *in situ*, расходуется на понижение энтропии. Если при этом достигается полное или почти полное соответствие между убылью и прибылью энергии, то процесс, и не только информационный, мышления как у Кобозева¹²², но и запоминания, оказывается изоэнергетическим, что и наблюдается в экспериментах.

Между прочим, по крайней мере в динамике биологического возраста, ЭЭ и $[H^+]$ положительно коррелируют между собой⁶³. В формирующемся и развивающемся мозге при получении информации, увеличении информационной энтропии и уменьшении информационной составляющей термодинамическая энтропия должна возрастать. Однако вследствие роста числа и силы корреляционных связей и увеличения структурной составляющей, вклад которой в термодинамическую энтропию, по нашей оценке⁷³, не менее 80 %, то термодинамическая энтропия увеличивается. Действительно, авторы, исследовавшие зависимость между $[H^+]$ (ph) в мозге и плотностью нейронов, нашли, что зависимость между ph и IQ у детей не очень хорошая, а метаболизм фосфора, отражающий энергетический метаболизм, коррелирует с выполнением вербальных заданий³³⁶. Последний результат свидетельствует о продукции энергии, по крайней мере, в процессе мышления, а уж расходуется ли она, и если да, то на какие цели — вопрос отдельный. В том случае, когда в системе энергия накапливается, энтропия, безусловно, возрастает. Если же произведенная энергия расходуется внутри самой системы, то это может приводить к уменьшению энтропии лишь в специально организованных системах. Формирующийся мозг в процессе развития как раз и стремится стать именно такой системой.

Говоря о мозге в динамике биологического возраста, интересно сравнить (повторимся) в младенчестве и в старости качество памяти во временном аспекте. У стариков, а у младенцев трудно проверить, память на близкие события, как известно, оставляет желать лучшего. Возможно, этому способствует, или препятствует более высокая по сравнению с людьми среднего возраста активность H^+ . Кроме того, хорошо известно, что люди, за редким исключением, да и то лукавят, пожалуй, не помнят младенчества, а старики — вспомнят ли они через какое-то время — год-два-три — события такой давности? Младенцы нечто запоминают, получают определенные

навыки, и, казалось бы, путем многократных повторений — исключения редки, но возможны, вроде «обжегшись на молоке...», у них формируется долговременная память. Однако это память не о событиях, фактах, а рефлексорная память. Старики, их система памяти, похоже и вовсе забыли о возможности формирования долговременной памяти. С позиций памяти, с возрастом, наблюдается обращение времени^{62, 179}. В раннем возрасте память не имеет прошлого, а в термодинамической энтропии преобладает структурная составляющая энтропии, в среднем возрасте есть память и о прошлом, и о будущем и обе составляющие термодинамической энтропии вносят в нее свой посильный вклад, в позднем возрасте — память без будущего, а структурная составляющая вновь преобладает в термодинамической энтропии.

Еще один парадокс, который следует обсудить с точки зрения энтропии, относится не столько собственно к памяти, сколько к мышлению — процессу переработки информации. Однако мышление в любом проявлении — решение логических и математических задач, выбор одного из многих вариантов, написание текста разной степени новизны и сложности и пр. — невозможно без памяти. Считают, что процесс принятия решения должен завершиться состоянием с нулевой энтропией¹²². Такие состояния легко представимы в рамках термодинамики, но логику развития событий не удастся проследить без привлечения гипотезы о неизвестных элементарных частицах, подчиняющихся «другой статистике» (см. выше). Заметим, что обсуждается энтропия в представлении (1.7), которая оперирует с теплотой.

В неравновесных системах возникает энтропия, смысл которой иной. С позиций термодинамики неравновесных процессов энтропия системы никогда не может достичь нуля, поскольку и корреляции между состояниями системы, и вероятности реализации того или иного состояния всегда отличны от нуля. Если учесть, что система с определенной вероятностью может находиться в разных объемах фазового пространства, то речь нужно вести исключительно о следующем: задача принятия решения предполагает выбор, не всегда единственный, из множества, а принятие решения — переход в полностью детерминированное состояние с одной ячейкой в фазовом пространстве и нулевой энтропией по определению. Однако это вовсе не означает постоянство энтропии на протяжении всего акта мышления. Информационные процессы, собственно мышление — безусловно, энтропийные. Безэнтропийным является только результат этих процессов. То есть безэнтропийность, даже если это действительно так, мышления есть не безэнтропийность памяти, без которой мышление нереализуемо. Иными словами, в результате акта мышления энтропия системы принятия решений не изменяется, что обеспечивается изменением энтропии в системе памяти,

а завершение акта мышления состоянием с нулевой энтропией не означает, что собственно процесс происходит без изменения энтропии.

Другое дело, каким образом в информационном процессе изменяется энтропия. Если она не увеличивается, то на поддержание ее, как минимум в исходном состоянии, несомненно требуются энергетические затраты, которые, впрочем, не обнаруживаются в эксперименте. А если мышление требует, скорей всего это именно так, увеличения энтропии? Тогда выделение энергии, обуславливающее ее рост, по меньшей мере количественно равно энергетическим затратам на дальнейшее снижение энтропии или даже превосходит их. В последнем случае энергия должна либо аккумулироваться для последующего понижения энтропии, либо сразу же расходоваться на такие нужды. Говоря другими словами, происходит полная компенсация энергии или даже некоторый выигрыш в ней при переходе из исходного состояния в состояние конечное. Кроме того, энергия, необходимая для мышления, может быть получена в сопряженных процессах¹²². Подобные процессы, правда, не в количественном смысле, не доходящие до состояний с нулевой энтропией, а в смысле направленности, тоже известны в физике, например, структурирование вязкой жидкости под действием тепла с образованием так называемых «ячеек Бенара»¹⁷⁹ и в химии, например, ферментативные реакции, идущие через образование фермент-субстратного комплекса.

Очевидно, что система после принятия решения более организована по сравнению с системой, перед которой поставлена задача, привнесшая в нее элемент неупорядоченности. В процессе принятия решения, проходящем через точку бифуркации, энтропия, очевидно, устремляется в бесконечность, после чего система переходит в новое фазовое пространство с единичным объемом — единственно правильное решение, в котором энтропия равна нулю. При этом в первом приближении можно выделить три состояния, причем в каждом из них число ячеек фазового пространства и/или распределение по ним иные: исходное — число ячеек произвольно, вероятность заполнения той или иной ячейки фазового пространства не очень равномерно; промежуточное — число ячеек по сравнению с исходным состоянием может увеличиться или не измениться, а распределение по ним приближается к равномерному; конечное — число ячеек, безусловно, меньше не только по сравнению с предыдущим состоянием, но и по сравнению с исходным, а распределение по ним строго детерминировано. Это не значит, что по окончании акта мышления система не имеет энтропии или, что то же самое, она равна нулю. Как до — так и после принятия решения энтропия у системы имеет место быть. Исключительно в том объеме фазового пространства, а именно за ними ведется наблюдение, который обеспечивает решение задачи, энтропия равна нулю. То есть энтропия

мышления нулевая относительно объема фазового пространства, за которыми велось наблюдение.

Уменьшение в неравновесном процессе термодинамической энтропии до нуля требует нулевых корреляций, причем независимо от того, о линейных или каких других корреляциях идет речь. При этом в оценке вероятностей возникает неопределенность типа $0/0$. Последнее — неопределенность, а не ее тип — означает, что энтропия исчезает только в том смысле, в котором она введена как физическое понятие. Иными словами, происходит изменение статистики или даже исчезновение ее в привычном понимании. В то же время в ином смысле энтропия очевидно, отлична от нуля. Когда мы сможем полностью алгоритмизировать мышление, например, процесс принятия интуитивного решения, или полностью описать процедуру, например, митоз, тогда энтропия перестанет быть нулевой или даже отрицательной — примеры из работы¹²². Но это означает, что нулевая и отрицательная энтропия существуют только благодаря нашему *незнанию*.

Следовательно, можно говорить о безэнтропийности информационного, но не термодинамического результата принятия решения. Такое заключение согласуется с выводами¹²² о том, что решение «информационной задачи» приводит к нулю информационную, но не термодинамическую энтропию, которая равна нулю только при решении «строго логической» задачи. В связи с этим, существуют ли «строго логические» задачи? Например, простейшая, казалось бы, такая строго логическая задача, как $2 \times 2 = ?$, — задача все же вероятностная. Попросту ответ известен заранее, потому и не подвергается сомнению. Если решать эту задачу, допустим, складывая камешки, то вероятность положить лишний или не доложить необходимый, явно отлична от нуля.

И вообще, построение ИММП, как и решение задачи моделирования процессов жизнедеятельности посредством поля H^+ , пока лишь привело к повышению энтропии даже в сознании авторов. Аналогичные примеры см.¹²². Однако, в целом все, сказанное об энтропии, так или иначе укладывается в гипотезу о том, что мыслящий человек нужен природе для уменьшения энтропии во Вселенной, чего он, к сожалению, пока не делает.

С учетом содержания Введения к настоящей работы, но и не забегая впереди лошади, оно же не ставя телегу впереди этого полезного сельскохозяйственного животного — имеется в виду последующее знакомство читателя с третьей главой, заметим, что вопросы информации и энтропии виртуальных системы, то есть в широком смысле — мышления и сопутствующей ей памяти, подробно рассмотрены, в том числе с привлечением концепции Н. И. Кобозева, в первом томе²⁶³ серии «ЖМФН». Пока — это к слову.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ГЛАВЕ*

Подведем некоторые итоги. Итак, для построения ИММП введены всего лишь два постулата — меньше, чем понадобилось Евклиду для описания наблюдаемой геометрии мира. Вот они: в системе памяти носителями и накопителями информации являются H^+ при участии сопряженных с ними электронов; информация кодируется энергетическими параметрами спектра активности H^+ — (САИВ).

Согласно²⁰⁰, и с этими положениями следует согласиться, «любая общая теория памяти должна определять, по меньшей мере, следующие положения: как представлена информация, какой тип информации запоминается и воспроизводится, какова природа операций запоминания и воспроизведения, какова форма хранения».

В ИММП эти и другие положения почти что однозначно определены. Модель оперирует с H^+ в качестве материальных носителей информации, которая хранится в виде параметров их энергетического спектра. Модель позволяет описать процессы получения, передачи и накопления информации, а также механизмы ее поиска и извлечения. С помощью построенной модели можно объяснить разнообразные виды памяти, независимо от ее временных факторов или способа извлечения из нее информации, чего, по определению, принципиально не позволяют сделать специальные модели, направленные, как правило, на объяснение механизмов одного или немногих аспектов памяти. Естественно, за пределами обсуждения по причине невозможности объять все, пусть и не необъятное (по Козьме Пруткову), остались многие реакции памяти и связанные с ней явления. Например, амнезия, «шоковые» воспоминания — вся жизнь перед смертью — и другие.

Как и в любой другой модели, для ее подтверждения и уточнения, или для ее опровержения, ИММП требует математического описания и экспериментальной проверки. Поскольку данная модель только разрабатывается и в нынешнем представлении является концептуальной, постольку и первое, и второе — дело ближайшего будущего; см. также вторую и третью главы.

* В настоящей книге мы отступаем от принятой в предыдущих томах серии «ЖМФН» методологии; вместо принятых ранее «выводов и проблемных вопросов» здесь мы даем «заключение к главе». Причина также методологического характера: содержание первой главы — постулируемое, что по определению делает проблемные вопросы формальными; вторая глава зиждется на известном математическом аппарате, к которому вопросов быть не может. А третья глава, что называется, — до кучи...

Относительно экспериментальной проверки основных постулатов модели следует, в первую очередь, рассмотреть возможности метода ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) для определения ρh головного мозга и его разных отделов. Однако, в настоящее время методические подходы, используемые в исследованиях с помощью ЯМР, позволяют оценить именно ρh , а это — интегральный показатель. Буфер же, пусть бы и памяти, как раз и предназначен для его поддержания, и поэтому изменений ρh в процессах запоминания ожидать не приходится, во всяком случае, оно маловероятно. Другая сложность заключается в том, что пока не достаточно ясно, в каком участке мозга следует наблюдать за результатом запоминания, хотя отделы, связанные с памятью, в основном, известны.

Аналогичный вопрос неминуемо возникнет в том случае, если поставить целью обнаружить на периферии энергетические изменения, обеспечивающие память. Измерение энергообмена организма и различных его отделов — задача если не тривиальная, то относительно легко разрешимая.

Еще один путь экспериментальной проверки модели — попытаться выявить соответствие, корреляции между динамикой потребления кислорода, оцененной по показателям кровотока — измерения электрического сопротивления или параметров ультразвука на участке тела, реография или доплерография — и по параметрам электронного спектра крови или сыворотки: спектроскопия в видимой области. Последние однозначно отражают параметры САИВ. Если предполагаемое соответствие удастся обнаружить, то далее следует разработать методики оценки параметров САИВ с помощью неинвазивных методов и в дальнейшем использовать, например, реоэнцефалограмму в качестве одного из методов наблюдения за процессами памяти. Впрочем, подобный подход в настоящий момент представляется не более чем идеей, воплощение которой, будем надеяться, относительно перспективно.

В общем, задача анализа механизмов памяти еще далека от разрешения; наличный арсенал методов, используемых для исследования памяти, похоже, практически исчерпал себя и только новые подходы позволят существенно продвинуться в направлении раскрытия ее самых тонких механизмов.

Во всяком случае, авторам важно было выдвинуть концепцию ИММП и изложить ее в общем контексте содержания настоящей книги в максимально понятной — для широкого круга adeптов различных естественно-научных дисциплин — форме с тем, чтобы далее приступить к физико-математической, естественно-философской, логической и пр. «аранжировке» явления памяти как неотъемлемого субъекта феноменологии ноосферы. На том и стоим.

ГЛАВА 2. ОБРАТНЫЙ МЕТОД ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ В МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ПАМЯТИ

*Движение безвихрево
И жидкость несжимаема.
Вдоль некой тока линии
Плывет форель одна.
Тогда об этой рыбине
Заранее все знаем мы:
Чем больше скорость жидкости,
Тем быстрее плывет она.*

«Эврика», Кембридж

Из предыдущего материала книги следует, что особенностью биосистем — в аспекте электродинамического анализа и синтеза — по сравнению с большинством технических систем является их разветвление, как разветвление в нейронной сети мозга, что требует принципиально нового подхода к описанию таких систем. В настоящей главе такой подход ищется в сочетании трех концептуальных положений: а) аналогии совокупности каналов распространения ЭМВ в реальных биосистемах с системой «геодезических линий»; б) использовании авторами обратного метода электродинамической аналогии, то есть, в отличие от хорошо известного прямого метода, когда гидродинамические процессы моделируются — по понятной аналогии — в терминах электродинамики, здесь электродинамические процессы в разветвленных биосистемах моделируются в терминах гидродинамики; в) использовании относительно нового и весьма эффективного математического аппарата дифференциальных форм (внешней алгебры); используется авторский опыт его применения к решению различных задач биофизики, систематизированный в книгах^{37, 42, 134, 147, 269}. В заключении предыдущей главы подчеркивалось, что полная теория ИММП должна включать в себя физико-математическое моделирование, что в настоящей главе и делается. Причем, как было сказано во Введении, полное матописание ИММП хотя и реально, и, что называется, «под силу» авторам с участием возглавляемых ими научных школ, но не входит в задачу настоящей книги, посвященной памяти, как субъекту ноосферной феноменологии. Поэтому мы решили остановиться только на одном, но существенно важном аспекте физико-

математического моделирования в концепции ИММП, а именно: анализ распространения сигналов в разветвленной системе нейронной сети, что выполняет функцию доставки (и извлечения — вспоминания) информации об образах-фактах в библиотеку памяти от внешних и внутренних источников. Подчеркнем: это важнейшая задача в создании концептуальной, логически непротиворечивой и физико-математически апробированной теории ИММП. Тем более, что наш метод ОМЭГДА, базовый в настоящей главе, является универсальным с позиций резервирования (см. Введение) передачи информации в биосистемах, тем более — в нейронной сети (памяти). Согласно нашей концепции, см. Введение и предыдущие тома серии «ЖМФН», передача информации по нейронным сетям осуществляется в системе резервирования как «тихоходными» электрическими (электрохимическими) сигналами, так и СГ ЭМВ. Причем, если первые доставляют в библиотеку памяти абрис образа-факта, то СГ ЭМВ, в силу возможностей солитона-голограммы, доставляют максимально-информационный слепок образа, отображенного в СГ ЭМВ. Это опять-таки постулат, как и сама ИММП, но, во-первых, почти за двадцать лет, начиная с нашей пионерской работы⁴², ни одного случая опровержения концепции СГ ЭМВ в мировой литературе не наблюдалось; во-вторых, вряд ли природа, особенно в части мышления и памяти, не воспользовалась бы СГ ЭМВ для передачи сигналов-образов. Именно ОМЭГДА применим как для анализа нейронных электрических сигналов, так и СГ ЭМВ, для которых, несомненно, нейроны являются канализирующей и направляющей структурой. Глава является чисто математической, доведенной до алгоритмического уровня, а соответствующее программирование с использованием языков не столь уж и высокого уровня есть решаемая техническая задача. Последний параграф главы посвящен (см. Введение) антропоморфности в изобретении человеком средств технической памяти.

2.1. Обратный метод электрогидродинамической аналогии

Биосистемы по своим геометрическим и топологическим характеристикам чрезвычайно сложны, причем степень этой сложности на порядок превышает сложность самых функционально насыщенных технических систем. Проведем некоторую условную аналогию между биосистемой и технической электрогидродинамической системой.

В качестве последней рассмотрим достаточно сложную структуру — крестообразное соединение прямоугольных волноводов (рис. 2.1).

Крестообразные волноводные соединения являются типичными неоднородностями и важнейшими узлами сверхвысокочастотной аппаратуры, но имеют более сложную по сравнению с простыми неоднородностями структуру и относящиеся к классу разветвлений. Рассмотрим показанное на рис. 2.1, *а* крестообразное соединение, реализующее *разделитель частотных каналов* и перспективный для использования в многоканальной аппаратуре.

Для получения многомодовой матрицы рассеяния в качестве рабочего математического метода используем декомпозиционный подход — метод автономных многомодовых блоков (АМБ). При анализе структура представляется в виде совокупности простых волноводных объектов: однородных изотропных *параллелепипедов* и *стыков* однородных волноводов. Собственно декомпозиционная схема приведена на рис. 2.1, *б*; здесь 1, 2 — параллелепипеды; 3, 4, ..., 9 — стыки, соединенные между собой отрезками регулярных волноводов.

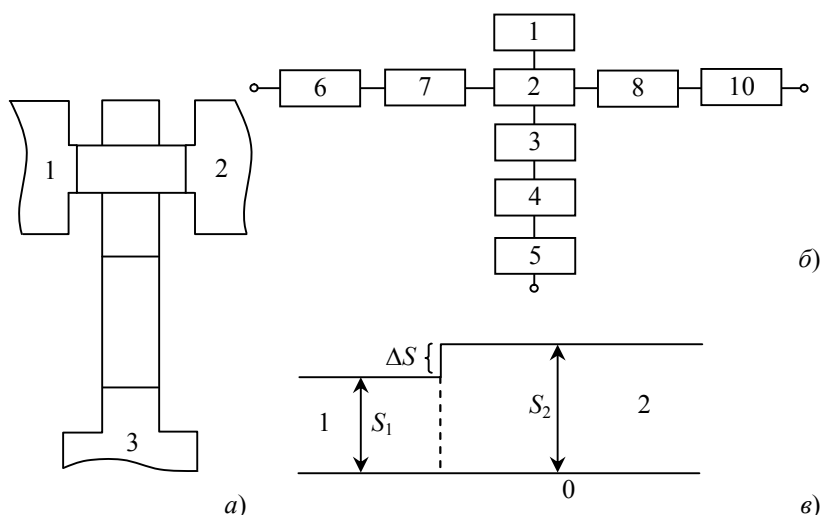


Рис. 2.1. Крестообразное соединение прямоугольных волноводов (*а*), его декомпозиционная схема (*б*) и элементарная расчетная ступенька (*в*)

Вначале определяются матрицы рассеяния для каждого АМБ, а для вычисления матрицы рассеяния S стыков волноводов используется проекционный метод Бубнова-Галеркина. Уравнения для определения элементов матрицы получаем из граничных условий на границе стыка двух волново-

дов: равенство нулю тангенциальной составляющей E_τ на металлической части границы и непрерывность E_τ, H_τ на общей части границы. Рассматриваем для конкретности вариант $S_1 > S_2$ (для $S_1 < S_2$ алгоритм формируется аналогично). Используем также нормировку и выбор амплитуд:

$$E_{\tau_{-n}} = E_{\tau_n}; \quad H_{\tau_{-n}} = -H_{\tau_n}. \quad (2.1)$$

Эти уравнения сводятся к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) проецированием на собственные волны рассматриваемых волноводов. Для этого уравнения, описывающие матрицу рассеяния для стыка волноводов, умножаются векторно справа на H_n^{2*} , $n = \overline{1, N/2}$ и интегрируются по S_2 . В результате получим СЛАУ вида $A \cdot S = B$, которая решается с использованием стандартной подпрограммы CGAUS.

Для определения матрицы рассеяния параллелепипеда необходимо построить многомодовую матрицу проводимости Y . Из последней, используя соотношение $S = (I + Y)^{-1}(I - Y)$, и получим искомую матрицу рассеяния (I — единичная матрица).

Элементы матрицы Y определяются как коэффициенты Фурье разложения магнитной составляющей поля H_τ на каждом из входов АМБ по собственным волнам каждого из виртуальных волноводов, примыкающих к стенкам параллелепипеда:

$$H_{\tau(\alpha)} = \sum_n b_{n(\alpha)} h_{n(\alpha)}, \quad (2.2)$$

где α — соответствующий вход; $\alpha_{\max} = Y_{kn}^{\alpha\beta}$. Как следует отсюда, $b = Ya$; (a, b) — векторы коэффициентов,

$$E_{\tau(\alpha)} = \sum_n a_{n(\alpha)} I_{n(\alpha)}; \quad H_{\tau(\alpha)} = \sum_n b_{n(\alpha)} h_{n(\alpha)}. \quad (2.3)$$

Здесь используется нормировка: $(I_{p(\alpha)}, I_{k(\alpha)}) = \delta_{pk}$.

После того, как определены матрицы S каждого АМБ, находится объединенная матрица рассеяния модели с использованием алгоритма последовательного объединения двух элементов. При этом учитывается, что матрица рассеяния отрезка длиной l регулярного волновода имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 0 & e^{-i\Gamma l} \\ e^{-i\Gamma l} & 0 \end{pmatrix}. \quad (2.4)$$

В программах при исследовании крестообразных соединений, построенных по данному алгоритму, использовался базис из 5 элементов: $H_{10}, H_{11}, H_{12}, E_{11}, E_{12}$.

Таким образом, используя соотношения (2.1)—(2.4) и метод декомпозиции, в принципе любую, сколь угодно сложную техническую электродинамическую систему можно свести к базовым элементарным структурам типа стыка волноводов, решения волнового уравнения для которых хорошо известны. Далее, объединяя эти решения согласно геометрии и топологии узла (см. рис. 2.1, *a*), выполняем его *рекомпозицию*, то есть получаем решение волнового уравнения для сколь угодно сложного по конфигурации узла и далее — системы.

Теперь обратимся к биосистемам, которые, начиная от клетки и далее, вплоть до автономных (в структуре биосферы) объектов, построены по единому принципу: источник → разветвление → схождение, далее этот процесс замыкается: схождение → источник.

С точки зрения системотехники, здесь аналогия с техническими системами передачи и обработки информации достаточно убедительная: в технических системах канал передачи замыкается через эфир на приемник, в биосистемах, в конечном итоге, такая замкнутость еще более выражена. Для примера рассмотрим сердечно-сосудистую систему (рис. 2.2, *a*) и растение (рис. 2.2, *б*). Поэтому анализ процессов распространения ЭМВ здесь также может быть основан на декомпозиции. Но, в отличие от технических систем, здесь постановка граничных задач невероятно сложна как для «АМБ» — участков сосуда, ствола или ветки дерева и т.п., — так и для целостной разветвляющейся-сходящейся системы. В работе¹³⁴ нами выдвинуто и аргументированно доказано — на примере сердечно-сосудистой системы — положение: разветвленно-сходящиеся биосистемы строятся по принципу геодезических линий, что обеспечивает минимизацию каналов передачи информации (через биологические жидкости, биохимические цепные реакции, ЭМП) при максимальном охвате объема ареала действенности системы.

Однако сложность граничных условий для структур биосистем при постановке электродинамических задач реально не позволяет использовать традиционный векторный анализ Максвелла. Естественным выходом из ситуации является использование аппарата дифференциальных форм (внешней алгебры); достаточно убедительно показано^{42, 269}, что такой подход позволяет построить модели теоретического анализа для любых, сколь угодно сложных в части граничных условий систем.

Наконец, как нам представляется, даже при использовании аппарата дифференциальных форм, прямое решение электродинамических задач для биосистем (рис. 2.2) задача малореальная, в связи с чем и предложен обратный метод электрогидродинамической аналогии. Метод аналогий давно и плодотворно используются в электротехнике, электродинамике, радио-

физике¹⁸⁴ и основан на математической аналогии гидродинамических и электродинамических процессов, причем однозначно гидродинамические явления моделируются в терминах электродинамики¹⁸⁴. Именно в силу исторической традиции мы называем этот метод *прямым*.

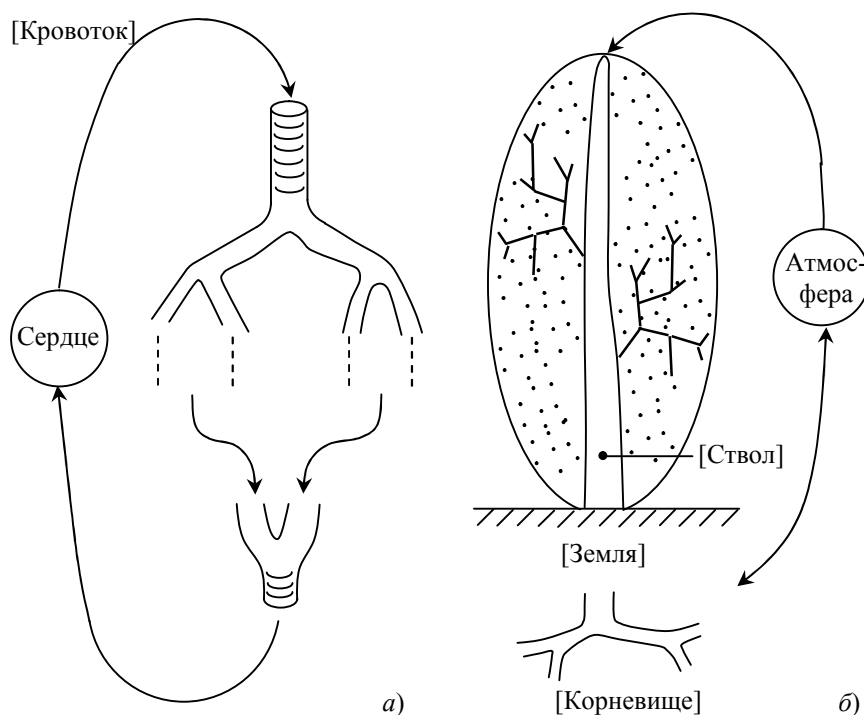


Рис. 2.2. Примеры разветвленных биосистем: сердечно-сосудистая система (а); растение (б)

Метод математической аналогии динамических процессов был интуитивно подготовлен Фарадеем и Томсоном (лордом Кельвиным). Однако именно Максвелл дал строгое научное обоснование метода под влиянием впечатления, полученного при чтении «*Experimental Researches*» («Экспериментальные исследования») Фарадея: «...будучи одаренным физическим воображением сродни воображению Фарадея, он получил очень сильное впечатление от теории силовых линий. В то же время он был силен в математике; и отличительная черта почти всех его исследований состояла в объединении способностей воображения с аналитическими способно-

стями для получения результатов, отражающих двойственную природу. Этот первый научный труд можно рассматривать как попытку связать идеи Фарадея с математическими аналогиями, созданными Томсоном»²⁰⁴ (С. 290).

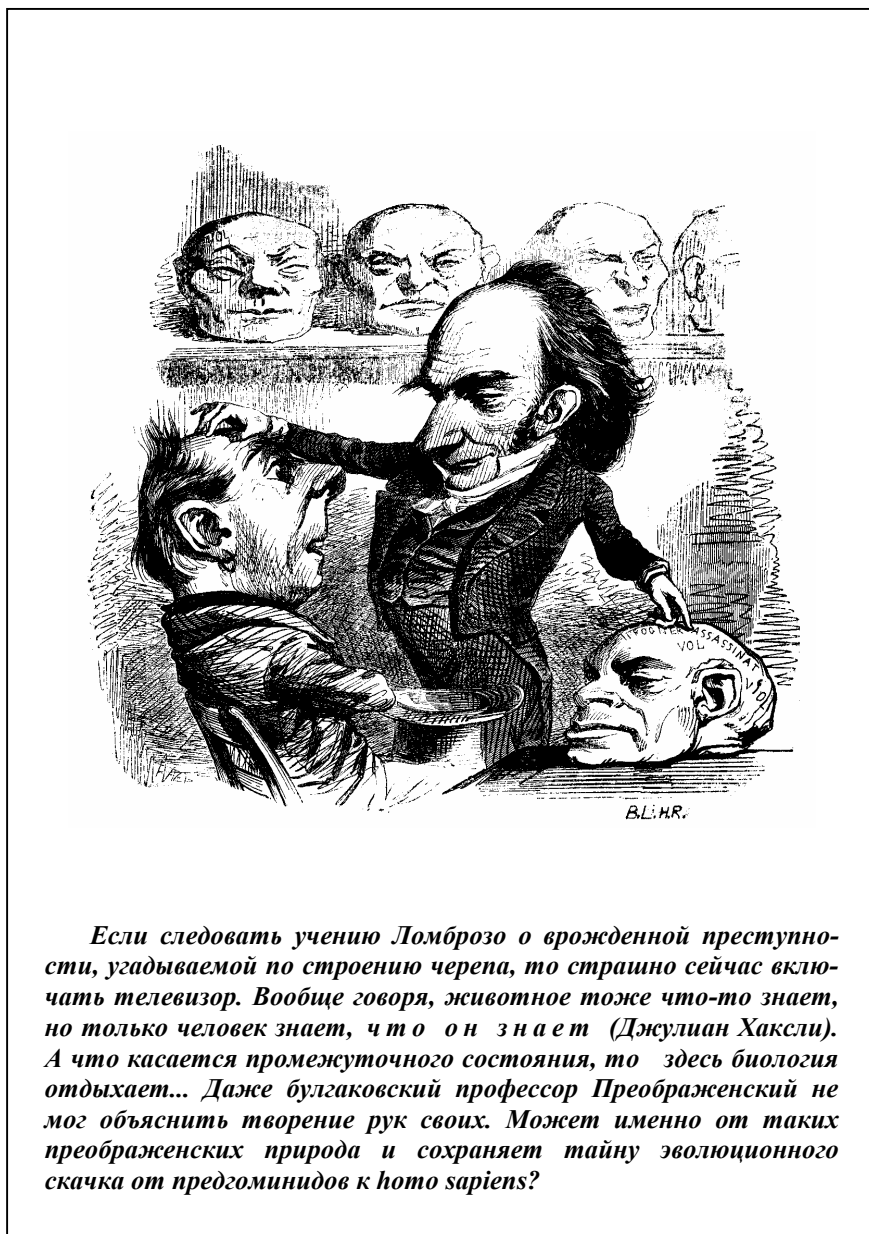
Максвелл за основу аналогии взял силовые линии Фарадея, представляющие линии течения жидкости, причем силовые линии суть направление вектора, величина которого обратно пропорциональна поперечному сечению образуемой линиями трубки. Отметим, что любой вихревой вектор обладает связью между величиной и направлением, в том числе вектор, представляющий скорость в любой области (точке) несжимаемой жидкости. То есть можно ассоциировать вектор магнитной индукции \vec{B} со скоростью такой жидкости. (Здесь и далее теорию Максвелла в части аналогий излагаем по Э. Уиттекеру²⁰⁴.)

В то же время линии течения жидкости можно ассоциировать и с электрическими силовыми линиями, то есть когда скорости жидкости соответствуют (в свободном эфире) вектору \vec{E} . Однако, когда в поле присутствуют диэлектрики, электрическая сила \vec{E} не есть вихревой вектор; в этом случае уравнение $\text{div } \vec{E} = 0$ заменяется уравнением $\text{div}(\epsilon \vec{E}) = 0$. Из последнего следует, что вектор $\epsilon \vec{E}$ является вихревым, то есть вектор $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ и представляется электрическими силовыми линиями Фарадея, то есть по аналогии соответствует скорости несжимаемой жидкости.

При аналогии электрического поля и движения жидкости необходимо ввести источники и стоки, соответствующие электрическим зарядам, ибо вектор \vec{D} не является вихревым в том месте, где находится свободный заряд.

В развитие понятия электрогидродинамической аналогии большой вклад внес и Гельмгольц, пришедший к выводу (1858 г.), что «если магнитное поле, созданное электрическими токами, сравнить с потоком несжимаемой жидкости, так что скорость жидкости представляет магнитный вектор, то электрические токи соответствуют вихревым нитям в жидкости. Эта аналогия связывает многие теоремы гидродинамики и электричества; например, теорема о том, что вновь входящая вихревая нить эквивалентна равномерному распределению диполей по любой поверхности, которую она ограничивает, соответствует теореме Ампера об эквивалентности электрических токов и магнитных листов»²⁰⁴, (С. 293).

В 1861—62 гг. Максвелл создал полную механическую концепцию ЭМП, наиболее существенным моментом которой является утверждение о



вихревой природе магнетизма. За основу он взял идею Фарадея: силовые трубки стремятся сжиматься в продольном направлении и расширяться в поперечном; это обусловлено центробежной силой, приняв, что каждая силовая трубка содержит жидкость, вращающуюся вокруг оси этой трубки. Поэтому, по аналогии, Максвелл утверждал: в любом магнитном поле среда вращается вокруг магнитных силовых линий, а каждая единичная силовая трубка представляется на данный момент как изолированный вихрь. А Томсон еще раньше показал, что энергия любого магнитного поля (неважно, создано оно магнитом или электрическим током) равна²⁰⁴

$$E_{\mu} = \frac{1}{8\pi} \iiint \mu \bar{H}^2 dx dy dz, \quad (2.5)$$

где интеграл берется по всему пространству.

Из (2.5) следует: плотность среды в любой точке отождествляется с параметром μ , а окружная скорость вихрей — с магнитной силой \bar{H} .

Возникающее здесь противоречие проиллюстрировано на рис. 2.3, *a*. Очевидно, что в модели Томсона (рис. 2.3, *a*) вихри на своей окружности движутся противоположно, что делает общее движение прерывистым. Максвелл же прибег к известному механическому устройству с колесом сателлитом (2.3, *b*); кстати, эта модель встречается уже у Бернулли (1736 г.). Это условие аналитически представляется как²⁰⁴

$$4\pi s = \text{rot} \bar{H}, \quad (2.6)$$

где вектор s обозначает поток частиц, так что проекция s_x суть число частиц, переданных за единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению x .



Рис. 2.3. Модель вращающихся вихрей Томсона (*a*) и Максвелла (*b*)

Согласно теории Эрстеда, поток s движущихся частиц, помещенных между соседними вихрями, аналогичен электрическому току.

В современных моделях различают две формы электрогидродинамической аналогии¹⁸⁴: математическим аналогом поля скорости в потоке идеальной жидкости может служить как стационарное электрическое поле в

обтекаемой током однородной проводящей среде (аналогия: $v \Leftrightarrow E$), так и связанное с ним поле плотности тока, то есть аналогия: $v \Leftrightarrow j$. Причем последняя аналогия является наиболее полной.

В табл. 2.1 проведено соответствие электро- и гидродинамических параметров¹⁸⁴.

На поверхности проводника с током касательная составляющая вектора \bar{E} является непрерывной; то есть здесь распределены только источники электрического поля, а на границе движущейся жидкости непрерывна нормальная составляющая скорости; здесь распределены вихри вектора. То есть (см. табл. 2.1 и¹⁸⁴), реальным поверхностным вихрям вектора \bar{v} на границе потока соответствуют только фиктивные вихри вектора \bar{E} второго рода на поверхности обтекаемого током проводника. А вот поле плотности тока (это наиболее интересующий нас момент) *полностью* локализовано в объеме проводника, на поверхности которого существуют реальные вихри вектора \bar{j} , аналогичные вихрям вектора \bar{v} .

Для более адекватного понимания излагаемой в последующих разделах главы теории обратной электрогидродинамической аналогии читатель может получить пояснения из табл. 2.2 и 2.3¹⁸⁴. Далее в качестве основного гидродинамического параметра используем скорость \bar{v} .

Таблица 2.1

Аналогия электро- и гидродинамических параметров (по Г. А. Рязанову¹⁸⁴)

№ пп.	Поле скорости в идеальной жидкости	Поле плотности тока в однородной проводящей среде
1	Скорость течения жидкости \bar{v}	Плотность тока j или линейная плотность тока i : $j = \frac{1}{\rho} \bar{E}; \quad i = \frac{1}{R_s} \bar{E},$ где ρ — удельное сопротивление среды; R_s — удельное поверхностное сопротивление проводящего слоя (см. в [48])
2	Потенциал скорости F течения жидкости	Потенциал вектора j или потенциал вектора i : $\varphi_j = \frac{1}{\rho} \varphi; \quad \varphi_i = \frac{1}{R_s} \varphi$
3	Соотношение между скоростью и ее потенциалом: $\bar{v} = -grad F$	Соотношение между плотностью тока и ее потенциалом: $\bar{j} = -grad \varphi_j; \quad \bar{i} = -grad \varphi_i$
4	$\Delta F = 0$	$\Delta \varphi_j = 0; \quad \Delta \varphi_i = 0$

Т а б л и ц а 2.2

Аналогия магнито- и гидродинамических параметров
(по Г. А. Рязанову¹⁸⁴)

№ пп.	Поле скорости в обратном потоке при поступательном движении тела в неподвижной жидкости или при обтекании неподвижного тела однородным потоком	Переменное магнитное поле при наличии проводящей модели тела и при условии, что внешнее магнитное поле однородно (приближение биосистемы)
1	Скорость течения жидкости \bar{v}	Индукция в соответствующей точке магнитного поля \bar{B}
2	Скорость набегающего потока \bar{v}_0	Индукция внешнего однородного магнитного поля \bar{B}_0
3	Потенциал скорости F : $\Delta F = 0$	B – потенциал в соответствующей точке магнитного поля, определенный относительно соответствующей нулевой точки φ_B : $\Delta \varphi = 0$
4	Соотношение между скоростью и ее потенциалом: $\bar{v} = \text{grad}F$	Соотношение между величинами B и φ_B : $\bar{B} = -\text{grad}\varphi_B$
5	Безразмерная – относительная – скорость v^0 : $v^0 = \frac{v}{v_0}$	Безразмерный вектор \bar{B}^0 в соответствующей точке магнитного поля: $B^0 = \frac{B}{B_0}$
6	Безразмерный потенциал скорости: $F^0 = \frac{F}{v_0 L}$, где L — характерный линейный размер тела	Безразмерный B -потенциал в соответствующей точке магнитного поля: $\varphi_B^0 = \frac{\varphi_B}{B_0 l}$, где l — соответствующий линейный размер модели тела

Т а б л и ц а 2.3

Аналогия электро- и гидродинамических параметров при вращательном движении (по Г. А. Рязанову¹⁸⁴)

№ пп.	Поток, возникающий при вращательном движении тела в идеальной жидкости	Индукционное электрическое поле в круглом объеме, помещенном в однородное переменное магнитное поле
1	Скорость обратного движения жидкости \bar{v}	Напряженность индукционного электрического поля \bar{E}
2	Ротор вектора \bar{v} : $\text{rot}\bar{v} = -2\bar{\omega}$, где $\bar{\omega}$ — угловая скорость вращения тела	Ротор вектора \bar{E} : $\text{rot}\bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}$, где \bar{B} — индукция магнитного поля

Т а б л и ц а 2.3 (окончание)

3	Скорость набегающего потока: $v_0 = -[\bar{\omega} \cdot \bar{R}] = \frac{1}{2} [\text{rot} \bar{v} \bar{R}]$, где \bar{R} — расстояние данной точки потока от оси вращения тела	Напряженность вихревого электрического поля: $\bar{E}_e = \frac{1}{2} [\text{rot} \bar{E} \cdot \bar{r}]$, где \bar{r} — расстояние соответствующей точки проводящей среды от оси круглого объема
4	Скорость вызванного течения жидкости \bar{v}' : $\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{v}'$	Напряженность поля наведенных квазистационарных зарядов \bar{E}'' : $\bar{E} = \bar{E}_e + \bar{E}''$
5	Граничное условие на поверхности тела в вызванном потоке, если ось вращения тела совпадает с осью z: $v'_n = -v_{0n} = [\bar{\omega} \cdot \bar{r}] \bar{n}$	Граничное условие на поверхности модели тела в наведенном потенциальном поле, если вектор $\partial \bar{B} / \partial t$ направлен по оси z: $\bar{E}''_n = -E_{en} + \frac{1}{2} \frac{\partial B}{\partial t} r \cdot \cos(\bar{E}_e, \bar{n})$
6	Потенциал вызванного поля скорости F'	Потенциал наведенных квазистационарных зарядов Φ''
7	Безразмерная скорость обращенного потока: $v^0 = \frac{v}{\omega L_0}$, где L_0 — характерный линейный размер тела	Безразмерная напряженность индукционного электрического поля: $E^0 = \frac{2E}{ \text{rot} \bar{E} l_0}$, где l_0 — соответствующий характерный линейный размер на электрической модели
8	Безразмерный вызванный потенциал: $F'_\omega = \frac{F'}{\omega L_0^2}$	Безразмерный наведенный потенциал: $\Phi''^0 = \frac{z \Phi''}{ \text{rot} \bar{E} l_0^2}$

2.2. Геометрическая теория стационарного движения жидкости в евклидовом пространстве

Как следует из предыдущего параграфа, объектом излагаемой ниже теории является гидродинамика (несжимаемой) жидкости в разветвленных биосистемах (см. рис. 2.2). Определив основные закономерности гидродинамики таких систем, что есть предмет этой главы книги, мы можем их перенести на электродинамику живых систем, используя формальные (см. табл. 2.1—2.3) соотношения.

Гидродинамическая аналогия характерна еще и тем, что дает полезную и наглядную геометрическую интерпретацию, хотя в значительной степени формализованную и абстрагированную. Так, в настоящей главе используются самые современные достижения дифференциальной геометрии, связанные как с задачами, касающимися вопросов дифференциальной геометрии дифференцируемых отображений между различными пространствами, так и с приложениями полученных результатов при описании геометрии движущейся жидкости, а именно для описания геометрии пространства, в котором происходит движение, а также геометрии линий тока векторного поля скорости в рассматриваемой точке системы и ее окрестности.

При таком подходе, когда рассматривается геометрия линий тока скорости, огромная роль принадлежит развитой теории дифференциальной геометрии, основанной на использовании аппарата внешних дифференциальных форм, а также геометрической интуиции, которая играет огромную роль не только в геометрических исследованиях, но и в исследованиях, связанных с применением геометрических теорий при изучении объектов как неживого, так и живого мира.

Рассмотрение геометрии линий тока вектора скорости представляет интерес не только с точки зрения геометрии, но и в исследованиях, которые проводятся по моделированию деятельности как всей биосистемы, так и ее отдельных частей. Описание движения частицы жидкости, а также описание траектории, по которой она движется, позволит оценить состояние как всей системы в целом, так и движение по отдельному сосуду. При этом можно, в некоторой степени, по изменению траектории движения, а также вида движения (турбулентное или ламинарное) рассматривать и состояние сосуда на наличие у него патологических изменений.

При описании геометрии линий тока скорости жидкости важное значение имеет вид пространства, которое соотносится с системой и в котором происходит описание. Здесь следует отметить, что реальная биосистема представляет собой определенное пространство, геометрия которого соотносится с геометрией пространства, которое будем называть пространственной моделью системы и геометрия которого рассматривается в качестве геометрии системы и в котором описывается геометрия линий тока скорости. Следует также отметить, что модельное пространство предлагается исследователем, опираясь на современные знания биосистемы и на знания геометрии данной системы, а также основывается на его владении определенным математическим аппаратом, который используется для решения поставленных задач.

Рассматривая небольшой участок сосуда, можно вести исследования в евклидовом пространстве, так как достаточно малый участок сосуда по сво-

им свойствам близок к данному пространству (нет кривизны и геодезические линии представляют собой прямые линии). Однако уже при рассмотрении довольно большого участка сосуда, а также всей биосистемы, уже не обойтись евклидовым пространством и надо использовать пространство, геометрия которого была бы близка к геометрии реальной системы.

В данной работе рассматривается геометрия системы, которая основывается на основополагающих положениях по геометрии потока идеальной несжимаемой жидкости с использованием аппарата дифференциальных форм (внешней алгебры). Аппарат внешних дифференциальных форм показал свою высокую эффективность в кристаллооптике, механике твердого тела, теории калибровочных полей в квантовой механике и, наконец, в электродинамике.

Моделирование работы биосистемы человека требует определенных аппроксимаций. Адекватность модели при ее использовании в теоретических или практических исследованиях влечет за собой систему допущений. Но последние не должны сводить на нет моделируемые отношения. Для этого существенные свойства и отношения выделяются и при моделировании того или иного процесса или системы должны быть учтены. Не последняя роль при изучении систем должна отводиться и их геометрическим характеристикам. Геометрия изучаемой системы позволит описать не только определенные связи между составляющими частями системы, но и отразить строение и принципы деятельности данной системы.

При моделировании биосистемы человека следует исходить из определенных физиологических предпосылок. Для этого представляем систему как анатомо-физиологическую подсистему организма, выполняющую в совокупности с другими системами следующие основные функции: перенос кислорода, питательных веществ, тепла, углекислого газа, гормонов, передачу колебательных движений и пр. Из существенных функций кровообращения выделяем следующие: транспортные, распределение крови и поддержания определенного уровня давления. В последнее время к транспортным функциям относят и передачу информации непосредственно частицами жидкости, крови, например. Поэтому, например, одной из посылок, которая подвела к исследованию геометрии кровеносной системы человека и отдельных сосудов, послужила важность при исследовании движения крови знание того пути, по которому движутся частицы, переносящие информацию, а также знание свойств того пространства, в котором происходит перенос информации, которая осуществляется кровеносной системой. Перенос информации в организме человека осуществляется тремя основными путями: электромагнитным, с помощью биохимических реакций и, наконец, самый надежный путь — непосредственно передача информации

при взаимодействии веществ. Роль каждого из этих трех путей важна по-своему, но наиболее надежный путь — это третий, когда происходит не только передача информации при взаимодействии веществ, но и подтверждение ранее полученной информации, осуществленной первыми двумя, более быстрыми, путями. Роль кровеносной системы в осуществлении передачи информации третьим путем, безусловно, одна из важнейших. Сущность такой передачи информации состоит в следующем. Частица крови, на какой-либо стадии своего движения, получает информацию, которая может носить самый различный характер. Продвигаясь по кровеносной системе, она взаимодействует с другими частицами, со стенками сосуда и им передает либо часть имеющейся у нее информации, либо может отдать всю информацию. Информация может переноситься частицей крови в виде вещества, энергии, типа движения самой частицы. При этом, различные частицы могут нести одну и ту же информацию, что позволяет ее дублировать и организм имеет возможность реагировать на нее также определенное время и в нужном направлении. Следует также отметить, что информация, передаваемая первыми двумя способами, как правило, подтверждается третьим способом.

В любой сложной биосистеме, имеющей сложно организованную внутреннюю структуру, возможно расщепление системы на две связанные друг с другом подсистемы. Одну из таких подсистем принято называть динамической или силовой, а вторую называют информационной или управляющей подсистемой. Под динамикой понимается обмен импульсом и энергией, а под информатикой подразумевается обмен символами между партнерами, участвующих в процессе информационного взаимодействия. При этом структурные элементы, которые довольно-таки малыми возмущениями (сигналами) значительно влияют на динамику системы, выделяются в структуру уравнениями. Тем самым сложные динамические системы самостоятельно могут выделять в себе две подсистемы. Описание каждой из подсистем будет более полным, если изучено пространство, в котором происходит взаимодействие между подсистемами, а также рассмотрена геометрия линий, по которым осуществляется это взаимодействие.

Таким образом, все вышесказанное говорит о том, что в биосистеме происходит не только внутренняя регулировка ее деятельности, но, в виду того, что эта система связана со всеми частями и системами организма происходит регулировка деятельности всего организма. При этом возникают вопросы, связанные с описанием геометрии тех линий, по которым происходит движение частиц жидкости, переносящих не только энергию и кислород, а также являющихся носителями информации в организме. Таким образом, встает задача о рассмотрении или моделировании геометрии

биосистемы человека. Следует также иметь в виду, что в зависимости от решаемой задачи, будем пользоваться либо евклидовым, либо одним из видов риманова пространства — субпроективным.

Деятельность биосистемы обуславливается деятельностью организма в целом, но в то же время она может быть представлена как независимая, функционально целостная подсистема. Будем также придерживаться следующих допущений: плотность жидкости постоянна ($\rho = const$), что адекватно утверждению: жидкость несжимаема; вязкость ее линейно зависит от скорости, а толщина стенки сосуда мала по сравнению с его внутренним радиусом; стенка сосуда предполагается закрепленной в продольном направлении; толщина и радиус сосуда в нерастянутом состоянии постоянны по длине рассматриваемого участка. Там, где потребуются дополнительные требования или будет нужно более свободное рассмотрение (с меньшими требованиями) будет оговариваться особо (см. рис. 2.2).

Для дальнейших исследований рассмотрим ряд вспомогательных понятий, которые как-то будут характеризовать основные и позволят проследить некоторую аналогию с другими процессами.

Каждый сосуд системы содержит некоторый объем жидкости. Для удобства данный объем обозначим $Q_i(t)$, где индекс i указывает на то, что рассматривается i -ый участок сосуда. Тогда объем определяется $(n-1)$ -им потоком из всех участков в выделенный i -ый (i и j принимают значения от 1 до n):

$$Q_i(t) = Q_i(0) + \int_0^t \sum_{j=1}^n q_{ji}(t) dt, j \neq i, \quad (2.7)$$

где $Q_i(0)$ — начальный объем при $t = 0$. Поток q_{ji} имеет положительное направление, что формализовано в последовательности индексов: вначале j , а потом i .

Стационарное движение жидкости в i -ом участке сосуда можно описать посредством векторного поля $\vec{v}(\vec{r})$, где вектор \vec{r} имеет координаты (x, y, z) в выбранной прямоугольной системе координат. Векторное поле $\vec{v}(\vec{r})$ в каждой точке сосуда определяет скорость частицы жидкости, проходящей через эту точку. Интегральной кривой векторного поля \vec{v} называется кривая:

$$l: R \rightarrow Q_i: t \rightarrow l(t), \quad (2.8)$$

для которой выполняется

$$\partial_t l(t) = \vec{v}(l(t)). \quad (2.9)$$

Пусть $\vec{v}(\vec{r})$ имеет достаточную гладкость. Тогда в каждой точке \vec{r} участка сосуда, то есть при $\vec{r} \in Q_i$, можно найти интегральную кривую $l(t, \vec{r})$, причем такую, что

$$l(\cdot, \vec{r}) : I \rightarrow Q_i : t \rightarrow l(t, \vec{r}), \quad (2.10)$$

где I — отрезок из \mathbb{R} , который содержит точку $t = 0$.

Отображение

$$l(t, \cdot) : Q_i \rightarrow Q_i : \vec{r} \rightarrow l(t, \vec{r}) \quad (2.11)$$

определяет поток, связанный с векторным полем \vec{v} . Чтобы показать, что жидкость движется из j -го участка в i -ый, поток принято обозначать $q_{ji}(t)$.

Потоком в i -ом участке сосуда называется сумма всех потоков из j -ых участков, то есть

$$q_i = \sum_{j=1}^n q_{ji}(t), \quad j \neq i. \quad (2.12)$$

Дифференцируя выражение для Q_i из (2.7), получим уравнение для скорости изменения объема:

$$\frac{dQ_i}{dt} = \sum_{j=1}^n q_{ji}(t), \quad j \neq i. \quad (2.13)$$

Из равенств (2.13) можно сделать вывод: скорость изменения объема в i -ом участке сосуда равна потоку в i -ом участке.

Пусть сосуд имеет форму цилиндра. Для описания медленного течения в таком сосуде гидродинамическое сопротивление — r_i ассоциируют с законом Пуазейля, связывающим величину гемодинамического сопротивления r_i сосуда длиной l_i и радиусом R_i с вязкостью η жидкости:

$$r_i = \frac{8\eta l_i}{\pi R_i^4}.$$

В сосуде с объемным расходом жидкости $\frac{dQ_i}{dt}$ гидродинамическое сопротивление r_i рассеивает мощность:

$$W_i = \left(\frac{dQ_i}{dt}\right)^2 r_i = \left(\sum_{j=1}^n q_{ji}(t)\right)^2 \frac{8\eta l_i}{\pi R_i^4} = q_i^2 \cdot \frac{8\eta l_i}{\pi R_i^4}. \quad (2.14)$$

Гидродинамическое сопротивление характеризует способность участка рассеивать энергию потока, причем тем больше, чем больше поток в участке и чем больше длина участка.

Рассмотрим также понятие индуктивности, которая характеризует кинетическую энергию жидкости в i -ом сосуде, а последняя, в свою очередь, выражается через линейную скорость перемещения жидкости. Пусть по i -ому участку сосуда радиуса R_i и длины l_i течет жидкость плотности ρ . Считая ее невязкой, а также при наличии в сосуде потока с объемным расходом $\frac{dQ_i}{dt}$, столбик жидкости объемом $Q_i = \pi R_i^2 l_i$ имеет линейную скорость перемещения:

$$v_i = \frac{\frac{dQ_i}{dt}}{\pi R_i^2} = \frac{q_i}{\pi R_i^2}.$$

Поскольку жидкость имеет плотность ρ , то в сосуде радиуса R_i и длины l_i движется масса $m_i = \rho Q_i$ со скоростью v_i . Тогда кинетическая энергия в i -ом участке сосуда будет равна

$$W_{ki} = \frac{m_i v_i^2}{2} = \frac{\rho l_i q_i^2}{2 S_i}. \quad (2.15)$$

Введем обозначение:

$$L_i = \frac{\rho l_i}{S_i}, \quad (2.16)$$

которое будем называть индуктивностью.

Окончательно выражение (2.15), с учетом (2.16), примет вид:

$$W_{ki} = \frac{L_i q_i^2}{2}. \quad (2.17)$$

Из (2.17) выразим q_i :

$$q_i^2 = \frac{2W_{ki}}{L_i}.$$

После подстановки последнего равенства в (2.14) получим:

$$W_i' = \frac{2W_{ki}}{L_i} \cdot \frac{8\eta l_i}{\pi R_i^4} = \frac{16\eta l_i}{L_i \pi R_i^4} \cdot W_{ki}. \quad (2.18)$$

Из выражения (2.18) можно заключить, что мощность, рассеиваемая гидродинамическим сопротивлением r_i , прямо пропорциональна кинетической энергии жидкости в i -ом участке сосуда.

Введенные понятия определенным образом будут задействованы при рассмотрении геометрических свойств биосистемы, а также при исследовании геометрии участка сосуда.

Основные понятия и уравнения геометрии биосистемы в трехмерном евклидовом пространстве. Для рассмотрения геометрии биосистемы будем пользоваться нетрадиционными для биологии и электродинамики математическим аппаратом, основанном на методе подвижного репера и внешних дифференциальных форм. Продуктивность данного математического аппарата в других областях естествознания не раз подтверждалось и с большим успехом используется.

Начнем с рассмотрения геометрии отдельного участка некоторого сосуда, основываясь на использовании геометрии трехмерного евклидова пространства с привлечением аппарата внешних дифференциальных форм. По определению дифференциальные формы есть выражения, к которым применяется операция интегрирования. Однако они сравнительно поздно стали использоваться в физических исследованиях (после работ Э. Картана в начале XX века), до этого оставаясь лишь аппаратом дифференциальной геометрии. В самое последнее время этот аппарат привлекает все чаще внимание радиофизиков. Здесь является существенным то, что дифференциальные формы обладают естественной алгебраической структурой в рамках исчисления «расширений», которое более известно как внешняя алгебра.

Существует оператор D — внешняя производная (внешний дифференциал), результатом действия которого на дифференциальные формы являются формы, имеющие порядок на единицу больший. Другое их название — формы Пфаффа. Оператор D заменяет и, в некотором смысле, обобщает известные операторы: ротор, градиент и дивергенцию векторного анализа. В данном случае иллюстрируется возможность применения аппарата дифференциальных форм в гидродинамике, основываясь на подходе С. С. Бюшгенса (см.^{37, 134}).

Рассмотрим аппарат исчисления дифференциальных форм в трехмерном евклидовом пространстве и выведем основные соотношения для гидродинамики. С каждой точкой рассматриваемого пространства свяжем репер и определим его относительно выбранного начала вектором \vec{x} и тремя единичными векторами \vec{e}_A . Заглавные латинские буквы будут принимать

значения от 1 до 3. Инфинитезимальные перемещения репера запишем в виде:

$$d\vec{x} = \omega^A \vec{e}_A; \quad d\vec{e}_A = \omega_A^B \vec{e}_B. \quad (2.19)$$

Формы Пфаффа удовлетворяют уравнениям структуры евклидова пространства:

$$D\omega^A = \omega^B \wedge \omega_B^A; \quad D\omega_B^A = \omega_B^C \wedge \omega_C^A. \quad (2.20)$$

При условии ортогональности рассматриваемого репера ($\omega_A^A = 0$, $\omega_B^A + \omega_A^B = 0$) введем следующие обозначения:

$$\omega_2^3 = -\omega_3^2 = p_A \omega^A = p, \quad \omega_3^1 = -\omega_1^3 = q_A \omega^A = q, \quad \omega_1^2 = -\omega_2^1 = r_A \omega^A = r$$

Вектор $\vec{\Omega} = p\vec{e}_1 + q\vec{e}_2 + r\vec{e}_3$ является вектором мгновенного вращения репера для выбранного перемещения $d\vec{x}$ его вершины. Для ортонормированного репера, с учетом введенных обозначений, уравнения (2.19) и (2.20) будут иметь вид:

$$\begin{aligned} d\vec{e}_1 &= r\vec{e}_2 - q\vec{e}_3; \quad d\vec{e}_2 = p\vec{e}_3 - r\vec{e}_1; \quad d\vec{e}_3 = q\vec{e}_1 - p\vec{e}_2; \\ D\omega^1 &= r \wedge \omega^2 - q \wedge \omega^3; \quad D\omega^2 = p \wedge \omega^3 - r \wedge \omega^1; \quad D\omega^3 = q \wedge \omega^1 - p \wedge \omega^2; \\ Dp &= r \wedge q; \quad Dq = p \wedge r; \quad Dr = q \wedge p. \end{aligned}$$

Если градиент функции φ представить по взаимным векторам \vec{e}^{-A} выбранной основной тройки в виде:

$$\text{grad} \varphi = A_A \vec{e}^{-A},$$

тогда будут верны следующие равенства:

$$A_A \vec{e}^{-A} d\vec{x} \equiv d\varphi; \quad A_A \omega^A \equiv d\varphi. \quad (2.21)$$

Умножая соотношение (2.21) внешним образом поочередно на $\omega^2 \wedge \omega^3$, $\omega^3 \wedge \omega^1$, $\omega^1 \wedge \omega^2$, определим коэффициенты A_A :

$$A_1 = \frac{d\varphi \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}; \quad A_2 = \frac{d\varphi \wedge \omega^3 \wedge \omega^1}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}; \quad A_3 = \frac{d\varphi \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}.$$

С учетом последних равенств, выражение для градиента функции через $d\varphi$ и базисные формы Пфаффа:

$$\text{grad} \varphi = \frac{\vec{e}^{-1} d\varphi \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + \vec{e}^{-2} d\varphi \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + \vec{e}^{-3} d\varphi \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}. \quad (2.22)$$

Обозначим через $d\tau$ элемент объема, а через $d\vec{\sigma}$ — вектор элемента поверхности. Дивергенцию некоторого вектора \vec{v} определим по теореме Гаусса-Остроградского:

$$\iiint \operatorname{div} \vec{v} d\tau = \iint \vec{v} d\vec{\sigma}, \quad (2.23)$$

применив ее к объему параллелепипеда, образованного в некоторой точке пространства векторами трех произвольных перемещений $d_1\vec{x}$, $d_2\vec{x}$, $d_3\vec{x}$. В этом случае элемент объема можно записать в виде:

$$d\tau = d_1\vec{x} \wedge d_2\vec{x} \wedge d_3\vec{x} = \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \vec{e}_1 \vec{e}_2 \vec{e}_3, \quad (2.24)$$

а элемент поверхности в точке x , образованный векторами $d_2\vec{x}$ и $d_3\vec{x}$, будет равен:

$$d\vec{\sigma}_{23} = [d_2\vec{x}, d_3\vec{x}],$$

где квадратные скобки обозначают векторное произведение. Тогда элемент поверхности в точке $\vec{x} + d_1\vec{x}$ будет равен

$$d\vec{\sigma}_{23} + d_1(d\vec{\sigma}_{23}).$$

Для замкнутой поверхности, ограничивающей элемент объема, имеем:

$$\begin{aligned} d\vec{\sigma}_{23} + d_1(d\vec{\sigma}_{23}) + d\vec{\sigma}_{32} + d\vec{\sigma}_{31} + d_2(d\vec{\sigma}_{31}) + d\vec{\sigma}_{13} + d\vec{\sigma}_{12} + d_3(d\vec{\sigma}_{12}) + \\ + d\vec{\sigma}_{21} = \vec{0}, \end{aligned}$$

откуда следует, что

$$d_1(d\vec{\sigma}_{23}) + d_2(d\vec{\sigma}_{31}) + d_3(d\vec{\sigma}_{12}) = \vec{0}. \quad (2.25)$$

Развертывая соотношение (6.23) для объема $d\tau$, после упрощения получим:

$$\operatorname{div} \vec{v} d\tau = d_1\vec{v} \wedge d_2\vec{x} \wedge d_3\vec{x} + d_2\vec{v} \wedge d_3\vec{x} \wedge d_1\vec{x} + d_3\vec{v} \wedge d_1\vec{x} \wedge d_2\vec{x}. \quad (2.26)$$

Раскладывая вектор \vec{v} по векторам базиса, получим:

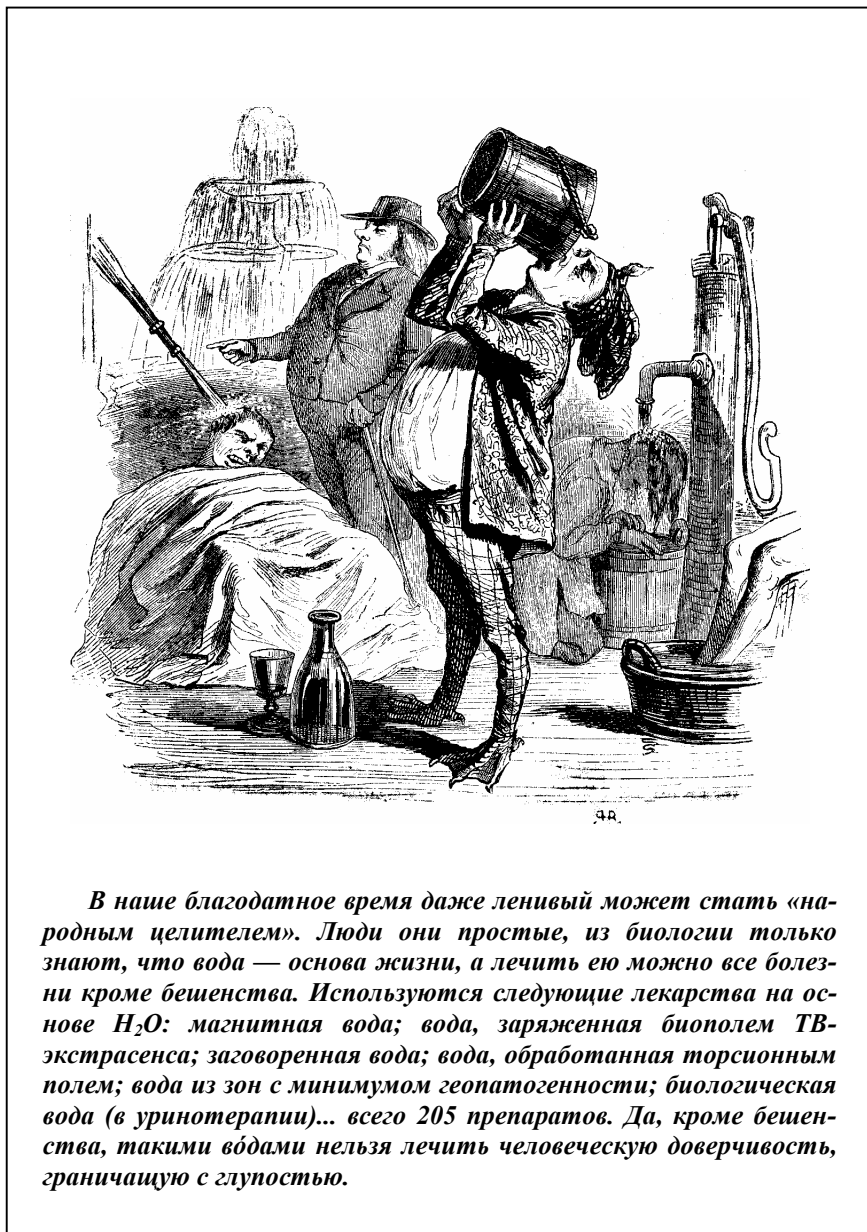
$$\vec{v} = v^A \vec{e}_A, \quad (2.27)$$

а также дифференцируя (2.27) и используя второе уравнение (2.19), будем иметь:

$$d\vec{v} = (dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A,$$

с учетом этого формула (2.26) примет вид матричного уравнения. Сделав в нем перегруппировку членов, получим соотношение:

$$\begin{aligned} \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \operatorname{div} \vec{v} = (dv^1 + v^B \omega_B^1) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (dv^2 + v^B \omega_B^2) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + \\ + (dv^3 + v^B \omega_B^3) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2. \end{aligned} \quad (2.28)$$



В наше благодатное время даже ленивый может стать «народным целителем». Люди они простые, из биологии только знают, что вода — основа жизни, а лечить ею можно все болезни кроме бешенства. Используются следующие лекарства на основе H_2O : магнитная вода; вода, заряженная биополем ТВ-экстрасенса; заговоренная вода; вода, обработанная торсионным полем; вода из зон с минимумом геопатогенности; биологическая вода (в уринотерапии)... всего 205 препаратов. Да, кроме бешенства, такими водами нельзя лечить человеческую доверчивость, граничащую с глупостью.

Для ортогонального репера формула (2.28) примет вид:

$$\begin{aligned} \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \operatorname{div} \bar{v} &= (dv^1 - v^2 r + v^3 q) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (dv^2 - v^3 p + v^1 r) \wedge \\ &\wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (dv^3 - v^1 q + v^2 p) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2. \end{aligned}$$

Рассуждая по аналогии, можно найти выражение для ротора некоторого вектора \bar{v} , исходя из соотношения:

$$\iiint \operatorname{rot} \bar{v} d\tau = -\oint\!\!\!\oint [\bar{v}, d\bar{\sigma}]. \quad (2.29)$$

Применяя формулу (2.29) к объему из соотношения (2.24), учитывая равенство (2.25), а также произведя понятные преобразования, получим выражение для ротора:

$$\operatorname{rot} \bar{v} d\tau = -\bar{e}_A \omega^A \wedge \omega^B \wedge (dv^C + v^L \omega_L^C) (\bar{e}_B \bar{e}_C). \quad (2.30)$$

Из равенства (2.30) получим соотношение для ортогонального репера:

$$\begin{aligned} -\operatorname{rot} \bar{v} d\tau &= \bar{e}_1 (\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 - v^3 p + v^1 r) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 - v^1 q + v^2 p)) + \\ &+ \bar{e}_2 (\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 - v^1 q + v^2 p) + \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 - v^2 r + v^3 q)) + \bar{e}_3 (\omega^3 \wedge \\ &\wedge \omega^1 \wedge (dv^1 - v^2 r + v^3 q) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 - v^3 p + v^1 r)) \end{aligned} \quad (2.31)$$

Таким образом, показано существование тесной связи внешних дифференциалов с операторами векторного анализа: градиентом, дивергенцией и ротором.

Более формально приведенные выше рассуждения можно провести следующим образом. Рассмотрим скалярную функцию f такую, что

$$f: R^3 \rightarrow R: x = (x^1, x^2, x^3) \rightarrow f(x).$$

В этом случае дифференциал функции f представляет собой 1-форму, которая будет иметь следующий вид:

$$df = f_A dx^A, \quad (2.32)$$

где f_A — частная производная от f по координате x^A . Дифференциал p -формы $\alpha = \sum a_j(x) dx^j$, $j \in J_p$ по определению представляет собой $(p+1)$ -форму:

$$d\alpha = \sum da_j(x) \wedge dx^j, \quad (2.33)$$

где $da_j(x)$ следует вычислять согласно (2.32), а затем упростить по типу соотношения (2.33), применяя правила внешней алгебры.

Рассмотрим применение операции внешнего дифференцирования к функциям и дифференциальным формам в пространстве E^3 , используя систему координат (x, y, z) . Для функции $f(x, y, z)$ уравнение (2.32) принимает вид:

$$df = f_x dx + f_y dy + f_z dz.$$

Ассоциированным с df вектором является

$$\bar{odf} = \bar{df} = f_x \bar{\partial}_x + f_y \bar{\partial}_y + f_z \bar{\partial}_z, \quad (2.34)$$

где \bar{o} — инволютивный оператор надчеркивания.

В ассоциированном векторе (2.34) распознается градиент функции f . Дифференциал 1-формы $\alpha = xdx + ydy + zdz$ представляет собой 2-форму:

$$d\alpha = (z_y - y_z)dy \wedge dz + (x_z - z_x)dz \wedge dx + (y_x - x_y)dx \wedge dy,$$

коэффициенты которой совпадают с компонентами ротора вектора $\bar{\alpha} = \bar{o}\alpha$, ассоциированного с 1-формой α .

Пусть $*$ — оператор, определяемый для вектора \bar{e}_j , где $j \in J = \{1, 2\}$, а $K = \dim E^3 - J$ следующим образом:

$$*\bar{e}_j = (-1)^{s(K)} (-1)^\sigma \bar{e}_K,$$

где K — дополнение к J , а $(-1)^\sigma = 1$ для четной перестановки и $(-1)^\sigma = -1$ для нечетной.

Используя оператор $*$, переведем $d\alpha$ в 1-форму вида $*d\alpha = (z_y - y_z)dx + (x_z - z_x)dy + (y_x - x_y)dz$, а затем преобразуя ее в вектор $*d\alpha$, получим соотношение: $rot \bar{\alpha} = *\bar{d}\alpha$. Дифференциал 2-формы $\beta = Udy \wedge dz + Vdz \wedge dx + Wdx \wedge dy$ после упрощения представляет собой 3-форму:

$$d\beta = (U_x + V_y + W_z)dx \wedge dy \wedge dz,$$

коэффициент которой является дивергенцией вектора $*\bar{\beta} = U\bar{\partial}_x + V\bar{\partial}_y + W\bar{\partial}_z$, ассоциированного с формой $*d\beta = div *\bar{\beta}$.

Определив связь дифференциальных форм с операторами векторного анализа, перейдем к построению уравнений гидродинамики. Соотношения (2.22), (2.26) и (2.30) позволяют преобразовывать основные уравнения гидродинамики, относя стационарный поток, представляемый в качестве несжимаемой жидкости, к произвольно выбранному реперу.

Уравнение неразрывности потока жидкости имеет вид:

$$\begin{aligned} (dv^1 - v^2 r + v^3 q) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (dv^2 - v^3 p + v^1 r) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + \\ + (dv^3 - v^1 q + v^2 p) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = 0. \end{aligned} \quad (2.35)$$

Если вектор \bar{e}_3 будет касательным к линии тока, то

$$\bar{v} = v\bar{e}_3. \quad (2.36)$$

В этом случае из (2.35) получаем эквивалентные соотношения:

$$\frac{dv}{v} \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = (p_2 - q_1) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3,$$

$$\text{или} \quad \left(\frac{d \ln v}{ds} \right)_{\substack{\omega^1=0 \\ \omega^2=0}} = p_2 - q_1, \quad (2.37)$$

где $\omega^3 = ds$. Величина $p_2 - q_1$ есть средняя кривизна линий тока. Таким образом, из уравнения (2.37) следует, что в каждой точке потока логарифмическая производная от величины скорости по направлению линии тока равна средней кривизне конгруэнции линий тока. Конгруэнцию линий, для которой $p_2 - q_1 = 0$, назовем минимальной конгруэнцией.

Из уравнения (2.37) получим, что если величина скорости потока постоянна вдоль каждой линии тока, то конгруэнция линий тока есть минимальная конгруэнция.

Вектор \vec{v} есть вихревой вектор, для которого справедливо соотношение:

$$\vec{v} = \frac{1}{2} \text{rot} \vec{v} = \frac{1}{2} v^A \vec{e}_A, \quad (2.38)$$

тогда из формулы (2.31) будут определяться компоненты вихря:

$$\begin{aligned} -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 v^1 &= \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 - v^3 p + v^1 r) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge \\ &\wedge (dv^3 - v^1 q + v^2 p); \\ -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 v^2 &= \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 - v^1 q + v^2 p) + \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge \\ &\wedge (dv^1 - v^2 r + v^3 q); \\ -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 v^3 &= \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 - v^2 r + v^3 q) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge \\ &\wedge (dv^2 - v^3 p + v^1 r). \end{aligned} \quad (2.39)$$

Пусть имеет место представление вектора скорости в виде (2.36). В этом случае соотношения (2.39) примут вид:

$$\begin{aligned} -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 v^1 &= -vp_3 \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge dv; \\ -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 v^2 &= \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge dv + vq_3 \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge \omega^3; \\ -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 v^3 &= vq_2 \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 - vp_1 \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge \omega^1. \end{aligned}$$

Представляя дифференциал от скорости в виде $dv = v_A \omega^A$, получим:

$$\begin{aligned} v^1 &= vp_3 - v_3 \\ v^2 &= vq_3 - v_1 \\ v^3 &= -v(p_1 + q_2) \end{aligned} \quad (2.40)$$

Из первых двух равенств (2.40) видно, что сумма производных от величины скорости по направлению линии тока и направлению, определяемую формой ω^1 , равна сумме первой и второй компонентам вихревого вектора, взятых с противоположным знаком, а также произведению величины скорости на сумму $p_3 + q_3$, то есть

$$v_1 + v_3 = -(v^1 + v^2) + v(p_3 + q_3).$$

Из последнего соотношения (2.40) получим равенство:

$$\frac{v^3}{v} = -(p_1 + q_2).$$

Полная кривизна K и гауссова кривизна K_g конгруэнций линий, касательными к которым является вектор \vec{e}_3 , задаются соотношениями:

$$K = p_1q_2 - p_2q_1; K_g = p_1q_2 - p_2q_1 - \frac{1}{4}(p_1 + q_2)^2.$$

Из последних равенств получаем: $\sqrt{K - K_g} = \frac{1}{2}|p_1 + q_2|$. Таким образом, отношение проекции вихря на касательную линии тока к величине скорости есть некоторый инвариант, определенным образом связанный с полной и гауссовой кривизной конгруэнции линий тока.

Так как движение жидкости происходит при действии силы тяжести, то можно принять, что внешние силы \vec{F} , действующие на частицы жидкости, консервативны, то есть имеют потенциал U такой, что $\vec{F}d\vec{x} = -dU$.

Величину $H = \frac{1}{2}v^2 + U + \frac{p}{\rho}$, по аналогии, назовем полной энергией частицы жидкости. Тогда имеем:

$$\text{grad } H = 2[\vec{v}, \vec{v}], \quad (2.41)$$

где квадратные скобки обозначают векторное произведение векторов скорости жидкости и вихревого вектора.

После умножения обеих частей равенства (2.41) скалярно на $d\vec{x}$, получим:

$$dH = 2\vec{v}d\vec{x} \quad (2.42)$$

или

$$dH = \begin{vmatrix} v^1 & v^1 & \omega^1 \\ v^2 & v^2 & \omega^2 \\ v^3 & v^3 & \omega^3 \end{vmatrix}. \quad (2.43)$$

Правая часть равенства (2.42) обращается в нуль для перемещений, направления которых совпадают либо с направлением скорости, либо с направлением вихря, либо же с любым направлением, компланарным первым двум. Все эти перемещения лежат на поверхностях семейства так называемой «постоянной энергии» ($H = const$). На этих поверхностях располагаются все линии тока и все вихревые линии, если последние существуют. Здесь следует иметь в виду, что, в основном, жидкость в биосистемах движется ламинарно, то есть с отсутствием элементов завихрений, что приводит к отсутствию вихревых линий. Но в определенных участках турбулентное движение присутствует и это приводит к более богатой геометрической картине. Поэтому с точки зрения геометрии более интересным является случай турбулентного движения.

На поверхностях «постоянной энергии» располагаются все линии тока и все вихревые линии. В случае безвихревого потока, как видно из (2.41), функция H также будет постоянна. Геометрия семейства поверхностей постоянной полной энергии для трехмерного евклидова пространства рассматривалась в работе С. С. Бюшгенса (см.³⁷), где рассмотрены необходимые и достаточные условия постоянства величины скорости потока на каждой поверхности полной энергии. А также в предположении постоянства скорости на каждой поверхности полной энергии определяется семейство последних таким образом, чтобы можно было построить на ней бесконечное множество конгруэнций линий тока. Рассматривается также случай, когда определяется поток, для которого семейство поверхностей полной энергии, некоторое семейство поверхностей токов, а также семейство вихревых поверхностей образуют тройно-ортогональную систему.

В данном случае гидродинамические уравнения Гельмгольца можно записать одним векторным соотношением:

$$(\vec{v} \text{ grad})\vec{v} = (\vec{v} \text{ grad})\vec{v},$$

где скобками обозначено скалярное произведение вектора на оператор «набла».

Развертывая эти скалярные произведения по формулам (2.22), получим:

$$2\Theta_{\vec{v}}d\vec{v} = \Theta_{\vec{v}}d\vec{v}, \quad (2.44)$$

где через $\Theta_{\vec{v}}$ и $\Theta_{\vec{v}}$ обозначены билинейные внешние формы:

$$\Theta_{\vec{v}} = v^1\omega^2 \wedge \omega^3 + v^2\omega^3 \wedge \omega^1 + v^3\omega^1 \wedge \omega^2;$$

$$\Theta_{\vec{v}} = v^1\omega^2 \wedge \omega^3 + v^2\omega^3 \wedge \omega^1 + v^3\omega^1 \wedge \omega^2.$$

Дифференцируя равенства (2.38), получим:

$$2d\vec{v} = (dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A,$$

то есть уравнение (2.44) распадается на три обобщенных уравнения Гельмгольца:

$$\Theta_{\vec{v}}(dv^C + v^B \omega_B^C) = \Theta_{\vec{v}}(dv^C + v^B \omega_B^C).$$

Для ортогонального репера получим три соответствующих уравнения:

$$\Theta_{\vec{v}}(dv^1 - v^2 r + v^3 q) = \Theta_{\vec{v}}(dv^1 - v^2 r + v^3 q);$$

$$\Theta_{\vec{v}}(dv^2 - v^3 p + v^1 r) = \Theta_{\vec{v}}(dv^2 - v^3 p + v^1 r);$$

$$\Theta_{\vec{v}}(dv^3 - v^1 q + v^2 p) = \Theta_{\vec{v}}(dv^3 - v^1 q + v^2 p).$$

При исследовании стационарного потока жидкости можно освободиться от динамических элементов, сохраняя только кинематические и геометрические элементы. На этом пути возможны два способа: а) в рассмотрение вводится семейство поверхностей, на которых располагаются линии тока и вихревые линии; б) используются уравнения Гельмгольца как условия интегрируемости уравнения (2.43).

Приведенные рассуждения также можно изложить более формализовано, а именно.

Стационарное движение жидкости в пространстве E^3 можно описать с помощью векторного поля $\vec{v}(\vec{r})$, которое в каждой точке $\vec{r} \in E^3$ задает скорость частицы жидкости, проходящей через эту точку. Интегральной кривой или линией тока поля \vec{v} будет кривая

$$\gamma: R \rightarrow E: t \mapsto \gamma(t),$$

для которой $\partial_t \gamma(t) = \vec{v}(\gamma(t))$. Если $\vec{v}(\vec{r})$ имеет достаточную гладкость, то в каждой точке \vec{r} можно найти интегральную кривую $\gamma(t, \vec{r})$ такую, что

$$\gamma(\cdot, \vec{r}): I \rightarrow E^3: t \mapsto \gamma(t, \vec{r}): O \mapsto \vec{r},$$

где I — отрезок в пространстве.

Отображение $\gamma(t, \cdot): E^3 \rightarrow E^3: \vec{r} \mapsto \gamma(t, \vec{r})$ определяет поток, связанный с векторным полем \vec{v} , который можно обозначить как v^t . Исходя из задания в E^3 потока v^t и скалярной функции

$$f: E^3 \rightarrow R: \vec{r} \mapsto f(\vec{r}),$$

целесообразно рассмотреть функцию

$$(v^t)^* f: R \rightarrow R: t \mapsto f(v^t(\vec{r})),$$

где правая часть представляет собой значение функции f , наблюдаемое в переносимой точке $\vec{r}_t = v^t(\vec{r})$. Производная этой функции при $t=0$ называется производной Ли $L_v f$ функции f . Можно провести дальнейшее обобщение и определить производную вдоль потока для функций, не являющихся скалярными, например, для тензоров любого типа. Предел при $t \rightarrow 0$ для отношения разности значений рассматриваемой величины в момент времени t и $t=0$ к величине временного промежутка t есть производная Ли от тензора.

В точке \vec{r} пространства E^3 производная Ли от формы α есть дифференциальная форма:

$$(L_v \alpha)_r = \partial_{t/0} (v^t)^* \alpha. \quad (2.45)$$

Если α является p -формой, то уравнение (2.45) можно проинтегрировать по p -мерной области D , которая переносится потоком и описывается соотношением $D_t = v^t D$. В итоге получим соотношение

$$\partial_{t/0} (\alpha | D_t) = (L_v \alpha) | D, \quad (2.46)$$

выражающее скорость изменения в момент времени $t=0$ интеграла от α по перемещающейся области D . Имеет место соотношение

$$L_v \alpha = d(\alpha | v) + (d\alpha) | v. \quad (2.47)$$

С помощью теоремы Стокса уравнения (2.46), (2.47) преобразуются к виду:

$$\partial_{t/0} (\alpha | D_t) = ((d\alpha) | v) | D + (\alpha | v) | \partial D. \quad (2.48)$$

Последняя формула содержит и обобщает основные формулы векторного анализа, относящиеся к интегрированию по областям размерности от 1 до 3. В двумерном случае (2.48) соответствует теореме Гельмгольца для векторного потока.

Выше приведены рассуждения, причем их последняя часть, приведены в качестве пути, с помощью которого можно исследовать поток жидкости. Данный подход в этом исследовании не используется, а приводится в качестве примера пути, которым могут проводиться исследования.

Поверхности полной энергии в гидродинамике. В данном разделе, как и в предыдущем, предполагается, что жидкость движется в части сосуда, а это позволяет вести исследования в трехмерном евклидовом пространстве. Исследования, как и прежде, ведутся с использованием аппарата внешних дифференциальных форм. Причем, считается, что поток является вихревым. То есть движение жидкости носит турбулентный характер. Вводится функция H , которая рассматривалась также в предыдущем разделе и ко-

торая аналогична функции Бернулли. То семейство поверхностей, на каждой из которых располагается одно семейство линий тока и одно семейство вихревых линий, а также функция H принимает постоянное значение, будем называть поверхностями постоянной полной энергии. Рассматриваются такие поверхности и их свойства, которые используются для описания геометрии движения жидкости в трехмерном евклидовом пространстве, а отсюда и движение жидкости по участку биосистемы.

Для рассмотрения геометрии движущейся жидкости по части сосуда привлекается аппарат векторных полей, то есть теория векторных полей находит свое приложение в геометрии движущейся жидкости. Рассматриваем также геометрические свойства поля скоростей частиц движущейся жидкости; как следует из метода Эйлера, движение описывается заданием скоростей \vec{v} частиц как функции времени t и координат x, y, z точек пространства, где находятся эти частицы. Зададим поле скоростей следующим образом:

$$\vec{v} = \vec{v}(x, y, z, t). \quad (2.49)$$

Репер выбираем таким образом, что вектор \vec{e}_3 направлен по касательной линии тока или интегральной линии вектора скорости жидкости, то есть

$$\vec{v} = v\vec{e}_3, \quad (2.50)$$

где v — величина скорости.

Величины x, y, z, t называют переменными Эйлера. Поле скоростей называется стационарным, если оно не зависит от времени t . В противном случае векторное поле называется нестационарным.

Рассматривая движение жидкости в биосистеме, мы, в основном, рассматриваем уже установившееся движение, которое в части сосуда происходит по одним и тем же траекториям. То есть подходить к изучению движения жидкости можно как к установившемуся стационарному потоку. Исключение может составлять только то место сосуда, в котором произошло патологическое изменение, которое способствуют не только местному развитию турбулентности сразу же за пределами того участка, где диаметр сосуда уменьшен, но дальнейшее уменьшение диаметра приводит к изменению потока и к изменению турбулентного движения. В этом случае происходит нарушение стационарности движения жидкости. Здесь, конечно, не затрагиваются внешние воздействия или внешние вмешательства, которые приводят к нарушению герметичности стенок сосудов, а это также приводит к нарушению стационарности потока жидкости в биосистеме.

В качестве векторного поля, исходя из формулы (2.50), будем рассматривать поле вектора \vec{e}_3 , который является базисным вектором репера $R_x = \{x, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\}$, связанного с каждой точкой x рассматриваемой области евклидова пространства E^3 , через которую проходит поток и которая находится внутри рассматриваемого участка сосуда. Причем модуль вектора \vec{e}_3 равен 1 и этот вектор ортогонален двум оставшимся базисным векторам \vec{e}_1 и \vec{e}_2 .

По принятой уже терминологии линии при заданном времени t , касающиеся в каждой точке (x, y, z) вектора скорости $\vec{v}(x, y, z, t)$, называются линиями тока. Выбранная частица при движении описывает траекторию, которая в каждый момент времени t в любой точке пространства $E^3 - (x, y, z)$, находящейся внутри рассматриваемого участка сосуда, касается вектора скорости $\vec{v}(x, y, z, t)$. Так как рассматривается стационарный поток, то переменную t можно не учитывать. Также для стационарного поля скоростей жидкости линии тока совпадают с траекториями движения частиц, чего нельзя утверждать для нестационарного поля, так как линии тока для него определяются для каждого конкретного момента времени. Поскольку жидкость представляется идеальной несжимаемой, то поле скоростей \vec{v} удовлетворяет системе уравнений, установленной Эйлером для жидкости:

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{v} &= 0 \quad \text{— уравнение несжимаемости;} \\ \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \nabla_{\vec{v}} \vec{v} &= F - \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} p \quad \text{— уравнение в напряжениях (уравнение Эйлера),} \end{aligned} \quad (2.51)$$

где приняты следующие обозначения: $\nabla_{\vec{v}}$ — производная вдоль вектора \vec{v} ; F — плотность объемных сил; ρ — плотность жидкости. Параметр p , который является функцией координат и времени, назовем гидродинамическим давлением. Гидродинамическое давление характеризует действие сил на бесконечно малую площадь, взятую в участке сосуда в фиксированный момент времени и в фиксированной точке. Система (2.51) является системой четырех уравнений для четырех функций: три координаты вектора скорости \vec{v} и p . Также рассматривается случай, когда объемные силы имеют потенциал: $\vec{F} = -\operatorname{grad} U$. Где эти условия не выполняются, будет оговорено особо.

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \text{grad} \left(\frac{\vec{v}^2}{2} + \frac{p}{\rho} + U \right) + [\text{rot} \vec{v}, \vec{v}] = \vec{0},$$

где функция $H = \frac{\vec{v}^2}{2} + \frac{p}{\rho} + U$ называется функцией Бернулли.

Для стационарного поля скоростей движения имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \text{div} \vec{v} &= 0; \\ \text{grad} H &= [\vec{v}, \text{rot} \vec{v}]. \end{aligned} \quad (2.52)$$

Выясним геометрические свойства поля \vec{e}_3 , задающего направление скорости для стационарного поля скоростей жидкости. Первое из уравнений (2.52) дает:

$$\text{div} \vec{v} = v \text{div} \vec{e}_3 + (\vec{e}_3, \text{grad} v) = 0.$$

Обозначив через $ds = \omega^3$ и через $\frac{d}{ds}$ производную по направлениям интегральных линий поля \vec{e}_3 , получим:

$$\vec{v} \text{div} \vec{e}_3 + \left(\vec{e}_3, \frac{dv}{ds} \vec{e}_3 \right) = 0$$

или

$$v \text{div} \vec{e}_3 + \frac{dv}{ds} = 0.$$

Окончательно получим:

$$\text{div} \vec{e}_3 = -\frac{d \ln v}{ds}. \quad (2.53)$$

С учетом (2.37) имеем:

$$\text{div} \vec{e}_3 = -(p_2 - q_1). \quad (2.54)$$

Так как $(p_2 - q_1)$ есть средняя кривизна линий тока или интегральных линий векторного поля \vec{e}_3 , то из уравнения (2.54) следует, что $\text{div} \vec{e}_3$ в каждой точке потока равна средней кривизне конгруэнции линий тока, взятой с противоположным знаком. Справедлива

Теорема 2.1. Величина $\text{div} \vec{e}_3$ в каждой точке потока жидкости равна средней кривизне конгруэнции линий тока с точностью до знака.

Следствие. Величина $\text{div} \vec{e}_3$ равна нулю тогда и только тогда, когда конгруэнция линий тока является минимальной конгруэнцией.

Из следствия следует, что в случае минимальной конгруэнции линий тока векторное поле \vec{e}_3 является соленоидальным.

Далее, рассмотрим более подробно второе уравнение системы (2.52). Для этого проанализируем соотношение:

$$\text{rot}(\vec{v}\vec{e}_3) = v\text{rot}\vec{e}_3 + [\text{grad } v, \vec{e}_3],$$

которое подставим во второе уравнение системы (2.52):

$$\begin{aligned} \text{grad } H &= [\vec{v}\vec{e}_3, v\text{rot}\vec{e}_3 + [\text{grad } v, \vec{e}_3]] = v^2[\vec{e}_3, \text{rot}\vec{e}_3] + [\vec{v}\vec{e}_3, [\text{grad } v, \vec{e}_3]] = \\ &= v^2[\vec{e}_3, \text{rot}\vec{e}_3] - v((\vec{e}_3, \text{grad } v)\vec{e}_3 - \text{grad } v) = v^2[\vec{e}_3, \text{rot}\vec{e}_3] - v(-\vec{v}\vec{e}_3 \text{div}\vec{e}_3 - \\ &- \text{grad } v) = v^2[\vec{e}_3, \text{rot}\vec{e}_3] + v^2\vec{e}_3 \text{div}\vec{e}_3 + v \text{grad } v. \end{aligned}$$

Отсюда имеем:

$$\text{grad } H = v^2[\vec{e}_3, \text{rot}\vec{e}_3] + v^2\vec{e}_3 \text{div}\vec{e}_3 + v \text{grad } v. \quad (2.55)$$

Согласно соотношению (2.31) при условии, что $\vec{v} = \vec{v}\vec{e}_3$, запишем:

$$\begin{aligned} -\text{rot}(\vec{v}\vec{e}_3)d\tau &= \vec{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (-vp) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv)) + \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge dv + \\ &+ \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (vq)) + \vec{e}_3(\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (vq) - \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (vp)). \end{aligned}$$

Последнее равенство перепишем в следующем виде:

$$\begin{aligned} -\text{rot}(\vec{v}\vec{e}_3)\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 &= \vec{e}_1(-v\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (p_3\omega^3) + \\ &+ \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv)) + \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv) + \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (vq_3\omega^3) + \\ &+ \vec{e}_3(v\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (q_2\omega^2) - \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (vp_1\omega^1)). \end{aligned}$$

В случае ортонормированного репера имеем $\vec{e}_1\vec{e}_2\vec{e}_3 = 1$, а с учетом формул (2.53) и (2.54) будем иметь:

$$\begin{aligned} -\text{rot}(\vec{v}\vec{e}_3)\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 &= \vec{e}_1(-vp_3\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + v(p_2 - q_1)\omega^1 \wedge \omega^3 \wedge \\ &\wedge \omega^3) + \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge v(p_2 - q_1)\omega^3 + vq_3\omega^2 \wedge \omega^1 \wedge \omega^3) + \vec{e}_3(vq_2\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge \\ &\wedge \omega^2 - vp_1\omega^3 \wedge \omega^2 \wedge \omega^1). \end{aligned}$$

С учетом некоторых преобразований будем иметь:

$$-\text{rot}(\vec{v}\vec{e}_3)\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 = \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 ((-vp_3)\vec{e}_1 - vq_3\vec{e}_2 + (vq_2 + vp_1)\vec{e}_3).$$

После сокращения на $\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \neq 0$ получим:

$$-\text{rot}(\vec{v}\vec{e}_3) = (vp_3)\vec{e}_1 + (vq_3)\vec{e}_2 - (vq_2 + vp_1)\vec{e}_3$$

Окончательно запишем:

$$\text{rot}(\vec{v}\vec{e}_3) = v(p_3\vec{e}_1 + q_3\vec{e}_2 - (q_2 + p_1)\vec{e}_3). \quad (2.56)$$

Второе уравнение из системы (2.52) запишется следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{grad } H &= [\vec{v}\vec{e}_3, \vec{v}(p_3\vec{e}_1 + q_3\vec{e}_2 - (q_2 + p_1)\vec{e}_3)] = v^2([\vec{e}_3, p_3\vec{e}_1] + q_3[\vec{e}_3, \vec{e}_2] - \\ &- (q_2 + p_1)[\vec{e}_3, \vec{e}_3]) = v^2(p_3[\vec{e}_3, \vec{e}_1] + q_3[\vec{e}_3, \vec{e}_2]). \end{aligned}$$

Так как в случае ортонормированного репера $\vec{e}_3 = [\vec{e}_1, \vec{e}_2]$, то $\vec{e}_1 = [\vec{e}_2, \vec{e}_3]$ и $\vec{e}_2 = [\vec{e}_3, \vec{e}_1]$. На основании этого получаем:

$$\text{grad } H = v^2(p_3\vec{e}_2 - q_3\vec{e}_1). \quad (2.57)$$

Умножая (2.57) скалярно на произвольное перемещение $d\vec{x}$ частицы жидкости, получим:

$$\begin{aligned} dH &= v^2(p_3\vec{e}_2 - q_3\vec{e}_1)d\vec{x} = v^2(p_3\vec{e}_2 - q_3\vec{e}_1)(\omega^1\vec{e}_1 + \omega^2\vec{e}_2 + \omega^3\vec{e}_3) = \\ &= v^2(p_3\omega^2 - q_3\omega^1), \end{aligned}$$

то есть

$$dH = v^2(-q_3\omega^1 + p_3\omega^2). \quad (2.58)$$

Аналогично, как это было сделано для $\text{rot}(\vec{v}\vec{e}_3)$, получим:

$$\text{rot}\vec{e}_3 = p_3\vec{e}_1 + q_3\vec{e}_2 - (q_2 + p_1)\vec{e}_3. \quad (2.59)$$

Из последнего равенства будем иметь:

$$[\vec{e}_3, \text{rot}\vec{e}_3] = p_3[\vec{e}_3, \vec{e}_1] + q_3[\vec{e}_3, \vec{e}_2] = p_3\vec{e}_2 - q_3\vec{e}_1.$$

Умножая равенство (2.55) скалярно на перемещение частицы $d\vec{x}$, получим:

$$dH = v^2(p_3\vec{e}_2 - q_3\vec{e}_1)(\omega^1\vec{e}_1 + \omega^2\vec{e}_2 + \omega^3\vec{e}_3) - v^2 \frac{d \ln v}{ds} \vec{e}_3 d\vec{x} + v dv.$$

В случае ортонормированного репера будем иметь:

$$dH = v^2(p_3\omega^2 - q_3\omega^1) - v^2 \frac{d \ln v}{ds} \omega^3 + v dv.$$

Последнее равенство окончательно перепишем:

$$dH = v^2(p_3\omega^2 - q_3\omega^1) - v^2 d \ln v + v dv. \quad (2.60)$$

Поскольку $v dv - v^2 d \ln v = 0$ на поверхности полной энергии, то из равенства (2.60) получим соотношение (2.58).

Случай покоя, когда $\vec{v} = \vec{0}$, не рассматривается по вполне понятным причинам. Из равенства (2.58) можно сделать вывод: функция H постоянна тогда и только тогда, когда $p_3 = q_3 = 0$. Раскроем геометрический смысл последних равенств. Перемещения, для которых $dH = 0$, лежат на поверхностях семейства «постоянной энергии» $H = \text{const}$, которые характеризуются тем, что на них располагаются все линии тока и все вихревые линии.

В случае, когда движение носит ламинарный характер, на таких поверхностях будут располагаться только линии тока.

Выберем за поле векторов \vec{e}_3 поле нормалей к данному семейству поверхностей. Вектор кривизны конгруэнции линий, ортогональных к этому семейству поверхностей или конгруэнция интегральных линий векторного поля \vec{e}_3 , имеет вид:

$$\left(\frac{d\vec{e}_3}{ds}\right)_{\substack{\omega^1=0 \\ \omega^2=0}} = q_3 \vec{e}_1 - p_3 \vec{e}_2.$$

Учитывая, что $p_3 = q_3 = 0$, получим:

$$\left(\frac{d\vec{e}_3}{ds}\right)_{\substack{\omega^1=0 \\ \omega^2=0}} = \vec{0}, \quad (2.61)$$

то есть интегральные линии векторного поля \vec{e}_3 являются прямыми, а вектор \vec{e}_3 постоянен на каждой поверхности семейства. В этом случае частицы жидкости будут двигаться по прямой.

Векторное поле \vec{e}_3 будет голономным, то есть существует семейство поверхностей, ортогональных этому полю, тогда и только тогда, когда $(\vec{e}_3, \text{rote}_3) = 0$. В случае, когда $(\vec{e}_3, \text{rote}_3) \neq 0$, такого семейства поверхностей не существует. С учетом (2.59) получаем, что векторное поле \vec{e}_3 голономно тогда и только тогда, когда $q_2 + p_1 = 0$, при условии, когда вектор \vec{e}_3 имеет направление скорости. Из формулы (2.31) найдем:

$$-\text{rote}_1 d\tau = \vec{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge r + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (-q)) + \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (-q)) + \vec{e}_3(\omega^3 \wedge \omega^2 \wedge r).$$

Раскрывая формы r и q , получим:

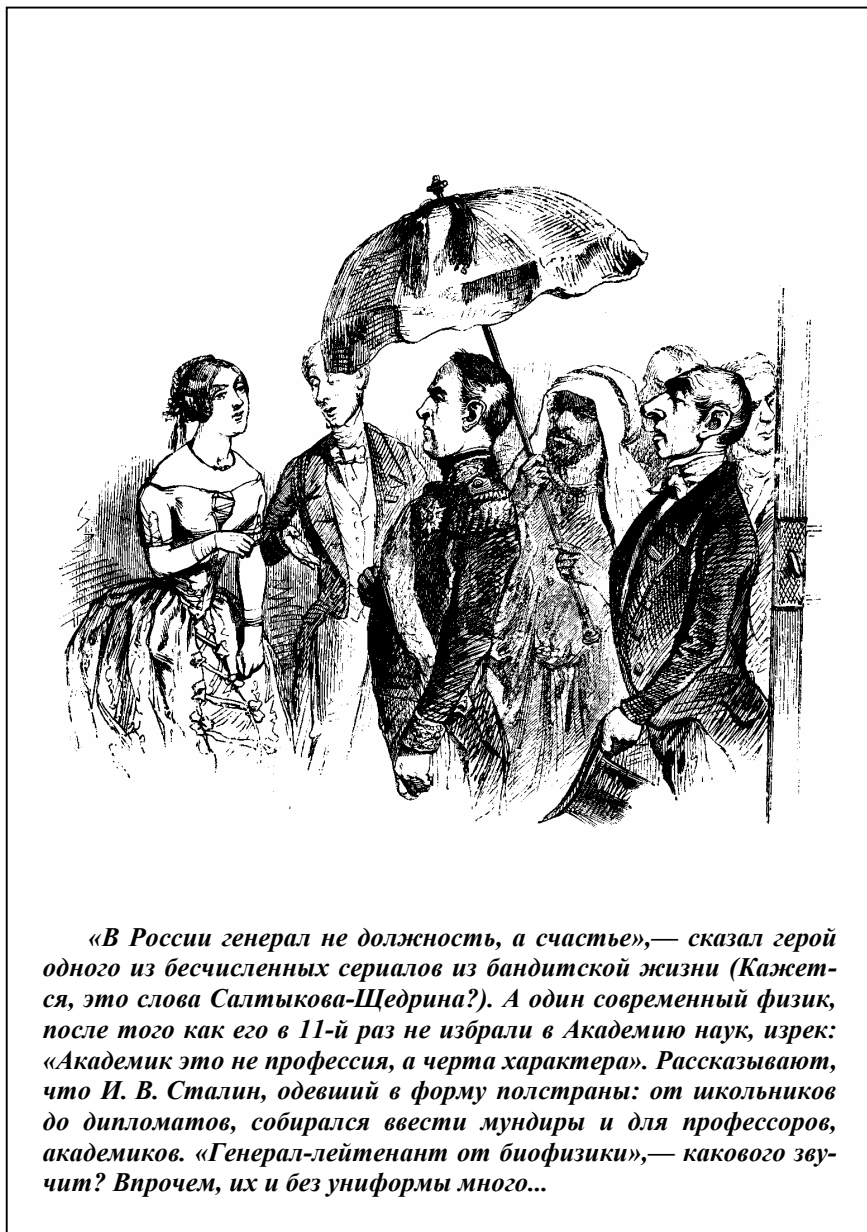
$$-\text{rote}_1 d\tau = \vec{e}_1(r_3 \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 - q_2 \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge \omega^2) - q_1 \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge \omega^1) + r_1 \vec{e}_3(\omega^3 \wedge \omega^2 \wedge \omega^1).$$

Последнее перепишем в виде:

$$-\text{rote}_1 d\tau = \vec{e}_1(r_3 + q_2)\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 - q_1 \vec{e}_2(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3) - r_1 \vec{e}_3(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3).$$

Так как $\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \neq 0$, то из последнего равенства будем иметь:

$$\text{rote}_1 = -(q_2 + r_3)\vec{e}_1 + q_1 \vec{e}_2 + r_1 \vec{e}_3. \quad (2.62)$$



«В России генерал не должность, а счастье»,— сказал герой одного из бесчисленных сериалов из бандитской жизни (Кажется, это слова Салтыкова-Щедрина?). А один современный физик, после того как его в 11-й раз не избрали в Академию наук, изрек: «Академик это не профессия, а черта характера». Рассказывают, что И. В. Сталин, одевший в форму полстраны: от школьников до дипломатов, собирался ввести мундиры и для профессоров, академиков. «Генерал-лейтенант от биофизики»,— какового звучит? Впрочем, их и без униформы много...

Используя равенство (2.62), получим:

$$(\vec{e}_1, \text{rot} \vec{e}_1) = -(q_2 + r_3).$$

Как следует из последнего равенства, векторное поле \vec{e}_1 будет голономным тогда и только тогда, когда

$$q_2 + r_3 = 0, \quad (2.63)$$

при условии, что вектор скорости имеет направление \vec{e}_1 .

Аналогично найдем условие голономности векторного поля \vec{e}_2 . Для этого также воспользуемся формулой (2.31):

$$\begin{aligned} -\text{rot} \vec{e}_2 d\tau &= \vec{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^3 \wedge p) + \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge p - \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge r) + \\ &+ \vec{e}_3(\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (-r)). \end{aligned}$$

Расписывая формы p и r по базисным, получим:

$$\begin{aligned} -\text{rot} \vec{e}_2 d\tau &= p_2 \vec{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^3 \wedge \omega^2) + \vec{e}_2(p_1 \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 - r_3 \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge \omega^3) - \\ &- r_2 \vec{e}_3(\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge \omega^2). \end{aligned}$$

После несложных преобразований будем иметь:

$$\begin{aligned} -\text{rot} \vec{e}_2 d\tau &= -p_2 \vec{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3) + \vec{e}_2(p_1 + r_3)(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3) - \\ &- r_2 \vec{e}_3(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3). \end{aligned}$$

Деля обе части последнего равенства на $\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \neq 0$, запишем:

$$\text{rot} \vec{e}_2 = p_2 \vec{e}_1 - (p_1 + r_3) \vec{e}_2 + r_2 \vec{e}_3. \quad (2.64)$$

Из равенства (2.64) имеем:

$$(\vec{e}_2, \text{rot} \vec{e}_2) = -(p_1 + r_3).$$

Как видно из этого равенства, векторное поле \vec{e}_2 будет голономным тогда и только тогда, когда

$$p_1 + r_3 = 0, \quad (2.65)$$

при условии, что вектор скорости жидкости имеет направление вектора \vec{e}_2 .

Таким образом, условия $p_1 + q_2 = 0$, (2.63) и (2.65) говорят о том, что к векторам репера $\vec{e}_3, \vec{e}_1, \vec{e}_2$ существуют семейства поверхностей, ортогональных к этим векторам.

Далее, продифференцируем функцию Бернулли, то есть $H = \frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + U$, при условии, что на поверхности полной энергии $H = \text{const}$:

$$\vec{v} d\vec{v} + \frac{dp}{\rho} + dU = 0,$$

где учтено, что параметр ρ (плотность) на рассматриваемом участке сосуда принимает постоянное значение. Так как $dU = -\vec{F}d\vec{x}$, где F содержит и составляющую, порожденную силой тяжести, то

$$\vec{v} d\vec{v} + \frac{dp}{\rho} - \vec{F}d\vec{x} = 0.$$

Кроме того, $\vec{v} = v\vec{e}_3$ и $d\vec{v} = v\omega_3^1\vec{e}_1 + v\omega_3^2\vec{e}_2 + dv\vec{e}_3$. Последнее означает, что $\vec{v}d\vec{v} = vdv$ и последнее равенство примет вид:

$$v dv + \frac{dp}{\rho} - \vec{F}d\vec{x} = 0.$$

Из формулы (2.37) получим, что $v dv = v^2(p_2 - q_1)\omega^3$. Тогда при условии ортогональности равнодействующей всех сил \vec{F} , действующих на частицу жидкости в рассматриваемом участке сосуда, смещению $d\vec{x}$, будем иметь:

$$v^2(p_2 - q_1)\omega^3 + \frac{dp}{\rho} = 0,$$

или

$$dp = v^2(q_1 - p_2)\omega^3. \quad (2.66)$$

Справедлива

Теорема 2.2. Если все перемещения $d\vec{x}$ частиц жидкости принадлежат соответствующему семейству поверхностей полной энергии и вектор \vec{F} коллинеарен вектору \vec{e}_3 , то гидродинамическое давление в участке сосуда пропорционально средней кривизне конгруэнции линий тока.

Если воспользуемся понятием минимальной конгруэнции, то получим

Следствие. Если все перемещения $d\vec{x}$ частиц жидкости, принадлежащие соответствующему семейству поверхностей полной энергии, а вектор силы \vec{F} ортогонален этому семейству, то гидродинамическое давление на участке сосуда постоянно тогда и только тогда, когда конгруэнция линий тока является минимальной конгруэнцией.

Величина скорости потока жидкости будет постоянной на каждой поверхности семейства поверхностей полной энергии тогда и только тогда, когда будут выполняться следующие два условия:

— конгруэнция линий тока минимальна;

— для каждой точки потока вектор кривизны линии тока является градиентом соответствующей поверхности полной энергии.

В этом случае семейство поверхностей полной энергии принято называть семейством поверхностей постоянной полной энергии. На каждой из таких поверхностей модуль вектора скорости принимает постоянное значение. Это значение величины скорости меняется от поверхности к поверхности. На поверхностях постоянной полной энергии имеем:

$$dp = -\rho(\vec{F}d\vec{x}). \quad (2.67)$$

Как видно из формулы (2.67), гидродинамическое давление постоянно в участке рассматриваемого сосуда тогда и только тогда, когда сила \vec{F} ортогонально перемещению $d\vec{x}$. Справедлива

Теорема 2.3. *При движении жидкости по поверхностям постоянной полной энергии давление вдоль участка сосуда постоянно тогда и только тогда, когда вектор равнодействующих сил, действующих на частицы жидкости, движущихся по поверхностям постоянной полной энергии, ортогонален их перемещениям.*

Здесь следует отметить, что при ламинарном движении, когда каждая из частиц движется параллельно стенке сосуда, равнодействующая всех сил, действующих на частицы, должна быть ортогональна стенкам сосуда.

Следствие. В случае ламинарного движения жидкости по поверхностям постоянной полной энергии гидродинамическое давление принимает постоянное значение в рассматриваемом участке сосуда тогда и только тогда, когда равнодействующая всех сил, действующих на частицы данного участка, ортогональна стенкам сосуда.

Использование поверхностей постоянной полной энергии, то есть поверхностей, на каждой из которых величина скорости принимает постоянное значение, является полезным при описании геометрии движущейся жидкости и, при случае, этим будем пользоваться.

Далее, представим равнодействующую всех сил, действующих на жидкость, находящуюся в рассматриваемом участке сосуда, в виде $\vec{F} = F_1\vec{e}_1 + F_2\vec{e}_2 + F_3\vec{e}_3$, где F_1, F_2, F_3 — координаты этой силы и $d\vec{x} = \omega^1\vec{e}_1 + \omega^2\vec{e}_2 + \omega^3\vec{e}_3$. Так как рассматриваются интегральные линии векторного поля \vec{e}_3 , то можно положить $\omega^1 = \omega^2 = 0$. Отсюда имеем, что $\vec{F}d\vec{x} = F_3\omega^3$. После подстановки получившегося равенства в формулу

$$v^2(p_2 - q_1)\omega^3 + \frac{dp}{\rho} - \vec{F}d\vec{x} = 0 \text{ получим:}$$

$$v^2(p_2 - q_1)\omega^3 + \frac{dp}{\rho} - F_3\omega^3 = 0,$$

или

$$(v^2(p_2 - q_1) - F_3)\omega^3 + \frac{dp}{\rho} = 0. \quad (2.68)$$

Рассмотрим случай постоянства гидродинамического давления для участка сосуда. Из равенства (2.68) получаем:

$$(v^2(p_2 - q_1) - F_3)\omega^3 = 0$$

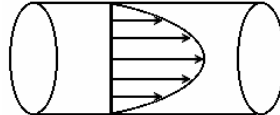
или, воспользовавшись тем, что форма ω^3 — базисная, запишем:

$$F_3 = v^2(p_2 - q_1). \quad (2.69)$$

Из формулы (2.69) можно сделать вывод, что в случае постоянства давления вдоль участка рассматриваемого сосуда, сила, действующая на жидкость в направлении ее движения, прямо пропорциональна квадрату величины скорости и средней кривизне линий тока. Если же конгруэнция линий тока является минимальной, то составляющая равнодействующей сил по направлению движения жидкости равна нулю.

На семействе поверхностей полной энергии с заданными на них линиями тока можно построить бесчисленное множество потоков тогда и только тогда, когда это семейство является семейством постоянной полной энергии.

При ламинарном течении по участку сосуда профиль скоростей имеет вид параболы:



То есть скорость максимальна вдоль оси сосуда и уменьшается по мере приближения к стенкам сосуда. Это объясняется тем, что в граничных слоях на жидкость действуют большие силы со стороны стенок сосуда. Эти силы называются силами внешнего трения.

Последнее, с помощью формулы (2.69), можно объяснить следующим образом. Пусть все линии тока имеют одну и ту же среднюю кривизну линий. Так составляющая F_3 в граничных слоях принимает более большие значения, то это приводит к уменьшению скорости. Так как, согласно формуле (2.69) сила и квадрат скорости имеют прямую пропорциональную зависимость.

В общем случае уравнение (2.68) можно переписать в виде:

$$\frac{dp}{\rho} = (F_3 - v^2(p_2 - q_1))ds$$

или

$$dp = \rho(F_3 - v^2(p_2 - q_1))ds. \quad (2.70)$$

Если же конгруэнция линий тока является минимальной конгруэнцией, то из равенства (2.70) получим:

$$dp = \rho F_3 ds. \quad (2.71)$$

Для стационарного вихревого течения давление также пропорционально потенциалу объемных сил. Тем самым можно сделать вывод, что случай рассмотрения минимальной конгруэнции линий тока равносильно рассмотрению стационарного вихревого течения. В этих случаях гидродинамическое давление пропорционально потенциалу сил. В этом случае движение характеризуется геометрией единичного поля \vec{e}_3 , которое удовлетворяет уравнениям:

$$\begin{aligned} \operatorname{rote}_3 &= \mu \vec{e}_3; \\ \operatorname{dive}_3 &= 0. \end{aligned}$$

Наконец, выясним вопрос, что из себя физически представляют поверхности полной энергии.

Одной из «постановочных» задач в гидродинамике сосудов является выяснение физико-математической структуры поверхности «полной энергии» в случае, когда сосуды не подвергаются искажению, то есть представляют собой жесткие трубы, а жидкость является идеальной несжимаемой. В нашем случае, когда рассматривается участок сосуда, с большой степенью удовлетворяются описанные выше условия.

Пусть скорость жидкости постоянна на каждой поверхности полной энергии, то есть будут рассматриваться поверхности постоянной полной энергии. В случае ламинарного движения это так и есть, а в случае турбулентного движения скорость меняет свое направление, но остается постоянной по величине. Это и имеется в виду, когда говорится о постоянстве скорости жидкости. Рассмотрения будем вести для вихревого потока. Случай ламинарного движения можно описать, основываясь на формуле (6.69), а также этот случай будет рассмотрен несколько ниже.

Вихревой поток имеет семейство поверхностей, которому принадлежат все линии тока и все вихревые линии. Выберем за поле векторов \vec{e}_3 — поле нормалей к этому семейству поверхностей.

Дифференциальное уравнение последнего семейства будет иметь вид:

$$\omega^3 = 0. \quad (2.72)$$

Линии тока и вихревые линии лежат на этих поверхностях. Следовательно, можно записать:

$$\begin{aligned}\vec{v} &= v(\cos \sigma \vec{e}_1 + \sin \sigma \vec{e}_2); \\ 2\vec{v} &= \text{rot} \vec{v} = v^1 \vec{e}_1 + v^2 \vec{e}_2, \quad \omega^3 = 0,\end{aligned}\tag{2.73}$$

где \vec{v} — вектор скорости и σ — угол между вектором скорости и вектором \vec{e}_1 .

Семейство поверхностей должно быть вполне интегрируемо, то есть должно выполняться условие:

$$D\omega^3 \wedge \omega^3 = 0.\tag{2.74}$$

Поскольку в качестве формы ω^3 можно взять длину дуги линии тока, поэтому запишем:

$$\omega^3 = S ds.\tag{2.75}$$

Из соотношения (2.73) получим:

$$dH = Sv\left(-\frac{v^1}{2}\sin \sigma + \frac{v^2}{2}\cos \sigma\right) dS.\tag{2.76}$$

Из равенства (2.76) следует, что H должна быть некоторой функцией от s :

$$H = f(s).\tag{2.77}$$

Из равенств (2.76) и (2.77) получим:

$$Sv\left(-\frac{v^1}{2}\sin \sigma + \frac{v^2}{2}\cos \sigma\right) = f'(s).\tag{2.78}$$

Уравнения компонентов вихря будут иметь вид:

$$\begin{aligned}-\frac{v^1}{v}\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 &= \left(\sin \sigma \frac{dv}{v} + \cos \sigma(d\sigma + r)\right) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + (q \cos \sigma - \\ &- p \sin \sigma) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1; \\ -\frac{v^2}{v}\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 &= \left(-\cos \sigma \frac{dv}{v} + \sin \sigma(d\sigma + r)\right) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 - (q \cos \sigma - \\ &- p \sin \sigma) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3; \\ 0 &= \left(-\cos \sigma \frac{dv}{v} + \sin \sigma(d\sigma + r)\right) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + \left(q \sin \sigma \frac{dv}{v} + \cos \sigma(d\sigma + \right. \\ &\left. + r)\right) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3,\end{aligned}$$

где как и прежде p, q, r означают ранее обозначенные формы.

Уравнение непрерывности имеет вид:

$$(\cos \sigma \frac{dv}{v} - \sin \sigma (d\sigma + r)) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (\sin \sigma \frac{dv}{v} + \cos \sigma (d\sigma + r)) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (p \sin \sigma - q \cos \sigma) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = 0.$$

Введем обозначения:

$$L = p_2 \sin^2 \sigma + (p_1 - q_2) \sin \sigma \cos \sigma - q_1 \cos^2 \sigma;$$

$$N = p_2 \sin \sigma - q_3 \cos \sigma,$$

и, удовлетворяя всем гидродинамическим уравнениям, примем, что:

$$\frac{dv}{v} = \xi \omega^1 + \eta \omega^2 + (L + \frac{f'}{Sv^2}) \omega^3; \quad (2.79)$$

$$d\sigma + r = (\eta + N \sin \sigma) \omega^1 - (\xi + N \cos \sigma) \omega^2 + \zeta \omega^3,$$

где ξ , η , ζ — некоторые функции, которые выбираются таким образом, чтобы выполнялись условия интегрируемости уравнений (2.79).

Поскольку $dv = 0$ на каждой поверхности постоянной полной энергии, то, как это следует из первого уравнения (2.79), имеем:

$$\xi = \eta = 0.$$

Однако при переходе от одной поверхности к другой скорость жидкости меняется. В этом случае

$$L + \frac{f'}{Sv^2} = 0: f' = -Sv^2 L.$$

Окончательно запишем выражение для f' в виде:

$$f' = -Sv^2 (p_2 \sin^2 \sigma + (p_1 - q_2) \sin \sigma \cos \sigma - q_1 \cos^2 \sigma). \quad (2.80)$$

Будем также считать, что вектора \vec{e}_1 и \vec{e}_2 направлены по линиям кривизны поверхностей (2.72), то есть $p_1 = q_2 = 0$.

Окончательно будем иметь:

$$\frac{dv}{v} = (p_2 \sin^2 \sigma - q_1 \cos^2 \sigma + \frac{f'}{Sv^2}) \omega^3; \quad (2.81)$$

$$d\sigma + r = (p_3 \sin \sigma - q_3 \cos \sigma) (\sin \sigma \omega^1 - \cos \sigma \omega^2) + \zeta \omega^3.$$

Дифференцируя внешним образом равенства (2.81), будем иметь:

$$\begin{aligned} & \sin^2 \sigma (dp_2 \wedge \omega^3 + (p_2 q_2 + p_1 p_2) \omega^1 \wedge \omega^2 + p_2 q_3 \omega^1 \wedge \omega^3 - p_2 p_3 \omega^2 \wedge \omega^3) + \\ & + 2 \sin \sigma \cos \sigma (p_2 + q_1) \wedge \omega^3 - \cos^2 \sigma (dq_1 \wedge \omega^3 + (q_1 q_2 + p_1 q_1) \omega^1 \wedge \omega^2 + \\ & + q_1 q_3 \omega^1 \wedge \omega^3 - q_1 p_3 \omega^2 \wedge \omega^3) = 0. \end{aligned} \quad (2.81a)$$

После внешнего дифференцирования второго равенства из (2.81) получим:

$$\begin{aligned}
& \sin^2 \sigma ((dp_3 + q_3) \wedge \omega^1 + (p_3 r + p_3) \wedge \omega^2 - p_3 q \wedge \omega^3 - p \wedge q) + \\
& + \cos^2 \sigma ((-q_3 - q_3 r) \wedge \omega^1 + (dq_3 - p_3) \wedge \omega^2 + q_3 p \wedge \omega^3 - p \wedge q) + \quad (2.82) \\
& + \sin \sigma \cos \sigma ((2p_3 - dq_3 + p_3 r) \wedge \omega^1 + (-q_3 r - 2q_3 - dp_3) \wedge \omega^2 + \\
& + (q_3 q - p_3 p) \wedge \omega^3) + d\zeta \wedge \omega^3 + \zeta (q \wedge \omega^1 + p \wedge \omega^2) = 0.
\end{aligned}$$

После умножения равенства (2.82) внешним образом на ω^3 , получим:

$$\begin{aligned}
& \sin^2 \sigma ((dp_3 + q_3) \wedge \omega^1 \wedge \omega^3 + (p_3 r + p_3) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 - p \wedge q \wedge \omega^3) + \\
& + \cos^2 \sigma ((-q_3 - q_3 r) \wedge \omega^1 \wedge \omega^3 + (dq_3 - p_3) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 - p \wedge q \wedge \omega^3) + \quad (2.83) \\
& + \sin \sigma \cos \sigma ((2p_3 - dq_3 + p_3 r) \wedge \omega^1 \wedge \omega^3 - (q_3 r + 2q_3 + dp_3) \wedge \omega^2 \wedge \\
& \wedge \omega^3) + \zeta (q \wedge \omega^1 \wedge \omega^3 + p \wedge \omega^2 \wedge \omega^3) = 0.
\end{aligned}$$

Соотношения (2.81а) и (2.83) не дают конечных уравнений для функции на семействе поверхностей постоянной полной энергии, однако из них получаем ряд условий, к которым присоединим и уравнения структуры евклидова пространства. Все эти условия удовлетворяются, если предположить:

$$p_3 = q_3 = 0; \quad r = 0; \quad p_2 q_1 = 0,$$

причем, случаи $p_2 = 0$ и $q_1 = 0$ симметричны. Возьмем $p_2 = 0$ и получим:

$$\begin{aligned}
& p = r = 0; \quad q = q_1 \omega^1; \\
& d\vec{e}_1 = -q\vec{e}_3; \quad d\vec{e}_2 = \vec{0}; \quad d\vec{e}_3 = q\vec{e}_1; \\
& dq_1 \wedge \omega^1 + q_1^2 \omega^3 \wedge \omega^1 = 0; \quad dq_1 \wedge \omega^3 = 0; \\
& \frac{dv}{v} = (-q_1 \cos^2 \sigma + \frac{f'}{Sv^2}) \omega^3; \quad d\sigma = \zeta \omega^3.
\end{aligned}$$

Решения последних уравнений дают следующие соотношения:

$$\begin{aligned}
& q = d\theta; \quad \omega^1 = \frac{d\theta}{q_1}; \quad \omega^3 = -\frac{dq_1}{q_1^2}; \\
& \vec{e}_1 = -\sin \theta \vec{i} + \cos \theta \vec{k}; \quad \vec{e}_2 = \vec{j}; \\
& \vec{e}_3 = \cos \theta \vec{i} + \sin \theta \vec{k}; \\
& \vec{x} = \frac{1}{q_1} \vec{e}_3 + y \vec{j} = \frac{\cos \theta}{q_1} \vec{i} + y \vec{j} + \frac{\sin \theta}{q_1} \vec{k}; \\
& \sigma = \sigma(q_1),
\end{aligned}$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ — некоторый ортонормированный базис.

С другой стороны, можно записать:

$$\vec{x} = \bar{x} \vec{i} + \bar{y} \vec{j} + \bar{z} \vec{k}.$$

Сравнивая равенства для \vec{x} , получим:

$$\bar{x}^2 + \bar{z}^2 = \frac{\cos^2 \theta}{q_1^2} + \frac{\sin^2 \theta}{q_1^2} = \frac{1}{q_1^2},$$

то есть имеем семейство круговых цилиндров, для которых неподвижной осью будет ось OY , определяемая направляющим вектором \vec{j} .

Таким образом, семейство поверхностей постоянной полной энергии представляет собой семейство круговых цилиндров, образующие которых параллельны оси OY . Тем самым, частицы жидкости будут двигаться по цилиндрам, образующие которых параллельны оси сосуда.

При ламинарном движении скорость частицы будет постоянно на поверхности, находящейся на данном расстоянии от оси сосуда. Легко видно, что в этом случае поверхности постоянной полной энергии также представляют собой круговые цилиндры, образующие которых также параллельны оси сосуда.

В подавляющем большинстве мелких сосудов, которые являются «каналами сопротивления», поток жидкости носит ламинарный характер, поэтому гидродинамические и кинематические особенности движения жидкости в таких сосудах объясняется этим типом потока. Однако поток остается ламинарным до достижения критической скорости, после чего поток приобретает завихрения или жидкость движется турбулентно. Так как при движении с завихрением происходит большая потеря энергии вследствие расхода энергии на создание кинетической энергии в завихрениях, то такой поток не является нормой для периферического движения жидкости. Однако, как было уже отмечено, такие изменения, как образование препятствий потоку, влечет за собой развитие локальной турбулентности сразу же за пределами того участка сосуда, где диаметр сосуда уменьшен.

При развитии вихревого движения, а это происходит постепенно, поток жидкости становится пропорциональным квадратному корню из показателя падения давления вдоль сосуда. Как известно, поток остается ламинарным до достижения критической скорости, после чего жидкость движется турбулентно.

Так как линии тока и вихревые линии лежат на поверхностях $\omega^3 = 0$, то запишем уравнения для компонент вихря и уравнения неразрывности для этих поверхностей при условии, что эти поверхности являются поверхностями полной энергии, а не постоянной полной энергии:

$$\begin{aligned}
(\sin \sigma \frac{dv}{v} + \cos \sigma (d\sigma + r)) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 &= 0; \\
(-\cos \sigma \frac{dv}{v} + \sin \sigma (d\sigma + r)) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 &= 0; \\
(p \sin \sigma - q \cos \sigma) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 &= 0.
\end{aligned} \tag{2.84}$$

Далее рассмотрим два неколлинеарных вектора $\vec{\xi}_1, \vec{\xi}_2 \in T_x$, где T_x — касательная плоскость к поверхности полной энергии. Тогда площадь параллелограмма, построенного на этих векторах будет вычисляться следующим образом:

$$\begin{aligned}
d\varepsilon(\vec{\xi}_1, \vec{\xi}_2) &= (\vec{\xi}_1, \vec{\xi}_2, \vec{e}_3) = \omega^1(x, \vec{\xi}_1) \omega^2(x, \vec{\xi}_2) - \omega^1(x, \vec{\xi}_2) \omega^2(x, \vec{\xi}_1) = \\
&= (\omega^1 \wedge \omega^2)(\vec{\xi}_1, \vec{\xi}_2).
\end{aligned}$$

Таким образом, $d\varepsilon = \omega^1 \wedge \omega^2$ — элемент площади поверхности полной энергии H .

Равенства (2.84), с учетом последних вычислений, можно переписать в следующем виде:

$$\begin{aligned}
(\sin \sigma \frac{dv}{v} + \cos \sigma (d\sigma + r)) \wedge d\varepsilon &= 0; \\
(-\cos \sigma \frac{dv}{v} + \sin \sigma (d\sigma + r)) \wedge d\varepsilon &= 0; \\
(p \sin \sigma - q \cos \sigma) \wedge d\varepsilon &= 0.
\end{aligned} \tag{2.85}$$

Применяя к выражениям (2.85) лемму Картана, запишем:

$$\begin{aligned}
\sin \sigma \frac{dv}{v} + \cos \sigma (d\sigma + r) &= td\varepsilon; \\
-\cos \sigma \frac{dv}{v} + \sin \sigma (d\sigma + r) &= ud\varepsilon; \\
p \sin \sigma - q \cos \sigma &= kd\varepsilon.
\end{aligned} \tag{2.86}$$

Из второго уравнения (2.86) найдем:

$$d\varepsilon = \frac{1}{4} (-\cos \sigma \frac{dv}{v} + \sin \sigma (d\sigma + r))$$

и после подстановки в первое уравнение (2.86), получим:

$$(\sin \sigma + \frac{t}{u} \cos \sigma) \frac{dv}{v} + (d\sigma + r) (\cos \sigma - \frac{t}{u} \sin \sigma) = 0. \tag{2.87}$$

В формуле (2.87) введем обозначение:

$$\sin \sigma + \frac{t}{u} \cos \sigma = \varphi(\sigma),$$

то она примет вид:

$$\varphi(\sigma) \frac{dv}{v} + (d\sigma + r)\varphi'(\sigma) = 0.$$

Или

$$\frac{dv}{v} = -(d\sigma + r) \frac{\varphi'(\sigma)}{\varphi(\sigma)}. \quad (2.88)$$

Равенство (2.88) перепишем в виде:

$$\frac{dv}{v} = -\frac{\varphi'(\sigma)}{\varphi(\sigma)} d\sigma - \frac{\varphi'(\sigma)}{\varphi(\sigma)} r. \quad (2.89)$$

Также соотношение (2.89) можно представить в следующем виде:

$$d(\ln v) = -d(\ln \varphi(\sigma)) - \frac{\varphi'(\sigma)}{\varphi(\sigma)} r. \quad (2.90)$$

Рассмотрим уравнение (2.89) при условиях: 1) $\varphi'(\sigma) = 0$ и 2) $r = 0$. В пер-

вом случае, при условии, что $\cos \sigma - \frac{t}{u} \sin \sigma = 0$ или $\operatorname{tg} \sigma = \frac{u}{t}$.

Из последнего равенства получаем геометрический смысл отношения $\frac{u}{t}$: это есть тангенс угла, который образуют касательные к линиям тока с вектором \vec{e}_1 .

Подставляя $u = \operatorname{tg} \sigma \cdot t$ в выражение (2.86), возведя их в квадрат и сложив, получаем:

$$\left(\frac{dv}{v}\right)^2 + (d\sigma + r)^2 = \frac{t^2 (d\varepsilon)^2}{\cos^2 \sigma}$$

или

$$(d \ln v)^2 + (d\sigma + r)^2 = \frac{t^2 (d\varepsilon)^2}{\cos^2 \sigma}. \quad (2.91)$$

В случае 2) имеем $\omega_1^2 = 0$. Так как форма ω_1^2 определяет поворот вокруг вектора \vec{e}_3 , то в этом случае жидкость по направлению данного вектора движется без завихрений. Учитывая уравнения структуры евклидова пространства в ортонормированном репере, имеем

$$D\omega^1 = r \wedge \omega^2 - q \wedge \omega^3, \quad D\omega^2 = -r \wedge \omega^1 + p \wedge \omega^3.$$

На поверхностях $\omega^3 = 0$ будем иметь

$$D\omega^1 = D\omega^2 = 0,$$

то есть в этом случае на поверхностях полной энергии формы ω^1 и ω^2 являются замкнутыми. Справедлива

Теорема 2.4. На поверхностях полной энергии репер $\{x, \bar{e}_1, \bar{e}_2, \bar{e}_3\}$ не вращается вокруг вектора \bar{e}_3 тогда и только тогда, когда формы ω^1 и ω^2 являются замкнутыми.

В перечисленных выше случаях имеем:

$$d(\ln v) = -d(\ln \varphi(\sigma)).$$

Интегрируя последние равенства, запишем:

$$\ln v = -\ln \varphi(\sigma) + \ln C = \ln \frac{C}{\varphi(\sigma)}$$

или
$$v = \frac{C}{\varphi(\sigma)} = C(\sin \sigma + \frac{t}{u} \cos \sigma)^{-1}.$$

Справедлива

Теорема 2.5. Скорость жидкости в рассматриваемой части сосуда обратно пропорциональна функции $\varphi(\sigma)$.

Если скорость постоянна, то уравнение (2.91) примет вид:

$$(d\sigma + r)^2 - \left(\frac{td\varepsilon}{\cos \sigma}\right)^2 = 0;$$

$$\left(d\sigma + r - \frac{td\varepsilon}{\cos \sigma}\right)\left(d\sigma + r + \frac{td\varepsilon}{\cos \sigma}\right) = 0;$$

$$d\sigma + r = \pm \frac{td\varepsilon}{\cos \sigma}.$$

В случае 2) будем иметь: $\cos \sigma d\sigma = \pm td\varepsilon$.

Интегрируя последнее равенство, получим

$$\sin \sigma = \pm t\varepsilon + C.$$

Из последней формулы видно, что в случае отсутствия вращения вокруг вектора \bar{e}_3 , $\sin \sigma$ пропорционален площади поверхности постоянной полной энергии.

Выражая из формулы Рейнольдса $Re = \frac{vD\rho}{\eta}$ скорость, где D — диаметр сосуда, ρ — плотность, η — вязкость и Re — число Рейнольдса, по-

сле подстановки ее в формулу $v = \frac{C}{\varphi(\sigma)}$, получим:

$$\varphi(\sigma) = \frac{CD\rho}{\text{Re} \cdot \eta}.$$

Найдем производную от обеих частей последнего равенства, при условии постоянства ρ , Re и η в рассматриваемом участке сосуда. Тогда будем иметь:

$$\varphi'(\sigma) = \frac{C\rho}{\text{Re}\eta} D'.$$

Так как в первом случае $\varphi'(\sigma) = 0$, то $D' = 0$, а это говорит о том, что диаметр сосуда в этом случае постоянен. В случае 2) он может и меняться.

Справедлива

Теорема 2.6. *Условия $\varphi'(\sigma) = 0$ и $r = 0$ приводят к тому, что в первом случае жидкость движется по сосуду, диаметр которого остается постоянным на всем участке рассматриваемого сосуда, а во втором случае постоянство диаметра не обязательно.*

Если в системе (2.79) положить $\sigma = 0$, то есть вектор \vec{e}_1 направлен по касательным к линиям тока, то, как следует из второго уравнения этой системы:

$$r = (\eta + N \sin \sigma)\omega^1 - (\xi + N \cos \sigma)\omega^2 + \zeta\omega^3;$$

$$N = -q_3, \quad \eta = r_1, \quad \xi = q_3 - r_2, \quad \zeta = r_3,$$

а поэтому

$$\frac{dv}{v} = (q_3 - r_2)\omega^1 - r_1\omega^2 + \left(-q_1 + \frac{f'}{Sv^2}\right)\omega^3. \quad (2.92)$$

Дифференцируя уравнение (2.92) внешним образом, мы получим условие его интегрируемости, из которого следует, что на каждом семействе поверхностей полной энергии мы получим, вообще говоря, два потока с равными по модулю скоростями и противоположными по направлению.

Пусть семейство поверхностей полной энергии представляет собой семейство параллельных плоскостей, тогда

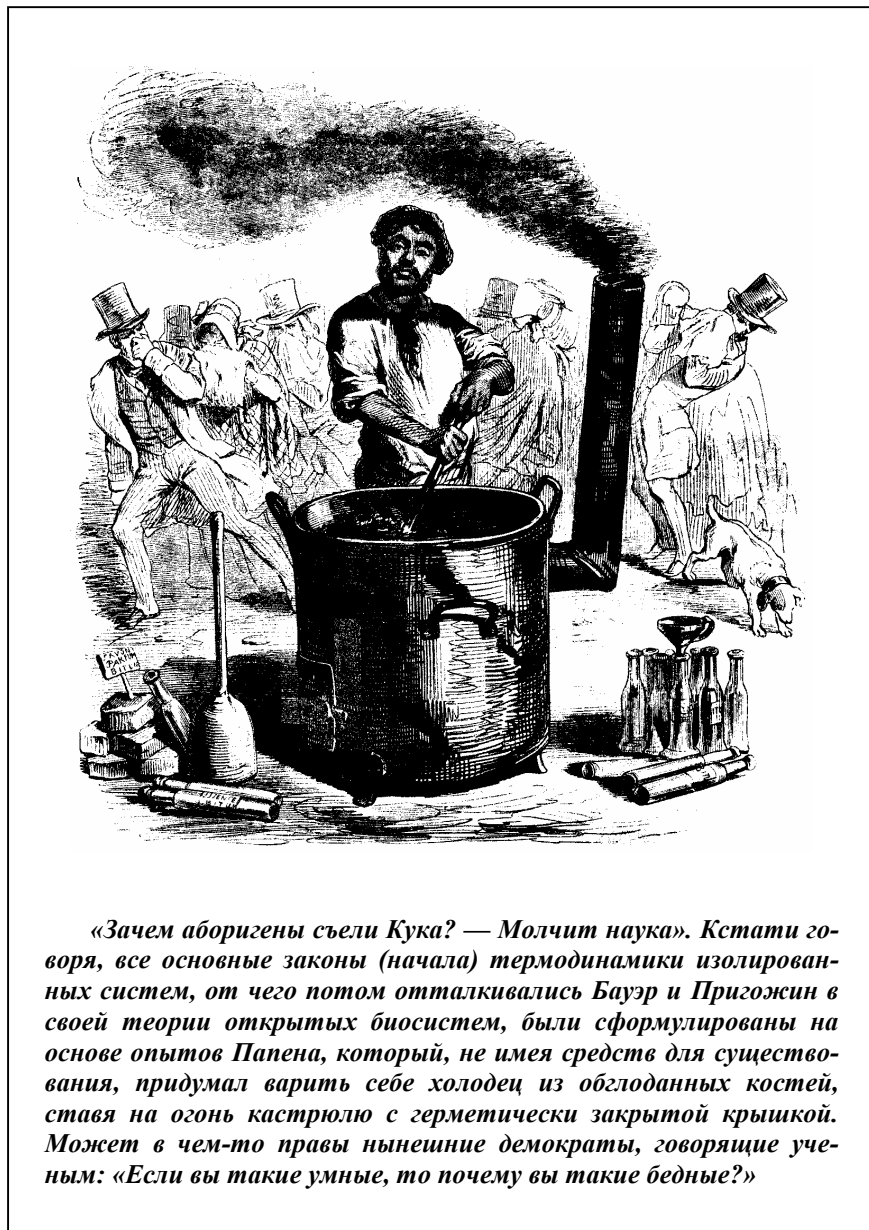
$$H = f(z) = \frac{v^2}{2} + Q.$$

Отсюда будем иметь

$$\frac{v^2}{2} = f(z) - Q_0, \quad \frac{p}{\rho} + U = Q_0, \quad \sigma = \sigma(z),$$

то есть Q не зависит от z и поэтому рассматривается Q_0 .

С учетом последних равенств:



$$\frac{v^2}{2} = f(z) - \frac{p}{\rho} - U.$$

Окончательно имеем

$$v = \sqrt{2f(z) - \frac{2p}{\rho} - 2U}.$$

Из последнего равенства видно, что скорость жидкости в случае вихревого движения пропорциональна квадратному корню из падения давления вдоль сосуда. Это является известным фактом, который отмечался и выше. Здесь получено его доказательство при условии, когда поверхности полной энергии представляют собой семейство параллельных плоскостей. Однако это будет верно и для других видов поверхностей полной энергии.

С учетом формулы Рейнольдса, получим:

$$H = \left(\frac{\text{Re} \cdot \eta}{D\rho}\right)^2 + \frac{p}{\rho} + U. \quad (2.93)$$

Формула (2.93) также подтверждает известный факт о том, что полная энергия частицы жидкости, находящейся на определенной поверхности полной энергии тем больше, чем больше число Рейнольдса и падение давления вдоль сосуда, а также чем меньше диаметр сосуда. Последнее будет выполняться при постоянстве вязкости жидкости на рассматриваемом участке сосуда, плотности жидкости и потенциале внешних сил, включающих в себя и силу тяжести, в поле которой происходит движение жидкости.

Об одном случае стационарного турбулентного движения жидкости. В данном разделе будет рассмотрено стационарное турбулентное движение жидкости, линии тока скорости которого являются винтовыми линиями. Здесь мы исходим из таких двух известных фактов:

— первый факт (Ф. Клейна) говорит о том, что плоскости, нормальные к винтовым линиям, являются нулевыми плоскостями системы или нуль-системы;

— второй факт основан на том, что гиперраспределение, определяемое нуль-системой является плоским. Причем, верно и обратное утверждение о том, что всякое плоское гиперраспределение определяется некоторой нуль-системой.

Поэтому геометрия такого вида движения жидкости рассматривается, основываясь на этих двух фактах.

Вначале рассмотрим нормальную конгруэнцию линий к плоскому распределению в трехмерном евклидовом пространстве.

Присоединим к элементу (x, ξ) плоского распределения репер

$\{x, \vec{e}_1, \vec{e}_3\}$, где $i = 1, 2$ и везде в дальнейшем малые латинские буквы будут принимать значения 1, 2. Вектора репера выбираем таким образом, чтобы $\vec{e}_i \in \xi$, а \vec{e}_3 ортогонален ξ и $|\vec{e}_3| = 1$. Тогда уравнения перемещения этого репера имеют вид:

$$\begin{aligned} d\vec{x} &= \omega^A \vec{e}_A; \\ d\vec{e}_A &= \omega_A^B \vec{e}_B, \end{aligned} \quad (2.94)$$

где $A, B = 1, 2, 3$.

Основная система уравнений, определяющая распределение Δ^2 , запишется в виде:

$$\omega_i^3 = \Lambda_{ij} \omega^j + \Lambda_i \omega^3, \quad (2.95)$$

где величины Λ_{ij} образуют относительный тензор – основной тензор распределения Δ^2 , а величины Λ_i являются ковектором данного распределения.

Асимптотические направления на этом распределении определяются системой уравнений:

$$\begin{aligned} \omega^3 &= 0; \\ \Lambda_{ij} \omega^i \omega^j &= 0, \end{aligned} \quad (2.96)$$

Ввиду этого плоское распределение определяется условием

$$\Lambda_{(ij)} = 0, \quad (2.97)$$

которое обозначает косую симметрию его основного тензора: $\Lambda_{ij} = -\Lambda_{ji}$.

Для упрощения дальнейших вычислений, канонизируем репер $\{x, \vec{e}_1, \vec{e}_3\}$ таким образом, что $\Lambda_1 = 0$, а $\Lambda_2 \neq 0$. Это можно сделать следующим образом: вектор $\vec{\omega} = p\vec{e}_1 + q\vec{e}_2 + r\vec{e}_3$ — вектор Дарбу или вектор инфинитезимального вращения репера $R_x = \{x, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\}$ для выбранного перемещения $d\vec{x}$, а вектор $\vec{\theta} = p\vec{e}_1 + q\vec{e}_2$ — проекция вектора $\vec{\omega}$ на плоскость, ортогональную к \vec{e}_3 ; если $\vec{\theta}_0 = p_3\vec{e}_1 + q_3\vec{e}_2$ есть вектор $\vec{\theta}$ для перемещения вдоль вектора \vec{e}_3 , то выбирая вектор \vec{e}_1 в плоскости $(\vec{e}_3, \vec{\theta}_0)$ получим $q_3 = \Lambda_1 = 0$. Тогда уравнения (2.95) можно переписать в виде:

$$\begin{aligned}\omega_1^3 &= \Lambda_{12}\omega^2; \\ \omega_2^3 &= \Lambda_{21}\omega^1 + \Lambda_2\omega^3.\end{aligned}\tag{2.98}$$

Продифференцируем уравнения (2.98) внешним образом, используя уравнения структуры евклидова пространства:

$$\begin{aligned}\omega_1^2 \wedge \omega_2^3 &= d\Lambda_{12} \wedge \omega^2 + \Lambda_{12}(\omega^1 \wedge \omega_1^2 + \omega^3 \wedge \omega_3^2) \\ \omega_2^1 \wedge \omega_1^3 &= d\Lambda_{21} \wedge \omega^1 + \Lambda_{21}(\omega^2 \wedge \omega_2^1 + \omega^3 \wedge \omega_3^1) + d\Lambda_2 \wedge \omega^3 + \Lambda_2(\omega^1 \wedge \\ &\wedge \omega_1^3 + \omega^2 \wedge \omega_2^3).\end{aligned}$$

С учетом (2.98) последние равенства примут вид:

$$\begin{aligned}d\Lambda_{12} \wedge \omega^2 + \Lambda_{12}^2 \omega^3 \wedge \omega^1 - \Lambda_2 \omega_1^2 \wedge \omega^3 &= 0; \\ d\Lambda_{21} \wedge \omega^1 - \Lambda_{21}^2 \omega^3 \wedge \omega^2 + d\Lambda_2 \wedge \omega^3 + \Lambda_2 \Lambda_{12} \omega^1 \wedge \omega^2 + \Lambda_2 \Lambda_{12} \omega^1 \wedge \omega^2 + \\ + (\Lambda_2)^2 \omega^2 \wedge \omega^3 &= 0.\end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned}d\Lambda_{12} \wedge \omega^2 - \Lambda_{12}^2 \omega^1 \wedge \omega^3 - \Lambda_2 \omega_1^2 \wedge \omega^3 &= 0. \\ d\Lambda_{21} \wedge \omega^1 + \Lambda_{21}^2 \omega^2 \wedge \omega^3 + d\Lambda_2 \wedge \omega^3 + 2\Lambda_2 \Lambda_{12} \omega^1 \wedge \omega^2 + \Lambda_2^2 \omega^2 \wedge \omega^3 &= 0.\end{aligned}$$

С учетом ранее принятых обозначений $r = \omega_1^2 = r_A \omega^4$, получим:

$$\begin{aligned}d\Lambda_{21} \wedge \omega^1 + d\Lambda_2 \wedge \omega^3 + (\Lambda_{21}^2 + \Lambda_2^2) \omega^2 \wedge \omega^3 + 2\Lambda_2 \Lambda_{12} \omega^1 \wedge \omega^2 &= 0; \\ d\Lambda_{12} \wedge \omega^2 - \Lambda_2 r_2 \omega^2 \wedge \omega^3 - (\Lambda_{12}^2 + \Lambda_2 r_1) \omega^1 \wedge \omega^3 &= 0.\end{aligned}\tag{2.99}$$

Также напомним следующие обозначения для ортонормированного репера:

$$\begin{aligned}\omega_1^1 &= 0, \quad \omega_2^3 = -\omega_3^2 = p; \\ \omega_2^2 &= 0, \quad \omega_3^1 = -\omega_1^3 = q; \\ \omega_3^3 &= 0, \quad \omega_1^2 = -\omega_2^1 = r.\end{aligned}\tag{2.100}$$

Тогда уравнения структуры евклидова пространства E^3 , примут вид:

$$\begin{aligned}D\omega^1 &= \omega^2 \wedge \omega_2^1 + \omega^3 \wedge \omega_3^1 = r \wedge \omega^2 - q \wedge \omega^3; \\ D\omega_2^3 &= Dp = \omega_2^1 \wedge \omega_1^3 = r \wedge q; \\ D\omega^2 &= \omega^1 \wedge \omega_1^2 + \omega^3 \wedge \omega_3^2 = p \wedge \omega^3 - r \wedge \omega^1; \\ D\omega_3^1 &= Dq = \omega_3^2 \wedge \omega_2^1 = p \wedge r; \\ D\omega^3 &= \omega^1 \wedge \omega_1^3 + \omega^2 \wedge \omega_2^3 = q \wedge \omega^1 - p \wedge \omega^2; \\ D\omega_1^2 &= Dr = \omega_1^3 \wedge \omega_3^2 = q \wedge p.\end{aligned}\tag{2.101}$$

Также предположим, что $\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \neq 0$, а также принимая формы ω^1 , ω^2 , ω^3 за базисные, положим:

$$p = p_A \omega^A, \quad q = q_A \omega^A, \quad r = r_A \omega^A.$$

С учетом (2.98), запишем:

$$\begin{aligned} p_1 &= \Lambda_{21}, \quad p_2 = 0, \quad p_3 = \Lambda_2; \\ q_1 &= 0, \quad q_2 = p_1 = \Lambda_{21}, \quad q_3 = 0. \end{aligned} \quad (2.102)$$

Пусть $d_1 \vec{x}$ и $d_2 \vec{x}$ — произвольные перемещения, ортогональные вектору \vec{e}_3 . Отношение объемов параллелепипедов, построенных на тройке векторов \vec{e}_3 , $\vec{e}_3 + d_1 \vec{e}_3$, $\vec{e}_3 + d_2 \vec{e}_3$ и на тройке \vec{e}_3 , $d_1 \vec{x}$, $d_2 \vec{x}$ назовем полной кривизной поля \vec{e}_3 в выбранной точке. Полную кривизну будем обозначать K_t . Тогда

$$\begin{aligned} K_t &= \frac{\vec{e}_3(\vec{e}_3 + d_1 \vec{e}_3) \wedge (\vec{e}_3 + d_2 \vec{e}_3)}{e_3 d_1 \vec{x} \wedge d_2 \vec{x}} = \frac{\vec{e}_3(\vec{e}_3 + \omega_3^1 \vec{e}_1) \wedge (\vec{e}_3 + \omega_3^2 \vec{e}_2)}{e_3(\omega^1 \vec{e}_1) \wedge (\omega^2 \vec{e}_2)} = \\ &= \frac{\omega_3^1 \wedge \omega_3^2 \vec{e}_3 \vec{e}_1 \vec{e}_2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \vec{e}_3 \vec{e}_1 \vec{e}_2} = \frac{\omega_3^1 \wedge \omega_3^2}{\omega^1 \wedge \omega^2} = \frac{p \wedge q}{\omega^1 \wedge \omega^2}. \end{aligned}$$

при $\omega^3 = 0$. Последнее равенство перепишем в следующем виде:

$$K_t = \frac{(p_1 \omega^1 + p_2 \omega^2) \wedge (q_1 \omega^1 + q_2 \omega^2)}{\omega^1 \wedge \omega^2} = \frac{(p_1 q_2 - p_2 q_1) \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2} = p_1 q_2 - p_2 q_1.$$

С учетом (2.102) последнее равенство примет вид:

$$K_t = \Lambda_{21} \cdot (-\Lambda_{12}) = \Lambda_{21}^2 \neq 0. \quad (2.103)$$

Продифференцируем равенства (2.95) внешним образом, используя, при этом уравнения структуры евклидова пространства; получим:

$$(\nabla \Lambda_{ij} - \Lambda_i \omega_j^3) \wedge \omega^j + (\nabla \Lambda_i - \Lambda_{ij} \omega_j^3) \wedge \omega^3 = 0, \quad (2.104)$$

где $\nabla \Lambda_{ij} = d \Lambda_{ij} - \Lambda_{ik} \omega_j^k - \Lambda_{kj} \omega_i^k$, $\nabla \Lambda_i = d \Lambda_i - \Lambda_{ij} \omega_j^3$.

Применяя к равенствам (2.104) лемму Картана, запишем:

$$\begin{aligned} \nabla \Lambda_{ij} - \Lambda_i \omega_j^3 &= \mu_{ijk} \omega^k + \mu_{ij} \omega^3; \\ \nabla \Lambda_i - \Lambda_{ij} \omega_j^3 &= \mu_{ij} \omega^j + \mu_i \omega^3, \end{aligned} \quad (2.105)$$

где $\mu_{ijk} = \mu_{ikj}$.

Последние равенства перепишем более подробно:

$$d\Lambda_{ij} - \Lambda_{ik}\omega_j^k - \Lambda_{kj}\omega_i^k - \Lambda_i\omega_j^3 = \mu_{ijk}\omega^k + \mu_{ij}\omega^3;$$

$$d\Lambda_i - \Lambda_j\omega_i^j - \Lambda_{ij}\omega_j^i = \mu_{ij}\omega^j + \mu_i\omega^3.$$

Или, расписывая по всем индексам, получим:

$$d\Lambda_{12} = \mu_{12k}\omega^k + \mu_{12}\omega^3;$$

$$d\Lambda_{21} - \Lambda_2\Lambda_{12}\omega^2 = \mu_{21k}\omega^k + \mu_{21}\omega^3;$$

$$-\Lambda_{12}\omega_1^2 - \Lambda_{21}\omega_1^2 = \mu_{11k}\omega^k + \mu_{11}\omega^3;$$

$$-\Lambda_{21}\omega_2^1 - \Lambda_{12}\omega_2^1 - \Lambda_2\Lambda_{21}\omega^1 - \Lambda_2^2\omega^3 = \mu_{22k}\omega^k + \mu_{22}\omega^3;$$

$$-\Lambda_2\omega_1^2 - \Lambda_{12}\omega_3^2 = \mu_{1j}\omega^j + \mu_1\omega^3;$$

$$d\Lambda_2 - \Lambda_{21}\omega_3^1 = \mu_{2j}\omega^j + \mu_2\omega^3.$$

Складывая первые два равенства, получим:

$$d(\Lambda_{12} + \Lambda_{21}) - \Lambda_2\Lambda_{12}\omega^2 = (\mu_{12k} + \mu_{21k})\omega^k + (\mu_{12} + \mu_{21})\omega^3$$

$$\text{или } -\Lambda_2\Lambda_{12}\omega^2 = (\mu_{121} + \mu_{211})\omega^1 + (\mu_{122} + \mu_{212})\omega^2 + (\mu_{12} + \mu_{21})\omega^3.$$

Отсюда имеем:

$$\mu_{121} = -\mu_{211}, \mu_{122} + \mu_{212} = -\Lambda_2\Lambda_{12}, \mu_{12} = -\mu_{21};$$

$$\mu_{111} = \mu_{112} = \mu_{11} = 0.$$

Далее, из четвертого уравнения приведенной выше системы, получим:

$$-\Lambda_2\Lambda_{21}\omega^1 - \Lambda_2^2\omega^3 = \mu_{221}\omega^1 + \mu_{222}\omega^2 + \mu_{22}\omega^3.$$

Из последнего запишем:

$$\mu_{221} = -\Lambda_2\Lambda_{21}, \mu_{222} = 0, \mu_{22} = -\Lambda_2^2.$$

Пятое уравнение системы примет вид:

$$-\Lambda_2\omega_1^2 + \Lambda_{12}\Lambda_{21}\omega^1 + \Lambda_{12}\Lambda_2\omega^3 = \mu_{11}\omega^1 + \mu_{12}\omega^2 + \mu_1\omega^3.$$

Отсюда найдем выражение для формы ω_1^2 :

$$\omega_1^2 = -\frac{\Lambda_2^2 + \mu_{11}}{\Lambda_2}\omega^1 - \frac{\mu_{12}}{\Lambda_2}\omega^2 + (\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2})\omega^3.$$

И, наконец, последнее уравнение системы перепишем в виде:

$$d\Lambda_2 + \Lambda_{21}\Lambda_{12}\omega^2 = \mu_{21}\omega^1 + \mu_{22}\omega^2 + \mu_2\omega^3.$$

Из второго уравнения системы найдем:

$$d\Lambda_{21} = \mu_{211}\omega^1 + (\Lambda_2\Lambda_{12} + \mu_{212})\omega^2 + \mu_{21}\omega^3.$$

Так как согласно равенствам (2.106) $\mu_{211} = -\mu_{121} = -\mu_{112} = 0$ и $\mu_{212} = \mu_{221} =$

$$-\Lambda_2\Lambda_{21}, \text{ то } d\Lambda_{21} = -2\Lambda_2\Lambda_{21}\omega^2 + \mu_{21}\omega^3,$$

а

$$d\Lambda_2 = \mu_{21}\omega^1 + (\mu_{22} + \Lambda_{21}^2)\omega^2 + \mu_2\omega^3.$$

Согласно (2.107) $\mu_{22} = -\Lambda_2^2$. Тогда, окончательно можно записать:

$$\begin{aligned} d\Lambda_{21} &= -2\Lambda_2\Lambda_{21}\omega^2 + \mu_{21}\omega^3; \\ d\Lambda_2 &= \mu_{21}\omega^1 + (\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)\omega^2 + \mu_2\omega^3. \end{aligned} \quad (2.109)$$

Продифференцируем уравнения (6.109) внешним образом:

$$\begin{aligned} 0 &= -2(d\Lambda_2 \cdot \Lambda_{21} + \Lambda_2 d\Lambda_{21}) \wedge \omega^2 - 2\Lambda_2\Lambda_{21}(\omega^1 \wedge \omega_1^2 + \omega^3 \wedge \omega_3^2) + d\mu_{21} \wedge \\ &\quad \wedge \omega^3 + \mu_{21}(\omega^1 \wedge \omega_1^3 + \omega^2 \wedge \omega_2^3); \\ 0 &= d\mu_{21} \wedge \omega^1 + \mu_{21}(\omega^2 \wedge \omega_2^1 + \omega^3 \wedge \omega_3^1) + (2\Lambda_{21}d\Lambda_{21} - 2\Lambda_2d\Lambda_2) \wedge \omega^2 + \\ &\quad + (\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)(\omega^1 \wedge \omega_1^2 + \omega^3 \wedge \omega_3^2) + d\mu_2 \wedge \omega^3 + \mu_2(\omega^1 \wedge \omega_1^3 + \omega^2 \wedge \omega_2^3); \\ 0 &= -2((\mu_{21}\omega^1 + (\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)\omega^2 + \mu_2\omega^3)\Lambda_{21} + \Lambda_2(-2\Lambda_2\Lambda_{21}\omega^2 + \mu_{21}\omega^3)) \wedge \omega^2 - \\ &\quad - 2\Lambda_2\Lambda_{21}(\omega^1 \wedge (-\frac{\Lambda_{21}^2 + \mu_{11}}{\Lambda_2}\omega^1 - \frac{\mu_{12}}{\Lambda_2}\omega^2 + (\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2})\omega^3) - \omega^3 \wedge (\Lambda_{21}\omega^1 + \\ &\quad + \Lambda_2\omega^3)) + d\mu_{21} \wedge \omega^3 + \mu_{21}(\omega^1 \wedge (\Lambda_{12}\omega^2) + \omega^2 \wedge (\Lambda_{21}\omega^1 + \Lambda_2\omega^3)). \end{aligned}$$

Последнее перепишем:

$$\begin{aligned} 0 &= d\mu_{21} \wedge \omega^1 + \mu_{21}[\omega^2 \wedge (\frac{\Lambda_{21}^2 + \mu_{11}}{\Lambda_2}\omega^1 + \frac{\mu_{12}}{\Lambda_2}\omega^2 + (\frac{\mu_1}{\Lambda_2} - \Lambda_{12})\omega^3) - \omega^3 \wedge \\ &\quad \wedge (\Lambda_{12}\omega^2)] + [2\Lambda_{21}(-2\Lambda_2\Lambda_{21}\omega^2 + \mu_{21}\omega^3) - 2\Lambda_2(\mu_{21}\omega^1 + (\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)\omega^2 + \\ &\quad + \mu_2\omega^3) \wedge \omega^2 + (\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)[\omega^1 \wedge (-\frac{\Lambda_{21}^2 + \mu_{11}}{\Lambda_2}\omega^1 - \frac{\mu_{12}}{\Lambda_2}\omega^2 + (\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2})\omega^3) - \\ &\quad - \omega^3 \wedge (\Lambda_{21}\omega^1 + \Lambda_2\omega^3)] + d\mu_2 \wedge \omega^3 + \mu_2(\omega^1 \wedge (\Lambda_{12}\omega^2) + \omega^2 \wedge (\Lambda_{21}\omega^1 + \\ &\quad + \Lambda_2\omega^3)); \\ 0 &= -2(\mu_{21}\Lambda_{21}\omega^1 \wedge \omega^2 + \mu_2\Lambda_{21}\omega^3 \wedge \omega^2 + \Lambda_2\mu_{21}\omega^3 \wedge \omega^2) - 2\Lambda_2\Lambda_{21}[-\frac{\mu_{12}}{\Lambda_2} \cdot \\ &\quad \cdot \omega^1 \wedge \omega^2 + (\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2})\omega^1 \wedge \omega^3 - \Lambda_{21}\omega^3 \wedge \omega^1] + d\mu_{21} \wedge \omega^3 + \mu_{21}[\Lambda_{12}\omega^1 \wedge \omega^2 + \\ &\quad + \Lambda_{21}\omega^2 \wedge \omega^1 + \Lambda_2\omega^2 \wedge \omega^3]. \end{aligned}$$

Выполняя вполне обычные преобразования, запишем:

$$\begin{aligned}
0 &= d\mu_{21} \wedge \omega^1 + \mu_{21} \left[\frac{\Lambda_{21}^2 + \mu_{11}}{\Lambda_2} \omega^2 \wedge \omega^1 + \left(\frac{\mu_1}{\Lambda_2} - \Lambda_{12} \right) \omega^2 \wedge \omega^3 - \Lambda_{12} \omega^3 \wedge \omega^2 \right] + \\
&+ [2\Lambda_{21}\mu_{21}\omega^3 \wedge \omega^2 - 2\Lambda_2\mu_{21}\omega^1 \wedge \omega^2 - 2\Lambda_2\mu_2\omega^3 \wedge \omega^2 + (\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2) \cdot \\
&\cdot \left(-\frac{\mu_{12}}{\Lambda_2} \omega^1 \wedge \omega^2 + \left(\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2} \right) \omega^1 \wedge \omega^3 - \Lambda_{21}\omega^3 \wedge \omega^1 \right) + d\mu_2 \wedge \omega^3 + \\
&+ \mu_2\Lambda_{12}\omega^1 \wedge \omega^2 + \mu_2\Lambda_{21}\omega^2 \wedge \omega^1 + \mu_2\Lambda_2\omega^2 \wedge \omega^3]; \\
0 &= (-2\mu_{21}\Lambda_{21} + 2\Lambda_{21}\mu_{12} + \mu_{21}\Lambda_{12} - \mu_{21}\Lambda_{21})\omega^1 \wedge \omega^2 + (-2\mu_2\Lambda_{21} - 2\Lambda_2\mu_{21} - \\
&- \mu_{21}\Lambda_2)\omega^3 \wedge \omega^2 + (-2\Lambda_2\Lambda_{21}(\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2}) - 2\Lambda_2\Lambda_{21}^2)\omega^1 \wedge \omega^3 + d\mu_{21} \wedge \omega^3.
\end{aligned}$$

После приведения подобных членов будем иметь:

$$\begin{aligned}
0 &= d\mu_{21} \wedge \omega^1 + \left(-\mu_{21} \frac{\Lambda_{21}^2 + \mu_{11}}{\Lambda_2} - 2\Lambda_2\mu_{21} - \frac{\mu_{12}}{\Lambda_2} (\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2) + \mu_2\Lambda_{12} - \right. \\
&- \mu_2\Lambda_{21}) \omega^1 \wedge \omega^2 + \left(\mu_{21} \left(\frac{\mu_1}{\Lambda_2} - \Lambda_{12} \right) + \mu_{21}\Lambda_{12} - 2\Lambda_{21}\mu_{21} + 2\Lambda_2\mu_2 + \mu_2\Lambda_2 \right) \cdot \\
&\cdot \omega^2 \wedge \omega^3 + \left((\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)(\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2} + \Lambda_{21}) \right) \omega^1 \wedge \omega^3 + d\mu_2 \wedge \omega^3; \\
0 &= (-4\mu_{21}\Lambda_{21} + 2\Lambda_{21}\mu_{12})\omega^1 \wedge \omega^2 + (-2\mu_2\Lambda_{21} - 3\Lambda_2\mu_{21})\omega^3 \wedge \omega^2 + (2\Lambda_2\Lambda_{21}^2 + \\
&+ 2\Lambda_{21}\mu_1 - 2\Lambda_2\Lambda_{21}^2)\omega^1 \wedge \omega^3 + d\mu_{21} \wedge \omega^3.
\end{aligned}$$

В конце получим следующую систему:

$$\begin{aligned}
0 &= -6\mu_{21}\Lambda_{21}\omega^1 \wedge \omega^2 + (-2\mu_2\Lambda_{21} - 3\Lambda_2\mu_{21})\omega^3 \wedge \omega^2 + (2\Lambda_{21}\mu_1)\omega^1 \wedge \omega^3 + \\
&+ d\mu_{21} \wedge \omega^3; \\
0 &= d\mu_{21} \wedge \omega^1 + (-3\Lambda_2\mu_{21} - 2\mu_2\Lambda_{21})\omega^1 \wedge \omega^2 + \left(\mu_{21} \left(\frac{\mu_1}{\Lambda_2} - 2\Lambda_{21} \right) + 3\Lambda_2\mu_2 \right) \cdot \\
&\cdot \omega^2 \wedge \omega^3 + \frac{\mu_1}{\Lambda_2} (\Lambda_2^2 - \Lambda_{21}^2)\omega^1 \wedge \omega^3 + d\mu_2 \wedge \omega^3;
\end{aligned}$$

Умножим внешним образом первое уравнение этой системы на ω^3 , получим:

$$\begin{aligned}
0 &= -6\mu_{21}\Lambda_{21}\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3; \\
\mu_{21}\Lambda_{21} &= 0.
\end{aligned}$$

Так как $\Lambda_{21} \neq 0$, то $\mu_{21} = 0$. Тогда второе уравнение системы примет вид:

$$0 = -2\mu_2\Lambda_{21}\omega^1 \wedge \omega^2 + 3\Lambda_2\mu_2\omega^2 \wedge \omega^3 + \frac{\mu_1}{\Lambda_2}(\Lambda_2^2 - \Lambda_{21}^2)\omega^1 \wedge \omega^3 + d\mu_2 \wedge \omega^3.$$

Также умножим внешним образом последнее уравнение на ω^3 :

$$\begin{aligned} 0 &= -2\mu_2\Lambda_{21}\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3; \\ \mu_2\Lambda_{21} &= 0. \end{aligned}$$

Так как $\Lambda_{21} \neq 0$, то $\mu_2 = 0$.

С учетом последних равенств, соотношения (2.109) можно переписать следующим образом:

$$\begin{aligned} d\Lambda_{21} &= -2\Lambda_2\Lambda_{21}\omega^2; \\ d\Lambda_2 &= (\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)\omega^2. \end{aligned} \tag{2.110}$$

Также ввиду того, что $\mu_{11} = \mu_{12} = 0$, то равенство (2.108) примет вид:

$$\omega_1^2 = -\frac{\Lambda_{21}^2}{\Lambda_2}\omega^1 + (\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2})\omega^3$$

или

$$r_1\omega^1 + r_2\omega^2 + r_3\omega^3 = -\frac{\Lambda_{21}^2}{\Lambda_2}\omega^1 + (\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2})\omega^3.$$

Из последнего равенства имеем:

$$r_1 = -\frac{\Lambda_{21}^2}{\Lambda_2}, \quad r_2 = 0, \quad r_3 = \Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2}.$$

Далее покажем, что $\mu_1 = 0$. Для этого продифференцируем внешним образом равенство:

$$-\Lambda_2\omega_1^2 - \Lambda_{12}\omega_3^2 = \mu_{1j}\omega^j + \mu_1\omega^3,$$

предварительно упростив его:

$$-\Lambda_2\omega_1^2 - \Lambda_{12}\omega_3^2 = \mu_1\omega^3$$

или

$$\Lambda_{12}\omega_2^3 - \Lambda_2\omega_1^2 = \mu_1\omega^3.$$

$$\begin{aligned} d\Lambda_{12} \wedge \omega_2^3 + \Lambda_{12}\omega_2^1 \wedge \omega_1^3 - d\Lambda_2 \wedge \omega_1^2 - \Lambda_2\omega_1^3 \wedge \omega_3^2 &= d\mu_1 \wedge \omega^3 + \\ + \mu_1(\omega^1 \wedge \omega_1^3 + \omega^2 \wedge \omega_2^3). \end{aligned}$$

С учетом (2.110) последнее равенство переписывается:

$$\begin{aligned}
& 2\Lambda_2\Lambda_{21}\omega^2 \wedge (\Lambda_{21}\omega^1 + \Lambda_2\omega^3) + \Lambda_{12}\left(\frac{\Lambda_{21}^2}{\Lambda_2}\omega^1 + \left(\frac{\mu_1}{\Lambda_2} - \Lambda_{12}\right)\omega^3\right) \wedge \Lambda_{12}\omega^2 - \\
& -(\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)\omega^2 \wedge \left(-\frac{\Lambda_{21}^2}{\Lambda_2}\omega^1 + \left(\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2}\right)\omega^3\right) + \Lambda_2\Lambda_{12}\omega^2 \wedge (\Lambda_{21}\omega^1 + \Lambda_2\omega^3) = \\
& = d\mu_1 \wedge \omega^3 + \mu_1(\omega^1 \wedge \Lambda_{12}\omega^2 + \omega^2 \wedge (\Lambda_{21}\omega^1 + \Lambda_2\omega^3)).
\end{aligned}$$

Раскрывая скобки, получим:

$$\begin{aligned}
& 2\Lambda_2\Lambda_{21}^2\omega^2 \wedge \omega^1 + 2\Lambda_2^2\Lambda_{21}\omega^2 \wedge \omega^3 + \frac{\Lambda_{21}^4}{\Lambda_2}\omega^1 \wedge \omega^2 + \Lambda_{12}^2\left(\frac{\mu_1}{\Lambda_2} - \Lambda_{12}\right)\omega^3 \wedge \omega^2 + \\
& + \frac{\Lambda_{21}^2}{\Lambda_2}(\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)\omega^2 \wedge \omega^1 - (\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)\left(\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2}\right)\omega^2 \wedge \omega^3 - \Lambda_2\Lambda_{21}^2\omega^2 \wedge \omega^1 + \\
& + \Lambda_2^2\Lambda_{12}\omega^2 \wedge \omega^3 = d\mu_1 \wedge \omega^3 + \mu_1\Lambda_{12}\omega^1 \wedge \omega^2 + \mu_1\Lambda_{21}\omega^2 \wedge \omega^1 + \mu_1\Lambda_2\omega^2 \wedge \omega^3.
\end{aligned}$$

После приведения подобных членов, будем иметь:

$$\begin{aligned}
& \left(-2\Lambda_2\Lambda_{21}^2 + \frac{\Lambda_{21}^4}{\Lambda_2} - \frac{\Lambda_{21}^2}{\Lambda_2}(\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2) + \Lambda_2\Lambda_{21}^2 - \mu_1\Lambda_{12} + \mu_1\Lambda_{21}\right)\omega^1 \wedge \omega^2 + \\
& + \left(2\Lambda_2^2\Lambda_{21} - \Lambda_{12}^2\left(\frac{\mu_1}{\Lambda_2} - \Lambda_{12}\right) - (\Lambda_{21}^2 - \Lambda_2^2)\left(\Lambda_{12} - \frac{\mu_1}{\Lambda_2}\right) + \Lambda_2^2\Lambda_{12} - \right. \\
& \left. - \mu_1\Lambda_2\right)\omega^2 \wedge \omega^3 = d\mu_1 \wedge \omega^3.
\end{aligned}$$

Перепишав последнее равенство в виде:

$$\begin{aligned}
& \left(-2\Lambda_2\Lambda_{21}^2 + \frac{\Lambda_{21}^4}{\Lambda_2} - \frac{\Lambda_{21}^2}{\Lambda_2} + \Lambda_{21}^2\Lambda_2 + \Lambda_2\Lambda_{21}^2 + 2\mu_1\Lambda_{21}\right)\omega^1 \wedge \omega^2 + \left(2\Lambda_2^2\Lambda_{21} - \right. \\
& \left. - \frac{\mu_1}{\Lambda_2}\Lambda_{12}^2 + \Lambda_{12}^3 - \Lambda_{12}^3 + \Lambda_2^2\Lambda_{12} + \Lambda_{21}^2\frac{\mu_1}{\Lambda_2} - \Lambda_2^2\frac{\mu_1}{\Lambda_2} + \Lambda_2^2\Lambda_{12} - \mu_1\Lambda_2\right)\omega^2 \wedge \omega^3 = \\
& = d\mu_1 \wedge \omega^3.
\end{aligned}$$

Окончательно будем иметь:

$$2\mu_1\Lambda_{21}\omega^1 \wedge \omega^2 + (-2\Lambda_2\mu_1)\omega^2 \wedge \omega^3 = d\mu_1 \wedge \omega^3.$$

После умножения последнего равенства внешним образом на ω^3 , получим:

$$2\mu_1\Lambda_{21}\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 = 0;$$

$$\mu_1\Lambda_{21} = 0.$$

Так как $\Lambda_{21} \neq 0$, то

$$\mu_1 = 0. \tag{2.111}$$

Тогда

$$r_1 = -\frac{\Lambda_{21}^2}{\Lambda_2}, r_2 = 0, r_3 = \Lambda_{12}. \quad (2.112)$$

Пусть \vec{r} — радиус-вектор точки x . Так как вектор \vec{e}_3 — касательный вектор к линиям тока, то можем взять $\vec{e}_3 = \dot{\vec{r}}$. Тогда $\ddot{\vec{r}} = d\vec{e}_3 = \omega_3^1 \vec{e}_1 + \omega_3^2 \vec{e}_2 = -\omega_1^3 \vec{e}_1 - \omega_2^3 \vec{e}_2 = -(\Lambda_{12} \omega^2) \vec{e}_1 - (\Lambda_{21} \omega^1 + \Lambda_2 \omega^3) \vec{e}_2$. Исходя из этого, найдем векторное произведение векторов $\dot{\vec{r}}$ и $\ddot{\vec{r}}$, при этом воспользуемся принятым при таком вычислении понятием «как бы определителя»:

$$[\dot{\vec{r}}, \ddot{\vec{r}}] = \begin{vmatrix} \vec{e}_1 & \vec{e}_2 & \vec{e}_3 \\ 0 & 0 & 1 \\ \Lambda_{21} \omega^2 & -(\Lambda_{21} \omega^1 + \Lambda_2 \omega^3) & 0 \end{vmatrix} = (\Lambda_{21} \omega^1 + \Lambda_2 \omega^3) \vec{e}_1 + (\Lambda_{21} \omega^2) \vec{e}_2.$$

Отсюда

$$|[\dot{\vec{r}}, \ddot{\vec{r}}]| = \sqrt{(\Lambda_{21} \omega^1 + \Lambda_2 \omega^3)^2 + (\Lambda_{21} \omega^2)^2}. \quad (2.113)$$

Так как рассматриваются интегральные линии векторного поля \vec{e}_3 , то можно положить $\omega^1 = \omega^2 = 0$. Тогда (2.113) примет вид:

$$|[\dot{\vec{r}}, \ddot{\vec{r}}]| = \Lambda_2 \omega^3$$

и

$$k = \left| \frac{d\vec{e}_3}{ds} \right| = \left| \frac{-\Lambda_2 \omega^3 \vec{e}_2}{ds} \right| = |\Lambda_2| \pmod{\omega^i = 0}. \quad (2.114)$$

Согласно второму равенству из (2.110) при $\omega^i = 0$, имеем:

$$d\Lambda_2 = 0,$$

то для интегральных линий векторного поля \vec{e}_3 получим:

$$\Lambda_2 = \text{const}.$$

Согласно формуле (2.114), где k — кривизна интегральных линий векторного поля \vec{e}_3 , можно заключить, что k также постоянно.

Положим $\vec{\tau}$ — касательный вектор к линиям тока, то есть $\vec{\tau} = \vec{e}_3$. Тогда $\frac{d\vec{\tau}}{ds} = \frac{d\vec{e}_3}{ds} = \frac{\omega_3^1 \vec{e}_1 + \omega_3^2 \vec{e}_2}{ds} = -\frac{\omega_1^3 \vec{e}_1 + \omega_2^3 \vec{e}_2}{ds} = -\frac{\Lambda_2 \omega^3 \vec{e}_2}{ds} = -\Lambda_2 \vec{e}_2 \pmod{\omega^i = 0}$.

С другой стороны, согласно формулам Френе: $\frac{d\vec{\tau}}{ds} = k\vec{v}$, то есть $k = -\Lambda_2$, а

$\vec{v} = \vec{e}_2$. Тогда

$$\begin{aligned} \frac{d\vec{v}}{ds} &= \frac{d\vec{e}_2}{ds} = \frac{\omega_2^1 \vec{e}_1 + \omega_2^3 \vec{e}_3}{ds} = \frac{-\Lambda_{12} \omega^3 \vec{e}_1 + \Lambda_2 \omega^3 \vec{e}_3}{ds} = -\Lambda_{12} \vec{e}_1 + \Lambda_2 \vec{e}_3 = \\ &= \Lambda_2 \vec{\tau} - \Lambda_{12} \vec{e}_1. \end{aligned}$$

С другой стороны: $\frac{d\vec{v}}{ds} = -k\vec{\tau} + \chi\vec{\beta}$. Сравнивая последние две формулы, запишем:

$$k = -\Lambda_2, \quad \chi = -\Lambda_{12} = \Lambda_{21}, \quad \vec{\beta} = \vec{e}_1.$$

Тогда с учетом первого равенства из (2.110), можно записать:

$$d\Lambda_{21} = 0 \pmod{\omega^i = 0}. \quad (2.115)$$

Тем самым, $d\chi = 0$ и $\chi = const$. На основании последних рассуждений, получаем, что кривизна и кручение интегральной линии векторного поля \vec{e}_3 или линии тока вектора скорости жидкости имеют постоянную кривизну и кручение. Справедлива

Теорема 2.7. *Интегральные линии векторного поля, нормального к плоскому распределению, являются винтовыми линиями.*

Следует отметить, что эти винтовые линии лежат на цилиндре. Таким образом, частицы жидкости движутся по винтовым линиям, лежащих на цилиндрах, образующие которых параллельны оси рассматриваемого участка сосуда.

Замечание. *Теорему 2.7 можно сформулировать в данном случае следующим образом: нормальная конгруэнция линий к плоскому распределению, состоит из винтовых линий.*

Как видно из формулы (2.103), полная кривизна векторного поля \vec{e}_3 , являющегося нормалью к плоскому распределению, также постоянна.

Справедлива

Теорема 2.8. *Полная кривизна векторного поля, являющегося нормалью к плоскому распределению, постоянна.*

Следствие. *Полная кривизна векторного поля, интегральные линии которого являются винтовыми линиями, постоянна.*

Так как вектор скорости жидкости имеет направление вектора \vec{e}_3 , то из формулы (2.31) будем иметь:

$$\begin{aligned}
-rot \bar{e}_3 d\tau &= \bar{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (-p)) + \bar{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^1 \wedge q) + \bar{e}_3(\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge q + \\
&+ \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (-p)) = -p_3 \bar{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3) + q_3 \bar{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^1 \wedge \omega^3) + \bar{e}_3 \cdot \\
&\cdot (q_2 \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 - p_1 \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge \omega^1) = -p_3 \bar{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3) - q_3 \bar{e}_2 \cdot \\
&\cdot (\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3) + (q_2 + p_1) \bar{e}_3(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3).
\end{aligned}$$

Отсюда имеем:

$$rot \bar{e}_3 = p_3 \bar{e}_1 + q_3 \bar{e}_2 - (q_2 + p_1) \bar{e}_3.$$

Векторное поле \bar{e}_1 будет голономным тогда и только тогда, когда $(\bar{e}_1, rot \bar{e}_1) = p_3 = 0$. Но $p_3 = \Lambda_2 \neq 0$. Значит, векторное поле \bar{e}_1 не голономное.

Векторное поле \bar{e}_2 будет голономным тогда и только тогда, когда $(\bar{e}_2, rot \bar{e}_2) = q_3 = 0$. Но $q_3 = \Lambda_1 = 0$. Тем самым, векторное поле \bar{e}_2 является голономным.

Векторное поле \bar{e}_3 будет голономным тогда и только тогда, когда $(\bar{e}_3, rot \bar{e}_3) = -(q_2 + p_1) = 0$. Согласно формулам (2.102) будем иметь: $\Lambda_{21} - \Lambda_{12} = 0$. Как следует из последнего равенства, распределение Δ^2 будет вполне интегрируемым, а, в данном случае, рассматривается плоское распределение. Значит, векторное поле \bar{e}_3 не будет голономным.

Получаем, что векторное поле \bar{e}_2 ортогонально цилиндрам, на которых лежат интегральные линии векторного поля \bar{e}_3 , представляющие собой винтовые линии. В этом случае данные соосные цилиндры определяются уравнением:

$$\omega^2 = 0.$$

Рассмотрим обратную задачу, то есть интегральные линии векторного поля \bar{e}_3 являются винтовыми линиями, которые лежат на соосных цилиндрах. Так как полная кривизна векторного поля \bar{e}_3 K_l не равна нулю, то оно не допускает семейства ортогональных поверхностей и линии кривизны такого поля будут мнимыми.

Далее приведем довольно-таки понятные рассуждения, которые понадобятся несколько позднее. Запишем уравнение для координат точек одной из винтовых линий:

$$x = \rho \cos \varphi, \quad y = \rho \sin \varphi, \quad z = b\varphi, \quad (2.116)$$

где $b = b(\rho^2)$, $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Касательным вектором к винтовой линии является вектор \vec{e}_3 , но винтовая линия имеет уравнения вида (2.116) в прямоугольной системе координат $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ с началом в точке O , лежащей на оси всех цилиндров. Такой вид уравнения используется для более наглядного изложения дальнейшего материала.

Касательный вектор к винтовой линии, заданной уравнением (2.116) имеет координаты:

$$\vec{A}(x_\varphi, y_\varphi, z_\varphi) = \vec{A}(-y, x, b).$$

Тогда единичный вектор этого поля \vec{a} будет иметь следующие координаты:

$$\vec{a}\left(\frac{-y}{\sqrt{\rho^2 + b^2}}, \frac{x}{\sqrt{\rho^2 + b^2}}, \frac{b}{\sqrt{\rho^2 + b^2}}\right).$$

Средняя кривизна векторного поля \vec{a} определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} 2H = -\operatorname{div}\vec{a} &= \frac{\partial}{\partial x} \frac{y}{\sqrt{\rho^2 + b^2}} - \frac{\partial}{\partial y} \frac{x}{\sqrt{\rho^2 + b^2}} = \frac{-y \frac{\partial}{\partial x} \sqrt{x^2 + y^2 + b^2}}{\rho^2 + b^2} + \\ &+ \frac{x \frac{\partial}{\partial y} \sqrt{x^2 + y^2 + b^2}}{\rho^2 + b^2} = \frac{-\frac{1}{2}y(\rho^2 + b^2)^{-\frac{1}{2}}2x + \frac{1}{2}x(\rho^2 + b^2)^{-\frac{1}{2}}2y}{\rho^2 + b^2} = \\ &= \frac{-xy + xy}{\sqrt{(\rho^2 + b^2)^3}} = 0. \end{aligned}$$

К аналогичному результату приводят вычисления с использованием формулы (2.28) и следующей за ней формулы для ортонормированного репера.

Для вычисления полной кривизны K векторного поля \vec{a} поступим следующим образом. Выразим K с помощью компонент вектора \vec{A} , кол-

линейного \vec{a} : $\vec{A} \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{pmatrix} = \lambda \vec{a}$, где $\lambda = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + b^2}$. Рас-

смотрим вектор:

$$\vec{P}\{(\vec{a}_y, \vec{a}_z, \vec{a}), (\vec{a}_z, \vec{a}_x, \vec{a}), (\vec{a}_x, \vec{a}_y, \vec{a})\},$$

где круглыми скобками обозначены смешанные произведения соответствующих векторов.



Худший вид высокомерия — чванство своими знаниями и званиями. В какой-то мере это прощительно тем, кто рисковал жизнью, путешествуя по всему свету в поисках истины, галапагосских реликтовых черепах или останков синантропа (Они же, как правило, самые скромные). А как быть с теми многими, которые всю жизнь путешествовали только в ближнюю столицу с письмами-отношениями в главк, министерство, издательство, а если повезет, то и в Академию наук.

Имеем $K = (\bar{P}, \bar{a})$. Тогда

$$P = \lambda^{-3} \{(\bar{A}_y \bar{A}_z \bar{A}), (\bar{A}_z \bar{A}_x \bar{A}), (\bar{A}_x \bar{A}_y \bar{A})\}.$$

Так как $\bar{A}(-y, x, b)$, то

$$\begin{aligned} A_{1x} &= 0 & A_{2x} &= 1 & A_{3x} &= b \setminus 2x; \\ A_{1y} &= -1 & A_{2y} &= 0 & A_{3y} &= b \setminus 2y; \\ A_{1z} &= 0 & A_{2z} &= 0 & A_{3z} &= 0. \end{aligned}$$

Имеем:

$$\begin{aligned} K &= \lambda^{-4} \{(\bar{A}_y \bar{A}_z \bar{A})A_1 + (\bar{A}_z \bar{A}_x \bar{A})A_2 + (\bar{A}_x \bar{A}_y \bar{A})A_3\} = \\ &= - \frac{\begin{vmatrix} A_{1x} & A_{1y} & A_{1z} & A_1 \\ A_{2x} & A_{2y} & A_{2z} & A_2 \\ A_{3x} & A_{3y} & A_{3z} & A_3 \\ A_1 & A_2 & A_3 & 0 \end{vmatrix}}{(A_1^2 + A_2^2 + A_3^2)^2}. \end{aligned} \quad (2.117)$$

С учетом предыдущих равенств, формула (2.117) примет вид:

$$K = - \frac{1}{(\rho^2 + b^2)^2} \cdot \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 & -y \\ 1 & 0 & 0 & x \\ b \setminus 2x & b \setminus 2y & 0 & b \\ -y & x & b & 0 \end{vmatrix} = \frac{-b(2\rho^2 b \setminus b)}{(\rho^2 + b^2)^2}.$$

Далее, вычислим величину неголономности поля \bar{A} :

$$\begin{aligned} (\bar{A}, \text{rot} \bar{A}) &= (\bar{A}, \vec{i}(A_{3y} - A_{2z}) + \vec{j}(A_{1z} - A_{3x}) + \vec{k}(A_{2x} - A_{1y})) = \\ &= (\bar{A}, b \setminus 2y \vec{i} - b \setminus 2x \vec{j} + 2\vec{k}) = -2b \setminus y^2 - 2b \setminus x^2 + 2b = 2b - 2b \setminus \rho^2. \end{aligned}$$

Найдем $\text{rot} \bar{a}$:

$$\text{rot} \bar{a} = \text{rot} \left(\frac{\bar{A}}{\lambda} \right) = \frac{2b \setminus y}{\sqrt{\rho^2 + b^2}} \vec{i} - \frac{2b \setminus x}{\sqrt{\rho^2 + b^2}} \vec{j} + \frac{2}{\sqrt{\rho^2 + b^2}} \vec{k}.$$

Тогда

$$(\bar{a}, \text{rot} \bar{a}) = \frac{2(b - b \setminus \rho^2)}{\rho^2 + b^2}. \quad (2.118)$$

Направление $d\bar{x}$, ортогональное полю \bar{a} , будет асимптотическим, если нормальная кривизна этого поля в направлении $d\bar{x}$ равна нулю. Нор-

мальную кривизну поля \vec{a} определим как отношение $(d\vec{a}, d\vec{x})$ к $(d\vec{x})^2$. Тем самым, асимптотическое направление $d\vec{x}$ ортогонально $d\vec{a}$, а также $d\vec{x}$ ортогонально \vec{a} . Отсюда получаем, что $d\vec{x}$ коллинеарно направлению $[\vec{a}, d\vec{a}]$ и асимптотическое направление определяется из векторного уравнения

$$[\vec{a}, d\vec{a}] = \mu d\vec{x},$$

где $\mu \in R$.

Уравнения для определения асимптотических линий в координатном виде имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}\xi_2 d\xi_3 - \xi_3 d\xi_2 &= \mu dx; \\ \xi_3 d\xi_1 - \xi_1 d\xi_3 &= \mu dy; \\ \xi_1 d\xi_2 - \xi_2 d\xi_1 &= \mu dz,\end{aligned}$$

где положено, что $\vec{a}(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$.

Координаты вектора \vec{a} выразим через ρ и φ :

$$\xi_1 = \frac{-\rho \sin \varphi}{\sqrt{\rho^2 + b^2}}, \quad \xi_2 = \frac{\rho \cos \varphi}{\sqrt{\rho^2 + b^2}}, \quad \xi_3 = \frac{b}{\sqrt{\rho^2 + b^2}}.$$

С учетом последних равенств, уравнения асимптотических линий переписутся следующим образом:

$$\begin{aligned}(\rho \cos \varphi db - bd(\rho \cos \varphi)) &= (\rho^2 + b^2) \mu d(\rho \cos \varphi); \\ (\rho \sin \varphi db - bd(\rho \sin \varphi)) &= (\rho^2 + b^2) \mu d(\rho \sin \varphi); \\ \rho^2 d\varphi &= (\rho^2 + b^2) \mu dz.\end{aligned} \quad (2.119)$$

Для нахождения условия существования асимптотических направлений, используем такую систему координат, что в точке M_0 будем иметь $\xi_1 = \xi_2 = 0, \xi_3 = 1$. Отсюда получаем, что в точке M_0 система уравнений для определения асимптотического направления имеет вид:

$$\begin{aligned}-(\xi_{2x} + \mu)dx - \xi_{2y}dy &= 0; \\ \xi_{1x}dx + (\xi_{1y} - \mu)dy &= 0; \\ dz &= 0.\end{aligned}$$

Последняя система будет иметь решение тогда и только тогда, когда

$$\begin{vmatrix} -(\xi_{2x} + \mu) & -\xi_{2y} \\ \xi_{1x} & \xi_{1y} - \mu \end{vmatrix} = 0.$$

Следовательно, коэффициент μ определяется из квадратного уравнения:

$$\mu^2 - (\xi_{1y} - \xi_{2x})\mu + (\xi_{1x}\xi_{2y} - \xi_{1y}\xi_{2x}) = 0.$$

По аналогии получим:

$$(\vec{a}, \text{rot}\vec{a}) = \xi_{2x} - \xi_{1y}, \quad K = \xi_{1x}\xi_{2y} - \xi_{1y}\xi_{2x}.$$

Тогда уравнение для определения μ примет вид:

$$\mu^2 + (\vec{a}, \text{rot}\vec{a})\mu + K = 0.$$

Корни последнего уравнения будут находиться следующим образом:

$$\mu_{1,2} = \frac{-(\vec{a}, \text{rot}\vec{a}) \pm \sqrt{(\vec{a}, \text{rot}\vec{a})^2 - 4K}}{2}. \quad (2.120)$$

Введем обозначение: $-4K_1 = (\vec{a}, \text{rot}\vec{a})^2 - 4K$. Тогда асимптотическое направление существует тогда и только тогда, когда $K_1 \leq 0$. При этом K_1 назовем полной кривизной первого рода.

Отсюда можно сделать вывод: существуют два асимптотических направления, ортогональные векторному полю \vec{a} , если $K_1 < 0$. В случае $K_1 = 0$ существует либо одно асимптотическое направление, либо все направления, ортогональные вектору \vec{a} , асимптотические.

Подкоренное выражение в (2.120) можно привести к виду:

$$\begin{aligned} (\vec{a}, \text{rot}\vec{a})^2 - 4K &= \frac{4(b - b^1 \rho^2)^2}{(\rho^2 + b^2)^2} + 4 \frac{b(2\rho^2 b^1 - b)}{(\rho^2 + b^2)^2} = \\ &= \frac{4b^2 - 8b^1 b \rho^2 + 4b^1 \rho^4 + 8b^1 b \rho^2 - 4b^2}{(\rho^2 + b^2)^2} = \frac{4b^1 \rho^4}{(\rho^2 + b^2)^2}. \end{aligned}$$

Коэффициент μ может принимать следующие значения:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \frac{1}{2} \left(\frac{2(b^1 \rho^2 - b)}{\rho^2 + b^2} - \frac{2b^1 \rho^2}{\rho^2 + b^2} \right) = \frac{b^1 \rho^2 - b - b^1 \rho^2}{\rho^2 + b^2} = \frac{-b}{\rho^2 + b^2}; \\ \mu_2 &= \frac{1}{2} \left(\frac{2(b^1 \rho^2 - b)}{\rho^2 + b^2} + \frac{2b^1 \rho^2}{\rho^2 + b^2} \right) = \frac{b^1 \rho^2 - b + b^1 \rho^2}{\rho^2 + b^2} = \frac{2b^1 \rho^2 - b}{\rho^2 + b^2}. \end{aligned}$$

Пусть $\mu = \mu_1 = \frac{-b}{\rho^2 + b^2}$. Тогда система (2.119) примет вид:

$$\begin{aligned} \rho \cos \varphi db - bd(\rho \cos \varphi) &= -bd(\rho \cos \varphi); \\ \rho \sin \varphi db - bd(\rho \sin \varphi) &= -bd(\rho \sin \varphi); \\ \rho^2 d\varphi &= -bdz \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned}\rho \cos \varphi db &= 0; \\ \rho \sin \varphi db &= 0; \\ \rho^2 d\varphi &= -bdz.\end{aligned}\tag{2.121}$$

Из первых двух уравнений системы (2.121) получаем, что $db = 0$. С учетом (2.116), получаем: $dz = b d\varphi$ и $\rho^2 d\varphi = -b^2 d\varphi$, то есть $\rho = const$. Поэтому эта асимптотическая лежит на цилиндре $\rho = const$ и является винтовой линией. Семейство таких винтовых линий с заданным семейством винтовых линий образует на цилиндре регулярную ортогональную сеть.

Пусть теперь $\mu = \mu_2 = \frac{2b \rho^2 - b}{\rho^2 + b^2}$. Система (2.119) примет вид:

$$\begin{aligned}\rho \cos \varphi db - bd(\rho \cos \varphi) &= (2b \rho^2 - b)d(\rho \cos \varphi); \\ \rho \sin \varphi db - bd(\rho \sin \varphi) &= (2b \rho^2 - b)d(\rho \sin \varphi); \\ \rho^2 d\varphi &= (2b \rho^2 - b)dz.\end{aligned}$$

После приведения подобных, последняя система примет вид:

$$\begin{aligned}\rho \cos \varphi db &= 2b \rho^2 d(\rho \cos \varphi); \\ \rho \sin \varphi db &= 2b \rho^2 d(\rho \sin \varphi); \\ \rho^2 d\varphi &= (2b \rho^2 - b)dz.\end{aligned}\tag{2.122}$$

Из первого и второго уравнений системы (2.122), получим:

$$\frac{\rho \cos \varphi}{d(\rho \cos \varphi)} db = 2b \rho^2 \quad \text{и} \quad \frac{\rho \sin \varphi}{d(\rho \sin \varphi)} db = 2b \rho^2.$$

Тогда имеем

$$\frac{\rho \cos \varphi}{d(\rho \cos \varphi)} db = \frac{\rho \sin \varphi}{d(\rho \sin \varphi)} db.$$

Пусть $b \neq 0$, тогда

$$\frac{\rho \cos \varphi}{d \rho \cos \varphi - \rho \sin \varphi d\varphi} = \frac{\rho \sin \varphi}{d \rho \sin \varphi + \rho \cos \varphi d\varphi}.$$

После преобразований будем иметь:

$$\begin{aligned}d\rho \cdot \rho \cos \varphi \sin \varphi + \rho^2 \cos^2 \varphi d\varphi &= d\rho \cdot \rho \cos \varphi \sin \varphi - \rho^2 \sin^2 \varphi d\varphi; \\ \rho^2 d\varphi &= 0; \\ d\varphi &= 0.\end{aligned}$$

Из третьего уравнения системы (2.122) при $K \neq 0$ получаем, что $dz = 0$.

Отсюда можно заключить, что асимптотические линии второго семейства — лучи, проведенные из оси цилиндров и параллельные плоскости OXY .

Последние свойства были получены в предположении, когда $b \neq 0$. Но нас больше интересует случай, когда $b = 0$. Тогда $\mu_1 = \mu_2 = \frac{-b}{\rho^2 + b^2}$ и первые два уравнения системы (2.119) выполняются тождественно. Третье уравнение этой системы принимает вид: $\rho^2 d\varphi = -bdz$. Это уравнение отражает тот факт, что асимптотическое направление ортогонально полю \vec{a} . Причем, любое направление, ортогональное полю \vec{a} , является асимптотическим, то есть распределение Δ^2 , ортогональное полю \vec{a} , является плоским.

Имеем винтовые линии, располагающиеся на соосных цилиндрах, которые бесконечное число раз обвиваются вокруг соответствующего цилиндра. При этом с каждым витком любая из винтовых линий поднимается на высоту $2\pi b$. Если $b = \text{const}$, то есть не зависит от ρ^2 , то любое направление, ортогональное вектору, являющимся касательным к любой винтовой линии, будет асимптотическим. Это будет выполняться в любой точке, где расположено семейство винтовых линий. Тем самым, в данной области будет определено распределение, все направления которого являются асимптотическими. Заданное распределение является плоским. Справедлива

Теорема 2.9. *Распределение Δ^2 в евклидовом пространстве E^3 является плоским тогда и только тогда, когда линии нормальной конгруэнции к нему будут винтовыми линиями, которые с каждым витком поднимаются на одну и ту же постоянную высоту.*

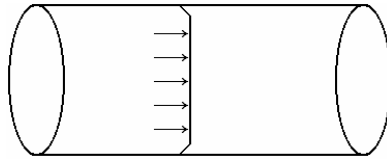
Замечание. Обратная теорема аналогична известному выводу, сделанному Ф. Клейном (см.³⁷).

Голономность векторного поля, порожденного конформным отображением между областями в евклидовом пространстве E^3 , рассматривается аналогичным образом³⁷.

Используем приведенную выше теорию для изучения геометрии линий тока жидкости, когда последняя движется турбулентно и линии тока являются винтовыми линиями.

При ламинарном движении по сосуду распределение скоростей по сечению сосуда носит параболический профиль. В случае турбулентного те-

чения профиль распределения скоростей становится практически вертикальным. Это является следствием того факта, что жидкость движется не только параллельно оси сосуда, но и поперек сосуда. Ввиду этого средняя скорость движения оказывается почти постоянной по всему сечению сосуда и только в незначительном слое около стенок сосуда, благодаря прилипанию, скорость начинает уменьшаться. Профиль скоростей выглядит следующим образом:



В данном случае считаем, что скорость жидкости по абсолютной величине постоянна при данном турбулентном движении, при котором линии тока представляют собой винтовые линии, лежащие на цилиндрах, не зависят от радиуса цилиндра, по которому движется рассматриваемая частица жидкости или на котором расположена соответствующая винтовая линия.

В формулах (2.116) в качестве b возьмем модуль вектора скорости v . Тогда полная кривизна векторного поля скорости крови будет иметь вид:

$$K = \frac{-v(\rho^2 v^\perp - v)}{(\rho^2 + v^2)^2} = \frac{v^2}{(\rho^2 + v^2)^2}, \quad (2.123)$$

так как $v^\perp = 0$ ввиду наложенного выше условия о постоянстве модуля скорости v .

Величина неголономности вектора скорости жидкости \vec{v} вычисляется следующим образом:

$$(\vec{v}, \text{rot} \vec{v}) = 2v.$$

Так как $\vec{v} = v\vec{e}_3$, то $\text{rot} \vec{e}_3 = \frac{2v}{\sqrt{\rho^2 + v^2}} \vec{e}_3$, а

$$(\vec{e}_3, \text{rot} \vec{e}_3) = \frac{2v}{\rho^2 + v^2}. \quad (2.124)$$

Ввиду того, что $v \neq 0$ во всем рассматриваемом участке сосуда, то из формулы (2.124) следует, что поле вектора \vec{e}_3 будет неголономным и для него не существует семейства поверхностей таких, что в каждой точке вектор поля направлен по нормали к поверхности семейства, проходящей через эту точку. Значит, данное векторное поле будет ортогонально распределению Δ^2 , которое не является голономным или вполне интегрируемым.

Направление смещения $d\vec{x}$, принадлежащее распределению Δ^2 и ортогональное векторному полю \vec{e}_3 , будет асимптотическим, если нормальная кривизна этого поля в направлении $d\vec{x}$ равна нулю. Отсюда следует, что асимптотическое направление определяется из векторного уравнения

$$[\vec{e}_3, d\vec{e}_3] = \mu d\vec{x},$$

где $\mu \in R$.

Аналогично тому, как это делалось выше, находится уравнение, из которого определяется μ :

$$\mu^2 + (\vec{e}_3, \text{rote}_3)\mu + K = 0. \quad (2.125)$$

Корни уравнения (2.125) находятся следующим образом:

$$\mu_{1,2} = \frac{-(\vec{e}_3, \text{rote}_3) \pm \sqrt{(\vec{e}_3, \text{rote}_3)^2 - 4K}}{2}. \quad (2.126)$$

Из формул (2.124)-(2.126) легко видно, что $(\vec{e}_3, \text{rote}_3)^2 - 4K = 0$, то есть $\mu_1 = \mu_2$. Тогда, с учетом того, что $[\vec{e}_3, d\vec{e}_3] = \mu d\vec{x}$, любое направление, ортогональное полю \vec{e}_3 и принадлежащее распределению Δ^2 , является асимптотическим, то есть распределение Δ^2 будет плоским.

Справедлива

Теорема 2.10. *Если турбулентное движение жидкости имеет в качестве линий тока винтовые линии, то данные винтовые линии ортогональны плоскому распределению, тем самым турбулентному движению в участке сосуда, линии тока которого представляют собой винтовые линии, соответствует плоское распределение и наоборот.*

Замечание. Теорему 2.10 можно сформулировать также следующим образом: турбулентному движению жидкости, линии тока которого являются винтовыми линиями, можно соотнести плоское распределение и рассматривать геометрию такого движения как геометрию нормальной конгруэнции линий к плоскому распределению.

Следует также отметить, что при более точном описании геометрии такого движения жидкости, последние рассуждения будут верны для всего диаметра сосуда, за исключением незначительного слоя, непосредственно примыкающего к стенке сосуда.

Учитывая теорему 2.7 и теорему 2.10, можно утверждать, что справедлива

Теорема 2.11. *Стационарное движение жидкости является турбулентным, линии тока которого являются винтовыми линиями тогда и*

только тогда, когда вектор скорости ортогонален плоскому распределению.

Изучение турбулентного движения жидкости, основывающееся на геометрии интегральных линий векторного поля скорости, можно проводить, основываясь не только на геометрии поверхностей, но и на геометрии распределений, а также на геометрии нормальной конгруэнции линий к распределению. В этом разделе было рассмотрено плоское распределение и соответствующий ему поток. Такой подход во многом позволяет облегчить задачу рассмотрения такого сложного движения, как турбулентное, которое имеет место в биосистемах, например, при выбросе крови из сердца, в местах разветвления сосудов, при патологических изменениях в сосудах, а также в тех случаях, когда число Рейнольдса по каким-либо причинам превышает критическое значение.

Ламинарное движение жидкости в участке сосуда. Рассмотрения ведутся в участке сосуда, то можно пренебречь кривизной пространства и использовать, при рассмотрении геометрии ламинарного движения, трехмерное евклидово пространство. Следует иметь в виду, что ламинарное движение присуще, в основном, жидкости по всему ее руслу, за исключением тех случаев, которые не раз перечислялись выше.

Мелкие сосуды, которые являются «каналами сопротивления», характеризуются, в основном, тем, что ток жидкости в них носит ламинарный характер. Гидродинамические особенности таких сосудов объясняются этим типом тока. С точки зрения геометрии такой вид движения жидкости менее интересен. Но здесь также можно ставить ряд задач и некоторые из них будут рассмотрены в этом разделе.

Еще Пуазейль показал, что при ламинарном движении частицы перемещаются с наибольшей скоростью в центральной части сосуда. При этом имеется в виду, что каждая частица движется параллельно оси сосуда с постоянной скоростью. Скорость частицы одинакова во всех точках, лежащих на одной и той же окружности, полученной при поперечном разрезе сосуда и имеющей некоторый радиус, который не больше радиуса сосуда. На основании этого можно движущуюся ламинарно по сосуду жидкость считать состоящей из цилиндрических слоев, на каждом из которых она имеет постоянную скорость, зависящую от радиуса слоя. При этом скорость меняется от слоя к слою, оставаясь на каждом слое постоянной.

Если рассмотреть сечение участка сосуда плоскостью, проходящей через ось сосуда, то зависимость скорости частицы жидкости от радиуса сосуда имеет следующий вид:

$$v = \frac{p}{4l\eta}(R^2 - r^2), \quad (2.127)$$

где p — давление, l — длина рассматриваемого участка сосуда, η — вязкость, R — радиус сосуда, r — радиус рассматриваемого цилиндра.

Уравнение (2.127) есть уравнение параболы. Тем самым, профиль скоростей при ламинарном движении представляет собой параболу. Так как v — есть расстояние, проходимое за единицу времени, то все частицы жидкости, лежащие в плоскости, ортогональной оси сосуда в некоторое начальное время, по истечению некоторого единичного времени будут лежать на поверхности параболоида. Объем данного параболоида равен объему жидкости Q , протекающей за единицу времени.

Выясним, что собой представляют цилиндрические слои и параболоид для ламинарного движения жидкости. Эти поверхности охарактеризуем с точки зрения геометрии данного вида движения жидкости.

Пусть \vec{F} — силы, включая и силу тяжести, действующие на жидкость и эти силы носят консервативный характер, то есть им можно поставить в соответствие потенциал U такой, что

$$\vec{F}d\vec{x} = -dU,$$

где $d\vec{x}$ — перемещение рассматриваемой произвольной частицы крови.

Величина

$$H = \frac{1}{2}v^2 + U + \frac{p}{\rho} \quad (2.128)$$

представляет собой полную энергию частицы. Уравнения *Lamb*-Громеки запишем в виде:

$$\text{grad } H = 2 [\vec{v}, \vec{v}], \quad (2.129)$$

где $\vec{v} = \frac{1}{2} \text{rot } \vec{v}$ — вихревой вектор.

Умножим равенство (2.129) скалярно на $d\vec{x}$, после чего получим:

$$dH = 2 \vec{v}d\vec{x}. \quad (2.130)$$

Как видно из равенства (2.130) функция H постоянна во всем пространстве потока, если $[\vec{v}, \vec{v}] = \vec{0}$. Последнее равенство возможно либо для безвихревого потока $\vec{v} = \vec{0}$, либо для винтового потока, в котором вихревые линии совпадают с линиями тока. В рассматриваемом случае ламинарного движения $\vec{v} = \vec{0}$. Тогда $dH = 0$ и

$$H = \text{const}. \quad (2.131)$$

Такие поверхности, которые называются поверхностями постоянной полной энергии и, как это не раз показывалось выше, являются цилиндрическими поверхностями, по которым движутся частицы.

Далее, рассмотрим геометрическую природу параболоида, исходя из которого получается профиль скоростей при ламинарном движении. Для этого каждой точке x на оси сосуда, перпендикулярного скорости частицы, поставим в соответствие плоскость (x, ξ) . Тем самым вдоль оси сосуда определено распределение Δ^2 , а (x, ξ) — элемент этого распределения, состоящий из точки x и проходящей через нее плоскости $\xi = \xi(x)$, перпендикулярной вектору \vec{e}_3 , задающего направление скорости.

С точкой \vec{x} на оси сосуда свяжем множество реперов $\{x, \vec{e}_i, \vec{e}_3\}$, где $\vec{e}_i \in \Delta^2$ и $i, j = 1, 2$, а вектор \vec{e}_3 направлен по направлению скорости частицы жидкости, то есть ортогонален Δ^2 и $|\vec{e}_3| = 1$. Интегральные линии вектора \vec{v} , а, следовательно, и вектора \vec{e}_3 являются прямыми линиями — ввиду того, что при ламинарном движении линии тока — прямые. На основании этого факта нормальная конгруэнция линий к распределению Δ^2 представляет собой прямые линии. Выясним, когда это возможно для распределения Δ^2 . Для этого запишем дифференциальные уравнения данного распределения в рассматриваемом репере уже в привычном виде:

$$\omega_i^3 = \Lambda_{ij} \omega^j + \Lambda_i \omega^3, \quad (2.132)$$

где Λ_{ij} — основной тензор распределения Δ^2 , характеризующий ее вид, а Λ_i — ковектор данного распределения. Интегральные линии векторного поля \vec{e}_3 являются прямыми тогда и только тогда, когда

$$d\vec{e}_3 = \vec{0} \pmod{\omega^i = 0}.$$

Так как $d\vec{e}_3 = \omega_3^i \vec{e}_i = -g^{ij} \omega_j^3 \vec{e}_i = -g^{ij} (\Lambda_{jk} \omega^k + \Lambda_j \omega^3) \vec{e}_i$

$$d\vec{e}_3 = -g^{ij} \Lambda_j \omega^3 \vec{e}_i \pmod{\omega^i = 0}.$$

Отсюда видно, что в ортогональном репере $d\vec{e}_3 = \vec{0} \pmod{\omega^i = 0}$ тогда и только тогда, когда $\Lambda_i = 0$. Тем самым, интегральные линии векторного поля \vec{e}_3 являются прямыми тогда и только тогда, когда $\Lambda_i = 0$.

Тогда в случае ламинарного течения дифференциальные уравнения распределения Δ^2 примут вид:

$$\omega_i^3 = \Lambda_{ij} \omega^j. \quad (2.133)$$

Дифференцируя уравнения (2.133) внешним образом и используя при этом уравнения структуры евклидова пространства, получим:

$$\begin{aligned} D\omega_i^3 &= d\Lambda_{ij} \wedge \omega^j + \Lambda_{ij} D\omega^j; \\ \omega_i^j \wedge \omega_j^3 &= d\Lambda_{ij} \wedge \omega^j + \Lambda_{ij} (\omega^k \wedge \omega_k^j + \omega^3 \wedge \omega_3^j). \end{aligned}$$

После подстановки равенств (2.133) в последние соотношения, будем иметь:

$$\begin{aligned} \omega_i^j \wedge (\Lambda_{jk} \omega^k) &= d\Lambda_{ij} \wedge \omega^j - \Lambda_{ij} \omega_k^j \wedge \omega^k - \Lambda_{ij} \omega_3^j \wedge \omega^3; \\ \Lambda_{jk} \omega_i^j \wedge \omega^k &= d\Lambda_{ij} \wedge \omega^j - \Lambda_{ij} \omega_k^j \wedge \omega^k - \Lambda_{ij} \omega_3^j \wedge \omega^3; \\ (d\Lambda_{ij} - \Lambda_{ik} \omega_j^k - \Lambda_{kj} \omega_i^k) \wedge \omega^j - \Lambda_{ij} \omega_3^j \wedge \omega^3 &= 0. \end{aligned}$$

или

$$\nabla \Lambda_{ij} \wedge \omega^j - \Lambda_{ij} \omega_3^j \wedge \omega^3 = 0,$$

где $\nabla \Lambda_{ij} = d\Lambda_{ij} - \Lambda_{ik} \omega_j^k - \Lambda_{kj} \omega_i^k$. Применяя лемму Картана, запишем:

$$\begin{aligned} \nabla \Lambda_{ij} &= \mu_{ijk} \omega^k + \mu_{ij} \omega^3; \\ -\Lambda_{ij} \omega_3^j &= \mu_{ij} \omega^j + \mu_i \omega^3. \end{aligned} \quad (2.134)$$

Так как вектор \vec{e}_3 ортогонален векторам \vec{e}_i , то $\vec{e}_3 \vec{e}_i = 0$. Дифференцируя последнее равенство, будем иметь:

$$\omega_3^j = -g^{jk} \omega_k^3 = -g^{jk} (\Lambda_{kl} \omega^l).$$

Тогда, сравнивая последние равенства со вторыми равенствами из (2.134) получим:

$$\mu_i = 0.$$

Также, исходя из этих равенств, запишем:

$$\Lambda_{ij} g^{jk} \Lambda_{kl} \omega^l = \mu_{ij} \omega^j$$

или

$$\Lambda_{il} g^{lk} \Lambda_{kj} \omega^j = \mu_{ij} \omega^j.$$

Значит

$$\mu_{ij} = \Lambda_{il} g^{lk} \Lambda_{kj} = \Lambda_i^k \Lambda_{kj}.$$

В ортонормированном репере последние равенства можно переписать в виде:

$$\mu_{ij} = \Lambda_{i1} g^{11} \Lambda_{1j} + \Lambda_{i2} g^{22} \Lambda_{2j} = \Lambda_{i1} \Lambda_{1j} + \Lambda_{i2} \Lambda_{2j}. \quad (2.135)$$

Тогда

$$\begin{aligned}\mu_{11} &= \Lambda_{11}^2 + \Lambda_{12}\Lambda_{21}; \\ \mu_{12} &= \Lambda_{11}\Lambda_{12} + \Lambda_{12}\Lambda_{22} = \Lambda_{12}(\Lambda_{11} + \Lambda_{22}); \\ \mu_{21} &= \Lambda_{21}\Lambda_{11} + \Lambda_{22}\Lambda_{21} = \Lambda_{21}(\Lambda_{11} + \Lambda_{22}); \\ \mu_{22} &= \Lambda_{21}\Lambda_{12} + \Lambda_{22}^2.\end{aligned}$$

Ротор вектора скорости для ортогонального репера имеет вид:

$$\begin{aligned}-rot\vec{v}d\tau &= \vec{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 - v^3p + v^1r) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 - v^1q + v^2p)) + \\ &+ \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 - v^1q + v^2p) + \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 - v^2r + v^3q)) + \\ &+ \vec{e}_3(\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 - v^2r + v^3q) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 - v^3p + v^1r)).\end{aligned}$$

Так как вектор \vec{e}_3 направлен по направлению касательной линии тока, то

$$\vec{v} = v\vec{e}_3, \quad (2.136)$$

то предыдущая формула примет вид:

$$\begin{aligned}-rot\vec{v}d\tau &= \vec{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (-vp) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv)) + \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv) + \\ &+ \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (vq)) + \vec{e}_3(\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (vq) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (-vp)),\end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}p &= \omega_2^3 = \Lambda_{21}\omega^1 + \Lambda_{22}\omega^2; \\ q &= -\omega_1^3 = -\Lambda_{11}\omega^1 - \Lambda_{12}\omega^2.\end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned}-rot\vec{v}d\tau &= \vec{e}_1(-vp_3\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv)) + \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv) + \\ &+ vq_3\omega^2 \wedge \omega^1 \wedge \omega^3) + \vec{e}_3(vq_2\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 - vp_1\omega^3 \wedge \omega^2 \wedge \omega^1).\end{aligned}$$

Так как $p_3 = q_3 = 0$, то

$$\begin{aligned}-rot\vec{v}d\tau &= \vec{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv)) + \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv)) + \vec{e}_3(vq_2 + vp_1) \cdot \\ &\cdot \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3.\end{aligned}$$

В случае ламинарного движения $rot\vec{v} = 0$, тогда из последнего равенства будем иметь:

$$\begin{aligned}\omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv) &= 0; \\ \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv) &= 0; \\ -v\Lambda_{12} + v\Lambda_{21} &= 0.\end{aligned}$$

Из последнего равенства этой системы получаем:

$$\Lambda_{21} = \Lambda_{12}. \quad (2.137)$$

Последнее равенство говорит о том, что распределение Δ^2 голономное.

Справедлива

Теорема 2.12. Ламинарному потоку жидкости вдоль оси сосуда соответствует голономное распределение, которое ортогонально линии тока.

Форма ω_1^2 , а, следовательно, и форма ω_2^1 , определяют поворот репера вокруг вектора \vec{e}_3 . При ламинарном течении репер не вращается вокруг вектора \vec{e}_3 . Значит, при описании такого вида движения жидкости можно положить $\omega_1^2 = 0$, то есть $r_1 = r_2 = r_3 = 0$. Тогда

$$\begin{aligned} d\vec{e}_i &= \omega_i^j \vec{e}_j + \omega_i^3 \vec{e}_3 = \omega_i^3 \vec{e}_3 = \Lambda_{ij} \omega^j \vec{e}_3; \\ d\vec{e}_3 &= \omega_3^i \vec{e}_i. \end{aligned}$$

Но так как точка x смещается только вдоль вектора \vec{e}_3 , то можно принять $\omega^1 = \omega^2 = 0$. Тогда, как видно из приведенных выше формул, вектора $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$ постоянны.

Далее, положим $\omega^i = dx^i$ и $\vec{e}_i = \vec{f}_i + \Lambda_{ij} x^j \vec{f}_3$, $\vec{e}_3 = \vec{f}_3$, где \vec{f}_i, \vec{f}_3 — базисные вектора неподвижной системы координат. Тогда

$$d\vec{x} = \omega^i \vec{e}_i = dx^i (\vec{f}_i + \Lambda_{ij} x^j \vec{f}_3).$$

Интегрируя последнее равенство, получим:

$$\vec{x} = x^i \vec{f}_i + \frac{1}{2} \Lambda_{ij} x^i x^j \vec{f}_3. \quad (2.138)$$

Равенство (2.138) есть векторное уравнение параболоида и, следовательно, интегральным многообразием распределения Δ^2 является данный параболоид.

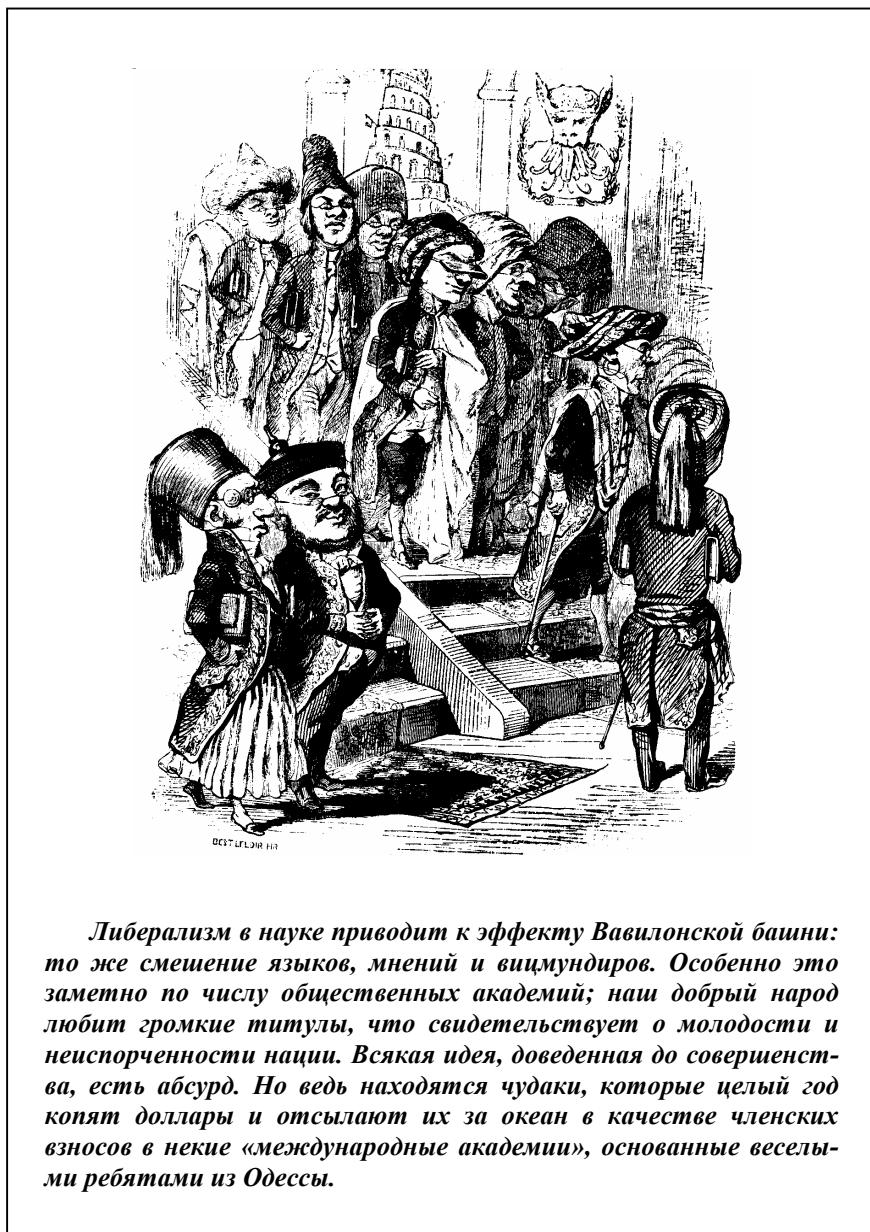
Следствие. Интегральным многообразием распределения Δ^2 является параболоид, ось которого совпадает с осью сосуда при ламинарном движении жидкости по данному сосуду.

Так как распределение Δ^2 голономное, то в равенствах (2.134) величины μ_{ijk} и μ_{ij} симметричны по всем индексам. Чтобы найти дифференциальные уравнения, которым удовлетворяют величины μ_{ijk} , продифференцируем внешним образом первое равенство из (2.134) и применяя лемму Картана получим:

$$\begin{aligned} -d\Lambda_{ik} \wedge \omega^k - \Lambda_{ik} D\omega_j^k - d\Lambda_{kj} \wedge \omega_i^k - \Lambda_{kj} D\omega_i^k &= d\mu_{ijk} \wedge \omega^k + \mu_{ijk} D\omega^k + \\ + d\mu_{ij} \wedge \omega^3 + \mu_{ij} D\omega^3. \end{aligned}$$

Из первого уравнения (2.134) также получим:

$$d\Lambda_{ij} = \Lambda_{ik} \omega_j^k + \Lambda_{kj} \omega_i^k + \mu_{jk} \omega^k + \mu_{ij} \omega^3.$$



Используя последнее, запишем:

$$\begin{aligned} & -(\Lambda_{ij}\omega_k^l + \Lambda_{lk}\omega_i^l + \mu_{ikl}\omega^l + \mu_{ik}\omega^3) \wedge \omega_j^k - \Lambda_{ik}\omega_j^l \wedge \omega_l^k - \Lambda_{ik}\omega_j^3 \wedge \omega_3^k - \\ & -(\Lambda_{ki}\omega_j^l + \Lambda_{lj}\omega_k^l + \mu_{kjl}\omega^l + \mu_{kj}\omega^3) \wedge \omega_i^k - \Lambda_{kj}\omega_i^l \wedge \omega_l^k - \Lambda_{kj}\omega_i^3 \wedge \omega_3^k = \\ & = d\mu_{ijk} \wedge \omega^k + \mu_{ijk}\omega^l \wedge \omega_l^k + \mu_{ijk}\omega^3 \wedge \omega_3^k + d\mu_{ij} \wedge \omega^3 + \mu_{ij}\omega^l \wedge \omega_l^3. \end{aligned}$$

Или

$$(\nabla\mu_{ijk} - \mu_{ij}\omega_k^3 - (\Lambda_{il}\Lambda_{jk} + \Lambda_{lj}\Lambda_{ik})\omega_3^l) \wedge \omega^k + (\nabla\mu_{ij} - \mu_{ijk}\omega_3^k) \wedge \omega^3 = 0,$$

где $\nabla\mu_{ijk} = d\mu_{ijk} - \mu_{ijl}\omega_k^l - \mu_{ilk}\omega_j^l - \mu_{ljk}\omega_i^l$, $\nabla\mu_{ij} = d\mu_{ij} - \mu_{ik}\omega_j^k - \mu_{kj}\omega_i^k$.

Применяя к последнему равенству лемму Картана, после несложных преобразований, запишем:

$$\begin{aligned} \nabla\mu_{ijk} - \mu_{ij}\omega_k^3 - 2\Lambda_{(i|l|}\Lambda_{j)k}\omega_3^l &= \mu_{ijkl}\omega^l + \mu_{ijk3}\omega^3; \\ \nabla\mu_{ij} - \mu_{ijk}\omega_3^k &= \mu_{ij3k}\omega^k + \mu_{ij33}\omega^3, \end{aligned}$$

причем величины μ_{ijkl} симметричны по всем индексам.

Величины Λ_{ij} , μ_{ijk} , μ_{ijkl} , ... образуют фундаментальную последовательность геометрических объектов распределения Δ^2 .

Движение жидкости как геодезический поток в евклидовом пространстве. Геодезический поток определяется на многообразии $T = T(M)$ касательных векторов к поверхности полной энергии. Согласно принципу Мопертюи, движение частицы в потенциальном поле сил $U(x)$ тяжести по поверхности постоянной полной энергии H будет происходить по геодезическим линиям. Тем самым, в принципе Мопертюи геодезический поток представляет для нас интерес только в качестве одномерного слоения на H . Рассмотрим некоторые вопросы, которые касаются геометрии геодезического потока в евклидовом пространстве E^3 .

Пусть поток жидкости является геодезическим. Свяжем с каждой точкой потока репер, базисными векторами которого являются единичные векторы \vec{e}_1 , \vec{e}_2 , \vec{e}_3 . Тогда уравнения перемещения репера будут иметь вид:

$$d\vec{x} = \omega^A \vec{e}_A, \quad d\vec{e}_A = \omega_A^B \vec{e}_B, \quad (2.139)$$

где $A, B = 1, 2, 3$.

1-формы ω^A и ω_A^B удовлетворяют уравнениям структуры евклидова пространства:

$$D\omega^A = \omega^B \wedge \omega_B^A; \quad D\omega_B^A = \omega_B^C \wedge \omega_C^A. \quad (2.140)$$

Будем рассматривать ортонормированный репер, для которого

$$\omega_A^A = 0, \quad \omega_B^A + \omega_A^B = 0. \quad (2.141)$$

Для дальнейших упрощений введем уже известные обозначения:

$$\begin{aligned} \omega_2^3 &= -\omega_3^2 = p = p_A \omega^A; \\ \omega_3^1 &= -\omega_1^3 = q = q_A \omega^A; \\ \omega_1^2 &= -\omega_2^1 = r = r_A \omega^A. \end{aligned} \quad (2.142)$$

В качестве основного возьмем векторное поле \vec{e}_3 . Согласно общепринятому, геодезической линией поля будем называть такую линию, главная нормаль которой совпадает с вектором поля. Геодезическая линия должна удовлетворять условиям:

$$\begin{aligned} \omega^3 &= 0; \\ ds \cdot d^2 \vec{x} - (d\vec{x})d^2 s &= m \vec{e}_3. \end{aligned}$$

Распишем последнее равенство. Согласно (2.139) $d\vec{x} = \omega^1 \vec{e}_1 + \omega^2 \vec{e}_2$, то

$$d^2 \vec{x} = (d\omega^1 - r\omega^2) \vec{e}_1 + (d\omega^2 + r\omega^1) \vec{e}_2 + (-q\omega^1 + q\omega^2) \vec{e}_3.$$

Далее найдем:

$$\begin{aligned} \vec{b} = [d\vec{x}, d^2 \vec{x}] &= (-q\omega^1 \omega^2 + p(\omega^2)^2) \vec{e}_1 + (q(\omega^1)^2 - p\omega^1 \omega^2) \vec{e}_2 + (d\omega^2 \cdot \omega^1 + \\ &+ r(\omega^1)^2 - d\omega^1 \cdot \omega^2 + r(\omega^2)^2) \vec{e}_3. \end{aligned}$$

Тогда вектор главной нормали будет находиться следующим образом:

$$\begin{aligned} \vec{N} = [\vec{b}, d\vec{x}] &= (-d\omega^2 \cdot \omega^1 \omega^2 + d\omega^1 (\omega^2)^2 - r((\omega^1)^2 + (\omega^2)^2) \omega^2) \vec{e}_1 + (d\omega^2 \cdot \\ &\cdot (\omega^1)^2 - d\omega^1 \cdot \omega^1 \omega^2 + r((\omega^1)^2 + (\omega^2)^2) \omega^1) \vec{e}_2 + (-q\omega^1 (\omega^2)^2 + p(\omega^2)^3 - q(\omega^1)^3 + \\ &+ p(\omega^1)^2 \omega^2) \vec{e}_3. \end{aligned}$$

Так как $\vec{N} = m \vec{e}_3$, то из последнего равенства получаем:

$$\begin{aligned} -d\omega^2 \cdot \omega^1 \omega^2 + d\omega^1 (\omega^2)^2 - r((\omega^1)^2 + (\omega^2)^2) \omega^2 &= 0; \\ d\omega^2 (\omega^1)^2 - d\omega^1 \cdot \omega^1 \omega^2 + r((\omega^1)^2 + (\omega^2)^2) \omega^1 &= 0; \\ -q\omega^1 (\omega^2)^2 + p(\omega^2)^3 - q(\omega^1)^3 + p(\omega^1)^2 \omega^2 &= m. \end{aligned}$$

Первые два равенства дают:

$$d\omega^1 \cdot \omega^2 - d\omega^2 \cdot \omega^1 - r((\omega^1)^2 + (\omega^2)^2) = 0. \quad (2.143)$$

Совместно с $\omega^3 = 0$ уравнения (2.143) являются условиями, которым удовлетворяет геодезическая линия.

Пусть геодезическая линия с вектором \vec{e}_1 образует угол σ . Тогда $\vec{N}_0 = \cos \sigma \vec{e}_1 + \sin \sigma \vec{e}_2$, где \vec{N}_0 — касательный вектор к этой линии, причем

$|\bar{N}_0| = 1$. Тогда $d\bar{N}_0 \perp \bar{N}_0$ и, значит, коллинеарен вектору \bar{N} . Имеем

$$d\bar{N}_0 = (-\sin\sigma d\sigma + \sin\sigma \cdot \omega_2^1) \vec{e}_1 + (\cos\sigma \cdot \omega_1^3 + \cos\sigma d\sigma) \vec{e}_2 + (\cos\sigma \cdot \omega_1^3 + \sin\sigma \cdot \omega_2^3) \vec{e}_3.$$

Чтобы линия была геодезической, необходимо выполнение следующих условий:

$$\begin{aligned} -\sin\sigma d\sigma + \sin\sigma \cdot \omega_2^1 &= 0; \\ \cos\sigma \cdot \omega_1^2 + \cos\sigma d\sigma &= 0; \\ \cos\sigma \cdot \omega_1^3 + \sin\sigma \cdot \omega_2^3 &= m^1. \end{aligned}$$

Первые два равенства дают:

$$d\sigma + r = 0.$$

Тогда уравнения, определяющие геодезические линии, принимают вид:

$$\begin{aligned} \omega^3 &= 0; \\ d\sigma + r &= 0. \end{aligned} \quad (2.144)$$

Считаем поток вихревым, то есть он имеет семейство поверхностей, содержащих все линии тока и все вихревые линии. Вектор \vec{e}_3 направлен по нормали к этому семейству поверхностей в каждой точке. Дифференциальное уравнение семейства поверхностей имеет вид:

$$\omega^3 = 0. \quad (2.145)$$

Ввиду интегрируемости этого семейства поверхностей запишем:

$$D\omega^3 \wedge \omega^3 = 0, \quad (2.146)$$

или с учетом уравнений (2.140), (2.141) и (2.142), получим:

$$p_1 + q_2 = 0. \quad (2.147)$$

1-форма, удовлетворяющая равенству (2.147), имеет вид:

$$\omega^3 = Sds. \quad (2.148)$$

Так как линии тока жидкости и ее вихревые линии лежат на поверхности (2.145), то:

$$\vec{v} = v(\cos\sigma \vec{e}_1 + \sin\sigma \vec{e}_2); \quad 2\vec{v} = \text{rot}\vec{v} = v^1 \vec{e}_1 + v^2 \vec{e}_2. \quad (2.149)$$

Ввиду того, что полная энергия частицы крови удовлетворяет условию $dH = 2\vec{v}\vec{v}d\vec{x}$, то H должна быть функцией параметра s :

$$H = f(s). \quad (2.150)$$

Далее имеем:

$$Sv(-v^1 \sin\sigma + v^2 \cos\sigma) = f'(s). \quad (2.151)$$

В этом случае уравнения компонентов вихря будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}
-\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot \frac{v^1}{v} &= \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \left(\sin \sigma \frac{dv}{v} \right) + \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (q \cos \sigma - p \sin \sigma); \\
-\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot \frac{v^2}{v} &= \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \left(-\cos \sigma \frac{dv}{v} \right) - \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (q \cos \sigma - p \sin \sigma); \\
0 &= \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge \left(-\cos \sigma \frac{dv}{v} \right) + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge \left(\sin \sigma \frac{dv}{v} \right).
\end{aligned}$$

Уравнение непрерывности принимает вид:

$$\left(\cos \sigma \frac{dv}{v} \right) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + \left(\sin \sigma \frac{dv}{v} \right) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (\sin \sigma - q \cos \sigma) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = 0.$$

Введем обозначения:

$$\begin{aligned}
L &= p_2 \sin^2 \sigma + (p_1 - q_2) \sin \sigma \cos \sigma - q_1 \cos^2 \sigma; \\
N &= p_3 \sin \sigma - q_3 \cos \sigma.
\end{aligned} \tag{*}$$

Чтобы удовлетворить всем рассмотренным выше гидродинамическим уравнениям, мы должны принять:

$$\frac{dv}{v} = \xi \omega^1 + \eta \omega^2 + \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \omega^3; \tag{2.152}$$

$$0 = (\eta + N \sin \sigma) \omega^1 - (\xi + N \cos \sigma) \omega^2 + \zeta \omega^3,$$

где ξ, η, ζ — новые неизвестные функции, которые выбираются таким образом, чтобы удовлетворялись условия интегрируемости уравнений (2.152).

Пусть вектор \vec{e}_1 выбран по касательным к линиям кровотока. Тогда $\sigma = 0$ и так как $d\sigma + r = 0$, то $r = 0$. Значит, $r_1 = r_2 = r_3 = 0$. При $\sigma = 0$ второе уравнение из (2.152) дает:

$$\eta = 0, \quad \xi = -N, \quad \zeta = 0. \tag{2.153}$$

Тогда с учетом второго равенства из (*) имеем:

$$N = -q_3, \quad \xi = q_3, \quad L = -q_3.$$

Первое уравнение из (2.152) принимает вид:

$$\frac{dv}{v} = q_3 \omega^1 + \left(-q_1 + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \omega^3. \tag{2.154}$$

Из первого уравнения для компонент вихря, получаем:

$$q_2 = -\frac{v^1}{v}. \tag{2.155}$$

Из второго уравнения имеем:

$$v^2 = \frac{f^1}{Sv}. \tag{2.156}$$

Дифференцируя внешним образом уравнения (2.154), получим условие его интегрируемости:

$$dq_3 \wedge \omega^1 - dq_1 \wedge \omega^3 - q_3 q \wedge \omega^3 - q_1 (q \wedge \omega^1 - p \wedge \omega^2) - \frac{2f'}{Sv^2} q_3 \omega^1 \wedge \omega^3 = 0. \quad (2.157)$$

Как видно из уравнения (2.157), на каждой поверхности семейства поверхностей полной энергии мы будем получать два течения с равными по модулю и противоположными по направлению скоростями. Два течения не будут определяться в том случае, когда

$$q_3 = 0. \quad (2.158)$$

Тогда равенство (2.154) принимает вид:

$$\frac{dv}{v} = -(q_1 + \frac{f'}{Sv^2}) \omega^3. \quad (2.159)$$

Но тогда $dv = 0$ на каждой поверхности $\omega^3 = 0$, то есть поверхности полной энергии являются поверхностями постоянной полной энергии.

При условии (2.158) равенство (2.157) дает:

$$D(q_1 \omega^3) = 0. \quad (2.160)$$

Из (2.160) получаем:

$$q_1 \omega^3 = d\varphi. \quad (6.161)$$

Условие (2.161) есть условие того, что вектор $q_1 \vec{e}_3$ есть градиент семейства поверхностей постоянной полной энергии. Подставив (2.161) в (2.159), запишем:

$$\frac{dv}{v} = -d\varphi - \frac{f'}{Sv^2} \omega^3.$$

Умножая последнее равенство на v^2 и используя (2.148), получаем:

$$v dv = -v^2 d\varphi - f' ds. \quad (2.162)$$

Интегрируя уравнение (2.162), получим:

$$v^2 (\frac{1}{2} + \varphi) + f(s) = const. \quad (2.163)$$

Так как согласно равенству (2.150) $f(s) = H$, а $H = \frac{1}{2} v^2 + U + \frac{p}{\rho}$, где U — потенциал внешних сил. Тогда (2.163) переписывается в виде:

$$v^2 (1 + \varphi) + U + \frac{p}{\rho} = const. \quad (2.164)$$

Рассматривается вихревой поток жидкости. Согласно формуле Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{vD\rho}{\eta},$$

когда скорость измеряется в $\frac{\text{см}}{\text{с}}$, D — в см, а η — в пуазах, турбулентность или завихрения появляется тогда, когда $\text{Re} > 2000$.

Формула (2.164) получена для вихревого движения жидкости. Из нее видно, что скорость пропорциональна квадратному корню из показателя падения давления вдоль участка сосуда. Связь между градиентом давления и скоростью в сосуде при ламинарном потоке (слева от вертикальной пунктирной линии) и при переходе его в турбулентный поток справа от пунктирной линии имеет вид, показанный на рис. 2.4.

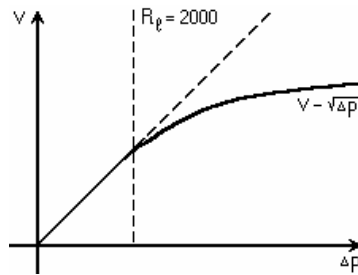


Рис. 2.4. Графическая связь между градиентом давления и скоростью жидкости в сосуде

Подставляя в (2.164) вместо $\rho = \frac{\text{Re}\eta}{vD}$, получим:

$$v^2(1+\varphi) + U + \frac{pvD}{\text{Re}\eta} = \text{const} = C.$$

Беря $C = 0$, получим:

$$(1+\varphi)v^2 + \frac{pD}{\text{Re}\eta}v + U = 0. \quad (2.165)$$

Решая квадратное уравнение (2.165), получаем:

$$v = \frac{-\frac{pD}{\text{Re}\eta} \pm \sqrt{\left(\frac{pD}{\text{Re}\eta}\right)^2 - 4(1+\varphi)U}}{2(1+\varphi)}, \quad (2.166)$$

при условии $\left(\frac{pD}{\text{Re}\eta}\right)^2 - 4(1+\varphi)U \geq 0$.

Из формулы (2.166) можно сделать вывод, что при движении жидкости с завихрениями при заданных условиях и при движении по геодезическим, скорость больше в том участке сосуда, где давление меньше и наоборот. Последнее хорошо согласуется с известным законом гидродинамики.

2.3. Основы геометрии стационарного движения жидкости в субпроективном пространстве, отнесенном к голономным реперам

В настоящее время в литературе встречается большое разнообразие подходов к моделированию гидродинамических систем. Справедливо отметить, что все рассматриваемые подходы разнятся идеями, которые лежат в их основе и поэтому нет объединяющей идеи, которая позволила бы использовать идеи одного метода в другом и наоборот. Задачи моделирования требуют часто именно использования нескольких методов, так как каждый метод, в основном, создается для моделирования какой-либо одной или нескольких, но не всех, сторон деятельности биосистемы или ее участков. Для решения практических задач необходимо рассматривать всесторонне деятельность биосистемы, а при пользовании конкретным методом моделирования они бывают часто лишены такой возможности.

Моделирование движения жидкости по отдельным участкам сосудистого русла основывается на одних принципах, а моделирование всей системы строится на основании других принципов. Это приводит к трудностям, связанных, прежде всего, с теми задачами, в которых нужно объяснить закономерности движения жидкости в отдельном сосуде, основываясь на модели всей системы и на принципах, которые лежат в основе моделирования всей системы. Следующая трудность, которая встает перед исследователем — это довольно-таки большое число параметров, от которых зависит движение жидкости. Все это приводит к большому количеству уравнений, в которых отражается связь между введенными параметрами. И одна из важнейших проблем здесь — это отбор наиболее важных параметров в условиях поставленной задачи и дальнейшая работа с ними.

И, наконец, еще одна существенная трудность — это различие используемых математических аппаратов, которые используются в различных моделях. Все это также затрудняет, в ряде случаев переход от работы с одной моделью к работе с другими моделями³⁷.

При описании геометрии системы, последняя представляется в виде определенного пространства. Для описания геометрических свойств такого пространства, а также геометрии линий тока используется уже устоявшийся аппарат дифференциальной геометрии, основанный на использовании метода внешних форм и метода подвижного репера. Перечисленные выше

трудности при описании геометрии биосистемы, основывающимся на ее представлении в виде определенного пространства, удастся избежать за счет того, что геометрия как всей системы, так и ее отдельных участков, рассматривается в определенном пространстве.

Такой подход основан на том, что биосистема представляет собой определенное пространство с характерной для этого пространства геометрией. Такое пространство правильно назвать пространством материальных сред живого, объединенных единым функциональным назначением. В качестве материальных сред рассматриваются системы организма, в том числе с движением жидкости. Каждую из материальных сред также рассматриваем в качестве пространства, которое является подпространством пространства материальных сред живого. Для описания конкретной системы организма мы должны использовать специальное пространство, геометрия которого сопоставима с геометрией изучаемой системы. Так, например, при изучении кровотока³⁷ в качестве пространства материальных сред живого используется субпроективное пространство.

Рассматривая геометрию биосистемы, нужно уметь описывать как геометрию ламинарного движения, так и турбулентного движения. Ламинарное движение можно представить следующим образом (рис. 2.5., 2.6).

В случае, показанном на рис. 2.7, жидкость движется турбулентно, но существует семейство поверхностей, на каждой поверхности которого располагаются одно семейство линий тока и одно семейство вихревых линий, если те и другие не совпадают.

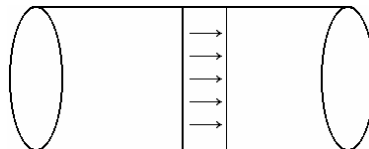


Рис. 2.5. Распределение скорости потока в сосуде, в случае, когда движение носит ламинарный характер и жидкость — не вязкая

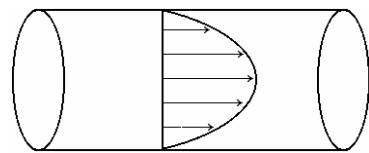


Рис. 2.6. Распределение скорости потока в сосуде в случае, когда жидкость движется ламинарно и имеет вязкость

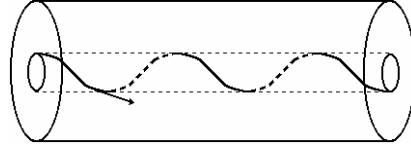


Рис. 2.7. Распределение скорости потока в сосуде в одном из случаев турбулентного движения при наличии поверхностей, содержащих линии тока и вихревые линии

Первые три случая предполагают описание геометрии системы с привлечением субпроективного пространства, отнесенного к голономному реперу.

И, наконец, в четвертом случае жидкость движется турбулентно, но не существует поверхностей полной энергии. В этом случае геометрия системы рассматривается с привлечением субпроективного пространства, отнесенного к неголономному реперу (рис. 2.8).

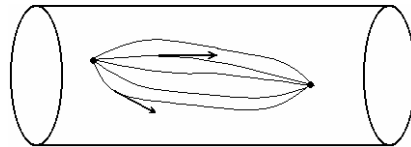


Рис. 2.8. Распределение скорости потока в сосуде, в случае турбулентного движения, когда не существует поверхностей полной энергии

Последний случай наиболее сложен как с точки зрения описания движения жидкости, так и с точки зрения соответствующей ему геометрической картины.

Геодезический поток определяется на многообразии $T = T(C^3)$ касательных векторов к субпроективному пространству. В первых трех случаях субпроективное пространство отнесено к голономному реперу, а в четвертом к неголономному реперу.

Дифференциальные операторы для субпроективного пространства, отнесенного к голономному реперу. В касательном пространстве к трехмерному субпроективному пространству зададим репер, определяемый точкой $x \in C^3$ и векторами $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$ и уравнениями перемещения такого репера:

$$d\vec{x} = \omega^A \vec{e}_A, \quad d\vec{e}_A = \omega_A^B \vec{e}_B + \omega^B \vec{e}_{AB}, \quad (2.167)$$

где $\vec{e}_{AB} = \vec{e}_{BA}$ — векторы, образующие с векторами \vec{e}_A репер второго порядка, связанный с точкой x . Симметричность векторов второго порядка

по нижним индексам говорит о том, что репер, определяемый такими векторами, является голономным. В качестве базисных форм выберем формы $\omega^1, \omega^2, \omega^3$ такие, что $\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \neq 0$.

Дифференциальные формы ω^A и ω_B^B , входящие в уравнения (2.167), удовлетворяют уравнениям структуры субпроективного пространства:

$$D\omega^A = \omega^B \wedge \omega_B^A, \quad D\omega_B^A = \omega_B^K \wedge \omega_K^A + R_{BKL}^A \omega^K \wedge \omega^L, \quad (2.168)$$

где R_{BKL}^A — тензор кривизны субпроективного пространства.

Так как субпроективные пространства являются римановыми пространствами, то в качестве структурной группы такого пространства возьмем риманову группу. В свою очередь, группой римановой структуры служит ортогональная группа $O(n)$, инвариантные формы которой удовлетворяют уравнениям:

$$\sigma_A^B + \sigma_B^A = 0, \quad (2.169)$$

где $\omega_B^A|_{\omega^A=0} = \sigma_B^A$. Тогда формы ω_B^A также удовлетворяют уравнениям:

$$\omega_B^A + \omega_A^B = 0. \quad (2.170)$$

Из (2.170) следует, что $\omega_A^A = 0$.

Точно так же, как это делается^{37, 134} в евклидовом пространстве для нахождения градиента некоторой функции φ , можно проделать и для данного субпроективного пространства, отнесенного к голономному реперу и в результате чего получим:

$$\text{grad}\varphi = \frac{e^1 d\varphi \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + e^2 d\varphi \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + e^3 d\varphi \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}, \quad (2.171)$$

где e^1, e^2, e^3 — взаимные векторы к векторам данного репера.

Для получения формулы $\text{div } \vec{v}$, где \vec{v} — вектор скорости, который представим в виде $\vec{v} = v^A \vec{e}_A$. Продифференцируем это равенство, используя второе уравнение из (2.167):

$$d\vec{v} = (dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A + v^A \omega^B \vec{e}_{AB}. \quad (2.172)$$

Репер первого порядка, принадлежащий $T = T(C^3)$, считаем ортонормированным, поэтому можно взять $\vec{e}_A = 1$. Дифференцируя последнее равенство, получим: $\vec{e}_A d\vec{e}_A = 0$ или, с учетом (2.167), запишем:

$$\vec{e}_A (\omega_A^B \vec{e}_B + \omega^B \vec{e}_{AB}) = 0.$$

Последнее равенство перепишем в виде:

$$\omega_A^A + \omega^B \bar{e}_A \bar{e}_{AB} = 0.$$

С учетом равенств (2.170), последнее равенство переписывается в виде:

$$\omega^B \bar{e}_A \bar{e}_{AB} = 0.$$

Так как формы ω^B независимы, то

$$\bar{e}_A \bar{e}_{AB} = 0. \quad (2.173)$$

Отсюда получаем:

$$\operatorname{div} \bar{v} d\tau = d_1 \bar{v} d_2 \bar{x} d_3 \bar{x} + d_2 \bar{v} d_3 \bar{x} d_1 \bar{x} + d_3 \bar{v} d_1 \bar{x} d_2 \bar{x}. \quad (2.174)$$

С учетом (2.172) соотношение (2.174) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \bar{v} d\tau = & \begin{vmatrix} d_1 v^1 + v^B \omega_B^1 & \omega^1 & \omega^1 \\ d_1 v^2 + v^B \omega_B^2 & \omega^2 & \omega^2 \\ d_1 v^3 + v^B \omega_B^3 & \omega^3 & \omega^3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} d_2 v^1 + v^B \omega_B^1 & \omega^1 & \omega^1 \\ d_2 v^2 + v^B \omega_B^2 & \omega^2 & \omega^2 \\ d_2 v^3 + v^B \omega_B^3 & \omega^3 & \omega^3 \end{vmatrix} + \\ & \begin{vmatrix} d_3 v^1 + v^B \omega_B^1 & \omega^1 & \omega^1 \\ d_3 v^2 + v^B \omega_B^2 & \omega^2 & \omega^2 \\ d_3 v^3 + v^B \omega_B^3 & \omega^3 & \omega^3 \end{vmatrix} + v^A \omega^B \omega^K \omega^L (\bar{e}_{AB} \bar{e}_K \bar{e}_L) + \\ & v^A \omega^B \omega^K \omega^L (\bar{e}_{AB} \bar{e}_K \bar{e}_L) + v^A \omega^B \omega^K \omega^L (\bar{e}_{AB} \bar{e}_K \bar{e}_L). \end{aligned}$$

Последние три слагаемых после несложных преобразований представим в следующем виде:

$$v^A \omega^B \omega^K \omega^L (\bar{e}_{AB} \bar{e}_K \bar{e}_L + \bar{e}_{AB} \bar{e}_L \bar{e}_K). \quad (*)$$

Из равенств (2.173) получаем:

$$\begin{aligned} \bar{e}_1 \bar{e}_{12} = 0, \quad \bar{e}_2 \bar{e}_{21} = 0, \quad \bar{e}_3 \bar{e}_{31} = 0; \\ \bar{e}_1 \bar{e}_{13} = 0, \quad \bar{e}_2 \bar{e}_{22} = 0, \quad \bar{e}_3 \bar{e}_{32} = 0; \\ \bar{e}_1 \bar{e}_{11} = 0, \quad \bar{e}_2 \bar{e}_{23} = 0, \quad \bar{e}_3 \bar{e}_{33} = 0. \end{aligned}$$

Из последних равенств следует, что векторы второго порядка через векторы первого порядка можно выразить следующим образом:

$$\begin{aligned} \bar{e}_{12} = a \bar{e}_3, \quad \bar{e}_{13} = b \bar{e}_2, \quad \bar{e}_{23} = c \bar{e}_1, \quad \bar{e}_{11} = u^2 \bar{e}_2 + u^3 \bar{e}_3; \\ \bar{e}_{22} = m^1 \bar{e}_1 + m^3 \bar{e}_3, \quad \bar{e}_{33} = k^1 \bar{e}_1 + k^2 \bar{e}_2 \end{aligned}$$

Для иллюстрации сущности дальнейших вычислений, а также некоторого упрощения вычислений (в дальнейшем это будет сделано в общем виде) воспользуемся результатами и упрощениями, предложенными в работе¹³⁴:

$$\begin{aligned}\vec{e}_{12} &= \vec{e}_3, \quad \vec{e}_{13} = \vec{e}_2, \quad \vec{e}_{23} = \vec{e}_1, \quad \vec{e}_{11} = \vec{e}_2 + \vec{e}_3; \\ \vec{e}_{22} &= \vec{e}_1 + \vec{e}_3, \quad \vec{e}_{33} = \vec{e}_1 + \vec{e}_2.\end{aligned}\quad (2.175)$$

Распишем сумму (*), а также учитывая равенства (2.173), получим:

$$\begin{aligned}div \vec{v} d\tau &= (dv^1 + v^B \omega_B^1) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (dv^2 + v^B \omega_B^2) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + \\ &+ (dv^3 + v^B \omega_B^3) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2.\end{aligned}\quad (2.176)$$

Для субпроективного пространства, как многообразия, формула Стокса, а, следовательно, и формула Гаусса-Остроградского являются верными.

Далее, найдем выражение для ротора вектора скорости жидкости в субпроективном пространстве с помощью формулы:

$$\iiint rot \vec{v} d\tau = \oint\oint [\vec{v}, d\vec{v}].$$

Применяя эту формулу к объему $d\tau = \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \vec{e}_1 \vec{e}_2 \vec{e}_3$, получим после некоторых преобразований:

$$\begin{aligned}-rot \vec{v} d\tau &= \vec{e}_A \omega^A \wedge \omega^B \wedge (dv^K + v^L \omega_L^K) (\vec{e}_B \vec{e}_K) + \vec{e}_A \omega^A \wedge \omega^B \wedge \\ &\wedge (v^K \omega^L) (\vec{e}_{KL} \vec{e}_B).\end{aligned}\quad (2.177)$$

В ортогональном репере будем иметь:

$$\begin{aligned}-rot \vec{v} d\tau &= \vec{e}_1 (\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^1 \omega_1^2 + v^3 \omega_3^2) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 + v^1 \omega_1^3 + \\ &+ v^2 \omega_2^3)) + \vec{e}_2 (\omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 + v^2 \omega_2^1 + v^3 \omega_3^1) + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 + v^1 \omega_1^3 + \\ &+ v^2 \omega_2^3)) + \vec{e}_3 (\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 + v^2 \omega_2^1 + v^3 \omega_3^1) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^1 \omega_1^2 + \\ &+ v^3 \omega_3^2)) + ((v^3 - v^2) \vec{e}_1 + (v^1 - v^3) \vec{e}_2 + (v^2 - v^1) \vec{e}_3) d\tau.\end{aligned}\quad (2.178)$$

Для иллюстрации последних формул рассмотрим уравнение неразрывности потока в субпроективном пространстве, отнесенном к голономным реперам.

Пусть $\rho = \rho(x, y, z, t)$ — плотность жидкости, $\vec{v} = \vec{v}(x, y, z, t)$ — поле скоростей движения ее частиц. Основываясь на законе сохранения количества вещества и используя формулу Гаусса-Остроградского, найдем взаимосвязь плотности и скорости жидкости.

Сосуды системы, исходя из принципа Мопертюи, являются геодезическими линиями в субпроективном пространстве при сопоставлении, конечно, пространства биосистемы с субпроективным пространством. Органу

(см. рис. 6.2), в котором сходятся сосуды, сопоставляется точка, через которую проходят геодезические линии субпроективного пространства. Возьмем цилиндрическую область D в данном пространстве, ограниченную поверхностью S и мы получим, что за промежуток времени Δt количество вещества в области D изменится на величину

$$\iiint_D (\rho(x, y, z, t + \Delta t) - \rho(x, y, z, t)) dV.$$

Ввиду того, что за промежуток времени Δt поток жидкости через поверхность S в сторону ее внешней нормали равен

$$\Delta t \iint_S \rho \vec{v} d\vec{\sigma}$$

с точностью до $o(\Delta t)$, то при условии отсутствия в области D источников и стоков и в силу закона сохранения количества, имеем:

$$\iiint_D \Delta \rho \Delta V = -\Delta t \iint_S \rho \vec{v} d\vec{\sigma}$$

или

$$\iiint_D \frac{\partial \rho}{\partial t} dV = -\iint_S \rho \vec{v} d\vec{\sigma}.$$

Применяя к правой части последнего равенства формулу Гаусса-Остроградского, получим:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\operatorname{div}(\rho \vec{v}), \quad (2.179)$$

которое называется уравнением неразрывности жидкости.

Так как рассматривается случай несжимаемости жидкости, то объемный расход через замкнутую поверхность S должен быть равен нулю, то есть

$$\iint_S \vec{v} d\vec{\sigma} = 0.$$

Отсюда, на основании формулы Гаусса-Остроградского следует, что

$$\operatorname{div} \vec{v} = 0. \quad (2.180)$$

С учетом (6.180), равенство (6.176) примет вид:

$$\begin{aligned} (dv^1 + v^B \omega_B^1) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (dv^2 + v^B \omega_B^2) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + \\ + (dv^3 + v^B \omega_B^3) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = 0. \end{aligned} \quad (2.181)$$

Если рассмотреть принятые ранее обозначения, то формула (2.181) запишется:



Творчество есть высшее развитие качества мышления homo sapiens. Как же тогда расценивать изобретателей вечных двигателей? А равно генераторов биополя, уникальных аппаратов «волновой терапии» для домашнего лечения всех болезней, включая слабоумие и шизофрению... Здесь два варианта ответа: корыстолюбие и маниакальная заикленность. Первое — общечеловеческий порок, а второе — клинический случай на почве восторга неопфита величием науки, которой ему постигнуть не дано.

$$(dv^1 - v^2 r + v^3 q) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (dv^2 + v^1 r - v^3 p) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (dv^3 - v^1 q + v^2 p) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = 0. \quad (2.182)$$

Выбирая вектор \vec{e}_3 по направлению касательной линии тока жидкости, получим:

$$\vec{v} = v \vec{e}_3. \quad (2.183)$$

Тогда (2.182) примет вид:

$$\frac{dv}{v} \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = (p_2 - q_1) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3.$$

Пусть $dv = v_A \omega^A$, тогда

$$v_3 = v(p_2 - q_1). \quad (2.184)$$

Так как движение жидкости в биосистеме имеет геометрию, по нашему предположению, аналогичную геометрии субпроективного пространства, то, наряду с функциями ρ и \vec{v} , рассмотрим давление $p = p(x, y, z, t)$ как функцию пространства и времени.

Выделим в данном пространстве, как и ранее, цилиндрическую область D , которую ограничивает поверхность S . На каждый элемент ρdV массы жидкости действуют силовые поля, среди них есть и гравитационное. Пусть $\vec{F} = \vec{F}(x, y, z, t)$ — плотность создаваемых внешними полями сил, которые в данном случае называются массовыми. Тогда на элемент массы ρdV действует сила $\vec{F} \rho dV$. Если элемент массы имеет ускорение \vec{a} , то это равносильно наличию силы инерции — $\vec{a} \rho dV$. Также на элемент $d\vec{\sigma} = \vec{n} d\sigma$ поверхности S со стороны частиц жидкости, соседними с попавшими в D , действует давление — $\rho d\vec{\sigma}$. Кроме того, нужно рассмотреть силу вязкости F_{visc} , замедляющую движение жидкости:

$$F_{\text{visc}} = 2\pi r l \eta \text{grad } v, \quad (2.185)$$

где η — вязкость.

Согласно принципу Даламбера, все силы, действующие на область D , взаимно уравновешиваются, то есть:

$$\iiint_D (\vec{F} + \vec{F}_{\text{visc}} - \vec{a}) \rho dV - \iint_D \text{grad } p dV = 0.$$

В силу произвольности в выборе области D , получаем:

$$\rho \vec{a} = \rho \vec{F} + \rho 2\pi r l \eta \text{grad } v - \text{grad } p = 0. \quad (2.186)$$

Так как $\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt}$, то равенство (2.186) примет вид:

$$\frac{d\bar{v}}{dt} = \bar{F} + 2\pi r l \eta \operatorname{grad} v - \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} p = 0. \quad (2.187)$$

С учетом формулы (2.171) равенство (2.187) примет вид:

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{v}}{dt} = \bar{F} + 2\pi r l \eta \frac{e^1 d\mathbf{v} \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + e^2 d\mathbf{v} \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + e^3 d\mathbf{v} \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} - \\ - \frac{1}{\rho} \frac{e^1 dp \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + e^2 dp \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + e^3 dp \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} = 0. \end{aligned} \quad (2.188)$$

Значения grad , div и rot вычислены с упрощениями, которые представлены в (2.175) получим выражения в общем случае. Для этого запишем:

$$\begin{aligned} \bar{e}_{11} = a_{11}^2 \bar{e}_2 + a_{11}^3 \bar{e}_3, \quad \bar{e}_{21} = a_{21}^1 \bar{e}_1 + a_{21}^3 \bar{e}_3, \quad \bar{e}_{31} = a_{31}^1 \bar{e}_1 + a_{31}^2 \bar{e}_2; \\ \bar{e}_{12} = a_{12}^2 \bar{e}_2 + a_{12}^3 \bar{e}_3, \quad \bar{e}_{22} = a_{22}^1 \bar{e}_1 + a_{22}^3 \bar{e}_3, \quad \bar{e}_{32} = a_{32}^1 \bar{e}_1 + a_{32}^2 \bar{e}_2; \\ \bar{e}_{13} = a_{13}^2 \bar{e}_2 + a_{13}^3 \bar{e}_3, \quad \bar{e}_{23} = a_{23}^1 \bar{e}_1 + a_{23}^3 \bar{e}_3, \quad \bar{e}_{33} = a_{33}^1 \bar{e}_1 + a_{33}^2 \bar{e}_2. \end{aligned} \quad (2.189)$$

Так как вектора \bar{e}_{AB} симметричны по нижним индексам, то в качестве неизвестных коэффициентов в разложениях (2.189), возьмем следующие:

$$\begin{aligned} \bar{e}_{11} = a_{11}^2 \bar{e}_2 + a_{11}^3 \bar{e}_3; \quad \bar{e}_{22} = a_{22}^1 \bar{e}_1 + a_{22}^3 \bar{e}_3; \\ \bar{e}_{12} = a_{12}^3 \bar{e}_3; \quad \bar{e}_{23} = a_{23}^1 \bar{e}_1; \\ \bar{e}_{13} = a_{13}^2 \bar{e}_2; \quad \bar{e}_{33} = a_{33}^1 \bar{e}_1 + a_{33}^2 \bar{e}_2. \end{aligned} \quad (2.190)$$

Как видно из равенств (2.190), количество неизвестных коэффициентов a_{BC}^A равно девяти.

В трехмерном субпроективном пространстве C^3 рассмотрим голономное двумерное подмногообразие, которое по аналогии с евклидовым пространством, назовем двумерной поверхностью, как и в книге¹³⁴. Данную поверхность можно отнести к семейству поверхностей, на которых находятся все линии тока и все вихревые линии, если последние существуют. С поверхностью P^2 свяжем семейство реперов $R(P^2)$ так, что точка x — начало любого репера семейства принадлежит поверхности, а вектора \bar{e}_A , лежащие в касательном пространстве в точке x к C^3 , расположены таким образом по отношению к поверхности P^2 , что вектор \bar{e}_3 направлен по нормали к ней. Так как смещение $d\bar{x}$ происходит вдоль этой поверхности,

то $\omega^3 = 0$. Тогда уравнения инфинитезимального перемещения репера примут следующий вид:

$$\begin{aligned} d\vec{x} &= \omega^1 \vec{e}_1 + \omega^2 \vec{e}_2; \\ d\vec{e}_1 &= \omega_1^2 \vec{e}_2 + \omega_1^3 \vec{e}_3 + \omega^1 \vec{e}_{11} + \omega^2 \vec{e}_{12}; \\ d\vec{e}_2 &= \omega_2^1 \vec{e}_1 + \omega_2^3 \vec{e}_3 + \omega^1 \vec{e}_{21} + \omega^2 \vec{e}_{22}; \\ d\vec{e}_3 &= \omega_3^1 \vec{e}_1 + \omega_3^2 \vec{e}_2 + \omega^1 \vec{e}_{31} + \omega^2 \vec{e}_{32}. \end{aligned} \quad (2.191)$$

Внешнее дифференцирование уравнения $\omega^3 = 0$ с учетом уравнений структуры (2.168) дает:

$$\omega^1 \wedge \omega_1^3 + \omega^2 \wedge \omega_2^3 = 0.$$

Отсюда, используя лемму Картана, получим:

$$\begin{aligned} \omega_1^3 &= a\omega^1 + b\omega^2; \\ \omega_2^3 &= b\omega^1 + c\omega^2. \end{aligned} \quad (2.192)$$

С учетом того, что $\omega_1^3 = -q_1\omega^1 - q_2\omega^2$ и $\omega_2^3 = p_1\omega^1 + p_2\omega^2$, получим: $a = -q_1$, $b = -q_2$, $b = p_1$, $c = p_2$. Тем самым

$$p_1 = -q_2. \quad (2.193)$$

Справедлива

Теорема 2.13. *Линии кривизны векторного поля \vec{e}_3 ортогональны тогда и только тогда, когда верно равенство (2.193).*

Для ортогонального репера $R(P^2)$, последние три уравнения из (2.191) примут вид:

$$\begin{aligned} d\vec{e}_1 &= \omega_1^2 \vec{e}_2 + \omega_1^3 \vec{e}_3 + \omega^1 \vec{e}_{11} + \omega^2 \vec{e}_{12}; \\ d\vec{e}_2 &= -\omega_2^1 \vec{e}_1 + \omega_2^3 \vec{e}_3 + \omega^1 \vec{e}_{21} + \omega^2 \vec{e}_{22}; \\ d\vec{e}_3 &= -\omega_3^1 \vec{e}_1 - \omega_3^2 \vec{e}_2 + \omega^1 \vec{e}_{31} + \omega^2 \vec{e}_{32}. \end{aligned} \quad (2.194)$$

На основании равенств (2.192) видно, что число линейно-независимых форм, входящих в уравнения (2.191) и (2.188) равно трем: $\omega^1, \omega^2, \omega_1^2$.

Если точка x неподвижна, то $\omega^1 = \omega^2 = 0$, но тогда уравнения (2.191), с учетом (2.192) для ортогонального репера примут вид:

$$d\vec{x} = \vec{0}, \quad d\vec{e}_1 = \omega_1^2 \vec{e}_2, \quad d\vec{e}_2 = -\omega_2^1 \vec{e}_1, \quad d\vec{e}_3 = \vec{0}.$$

Отсюда видно, что вектор \vec{e}_3 постоянен, а форма ω_1^2 определяет поворот репера вокруг вектора \vec{e}_3 . Так как, в этом случае, после внешнего дифференцирования первого из последних равенств, получим:

$$\begin{aligned} 0 &= d\bar{e}_2 \wedge \omega_1^2 + \bar{e}_2 D\omega_1^2; \\ -\omega_1^2 \bar{e}_1 \wedge \omega_1^2 + \bar{e}_2 D\omega_1^2 &= 0; \\ D\omega_1^2 &= 0. \end{aligned}$$

Значит, форма ω^2_I есть полный дифференциал: $\omega^2_I = d\psi$. Возьмем два неколлинеарных вектора $\bar{\xi}_1$ и $\bar{\xi}_2$, ортогональных вектору \bar{e}_3 , то площадь параллелограмма, построенного на них, равна:

$$\begin{aligned} \sigma(\bar{\xi}_1, \bar{\xi}_2) &= (\bar{\xi}_1, \bar{\xi}_2, \bar{e}_3) = \begin{vmatrix} \omega^1(x, \bar{\xi}_1) & \omega^2(x, \bar{\xi}_1) & 0 \\ \omega^1(x, \bar{\xi}_2) & \omega^2(x, \bar{\xi}_2) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \\ &= \omega^1(x, \bar{\xi}_1)\omega^2(x, \bar{\xi}_2) - \omega^1(x, \bar{\xi}_2)\omega^2(x, \bar{\xi}_1) = (\omega^1 \wedge \omega^2)(\bar{\xi}_1, \bar{\xi}_2). \end{aligned}$$

Тем самым, $\sigma = \omega^1 \wedge \omega^2$ — элемент площади поверхности P^2 . По аналогии, как это делалось в евклидовом пространстве, второй квадратичной формой поверхности P^2 , назовем проекцию второго дифференциала точки x на вектор \bar{e}_3 , который находится в касательном пространстве в точке x , как точке субпроективного пространства и ортогонален поверхности P^2 , то есть $\varphi = \bar{e}_3 d^2 \bar{x}$.

Из первого уравнения (2.191) запишем, после его дифференцирования:

$$\begin{aligned} d^2 \bar{x} &= (d\omega^1 + \omega^2 \omega^1_2) \bar{e}_1 + (\omega^1 \omega^1_1 + d\omega^2) \bar{e}_2 + (\omega^1 \omega^1_3 + \omega^2 \omega^2_3) \bar{e}_3 + \\ &+ (\omega^1)^2 \bar{e}_{11} + 2\omega^1 \omega^2 \bar{e}_{12} + (\omega^2)^2 \bar{e}_{22}. \end{aligned}$$

Последнее равенство, с учетом (2.190), перепишем в виде:

$$\begin{aligned} d^2 \bar{x} &= (d\omega^1 + \omega^2 \omega^1_2 + (\omega^2)^2 a^1_{22}) \bar{e}_1 + (d\omega^2 + \omega^1 \omega^1_1 + (\omega^1)^2 a^2_{11}) \bar{e}_2 + \\ &+ (\omega^1 \omega^1_3 + \omega^2 \omega^2_3 + (\omega^1) a^3_{11} + 2\omega^1 \omega^2 a^3_{12} + (\omega^2)^2 a^3_{22}) \bar{e}_3. \end{aligned} \quad (2.195)$$

Поэтому $\varphi = \bar{e}_3 d^2 \bar{x} = \omega^1 \omega^3_1 + \omega^2 \omega^3_2 + (\omega^1) a^3_{11} + 2\omega^1 \omega^2 a^3_{12} + (\omega^2)^2 a^3_{22}$.

С учетом равенств (2.192), получим:

$$\varphi = (a + a^3_{11})(\omega^1)^2 + 2(b + a^3_{12})\omega^1 \omega^2 + (c + a^3_{22})(\omega^2)^2. \quad (2.196)$$

Из (2.196) видно, что коэффициенты a^3_{11} , a^3_{12} , a^3_{22} в разложении векторов \bar{e}_{11} , \bar{e}_{12} , \bar{e}_{22} , также коэффициенты $a = -q_1$, $b = p_1 = -q_2$ и $c = p_2$, являются коэффициентами второй квадратичной формы. Тогда уравнение $\varphi = 0$ определяет в каждой точке поверхности P^2 два асимптотических направления. Рассмотрим $\Delta = (a + a^3_{11})(c + a^3_{22}) - (b + a^3_{12})^2$. Тогда асимптотические направления являются действительными, если $\Delta < 0$; мнимыми, если

$\Delta > 0$ и совпавшими, если $\Delta = 0$. В этих случаях точка поверхности P^2 , по аналогии с точкой поверхности евклидова пространства, называется, соответственно, гиперболической, эллиптической, параболической.

Найдем выражения для grad , div и rot в случае, когда выражения векторов \vec{e}_{AB} имеют вид (2.190).

Проводя вычисления $\text{grad } \varphi$, как это делалось несколько выше, получим формулу, аналогичную формуле (2.171).

Точно так же, как поступали при выводе формулы (2.176), получим:

$$d\tau \text{div } \vec{v} = (dv^1 + v^B \omega^1_B) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (dv^2 + v^B \omega^2_B) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + \\ + (dv^3 + v^B \omega^3_B) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + (v^K a^A_{KA})_{K \neq A} d\tau, \quad (2.197)$$

где в последнем слагаемом вначале производится суммирование по A , а затем суммирование по $K \neq A$.

Выражение для ротора вектора скорости жидкости \vec{v} найдем, пользуясь формулой:

$$\iiint \text{rot } \vec{v} d\tau = - \oint [\vec{v}, d\vec{\sigma}],$$

где $d\vec{\sigma}$ — вектор для элемента поверхности.

Точно так же, как это делается в евклидовом пространстве, получим:

$$-\text{rot } \vec{v} d\tau = d_2 \vec{x} (d_1 \vec{v} d_3 \vec{x}) - d_3 \vec{x} (d_1 \vec{v} d_2 \vec{x}) + d_3 \vec{x} (d_2 \vec{v} d_1 \vec{x}) - \\ - d_1 \vec{x} (d_2 \vec{v} d_3 \vec{x}) + d_1 \vec{x} (d_3 \vec{v} d_2 \vec{x}) - d_2 \vec{x} (d_3 \vec{v} d_1 \vec{x}), \quad (2.198)$$

где скобками обозначены скалярные произведения.

Вектор скорости представим в виде $\vec{v} = v^A \vec{e}_A$. Тогда

$$d\vec{v} = (dv^A + v^B \omega^A_B) \vec{e}_A + v^A \omega^B \vec{e}_{AB}. \quad (2.199)$$

С учетом (2.199) равенство (2.198) перепишем в следующем виде:

$$\text{rot } \vec{v} d\tau = d_1 \vec{x} (((dv^A + v^B \omega^A_B) \wedge \omega^K)_{23} (\vec{e}_A \vec{e}_K) + v^A (\omega^B \wedge \omega^K)_{23} (\vec{e}_{AB} \vec{e}_K)) + \\ + d_2 \vec{x} (((dv^A + v^B \omega^A_B) \wedge \omega^K)_{31} (\vec{e}_A \vec{e}_K) + v^A (\omega^B \wedge \omega^K)_{31} (\vec{e}_{AB} \vec{e}_K)) + d_3 \vec{x} \cdot \\ \cdot (((dv^A + v^B \omega^A_B) \wedge \omega^K)_{12} (\vec{e}_A \vec{e}_K) + v^A (\omega^B \wedge \omega^K)_{12} (\vec{e}_{AB} \vec{e}_K)).$$

Или, после несложных преобразований, окончательно получим:

$$\text{rot } \vec{v} d\tau = -\vec{e}_L \omega^L \wedge \omega^K \wedge (dv^A + v^B \omega^A_B) (\vec{e}_A \vec{e}_K) - \\ - \vec{e}_L \omega^L \wedge v^A (\omega^K \wedge \omega^B) (\vec{e}_{AB} \vec{e}_K). \quad (2.200)$$

Для ортогонального репера будем иметь:

$$\begin{aligned}
-rot\vec{v} d\tau = & \vec{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^1\omega_1^2 + v^3\omega_3^2)) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 + v^1\omega_1^3 + \\
& + v^2\omega_2^3) + \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 + v^2\omega_2^1 + v^3\omega_3^1)) + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 + v^1\omega_1^3 + \\
& + v^2\omega_2^3) + \vec{e}_3(\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 + v^2\omega_2^1 + v^3\omega_3^1)) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^1\omega_1^2 + \\
& + v^3\omega_3^2) + \vec{e}_1(d\tau(v^1(\vec{e}_{13}\vec{e}_2) + v^3(\vec{e}_{33}\vec{e}_2))) - d\tau(v^1(\vec{e}_{12}\vec{e}_3) + v^2(\vec{e}_{22}\vec{e}_3))) + \\
& + \vec{e}_2(-d\tau(v^2(\vec{e}_{23}\vec{e}_1) + v^3(\vec{e}_{33}\vec{e}_1))) + d\tau(v^1(\vec{e}_{11}\vec{e}_3) + v^2(\vec{e}_{21}\vec{e}_3))) + \vec{e}_3(d\tau(v^2 \cdot \\
& \cdot (\vec{e}_{22}\vec{e}_1) + v^3(\vec{e}_{32}\vec{e}_1))) - d\tau(v^1(\vec{e}_{11}\vec{e}_2) + v^3(\vec{e}_{31}\vec{e}_2))).
\end{aligned}$$

С учетом выражения форм ω^2 , ω^3 и ω^1 через базисные и с учетом равенств (2.190), последнее равенство окончательно примет вид:

$$\begin{aligned}
-rot\vec{v} d\tau = & \vec{e}_1(\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^1r - v^3p)) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 - v^1q + v^2p) + \\
& + d\tau(v^1(a_{13}^2 - a_{12}^3) + v^3a_{33}^2 - v^2a_{22}^3) + \vec{e}_2(\omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 - v^2r + v^3q) + \\
& + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 - v^1q + v^2p)) + d\tau(v^1a_{11}^3 + v^2(a_{12}^3 - a_{23}^1) - v^3a_{33}^1) + \quad (2.201) \\
& + \vec{e}_3(\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 - v^2r + v^3q) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^1r - v^3p)) + d\tau \cdot \\
& \cdot (-v^1a_{11}^2 + v^2a_{22}^1 + v^3(a_{23}^1 - a_{13}^2)).
\end{aligned}$$

Пусть вектор вихря жидкости \vec{v} по базисным векторам имеет следующее разложение:

$$\vec{v} = rot\vec{v} = v^A \vec{e}_A. \quad (2.202)$$

Тогда с учетом равенства (2.201), компоненты вихря будут иметь вид:

$$\begin{aligned}
-d\tau \cdot v^1 = & \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^1r - v^3p) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 - v^1q + v^2p) + \\
& + (v^1(a_{13}^2 - a_{12}^3) - v^2a_{22}^3 + v^3a_{33}^2)d\tau; \\
-d\tau \cdot v^2 = & \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 - v^2r + v^3q) + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 - v^1q + v^2p) + \\
& + (v^1a_{11}^3 + v^2(a_{12}^3 - a_{23}^1) - v^3a_{33}^1)d\tau; \quad (2.203) \\
-d\tau \cdot v^3 = & \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 - v^2r + v^3q) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^1r - v^3p) + \\
& + (-v^1a_{11}^2 + v^2a_{22}^1 + v^3(a_{23}^1 - a_{13}^2))d\tau,
\end{aligned}$$

где $d\tau = \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3$ — элемент объема в каждой положительно ориентированной карте U .

Так как на поверхности полной энергии имеют место равенства $\vec{v} = v(\cos\sigma\vec{e}_1 + \sin\sigma\vec{e}_2)$, $\vec{v} = v^1\vec{e}_1 + v^2\vec{e}_2$, то уравнения компонентов вихря будут иметь вид:

$$\begin{aligned}
-d\tau \cdot v^1 = & \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv \sin\sigma + v \cos\sigma d\sigma + v \cos\sigma r) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (-v \cos\sigma \cdot \\
& \cdot q + v \sin\sigma p) + (v \cos\sigma(a_{13}^2 - a_{12}^3) - v \sin\sigma a_{22}^3) d\tau \\
-d\tau \cdot v^2 = & \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (dv \cos\sigma - v \sin\sigma d\sigma - v \sin\sigma r) + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge \\
& (v \cos\sigma q + v \sin\sigma p) + (v \cos\sigma a_{11}^3 + v \sin\sigma(a_{12}^3 - a_{23}^1))d\tau \\
0 = & \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (dv \cos\sigma - v \sin\sigma d\sigma - v \sin\sigma r) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (dv \sin\sigma +
\end{aligned}$$

$$+ v \cos \sigma d\sigma + v \cos \sigma r) + (-v \cos \sigma a_{11}^2 + v \sin \sigma a_{22}^1) d\tau.$$

Последние равенства перепишем в следующем виде:

$$\begin{aligned} -d\tau \cdot \frac{v^1}{v} &= \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \left(\frac{dv}{v} \sin \sigma + \cos \sigma (d\sigma + r) \right) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (-q \cos \sigma + \\ &+ p \sin \sigma) + (\cos \sigma (a_{13}^2 - a_{12}^3) - \sin \sigma a_{22}^3) d\tau; \\ -d\tau \cdot \frac{v^2}{v} &= \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge \left(\frac{dv}{v} \cos \sigma - \sin \sigma (d\sigma + r) \right) - \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (q \cos \sigma - \\ &- p \sin \sigma) + (\cos \sigma a_{11}^3 + \sin \sigma (a_{12}^3 - a_{23}^1)) d\tau; \end{aligned} \quad (2.204)$$

$$\begin{aligned} 0 &= \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge \left(\frac{dv}{v} \cos \sigma - \sin \sigma (d\sigma + r) \right) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge \left(\frac{dv}{v} \sin \sigma + \right. \\ &\left. + \cos \sigma (d\sigma + r) \right) + (-\cos \sigma a_{11}^2 + \sin \sigma a_{22}^1) d\tau. \end{aligned}$$

Из равенства (2.197) запишется уравнение неразрывности потока жидкости в следующем виде:

$$\begin{aligned} (dv^1 - v^2 r + v^3 q) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (dv^2 + v^1 r - v^3 p) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (dv^3 - \\ - v^1 q + v^2 p) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + (v^K a_{K1}^1 + v^K a_{K2}^2 + v^K a_{K3}^3) d\tau = 0. \end{aligned}$$

С учетом представления вектора скорости через базисные векторы, последнее равенство примет вид:

$$\begin{aligned} (dv \cos \sigma - v \sin \sigma d\sigma - v \sin \sigma r) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (dv \sin \sigma + v \cos \sigma d\sigma + \\ + v \cos \sigma r) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (-v \cos \sigma q + v \sin \sigma p) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + (v \sin \sigma a_{21}^1 + \\ + v \cos \sigma a_{12}^2 + v \cos \sigma a_{13}^3 + v \sin \sigma a_{23}^3) d\tau = 0. \end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned} \left(\frac{dv}{v} \cos \sigma - \sin \sigma (d\sigma + r) \right) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + \left(\frac{dv}{v} \sin \sigma + \cos \sigma (d\sigma + r) \right) \wedge \\ \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (p \sin \sigma - q \cos \sigma) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + (v \cos \sigma (a_{12}^2 + a_{13}^3) + \\ + v \sin \sigma (a_{21}^1 + a_{23}^3)) d\tau = 0. \end{aligned}$$

Учитывая равенства (2.190), получим $a_{12}^2 = a_{13}^3 = a_{12}^1 = a_{23}^3 = 0$. Тогда:

$$\begin{aligned} \left(\frac{dv}{v} \cos \sigma - \sin \sigma (d\sigma + r) \right) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + \left(\frac{dv}{v} \sin \sigma + \cos \sigma (d\sigma + r) \right) \wedge \\ \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (p \sin \sigma - q \cos \sigma) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = 0. \end{aligned} \quad (2.205)$$

Если рассмотреть движение по геодезическим линиям ($d\sigma + r = 0$) поверхностей постоянной полной энергии, то равенства (2.204) и (2.205) будут иметь вид:

$$-\frac{v^1}{v} = q_2 \cos \sigma - p_2 \sin \sigma + \cos \sigma (a_{13}^2 - a_{12}^3) - \sin \sigma \cdot a_{22}^3;$$

$$\begin{aligned}
-\frac{v^2}{v} &= -q_1 \cos \sigma + p_1 \sin \sigma + \cos \sigma a^3_{11} + \sin \sigma (a^3_{12} - a^1_{23}); \quad (2.206) \\
0 &= -\cos \sigma a^2_{11} + \sin \sigma a^1_{22}; \\
0 &= p_3 \sin \sigma - q_3 \cos \sigma.
\end{aligned}$$

Основные кинематические уравнения. Пусть точка x описывает линию, ортогональную к векторам поля \vec{e}_3 и пусть

$$\frac{d^2 \vec{x}}{ds^2} = \frac{\vec{k}}{m}, \quad (\vec{e}_3 \frac{d\vec{x}}{ds} = 0).$$

Рассмотрим понятие нормальной кривизны поля в данной точке, принадлежащей карте U . Для этого рассмотрим:

$$\begin{aligned}
\frac{\vec{k} \vec{e}_3}{m} &= -\frac{d\vec{x} d\vec{e}_3}{ds^2} = -\frac{(\omega^1 \vec{e}_1 + \omega^2 \vec{e}_2)(q\vec{e}_1 - p\vec{e}_2 + \omega^1 a^2_{31} \vec{e}_2 + \omega^2 a^1_{32} \vec{e}_1)}{ds^2} = \\
&= -\frac{(\omega^1 \vec{e}_1 + \omega^2 \vec{e}_2)((q + \omega^2 a^1_{32})\vec{e}_1 - (p - \omega^1 a^2_{31})\vec{e}_2)}{ds^2} = \\
&= -\frac{\omega^1 (q + \omega^2 a^1_{32}) - \omega^2 (p - \omega^1 a^2_{31})}{ds^2} = \frac{-q_1 (\omega^1)^2 + (p_1 - q_2 - a^1_{32} - a^2_{31}) \omega^1 \omega^2}{ds^2} + \\
&+ \frac{p_2 (\omega^2)^2}{ds^2} = p_2 \sin^2 \sigma + (p - q_2 - a^1_{32} - a^2_{31}) \sin \sigma \cdot \cos \sigma - q_1 \cos^2 \sigma,
\end{aligned}$$

где $\cos \sigma = \frac{\omega^1}{ds}$, $\sin \sigma = \frac{\omega^2}{ds}$. Тогда

$$\begin{aligned}
\frac{1}{R} &= \frac{-q_1 (\omega^1)^2 + (p_1 - q_2 - a^1_{32} - a^2_{31}) \omega^1 \omega^2 + p_2 (\omega^2)^2}{ds^2} = p_2 \sin^2 \sigma + \\
&+ (p_1 - q_2 - a^1_{32} - a^2_{31}) \sin \sigma \cdot \cos \sigma - q_1 \cos^2 \sigma
\end{aligned} \quad (2.207)$$

будет кривизной линии, главная нормаль которой совпадает с вектором \vec{e}_3 . Это выражение назовем нормальной кривизной поля в данной точке карты U . Из равенства (2.207) видно, что компоненты разложения векторов \vec{e}_{23} и \vec{e}_{13} по векторам репера $R_x - a^1_{23}$ и a^2_{31} входят в выражение для нормальной кривизны поля.

Рассмотрим конгруэнцию линий, являющихся интегральными линиями или линиями тока векторного поля \vec{e}_3 , то вектор кривизны такой линии будет:

$$\begin{aligned} \left(\frac{d\vec{e}_3}{ds}\right)_{\omega^1=0} &= \frac{\omega_3^1 \vec{e}_1 + \omega_3^2 \vec{e}_2 + \omega_3^3 \vec{e}_3}{ds} = \frac{q\vec{e}_1 - p\vec{e}_2 + \omega^3(a_{33}^1 \vec{e}_1 + a_{33}^2 \vec{e}_2)}{ds} = \\ &= \frac{q_3 \omega^3 \vec{e}_1 - p_3 \omega^3 \vec{e}_2 + \omega^3(a_{33}^1 \vec{e}_1 + a_{33}^2 \vec{e}_2)}{ds} = (q_3 + a_{33}^1) \vec{e}_1 - (p_3 - a_{33}^2) \vec{e}_2. \end{aligned}$$

Проекция вектора кривизны на направление скорости жидкости примет вид:

$$((q_3 + a_{33}^1) \vec{e}_1 - (p_3 - a_{33}^2) \vec{e}_2) \frac{\vec{v}}{v} = (q_3 + a_{33}^1) \cos \sigma - (p_3 - a_{33}^2) \sin \sigma.$$

Примем:

$$\begin{aligned} L &= p_2 \sin^2 \sigma + (p_1 - q_2 - a_{32}^1 - a_{31}^2) \sin \sigma \cos \sigma - q_1 \cos^2 \sigma; \\ N &= (p_3 - a_{33}^2) \sin \sigma - (q_3 + a_{33}^1) \cos \sigma. \end{aligned} \quad (2.208)$$

Чтобы удовлетворить гидродинамическим уравнениям (2.204) и (2.205), примем:

$$\begin{aligned} \frac{dv}{v} &= t\omega^1 + g\omega^2 + (L + \frac{f^1}{SV^2})\omega^3; \\ d\sigma + r &= (g + N \sin \sigma)\omega^1 - (t + N \cos \sigma)\omega^2 + u\omega^3, \end{aligned} \quad (2.209)$$

где t, g, u — функции, которые выбираются таким образом, чтобы выполнялись условия интегрируемости уравнений (2.209). Кроме уравнений (2.209) найдем еще условия для выполнения гидродинамических уравнений (2.204) и (2.205). Проверим выполнимость уравнения (2.205). Для этого подставим равенства из (2.209) в (2.205):

$$\begin{aligned} (t\omega^1 \cos \sigma - \sin \sigma (g + N \sin \sigma)\omega^1) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (g\omega^2 \sin \sigma - \cos \sigma (t + N \cos \sigma)\omega^2) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (p_3 \omega^3 \sin \sigma - q_3 \omega^3 \cos \sigma) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = 0; \\ (t \cos \sigma - \sin \sigma (g + N \sin \sigma))d\tau + (g \sin \sigma - \cos \sigma (t + N \cos \sigma))d\tau + \\ + (p_3 \sin \sigma - q_3 \cos \sigma)d\tau = 0; \\ t \cos \sigma + \sin \sigma g - N \sin^2 \sigma + g \sin \sigma - t \cos \sigma - N \cos^2 \sigma + p_3 \sin \sigma - \\ - q_3 \cos \sigma = 0; \\ N + p_3 \sin \sigma - q_3 \cos \sigma = 0. \end{aligned}$$

После подстановки значений для N , будем иметь:

$$\begin{aligned} (q_3 + a_{33}^1) \cos \sigma - (p_3 - a_{33}^2) \sin \sigma + p_3 \sin \sigma - q_3 \cos \sigma = 0; \\ a_{33}^1 \cos \sigma + a_{33}^2 \sin \sigma = 0. \end{aligned} \quad (*)$$

На основании равенства справедлива

Теорема 2.14. Уравнение неразрывности потока жидкости будет выполняться тогда и только тогда, когда верно равенство (*).

Найдем условие выполнения третьего уравнения из (2.204). Для этого подставим равенства (2.209) в это уравнение:

$$0 = \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (g \omega^2 \cos \sigma + \sin \sigma (t + N \cos \sigma) \omega^2) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (t \omega^1 \cdot \sin \sigma + \cos \sigma (g + N \sin \sigma) \omega^1) + (-\cos \sigma a^2_{11} + \sin \sigma a^1_{22}) d\tau.$$

Сокращая на $d\tau$, запишем:

$$\begin{aligned} g \cos \sigma + \sin \sigma (t + N \cos \sigma) - t \sin \sigma - \cos \sigma (g + N \sin \sigma) - \cos \sigma a^2_{11} + \\ + \sin \sigma a^1_{22} = 0; \\ -\cos \sigma a^2_{11} + \sin \sigma a^1_{22} = 0. \end{aligned} \quad (**)$$

И, наконец, найдем условие выполнимости первого и второго уравнений из (2.204). Для этого подставим равенства (2.169) в эти уравнения:

$$\begin{aligned} -d\tau \cdot \frac{v^1}{v} &= \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \left(\left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \omega^3 \sin \sigma + \cos \sigma u \omega^3 \right) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge \\ &\wedge (-q_2 \omega^2 \cos \sigma + p_2 \omega^2 \sin \sigma) + (\cos \sigma (a^2_{13} - a^3_{12}) - \sin \sigma a^3_{22}) d\tau; \\ -d\tau \cdot \frac{v^2}{v} &= \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge \left(\left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \omega^3 \cos \sigma - \sin \sigma u \omega^3 \right) - \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge \\ &\wedge (q_1 \omega^1 \cos \sigma - p_1 \omega^1 \sin \sigma) + (\cos \sigma a^3_{11} + \sin \sigma (a^3_{12} - a^1_{23})) d\tau. \end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned} d\tau \cdot \frac{v^1}{v} &= \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \sin \sigma d\tau + u \cos \sigma d\tau + q_2 \cos \sigma d\tau - p_2 \sin \sigma d\tau + \\ &+ (\cos \sigma (a^2_{13} - a^3_{12}) - \sin \sigma a^3_{22}) d\tau, \\ -d\tau \cdot \frac{v^2}{v} &= -\left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \cos \sigma d\tau + u \sin \sigma d\tau - q_1 \cos \sigma d\tau + p_1 \sin \sigma d\tau + \\ &+ (\cos \sigma a^3_{11} + \sin \sigma (a^3_{12} - a^1_{23})) d\tau. \end{aligned}$$

После сокращения первого уравнения на $d\tau$, а второго на $-d\tau$, получим:

$$\begin{aligned} -\frac{v^1}{v} &= \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \sin \sigma + u \cos \sigma + q_2 \cos \sigma - p_2 \sin \sigma + \cos \sigma (a^2_{13} - a^3_{12}) - \\ &- \sin \sigma a^3_{22}; \\ \frac{v^2}{v} &= \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \cos \sigma - u \sin \sigma + q_1 \cos \sigma - p_1 \sin \sigma - \cos \sigma a^3_{11} - \\ &- \sin \sigma (a^3_{12} - a^1_{23}). \end{aligned}$$

Далее, первое уравнение умножим на $\sin \sigma$, а второе на $\cos \sigma$, запишем:

$$\begin{aligned} -\frac{v^1}{v} \sin \sigma &= \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \sin^2 \sigma + u \cos \sigma \sin \sigma + q_2 \cos \sigma \sin \sigma - p_2 \sin^2 \sigma + \\ &+ \cos \sigma \sin \sigma (a^2_{13} - a^3_{12}) - \sin^2 \sigma a^3_{22}; \end{aligned} \quad (2.210)$$

$$\frac{v^2}{v} \cos \sigma = \left(L + \frac{f'}{Sv^2} \right) \cos^2 \sigma - u \sin \sigma \cos \sigma + q_1 \cos^2 \sigma - p_1 \sin \sigma \cos \sigma - \\ - \cos^2 \sigma a^3_{11} - \cos \sigma \sin \sigma (a^3_{12} - a^1_{23}).$$

Деля обе части равенства $S \cdot v(-v^1 \sin \sigma + v^2 \cos \sigma) = f'(S)$ на Sv^2 , получим:

$$-\frac{v^1}{v} \sin \sigma + \frac{v^2}{v} \cos \sigma = \frac{f'}{Sv^2}. \quad (2.211)$$

Сложив первое и второе уравнения из (2.210), запишем:

$$-\frac{v^1}{v} \sin \sigma + \frac{v^2}{v} \cos \sigma = L + \frac{f'}{Sv^2} + (q_2 - p_1) \cos \sigma \sin \sigma - p_2 \sin^2 \sigma + \\ + \cos \sigma \sin \sigma (a^2_{13} - 2a^3_{12} + a^1_{23}) - \sin^2 \sigma a^3_{22} + q_1 \cos^2 \sigma - \\ - a^3_{11} \cos^2 \sigma.$$

С учетом первого равенства из (2.208), последнее перепишется:

$$-\frac{v^1}{v} \sin \sigma + \frac{v^2}{v} \cos \sigma = p_2 \sin^2 \sigma + (p_1 - q_2 - a^1_{32} - a^2_{31}) \sin \sigma \cos \sigma - \\ q_1 \cos^2 \sigma + \frac{f'}{Sv^2} - (p_1 - q_2 - a^2_{13} - a^1_{23}) \cos \sigma \sin \sigma - 2a^3_{12} \cos \sigma \cdot \\ \cdot \sin \sigma - p_2 \sin^2 \sigma + q_1 \cos^2 \sigma - a^3_{22} \sin^2 \sigma - a^3_{11} \cos^2 \sigma = \frac{f'}{Sv^2} -$$

$$-2a^3_{12} \cos \sigma \sin \sigma - a^3_{22} \sin^2 \sigma - a^3_{11} \cos^2 \sigma$$

Тем самым равенство (2.211) будет верно тогда и только тогда, когда

$$2a^3_{12} \cos \sigma \sin \sigma + a^3_{22} \sin^2 \sigma + a^3_{11} \cos^2 \sigma = 0. \quad (***)$$

Соотношение (***) также будет условием для выполнения первого и второго уравнений из (2.204).

Для удовлетворения кинематических уравнений, наряду с (2.209) мы должны принять и условия (*), (**) и (***). Окончательно будем иметь:

$$\frac{dv}{v} = t\omega^1 + g\omega^2 + \left(L + \frac{f'}{Sv^2} \right) \omega^3; \\ d\sigma + r = (g + N \sin \sigma) \omega^1 - (t + N \cos \sigma) \omega^2 + u \omega^3; \\ a^1_{33} \cos \sigma + a^2_{33} \sin \sigma = 0; \\ a^2_{11} \cos \sigma - a^1_{22} \sin \sigma = 0; \\ a^3_{11} \cos^2 \sigma + 2a^3_{12} \cos \sigma \sin \sigma + a^3_{22} \sin^2 \sigma = 0. \quad (2.212)$$

Справедлива

Теорема 2.15. Для выполнения уравнений неразрывности потока жидкости, а также уравнений для компонент вихревого вектора необходимо и достаточно выполнение условий (2.212).

Так как при движении жидкости по геодезическим, расположенным на поверхностях постоянной полной энергии, будут выполняться условия $\frac{dv}{v} = 0$ и $d\sigma + r = 0$, то из равенств (2.209) получим:

$$t = g = 0, L + \frac{f^\wedge}{Sv^2} = 0;$$

$$g + N \sin \sigma = 0, t + N \cos \sigma = 0, u = 0.$$

Из первых условий $t = g = 0$ будем иметь $N \sin \sigma = 0$ и $N \cos \sigma = 0$. Возведя в квадрат последние равенства и складывая их, получим $N = 0$.

На основании последних рассуждений, имеем:

$$(p_3 - a^{2}_{33}) \sin \sigma - (q_3 + a^{1}_{33}) \cos \sigma = 0.$$

Учитывая последнее равенство из (2.206), получим:

$$a^{2}_{33} \sin \sigma + a^{1}_{33} \cos \sigma = 0. \quad (2.213)$$

При написании равенств (2.209) не одно из кинематических уравнений, то есть уравнений (2.204) и (2.205), тождественно не выполняется. Выберем эти равенства таким образом, чтобы удовлетворить какому-либо из кинематических уравнений. Примем, вначале, что при выборе выражений для $\frac{dv}{v}$ и $d\sigma + r$ удовлетворилось третье уравнение из (2.204). Тогда примем:

$$\begin{aligned} \frac{dv}{v} &= (t + a^{1}_{22}) \omega^1 + (g + a^{2}_{11}) \omega^2 + (L + \frac{f^\wedge}{Sv^2}) \omega^3; \\ d\sigma + r &= (g + N \sin \sigma) \omega^1 - (t + N \cos \sigma) \omega^2 + \zeta \omega^3. \end{aligned} \quad (2.214)$$

Проверим это:

$$\begin{aligned} 0 &= \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge ((g + a^{2}_{11}) \omega^2 \cos \sigma + \sin \sigma (t + N \cos \sigma) \omega^2) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge \\ &\wedge ((t + a^{1}_{22}) \omega^1 \sin \sigma + \cos \sigma (g + N \sin \sigma) \omega^1) + (-\cos \sigma a^{2}_{11} + \\ &+ \sin \sigma a^{1}_{22}) d\tau; \\ 0 &= (g + a^{2}_{11}) \cos \sigma d\tau + \sin \sigma (t + N \cos \sigma) d\tau - \sin \sigma (t + a^{1}_{22}) d\tau - \\ &- \cos \sigma (g + N \sin \sigma) d\tau + (-\cos \sigma a^{2}_{11} + \sin \sigma a^{1}_{22}) d\tau; \\ 0 &\equiv 0. \end{aligned}$$

Найдем условие для выполнения равенства (2.205). Для этого подставим равенства (2.214) в (2.205):

$$\begin{aligned} &((t + a^{1}_{22}) \omega^1 \cos \sigma - \sin \sigma (g + N \sin \sigma) \omega^1) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + ((g + a^{2}_{11}) \cdot \\ &\cdot \omega^2 \sin \sigma - \cos \sigma (t + N \cos \sigma) \omega^2) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (p_3 \omega^3 \sin \sigma - q_3 \omega^3 \cos \sigma) \wedge \\ &\wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = 0; \\ &(t + a^{1}_{22}) \cos \sigma d\tau - \sin \sigma (g + N \sin \sigma) d\tau + (g + a^{2}_{11}) \sin \sigma d\tau - \\ &- \cos \sigma (t + N \cos \sigma) d\tau + p_3 \sin \sigma d\tau - q_3 \cos \sigma d\tau = 0. \end{aligned}$$

После сокращения на $d\tau$, запишем:

$$(t + a^1_{22}) \cos \sigma - \sin \sigma (g + N \sin \sigma) + (g + a^2_{11}) \sin \sigma - \cos \sigma (t + N \cos \sigma) + p_3 \sin \sigma - q_3 \cos \sigma = 0.$$

Отсюда имеем:

$$a^1_{22} \cos \sigma - N \sin^2 \sigma + a^2_{11} \sin \sigma - N \cos^2 \sigma + p_3 \sin \sigma - q_3 \cos \sigma = 0.$$

С учетом второго равенства и из (2.214), будем иметь:

$$a^1_{22} \cos \sigma + (q_3 + a^1_{33}) \cos \sigma - (p_3 - a^2_{33}) \sin \sigma + a^2_{11} \sin \sigma + p_3 \sin \sigma - q_3 \cos \sigma = 0;$$

$$(a^1_{22} + a^1_{33}) \cos \sigma + (a^2_{11} + a^2_{33}) \sin \sigma = 0. \quad (I)$$

Условие (2.215) является необходимым и достаточным условием для выполнения уравнения (2.205).

Найдем условие для выполнения первых двух равенств из (2.204). Для этого подставим равенства (2.214) в эти уравнения:

$$\begin{aligned} -d\tau \cdot \frac{v^1}{v} &= \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \omega^3 \sin \sigma + \cos \sigma \zeta \omega^3 + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge \\ &\wedge (-q_2 \omega^2 \cos \sigma + p_2 \omega^2 \sin \sigma) + (\cos \sigma (a^2_{13} - a^3_{12}) - \sin \sigma a^3_{22}) d\tau; \\ -d\tau \cdot \frac{v^2}{v} &= \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \omega^3 \cos \sigma - \sin \sigma (\zeta \omega^3) - \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge \\ &\wedge (q_1 \omega^1 \cos \sigma - p_1 \omega^1 \sin \sigma) + (\cos \sigma a^3_{11} + \sin \sigma (a^3_{12} - a^1_{23})) d\tau. \end{aligned}$$

Эти два равенства перепишем в виде:

$$\begin{aligned} d\tau \cdot \frac{v^1}{v} &= \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \sin \sigma d\tau + \zeta \cos \sigma d\tau + q_2 \cos \sigma d\tau - p_2 \sin \sigma d\tau + \\ &+ (\cos \sigma (a^2_{13} - a^3_{12}) - \sin \sigma a^3_{22}) d\tau; \\ d\tau \cdot \frac{v^2}{v} &= - \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \cos \sigma d\tau + \zeta \sin \sigma d\tau - q_1 \cos \sigma d\tau + \\ &+ p_1 \sin \sigma d\tau + (\cos \sigma a^3_{11} + \sin \sigma (a^3_{12} - a^1_{23})) d\tau. \end{aligned}$$

После сокращения первого уравнения на $d\tau$, а второго на $-d\tau$, получим:

$$\begin{aligned} -\frac{v^1}{v} &= \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \sin \sigma + \zeta \cos \sigma + q_2 \cos \sigma - p_2 \sin \sigma + (\cos \sigma a^2_{13} - \\ &- a^3_{12}) - \sin \sigma a^3_{22}; \\ \frac{v^2}{v} &= \left(L + \frac{f^1}{Sv^2} \right) \cos \sigma - \zeta \sin \sigma + q_1 \cos \sigma - p_1 \sin \sigma - \cos \sigma a^3_{11} - \\ &- \sin \sigma (a^3_{12} - a^1_{23}). \end{aligned}$$

Умножая первое уравнение на $\sin \sigma$, а второе на $\cos \sigma$ и складывая их, будем получать:



Раньше народ увлекался спиритическими сеансами. Как это ни странно, но с развитием научного мировоззрения страсть к мистическим играм не ослабевает. Только в наше время это называется экстрасенсорикой, парапсихологией, биоэнергетикой, уфологией и пр. Человек мазохистски любит время от времени быть одураченным. Так стоит ли создавать высокоученые комитеты по борьбе с лженаукой? Зачем лишать людей удовольствия?

$$\begin{aligned}
& -\frac{v^1}{v} \sin \sigma + \frac{v^2}{v} \cos \sigma = (L + \frac{f^{\wedge}}{Sv^2}) \sin^2 \sigma + \zeta \cos \sigma \sin \sigma + q_2 \cos \sigma \sin \sigma - \\
& - p_2 \sin^2 \sigma + \cos \sigma \sin \sigma (a^2_{13} - a^3_{12}) - \sin^2 \sigma a^3_{22} + (L + \frac{f^{\wedge}}{Sv^2}) \cos^2 \sigma - \\
& - \zeta \cos \sigma \sin \sigma + q_1 \cos^2 \sigma - p_1 \sin \sigma \cos \sigma - \cos^2 \sigma a^3_{11} - \cos \sigma \sin \sigma \cdot \\
& \cdot (a^3_{12} - a^1_{23})
\end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned}
& -\frac{v^1}{v} \sin \sigma + \frac{v^2}{v} \cos \sigma = L + \frac{f^{\wedge}}{Sv^2} + q_2 \cos \sigma \sin \sigma - p_2 \sin^2 \sigma + \cos \sigma \sin \sigma \cdot \\
& \cdot (a^2_{13} - a^3_{12}) - a^3_{22} \sin^2 \sigma + q_1 \cos^2 \sigma - p_1 \sin \sigma \cos \sigma - a^3_{11} \cos^2 \sigma - \\
& - \cos \sigma \sin \sigma (a^3_{12} - a^1_{23}).
\end{aligned}$$

С учетом первого равенства из (2.208), последнее равенство переписывается:

$$\begin{aligned}
& -\frac{v^1}{v} \sin \sigma + \frac{v^2}{v} \cos \sigma = p_2 \sin^2 \sigma + (p_1 - q_2 - a^1_{32} - a^2_{31}) \sin \sigma \cos \sigma - \\
& - q_1 \cos^2 \sigma + \frac{f^{\wedge}}{Sv^2} - (p_1 - q_2 - a^2_{31} - a^1_{32}) \sin \sigma \cos \sigma - p_2 \sin^2 \sigma - \\
& - 2 a^3_{12} \cos \sigma \sin \sigma - a^3_{22} \sin^2 \sigma + q_1 \cos^2 \sigma - a^3_{11} \cos^2 \sigma.
\end{aligned}$$

Отсюда имеем:

$$-\frac{v^1}{v} \sin \sigma + \frac{v^2}{v} \cos \sigma = \frac{f^{\wedge}}{Sv^2} - a^3_{11} \cos^2 \sigma - 2 a^3_{12} \cos \sigma \sin \sigma - a^3_{22} \sin^2 \sigma.$$

С учетом формулы (2.211), первые два уравнения из системы (2.204) выполняются тогда и только тогда, когда

$$a^3_{11} \cos^2 \sigma + 2 a^3_{12} \cos \sigma \sin \sigma + a^3_{22} \sin^2 \sigma = 0. \quad (\text{II})$$

Тем самым, при выборе $\frac{dv}{v}$ и $d\sigma + r$ для удовлетворения указанным выше

кинематическим уравнениям, должны принять равенства (I) и (II):

$$\begin{aligned}
& (a^1_{22} + a^1_{33}) \cos \sigma + (a^2_{11} + a^2_{33}) \sin \sigma = 0; \\
& a^3_{11} \cos^2 \sigma + 2 a^3_{12} \cos \sigma \sin \sigma + a^3_{22} \sin^2 \sigma = 0.
\end{aligned} \quad (2.215)$$

Разрешим систему (2.215) относительно $\cos \sigma$ и $\sin \sigma$, при условии неравенства первого нулю, получаем для удовлетворения кинематических уравнений одно условие:

$$a^3_{11} - 2a^3_{12} \frac{a^1_{22} + a^1_{33}}{a^2_{11} + a^2_{33}} + a^3_{22} \left(\frac{a^1_{22} + a^1_{33}}{a^2_{11} + a^2_{33}} \right)^2 = 0. \quad (2.216)$$

Если рассмотреть движение жидкости по геодезическим, лежащим на поверхностях постоянной полной энергии, то к равенствам (2.206), в этом

случае, из равенств (2.214) добавятся следующие (из условий $\frac{dv}{v} = 0$ и $d\sigma + r = 0$):

$$t + a^{122} = 0; \quad g + a^{211} = 0; \quad L + \frac{f^{\wedge}}{Sv^2} = 0; \\ g + N \sin \sigma = 0; \quad t + N \cos \sigma = 0; \quad \zeta = 0. \quad (2.217)$$

Из равенств (2.217) получаем:

$$N^2 = (a^{211})^2 + (a^{122})^2. \quad (2.218)$$

Равенство (2.218) заменяет равенства, стоящие в первом и втором столбцах соотношений из (2.217).

Пусть теперь $\frac{dv}{v}$ и $d\sigma + r$ выбраны таким образом, что выполняется уравнение неразрывности потока, то есть уравнение (2.205). В этом случае положим:

$$\frac{dv}{v} = (t + a^{122})\omega^1 + (g + a^{211})\omega^2 + (L + \frac{f^{\wedge}}{Sv^2})\omega^3; \quad (2.219) \\ d\sigma + r = (g + a^{211} + a^{233} + N \sin \sigma)\omega^1 - (t + a^{122} + a^{133} + N \cos \sigma)\omega^2 + \\ + \zeta\omega^3.$$

Проверим тождественную выполнимость уравнения (2.205). Для этого подставим значения для $\frac{dv}{v}$ и $d\sigma + r$ из (2.219) в (2.205):

$$((t + a^{122})\omega^1 \cos \sigma - \sin \sigma (g + a^{211} + a^{233} + N \sin \sigma)\omega^1) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + \\ + ((g + a^{211})\omega^2 \sin \sigma - \cos \sigma (t + a^{122} + a^{133} + N \cos \sigma)\omega^2) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + \\ + (p_3 \omega^3 \sin \sigma - q_3 \omega^3 \cos \sigma) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = 0$$

или

$$(t + a^{122}) \cos \sigma d\tau - \sin \sigma (g + a^{211} + a^{233} + N \sin \sigma) d\tau + (g + \\ + a^{211}) \sin \sigma d\tau - \cos \sigma (t + a^{122} + a^{133} + N \cos \sigma) d\tau + (p_3 \sin \sigma - \\ - q_3 \cos \sigma) d\tau = 0.$$

После сокращения на $d\tau$ и после приведения подобных слагаемых, будем иметь:

$$a^{233} \sin \sigma + N + a^{133} \cos \sigma - p_3 \sin \sigma + q_3 \cos \sigma = 0.$$

Подставим значение для N из (2.208) в последнее равенство и после чего получим:

$$a^{233} \sin \sigma + (p_3 - a^{233}) \sin \sigma - (q_3 + a^{133}) \cos \sigma + a^{133} \cos \sigma - p_3 \sin \sigma + \\ + q_3 \cos \sigma = 0.$$

Отсюда видно, что равенство (2.205), при выборе $\frac{dv}{v}$ и $d\sigma + r$ как в (2.219), выполняется тождественно.

Найдем условие для выполнения третьего равенства из (2.204). Для этого подставим равенства (2.180) в это равенство. Получим:

$$0 = \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge ((g + a^2_{11})\omega^2 \cos\sigma + \sin\sigma(t + a^1_{22} + a^1_{33} + N \cos\sigma)\omega^2 + \\ + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge ((t + a^1_{22})\omega^1 \sin\sigma + \cos\sigma(g + a^2_{11} + a^2_{33} + N \sin\sigma)\omega^1) + \\ + (-\cos\sigma a^2_{11} + \sin\sigma a^1_{22}) d\tau$$

или

$$0 = (g + a^2_{11}) \cos\sigma d\tau + \sin\sigma(t + a^1_{22} + a^1_{33} + N \cos\sigma) d\tau - (t + \\ + a^1_{22}) \sin\sigma d\tau - \cos\sigma(g + a^2_{11} + a^2_{33} + N \sin\sigma) d\tau + (-\cos\sigma a^2_{11} + \\ + \sin\sigma a^1_{22}) d\tau.$$

После сокращения обеих частей на $d\tau$ и приведения подобных, будем иметь:

$$(a^1_{33} + a^1_{22})\sin\sigma - (a^2_{11} + a^2_{33}) \cos\sigma = 0. \quad (a)$$

Таким образом, третье равенство из (2.204) выполняется тогда и только тогда, когда верно равенство (a). И, наконец, найдем условие для выполнения первых двух равенств из (2.219). Для этого подставим соотношения (2.204) в эти уравнения.

$$d\tau \cdot \frac{v^1}{v} = \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \left((L + \frac{f^1}{Sv^2}) \omega^3 \sin\sigma + \cos\sigma \zeta \omega^3 \right) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge \\ \wedge (-q_2 \omega^2 \cos\sigma + p_2 \omega^2 \sin\sigma) + (\cos\sigma (a^2_{13} - a^3_{12}) - \sin\sigma a^3_{22}) d\tau; \\ - d\tau \cdot \frac{v^2}{v} = \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge \left((L + \frac{f^1}{Sv^2}) \omega^3 \cos\sigma - \sin\sigma \zeta \omega^3 \right) - \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge \\ \wedge (q_1 \omega^1 \cos\sigma - p_1 \omega^1 \sin\sigma) + (\cos\sigma a^3_{11} + \sin\sigma (a^3_{12} - a^1_{23})) d\tau$$

или

$$d\tau \cdot \frac{v^1}{v} = (L + \frac{f^1}{Sv^2}) \sin\sigma d\tau + \zeta \cos\sigma d\tau + q_2 \cos\sigma d\tau - p_2 \sin\sigma d\tau + \\ + (\cos\sigma (a^2_{13} - a^3_{12}) - \sin\sigma a^3_{22}) d\tau; \\ d\tau \cdot \frac{v^2}{v} = - (L + \frac{f^1}{Sv^2}) \cos\sigma d\tau + \zeta \sin\sigma d\tau - q_1 \cos\sigma d\tau + p_1 \sin\sigma d\tau + \\ + (\cos\sigma a^3_{11} + \sin\sigma (a^3_{12} - a^1_{23})) d\tau.$$

Сокращая первое уравнение на элемент объема, а второе на эту же величину, но с противоположным знаком, получим:

$$- \frac{v^1}{v} = (L + \frac{f^1}{Sv^2}) \sin\sigma + \zeta \cos\sigma + q_2 \cos\sigma - p_2 \sin\sigma + \cos\sigma (a^2_{13} -$$

$$-a^3_{12}) - \sin \sigma a^3_{22};$$

$$\frac{v^2}{v} = (L + \frac{f^{\wedge}}{Sv^2}) \cos \sigma - \zeta \sin \sigma + q_1 \cos \sigma - p_1 \sin \sigma - \cos \sigma a^3_{11} -$$

$$- \sin \sigma (a^3_{12} - a^1_{23}).$$

Умножим первое уравнение на $\sin \sigma$, а второе на $\cos \sigma$ и сложив эти два равенства, будем иметь:

$$- \frac{v^1}{v} \sin \sigma + \frac{v^2}{v} \cos \sigma = L + \frac{f^{\wedge}}{Sv^2} + q_2 \cos \sigma \sin \sigma - p_2 \sin^2 \sigma + \cos \sigma \sin \sigma \cdot$$

$$\cdot (a^2_{13} - a^3_{12}) - \sin^2 \sigma a^3_{22} + q_1 \cos^2 \sigma - p_1 \sin \sigma \cos \sigma - \cos^2 \sigma a^3_{11} -$$

$$- \sin \sigma \cos \sigma (a^3_{12} - a^1_{23}).$$

С учетом равенств (2.208), последнее равенство примет вид:

$$- \frac{v^1}{v} \sin \sigma + \frac{v^2}{v} \cos \sigma = \frac{f^{\wedge}}{Sv^2} - 2 a^3_{12} \sin \sigma \cos \sigma - a^3_{22} \sin^2 \sigma -$$

$$- a^3_{11} \cos^2 \sigma.$$

Учитывая равенство (2.211), последнее равенство будет верно тогда и только тогда, когда

$$a^3_{11} \cos^2 \sigma + 2 a^3_{12} \cos \sigma \sin \sigma + a^3_{22} \sin^2 \sigma = 0. \quad (б)$$

Если выражения для $\frac{dv}{v}$ и $d\sigma + r$ имеют вид (2.219), то кинематические уравнения будут выполняться тогда и только тогда, когда верны условия (а) и (б), то есть:

$$(a^1_{33} + a^1_{22}) \sin \sigma - (a^2_{11} + a^2_{33}) \cos \sigma = 0;$$

$$a^3_{11} \cos^2 \sigma + 2 a^3_{12} \cos \sigma \sin \sigma + a^3_{22} \sin^2 \sigma = 0. \quad (2.220)$$

Разрешим систему (2.220) относительно $\cos \sigma$ и $\sin \sigma$ и примем, что первая величина не равна нулю, после чего получим условие для выполнения кинематических уравнений:

$$a^3_{11} + 2a^3_{12} \frac{a^2_{11} + a^2_{33}}{a^1_{33} + a^1_{22}} + a^3_{22} \left(\frac{a^2_{11} + a^2_{33}}{a^1_{33} + a^1_{22}} \right)^2 = 0. \quad (2.221)$$

Если рассмотреть теперь движение жидкости по геодезическим, лежащим на поверхностях постоянной полной энергии, то к равенствам (2.206) нужно присоединить, исходя из условий $\frac{dv}{v} = 0$ и $d\sigma + r = 0$, следующие равенства из (2.219):

$$t + a^1_{22} = 0; \quad g + a^2_{11} = 0; \quad L + \frac{f^{\wedge}}{Sv^2} = 0;$$

$$g + a^2_{11} + a^2_{33} + N \sin \sigma = 0; \quad t + a^1_{22} + a^1_{33} + N \cos \sigma = 0; \quad \zeta = 0.$$

С учетом равенств, записанных в первой строке, будем иметь:

$$a^2_{33} + N \sin \sigma = 0; \quad a^1_{33} + N \cos \sigma = 0.$$

Откуда

$$N^2 = (a^1_{33})^2 + (a^2_{33})^2, \quad (2.222)$$

При движении по геодезическим, лежащим на поверхностях постоянной полной энергии, для данного случая будем иметь:

$$\sin \sigma = -\frac{a^2_{33}}{N}; \quad \cos \sigma = -\frac{a^1_{33}}{N}.$$

После подстановки этих равенств в (2.208) получим:

$$N^2 = (q_3 + a^1_{33})a^1_{33} - (p_3 - a^2_{33})a^2_{33} = q_3 a^1_{33} + (a^1_{33})^2 - p_3 a^2_{33} + (a^2_{33})^2.$$

С учетом (2.222) из последнего равенства будем иметь:

$$q_3 a^1_{33} - p_3 a^2_{33} = 0. \quad (2.223)$$

В этом случае к равенствам (2.206) добавляется равенство (2.223).

В уравнениях (2.212) получаем новые неизвестные функции t , g и эти функции выбираются таким образом, чтобы выполнялись условия интегрируемости уравнений (2.212). Нахождение этих функций упрощается, если жидкость движется по геодезическим линиям, лежащим на поверхностях постоянной полной энергии. В этом случае $t = -N \cos \sigma$, $g = -N \sin \sigma$ и $u = 0$.

Уравнения (2.212) являются основными кинематическими уравнениями потока в субпроективном пространстве и служат исходными уравнениями для изучения потока, для которого существуют поверхности полной энергии, которые являются интегральными многообразиями для данного репера. В этом случае вектора второго порядка, задающие репер второго порядка, будут симметричны по нижним индексам.

Уравнения (2.212) для случая движения жидкости по геодезическим, лежащим на поверхностях постоянной полной энергии будут иметь вид:

$$t = 0; \quad g = 0; \quad L + \frac{f^{\wedge}}{Sv^2} = 0;$$

$$N = 0; \quad u = 0;$$

$$a^1_{33} \cos \sigma + a^2_{33} \sin \sigma = 0;$$

$$a^2_{11} \cos \sigma - a^1_{22} \sin \sigma = 0;$$

$$a^3_{11} \cos^2 \sigma + 2 a^3_{12} \cos \sigma \sin \sigma + a^3_{22} \sin^2 \sigma = 0.$$

Уравнения Гельмгольца для движения жидкости в субпроективном пространстве. Гидродинамические уравнения Гельмгольца для точки x , принадлежащей потоку жидкости для субпроективного пространства запишем в виде:

$$(\bar{v} \text{ grad})\bar{v} = (\bar{v} \text{ grad})\bar{v}, \quad (2.224)$$

где скобки обозначают скалярное произведение вектора на оператор «набла». Это уравнение лежит в основе изучения распределения вихрей в соуде. В репере, связанном с точкой x , принадлежащей окрестности U , имеем:

$$(\bar{v} \text{ grad})\bar{v} = (\bar{v} \text{ grad} v^1)\bar{e}_1 + (\bar{v} \text{ grad} v^2)\bar{e}_2 + (\bar{v} \text{ grad} v^3)\bar{e}_3.$$

Аналогично

$$(\bar{v} \text{ grad})\bar{v} = (\bar{v} \text{ grad} v^1)\bar{e}_1 + (\bar{v} \text{ grad} v^2)\bar{e}_2 + (\bar{v} \text{ grad} v^3)\bar{e}_3.$$

Исходя из формулы (2.171) имеем:

$$\text{grad} v^A = \frac{e^1 dv^A \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + e^2 dv^A \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + e^3 dv^A \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}$$

и

$$\text{grad} v^A = \frac{e^1 dv^A \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + e^2 dv^A \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + e^3 dv^A \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}.$$

На основании последних двух формул, получим:

$$\begin{aligned} (\bar{v} \text{ grad})\bar{v} &= (v^1 \frac{dv^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^2 \frac{dv^1 \wedge \omega^3 \wedge \omega^1}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^3 \frac{dv^1 \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3})\bar{e}_1 + \\ &+ (v^1 \frac{dv^2 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^2 \frac{dv^2 \wedge \omega^3 \wedge \omega^1}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^3 \frac{dv^2 \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3})\bar{e}_2 + \\ &+ (v^1 \frac{dv^3 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^2 \frac{dv^3 \wedge \omega^3 \wedge \omega^1}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^3 \frac{dv^3 \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3})\bar{e}_3 = \\ &= (v^1 \frac{\omega^2 \wedge \omega^3}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^2 \frac{\omega^3 \wedge \omega^1}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^3 \frac{\omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}) \wedge d\bar{v} = \\ &= \Omega_{\bar{v}} \wedge d\bar{v}, \end{aligned}$$

где

$$\Omega_{\bar{v}} = v^1 \frac{\omega^2 \wedge \omega^3}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^2 \frac{\omega^3 \wedge \omega^1}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^3 \frac{\omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}$$

билинейная внешняя форма.

Аналогично получим:

$$(\bar{v} \text{ grad})\bar{v} = \Omega_{\bar{v}} \wedge d\bar{v},$$

где

$$\Omega_{\vec{v}} = v^1 \frac{\omega^2 \wedge \omega^3}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^2 \frac{\omega^3 \wedge \omega^1}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} + v^3 \frac{\omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3} -$$

билинейная внешняя форма.

Равенство (2.224), с учетом последних рассуждений, примет вид:

$$\Omega_{\vec{v}} \wedge d\vec{v} = \Omega_{\vec{v}} \wedge d\vec{v}. \quad (2.225)$$

Дифференцируя равенство $\vec{v} = v^A \vec{e}_A$, получим:

$$d\vec{v} = (dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A + v^A \omega^B \vec{e}_{AB}.$$

Аналогично

$$d\vec{v} = (dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A + v^A \omega^B \vec{e}_{AB}. \quad (2.226)$$

Тогда

$$\begin{aligned} \Omega_{\vec{v}} \wedge d\vec{v} &= \Omega_{\vec{v}} \wedge ((dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A + v^A \omega^B \vec{e}_{AB}) = \Omega_{\vec{v}} \wedge ((dv^A + \\ &+ v^B \omega_B^A) \vec{e}_A) + v^B v^A \vec{e}_{AB}. \end{aligned}$$

Аналогично получим:

$$\Omega_{\vec{v}} \wedge d\vec{v} = \Omega_{\vec{v}} \wedge ((dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A + v^B v^A \vec{e}_{AB}).$$

Тогда равенства (2.225) примут вид:

$$\begin{aligned} \Omega_{\vec{v}} \wedge ((dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A + v^B v^A \vec{e}_{AB}) &= \Omega_{\vec{v}} \wedge ((dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A) + \\ &+ v^B v^A \vec{e}_{AB}. \end{aligned}$$

Тем самым, уравнение (2.225) можно записать в виде трех уравнений:

$$\Omega_{\vec{v}} \wedge (dv^A + v^B \omega_B^A) = \Omega_{\vec{v}} \wedge (dv^A + v^B \omega_B^A). \quad (2.227)$$

Равенства (2.227) называются обобщенными уравнениями Гельмгольца и в случае симметричности векторов \vec{e}_{AB} по нижним индексам, совпадают с аналогичными уравнениями в евклидовом пространстве.

Пусть вектор \vec{e}_3 является касательным к конгруэнции линий тока жидкости, то есть $\vec{v} = v \vec{e}_3$. Тогда уравнения Гельмгольца примут вид:

$$\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^1 + v^2 \omega_2^1 + v^3 \omega_3^1) = \Omega_{\vec{v}} \wedge \omega_3^1;$$

$$\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^1 \omega_1^2 + v^3 \omega_3^2) = \Omega_{\vec{v}} \wedge \omega_3^2;$$

$$\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^3 + v^1 \omega_1^3 + v^2 \omega_2^3) = \Omega_{\vec{v}} \wedge \frac{dv}{v},$$

где принято $\Omega_{\vec{v}} = v^1 \omega^2 \wedge \omega^3 + v^2 \omega^3 \wedge \omega^1 + v^3 \omega^1 \wedge \omega^2$.

2.4. Геометрия стационарного движения жидкости в субпроективном пространстве, отнесенном к неголономным реперам

Пусть жидкость движется турбулентно и из одной точки сосуда в другую частица жидкости смещается по некоторому пути. То есть не существует поверхности, на которых бы располагались линии тока и вихревые линии. Поэтому рассмотрение геометрии такого движения частиц жидкости удобнее проводить как геометрию движения в субпроективном пространстве, отнесенном к неголономным реперам.

В касательном пространстве к трехмерному субпроективному пространству зададим репер, определяемый точкой $x \in C^3$ и векторами первого и второго порядка. Уравнения перемещения такого репера имеют вид:

$$d\vec{x} = \omega^A \vec{e}_A, \quad d\vec{e}_A = \omega_A^B \vec{e}_B + \omega^B \vec{e}_{AB}, \quad (2.228)$$

где \vec{e}_{AB} — векторы, образующие совместно с векторами первого порядка, репер второго порядка, а также

$$\vec{e}_{AB} \neq \vec{e}_{BA}.$$

Формы $\omega^1, \omega^2, \omega^3$ являются линейно-независимыми и $\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \neq 0$. Дифференциальные формы ω^A и ω^A_B из уравнений (2.228) удовлетворяют уравнениям структуры субпроективного пространства:

$$D\omega^A = \omega^B \wedge \omega^A_B; \quad D\omega^A_B = \omega^K_B \wedge \omega^A_K + R^A_{BKL} \omega^K \wedge \omega^L, \quad (2.229)$$

где R^A_{BKL} — тензор кривизны субпроективного пространства.

В качестве структурной группы этого пространства возьмем ортогональную группу $O(3)$, инвариантные формы которой удовлетворяют уравнениям $\sigma^B_A + \sigma^A_B = 0$, где $\omega^A_B (\omega^A = 0) = \sigma^A_B$. Тогда формы ω^A_B также удовлетворяют уравнениям:

$$\omega^A_B + \omega^B_A = 0; \quad \omega^A_A = 0. \quad (2.230)$$

Как это делалось и раньше, найдем выражение для градиента функции φ , дивергенцию и ротор для рассматриваемого субпроективного пространства.

Выражение для градиента функции, как легко видно, будет иметь точно такой же вид, как и в случае евклидова пространства, так и для субпроективного пространства, отнесенного к голономному реперу:

$$\text{grad } \varphi = \frac{e^1 d\varphi \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + e^2 d\varphi \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + e^3 d\varphi \wedge \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3}, \quad (2.231)$$

где e^1, e^2, e^3 — взаимные векторы к векторам данного репера.

Пусть \vec{v} — вектор скорости частицы жидкости, который представим в

виде $\vec{v} = v^A \vec{e}_A$. Дифференцируя это равенство и используя второе равенство из (2.228), получим:

$$d\vec{v} = (dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A + v^A \omega^B \vec{e}_{AB}. \quad (2.232)$$

Будем рассматривать ортогональный репер, для которого все базисные вектора первого порядка являются единичными. Дифференцируя их и используя (2.228), получим:

$$\omega_A^A + \omega^B \vec{e}_A \vec{e}_{AB} = 0.$$

С учетом (2.230) и в виду линейной независимости форм ω^B , из последних равенств получим:

$$\vec{e}_A \vec{e}_{AB} = 0. \quad (2.233)$$

На основании равенств (2.233) распишем произведения векторов первого и второго порядков:

$$\begin{aligned} \vec{e}_1 \vec{e}_{12} = 0; & \quad \vec{e}_2 \vec{e}_{21} = 0; & \quad \vec{e}_3 \vec{e}_{31} = 0; \\ \vec{e}_1 \vec{e}_{13} = 0; & \quad \vec{e}_2 \vec{e}_{22} = 0; & \quad \vec{e}_3 \vec{e}_{32} = 0; \\ \vec{e}_1 \vec{e}_{11} = 0; & \quad \vec{e}_2 \vec{e}_{23} = 0; & \quad \vec{e}_3 \vec{e}_{33} = 0. \end{aligned} \quad (2.234)$$

На основании равенств (2.234), имеем:

$$\vec{e}_{AB} = a_{AB}^K \vec{e}_K \quad (K \neq A). \quad (2.235)$$

Обозначим через $d\tau$ — элемент объема. Тогда дивергенцию вектора скорости получим, используя теорему Гаусса-Остроградского для объема параллелепипеда, образованного в произвольной точке сосуда или биосистеме векторами трех произвольных элементарных перемещений $d_1 \vec{x}$, $d_2 \vec{x}$, $d_3 \vec{x}$. Тогда $d\tau = \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \vec{e}_1 \vec{e}_2 \vec{e}_3 = \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3$ — для ортогонального репера.

После несложных вычислений, которые проводились и ранее, получим:

$$\text{div } \vec{v} d\tau = d_1 \vec{v} d_2 \vec{x} d_3 \vec{x} + d_2 \vec{v} d_3 \vec{x} d_1 \vec{x} + d_3 \vec{v} d_1 \vec{x} d_2 \vec{x}. \quad (2.236)$$

С учетом (2.235) равенство (2.232) примет вид:

$$d\vec{v} = (dv^A + v^B \omega_B^A) \vec{e}_A + v^A \omega^B a_{AB}^K \vec{e}_K, \quad (K \neq A).$$

Тогда формула (2.236) будет иметь вид:

$$\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \text{div } \vec{v} = \begin{vmatrix} d_1 v^1 + v^B \omega_B^1 + v^K a_{KB}^1 \omega^B (K \neq 1) & \omega^2 & \omega^3 \\ d_1 v^2 + v^B \omega_B^2 + v^K a_{KB}^2 \omega^B (K \neq 2) & \omega^2 & \omega^3 \\ d_1 v^3 + v^B \omega_B^3 + v^K a_{KB}^3 \omega^B (K \neq 3) & \omega^2 & \omega^3 \end{vmatrix} +$$

$$\begin{aligned}
& + \left| \begin{array}{l} d_2 v^1 + v^B \omega_B^2 + v^K a_{KB}^1 \omega^B (K \neq 1) \quad \omega^3 \quad \omega^1 \\ d_2 v^2 + v^B \omega_B^2 + v^K a_{KB}^2 \omega^B (K \neq 2) \quad \omega^3 \quad \omega^2 \\ d_2 v^3 + v^B \omega_B^2 + v^K a_{KB}^3 \omega^B (K \neq 3) \quad \omega^3 \quad \omega^3 \end{array} \right| + \\
& + \left| \begin{array}{l} d_3 v^1 + v^B \omega_B^3 + v^K a_{KB}^1 \omega^B (K \neq 1) \quad \omega^1 \quad \omega^2 \\ d_3 v^2 + v^B \omega_B^3 + v^K a_{KB}^2 \omega^B (K \neq 2) \quad \omega^1 \quad \omega^2 \\ d_3 v^3 + v^B \omega_B^3 + v^K a_{KB}^3 \omega^B (K \neq 3) \quad \omega^1 \quad \omega^3 \end{array} \right|.
\end{aligned}$$

После преобразований в правой части, получаем:

$$\begin{aligned}
\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \operatorname{div} \vec{v} &= (dv^1 + v^B \omega_B^1) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (dv^2 + v^B \omega_B^2) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + \\
& + (dv^3 + v^B \omega_B^3) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + (v^K a_{KA}^A) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3, \quad (2.237)
\end{aligned}$$

где в последнем слагаемом предполагается вначале сумма по A , а затем сумма по $K \neq A$.

Для нахождения выражения для ротора вектора скорости жидкости воспользуемся формулой:

$$\iiint \operatorname{rot} \vec{v} \, d\tau = - \oint\!\!\!\oint [\vec{v}, \vec{d}\sigma],$$

где $\vec{d}\sigma$ — вектор элемента поверхности.

Применив последнюю формулу к объему $d\tau$, получим:

$$\begin{aligned}
-\operatorname{rot} \vec{v} \, d\tau &= [(\vec{v} + d_1 \vec{v}), (\vec{d}\sigma_{23} + d_1 \vec{d}\sigma_{23})] + [\vec{v}, \vec{d}\sigma_{32}] + [(\vec{v} + d_2 \vec{v}), (\vec{d}\sigma_{31} + \\
& + d_2 \vec{d}\sigma_{31})] + [\vec{v}, \vec{d}\sigma_{13}] + [(\vec{v} + d_3 \vec{v}), (\vec{d}\sigma_{12} + d_3 \vec{d}\sigma_{12})] + [\vec{v}, \vec{d}\sigma_{21}],
\end{aligned}$$

где $\vec{d}\sigma_{AB} = [d_A \vec{x}, d_B \vec{x}]$ — элемент поверхности в точке x , образованный векторами, стоящими в скобках, обозначающих их векторное произведение.

Так как $d_1(\vec{d}\sigma_{23}) + d_2(\vec{d}\sigma_{31}) + d_3(\vec{d}\sigma_{12}) = 0$, то запишем:

$$-\operatorname{rot} \vec{v} \, d\tau = [d_1 \vec{v}, [d_2 \vec{x}, d_3 \vec{x}]] + [d_2 \vec{v}, [d_3 \vec{x}, d_1 \vec{x}]] + [d_3 \vec{v}, [d_1 \vec{x}, d_2 \vec{x}]].$$

Последнее равенство перепишем в виде:

$$\begin{aligned}
& -rot \bar{v} d\tau = -d_1 \bar{x} \{ ((dv^A + v^B \omega_B^A) \wedge \omega^K)_{23} \bar{e}_A \bar{e}_K + (v^A \omega^B a_{AB}^K \wedge \omega^L)_{23} \bar{e}_K \bar{e}_L \} - \\
& -d_2 \bar{x} \{ ((dv^A + v^B \omega_B^A) \omega^K)_{31} \bar{e}_A \bar{e}_K + ((v^A \omega^B a_{AB}^K) \wedge \omega^L)_{31} \bar{e}_K \bar{e}_L \} - \\
& -d_3 \bar{x} \{ ((dv^A + v^B \omega_B^A) \wedge \omega^K)_{12} \bar{e}_A \bar{e}_K + ((v^A \omega^B a_{AB}^K) \wedge \omega^L)_{12} \bar{e}_K \bar{e}_L \}.
\end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned}
rot \bar{v} d\tau = & -\bar{e}_A \omega^A \wedge \omega^B \wedge (dv^K + v^L \omega_L^K) (\bar{e}_B \bar{e}_K) - \bar{e}_A \omega^A \wedge \omega^B \wedge \\
& \wedge (v^K \omega^L a_{KL}^S) (\bar{e}_B \bar{e}_S). \tag{2.238}
\end{aligned}$$

В ортогональном репере равенство (2.238) переписывается в виде:

$$\begin{aligned}
-rot \bar{v} d\tau = & \bar{e}_1 (\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^L \omega_L^2) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 + v^L \omega_L^3) + \\
& + \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v^K a_{K3}^2) - \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v^K a_{K2}^3)) + \bar{e}_2 (\omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 + \\
& + v^L \omega_L^1) + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 + v^L \omega_L^3) - \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v^K a_{K3}^1) + \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot \\
& \cdot (v^K a_{K1}^3)) + \bar{e}_3 (\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 + v^L \omega_L^1) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^L \omega_L^2) + \\
& + \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v^K a_{K2}^1) - \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v^K a_{K1}^2)).
\end{aligned}$$

Так как в случае ортогонального репера имеем $d\tau = \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3$, то последнее равенство переписывается в виде:

$$\begin{aligned}
-rot \bar{v} d\tau = & \bar{e}_1 (\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^L \omega_L^2) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 + v^L \omega_L^3) + \\
& + d\tau (v^K a_{K3}^2 - v^K a_{K2}^3)) + \bar{e}_2 (\omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 + v^L \omega_L^1) + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 + \\
& + v^L \omega_L^3) + d\tau (v^K a_{K3}^1 - v^K a_{K1}^3)) + \bar{e}_3 (\omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 + v^L \omega_L^1) + \\
& + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^L \omega_L^2) + d\tau (v^K a_{K2}^1 - v^K a_{K1}^2)). \tag{2.239}
\end{aligned}$$

Как видно из равенства (2.239), выражение для ротора вектора скорости в этом случае сложнее, чем для евклидова пространства.

Некоторые уравнения гидродинамики для субпроективного пространства, отнесенного к неголономным реперам. Полученные в предыдущем разделе формулы для градиента, дивергенции и ротора позволяют записать основные уравнения гидродинамики для того случая, когда геометрия биосистемы ассоциируется с геометрией субпроективного пространства, отнесенного к неголономным реперам.

Уравнение $\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\text{div}(\rho \vec{v})$ называется уравнением неразрывности потока жидкости. Ввиду несжимаемости жидкости, ее объемный расход через замкнутую поверхность S должен быть равен нулю. Последнее соотношение, на основании формулы Гаусса-Остроградского, дает:

$$\text{div} \vec{v} = 0. \quad (2.240)$$

С учетом (2.240), равенство (2.237) примет вид:

$$(d v^1 + v^B \omega^1_B) \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + (d v^2 + v^B \omega^2_B) \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (d v^3 + v^B \omega^3_B) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + (v^K a^A_{KA}) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 = 0. \quad (2.241)$$

Выбирая вектор \vec{e}_3 по направлению касательной линии тока, перепишем соотношение (2.241) в виде:

$$v \omega^1_3 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + v \omega^2_3 \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + (d v) \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + (v^K a^A_{KA}) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 = 0.$$

С учетом обозначений $\omega^1_3 = -\omega^3_1 = q_A \omega^A = q$; $\omega^3_2 = -\omega^2_3 = p_A \omega^A = p$, последнее переписывается:

$$v q_1 \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 - v p_2 \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge \omega^1 + d v \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + v(a^1_{31} + a^2_{32}) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 = 0.$$

Или

$$d v \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 + v(q_1 - p_2) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 + v(a^1_{31} + a^2_{32}) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 = 0.$$

А также

$$\frac{d v}{v} \wedge \omega^1 \wedge \omega^2 = (p_2 - q_1) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 - (a^1_{31} + a^2_{32}) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3.$$

Последнее равенство можно переписать следующим образом:

$$\left(\frac{d \ln v}{ds} \right) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 = (p_2 - q_1 - (a^1_{31} + a^2_{32})) \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3$$

или

$$\frac{d \ln v}{ds} = p_2 - q_1 - (a^1_{31} + a^2_{32}). \quad (2.242)$$

Правая часть равенства (2.242) является средней кривизной векторного поля или средней кривизной линий тока жидкости. Справедлива

Теорема 2.16. В каждой точке потока жидкости логарифмическая производная от величины скорости по направлению линии тока равна средней кривизне конгруэнций линий тока жидкости.

Правая часть равенства (2.242) обращается в нуль тогда и только тогда, когда разность $p_2 - q_1$ равна сумме первой и второй координат векторов второго порядка \vec{e}_{31} и \vec{e}_{32} соответственно.

Конгруэнция линий тока в субпроективном пространстве, отнесенного к неголономному реперу, для которой $p_2 - q_2 - (a^1_{31} + a^2_{32}) = 0$, назовем минимальной конгруэнцией. Тем самым доказана

Теорема 2.17. *Величина скорости потока жидкости в субпроективном пространстве, отнесенном к неголономным реперам, постоянна вдоль некоторой линии тогда и только тогда, когда данная линия представляет собой линию, принадлежащую минимальной конгруэнции.*

Пусть, как всегда, вихревой вектор имеет следующий вид:

$$\vec{v} = \frac{1}{2} \text{rot} \vec{v} = \frac{1}{2} v^A \vec{e}_A. \quad (2.243)$$

Тогда из формулы (2.239) определим компоненты вихря:

$$\begin{aligned} -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot v^1 &= \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^L \omega^2_L) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 + v^L \omega^3_L) + \\ &+ \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v^K a^2_{K3} - v^K a^3_{K2}); \\ -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot v^2 &= \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 + v^L \omega^1_L) + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge (dv^3 + v^L \omega^3_L) + \\ &+ \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v^K a^3_{K1} - v^K a^1_{K3}); \\ -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot v^3 &= \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (dv^1 + v^L \omega^1_L) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (dv^2 + v^L \omega^2_L) + \\ &+ \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v^K a^1_{K2} - v^K a^2_{K1}). \end{aligned}$$

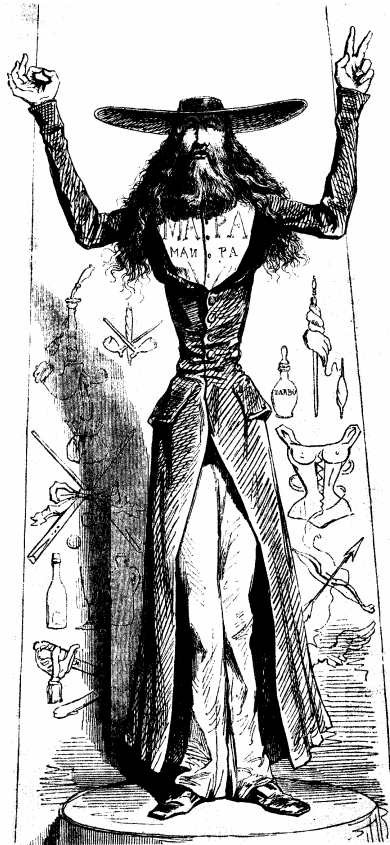
Направим вектор \vec{e}_3 по касательной линии тока. Тогда последние формулы примут вид:

$$\begin{aligned} -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot v^1 &= \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (v \omega^2_3) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge dv + \\ &+ \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v a^2_{33}); \\ -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot v^2 &= \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (v \omega^1_3) + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge dv + \\ &+ \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (-v a^1_{33}); \\ -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot v^3 &= \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (v \omega^1_3) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (v \omega^2_3) + \\ &+ \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v a^1_{32} - v a^2_{31}). \end{aligned}$$

С учетом введенных выше обозначений для форм ω^1_3 и ω^2_3 , а также ω^3_2 и ω^2_3 и $dv = v_A \omega^A$, запишем:

$$\begin{aligned} -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot v^1 &= \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge (-v p_3 \omega^3) + \omega^1 \wedge \omega^3 \wedge v_2 \omega^2 + \\ &+ \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v a^2_{33}); \\ -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot v^2 &= \omega^2 \wedge \omega^1 \wedge (v q_3 \omega^3) + \omega^2 \wedge \omega^3 \wedge v_1 \omega^1 + \\ &+ \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (-v a^1_{33}); \\ -\omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 \cdot v^3 &= \omega^3 \wedge \omega^1 \wedge (v q_2 \omega^2) + \omega^3 \wedge \omega^2 \wedge (-v p_1 \omega^1) + \\ &+ \omega^1 \wedge \omega^2 \wedge \omega^3 (v a^1_{32} - v a^2_{31}). \end{aligned}$$

Отсюда имеем:



Господи! Сколько же соблазнов на пути к познанию истины: женщины и вино, кальян и эполеты воина, мирская слава и покой домашнего очага... Все и вся сговорились против подвижника науки. Тем не менее — это суть диалектики познания: сопротивление нарастает по мере приближения к истине. А последняя, словно дразня, все дальше и дальше отбегает от своего преследователя...

$$\begin{aligned}
-v^1 &= -v p_3 - v_2 + v a^2_{33}; \\
-v^2 &= -v q_3 + v_1 - v a^1_{33}; \\
-v^3 &= v q_2 + v p_1 + v a^1_{32} - v a^2_{31}.
\end{aligned} \tag{2.244}$$

Из последней формулы системы (2.244) получим:

$$\frac{v^3}{v} = -(q_2 + p_1 + a^1_{32} - a^2_{31}). \tag{2.245}$$

Гауссова кривизна векторного поля \vec{e}_3 , коллинеарного вектору скорости, будет равна:

$$\begin{aligned}
K_g &= -(p_2 - \vec{e}_{32} \vec{e}_2)(q_1 + \vec{e}_{31} \vec{e}_1) - \frac{1}{4}(p_1 - q_2 - \vec{e}_{32} \vec{e}_1 - \vec{e}_{31} \vec{e}_2)^2 = -p_2 q_1 + \\
&+ q_1 \vec{e}_{32} \vec{e}_2 - p_2 \vec{e}_{31} \vec{e}_1 + (\vec{e}_{32} \vec{e}_2)(\vec{e}_{31} \vec{e}_1) - \frac{1}{4}(p_1 - q_2 - \vec{e}_{32} \vec{e}_1 - \vec{e}_{31} \vec{e}_2)^2 = \\
&= -p_2 q_1 + q_1 (a^1_{32} \vec{e}_1 + a^2_{32} \vec{e}_2) \vec{e}_2 - p_2 (a^1_{31} \vec{e}_1 + a^2_{31} \vec{e}_2) \vec{e}_1 + a^2_{32} a^1_{31} - \frac{1}{4}(p_1 - \\
&- q_2 - a^1_{32} - a^2_{31})^2 = -p_2 q_1 + q_1 a^2_{32} - p_2 a^1_{31} + a^2_{32} a^1_{31} - \frac{1}{4}(p_1 - q_2 - a^1_{32} - a^2_{31})^2.
\end{aligned}$$

Пусть $d_1 \vec{x}$ и $d_2 \vec{x}$ — два перемещения, ортогональных векторному полю \vec{e}_3 . Рассмотрим отношение объемов параллелепипедов, построенных на тройке $\vec{e}_3, \vec{e}_3 + d_1 \vec{e}_3, \vec{e}_3 + d_2 \vec{e}_3$ и на тройке $\vec{e}_3, d_1 \vec{x}, d_2 \vec{x}$ в окрестности U точки x субпроективного пространства, отнесенного к неголономным реперам и это отношение назовем полной кривизной поля K_t . На основании этого запишем:

$$\begin{aligned}
K_t &= \frac{\vec{e}_3(\vec{e}_3 + d_1 \vec{e}_3) \wedge (\vec{e}_3 + d_2 \vec{e}_3)}{\vec{e}_3 d_1 \vec{x} \wedge d_2 \vec{x}} = \\
&= \frac{\vec{e}_3(\vec{e}_3 + (q + \omega^B a^1_{3B}) \vec{e}_1) \wedge (\vec{e}_3 + (-p + \omega^B a^2_{3B}) \vec{e}_2)}{\vec{e}_3 d_1 \vec{x} \wedge d_2 \vec{x}} = \\
&+ \frac{(p - \omega^B a^2_{3B}) \wedge (q + \omega^B a^1_{3B})}{\omega^1 \wedge \omega^2} = \\
&= \frac{(p_1 \omega^1 + p_2 \omega^2 - \omega^1 a^2_{31} - \omega^2 a^2_{32}) \wedge (q_1 \omega^1 + q_2 \omega^2 + \omega^1 a^1_{31} + \omega^2 a^1_{32})}{\omega^1 \wedge \omega^2} = \\
&= \frac{p_1 q_2 \omega^1 \wedge \omega^2 + p_1 a^1_{32} \omega^1 \wedge \omega^2 - p_2 q_1 \omega^1 \wedge \omega^2 - p_2 a^1_{31} \omega^1 \wedge \omega^2 - q_2 a^2_{31} \omega^1 \wedge \omega^2 -}{\omega^1 \wedge \omega^2} +
\end{aligned}$$

$$+ \frac{-a_{31}^2 a_{32}^1 \omega^1 \wedge \omega^2 + q_1 a_{32}^2 \omega^1 \wedge \omega^2 + a_{31}^1 a_{32}^2 \omega^1 \wedge \omega^2}{\omega^1 \wedge \omega^2} = p_1 q_2 + p_1 a_{32}^1 - p_2 q_1 -$$

$$- p_2 a_{31}^1 - q_2 a_{31}^2 - a_{31}^2 a_{32}^1 + q_1 a_{32}^2 + a_{31}^1 a_{32}^2$$

Тогда

$$K_t - K_g = p_1 q_2 + p_1 a_{32}^1 - q_2 a_{31}^2 - a_{31}^2 a_{32}^1 + \frac{1}{4} (p_1 - q_2 - a_{32}^1 - a_{31}^2)^2 =$$

$$= \frac{1}{4} (p_1 + q_2 - (a_{31}^2 - a_{32}^1))^2$$

Тем самым будем иметь:

$$\sqrt{K_t - K_g} = \frac{1}{2} |p_1 + q_2 + a_{32}^1 - a_{31}^2|.$$

Сравнивая последнюю формулу с (2.245), получим:

$$\frac{|v^3|}{v} = |q_2 + p_1 + a_{32}^1 - a_{31}^2| = 2\sqrt{K_t - K_g}.$$

Справедлива

Теорема 2.18. *Отношение проекции вихря на касательную линии тока жидкости к величине скорости есть инвариант линии тока, который пропорционален квадратному корню из разности полной и гауссовой кривизны линии тока жидкости.*

Прежде чем сделать заключение к базовой тематике главы, рассмотрим следующий, важный момент, о котором мы говорили подробно во Введении.

2.5. Антропоморфизм в конструировании человеком технических устройств памяти и фундаментальные физические ограничения

Поскольку в процессе написания настоящей книги авторы параллельно публикуют базовые положения концепции ИММП в журнале «Вестник новых медицинских технологий», входящем в *Scopus*, а потому читаемом и рецензируемом, то к авторам же порой возникают вопросы и/или рекомендации: от «ерунду сочиняете» до «стоящее дело затеяли». Наиболее часто скептики урезонируют в том смысле, как это протон или молекула несут и записывают информацию? — Слишком просто и неубедительно. Когда же им (мягко) советуешь ознакомиться с теорией ИММП основательно и до завершения ее постатейной публикации, они либо обреченно махнут рукой («Не до того, Федя, не до того...»), или требуют аналогии, что называется у

«технарей» — в железе. Что ж, пожалуйста и «в железе». Тем более, что один из авторов, в числе прочего, доктор технических наук, то есть «технарь» в одной из своих ипостасей, и имеет титул профессора по кафедре «Электронные вычислительные машины».

...Кстати (или некстати?), участник создания столь могучей «железяки», как зенитный ракетно-пушечный комплекс «Панцирь – С1», что каждый год катают по Красной площади на параде 9-го Мая. В нем тоже хорошая техническая память: многоцелевая.

Флеш-память оцифрованной информации. Сразу ухватим быка за рога и ответим скептику в части аналогии, «железно» подтверждающей правомерность концепции ИММП. С учетом сказанного во Введении, справедлива

***Лемма 2.1.** С учетом принципа эволюционной консервативности, то есть экономии природой эволюционных ходов*, человек изобретает технические устройства и системы антропоморфно, то есть по образцу своих систем жизнедеятельности, причем очень часто, особенно в сфере высоких информационных технологий, он еще не знает о принципах действия своих (антропных) аналогов изобретаемых устройств и систем.*

Назовем лемму 2.1 базовым принципом антропоморфизма в указанном в ее содержании аспекте. В контексте развиваемой ИММП справедлива вытекающая из предыдущей

***Лемма 2.2.** Онтологическая справедливость и действенность механизма ИММП человека, согласно лемме 2.1, подтверждается выбором в середине 1980-х гг. в качестве базовой технической системы памяти флеш-память оцифрованной информации (ФПОИ), причем память человека, согласно ИММП, и память ее технического аналога — ФПОИ, включая все их структурные элементы, основывается на ионно-молекулярных уровнях вещественно-полевой структуры: для ИММП — это уже свершившийся факт, а для ФПОИ, где элементом хранения является зафиксированная (электрическая) емкость р-п-перехода на полупроводниковой подложке (чипе), пределом является емкость межмолекулярного р-п-перехода, причем, при действующей ныне стандартной микросхемной технологии (планарной), ввиду наличия фундаментальных физических ограничений (ФФО), — см. об этом ниже, — но при неизбежном переходе к*

* Не столь давно Григорий Перельман доказал знаменитую гипотезу Пуанкаре (см. об этом подробно в предыдущем томе²⁵² серии «ЖМФН») о гомеоморфности трехмерной сфере трехмерного замкнутого многообразия (то есть Вселенной). Обыватель узнал об этом только по поразившему его факту отказа Перельмана от 1 млн. \$ (несколько человек лишились рассудка...), но вся многообразная Вселенная образована только восемью (!?) базовыми структурами. Подлинно — экономия.

новым технологиям ФПОИ в итоге сведется к ситуации: (молекула \leftrightarrow молекула: емкость p - n -перехода \rightarrow бит информации).

...Надеемся, что читатель, в отличие от оппонентов теории ИММП, все правильно и осознанно воспринял. Однако, чтобы не быть голословными, вкратце рассмотрим сущность устройства ФПОИ, как технического аналога (см. леммы 1, 2) памяти человека в концепции ИММП.

Авторство флэш-памяти принадлежит Фудзи Масуока (1984, фирма «Toshiba»), а его коллега Сёдзи Ариизуми дал имя эффекту: *flash* — фото-вспышка, которую по некоторой аналогии напоминает процесс стирания информации из памяти ФПОИ. Первоначально основными компонентами ФПОИ являлись: интерфейс *USB*, контроллер со встроенными *ROM* и *RAM*, хранитель информации *NAND*-чип, осциллятор, генерирующий синхронизирующий сигнал с управлением вывода данных, и используемая файловая система — для современных устройств с памятью более 64 гигабайт — *NTFS*. Технология — *MLC*.

Как и положено в технике, поиск оптимального (мы скажем – антропоморфного) способа технической памяти велся, начиная с релейных электромеханических систем 30-х гг. XX века (первые ЭВМ, системы управления ракет фон Брауна и советскими и так дальше), далее магнитных носителей-дискет, «жесткой» магнитной памяти, лазерных дисков – CD и системы на их основе — в итоге ФПОИ стали (и останутся!) базовыми носителями технической памяти.

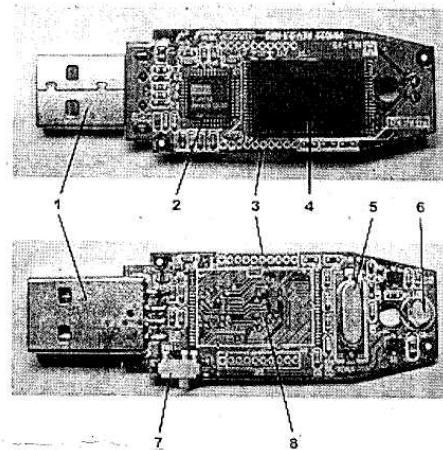


Рис. 2.9. Общий вид ФПОИ: 1 — USB-разъем; 2 — микроконтроллер; 3 — контрольные точки; 4 — микросхема флэш-памяти; 5 — кварцевый резонатор; 6 — светодиод; 7 — переключатель «защита от записи»; 8 — место для дополнительной микросхемы памяти

В основном, потребители ФПОИ в широкой своей массе имеют дело с обычными флешками (флэшками — технический жаргон) — см. рис. 2.9, то есть планарной полупроводниковой микросхемой с системой управления и ввода-вывода. Это есть «нулевое» приближение к ИММП, но уже содержащее все атрибуты организации памяти *h.s.* (см. гл. 1).

Заметим, что далее, анализируя ФПОИ, мы не будем каждый раз фиксировать внимание читателя на аналогии соответствующих систем и элементов ИММП и ФПОИ: это вполне самоочевидно, исключая принятую в биофизике/биохимии и технике терминологию. Так, микроконтроллер суть система управления (процессор + периферийные устройства, собственно оперативная память и пр.) ФПОИ, то есть однокристалльный компьютер. Неполный список периферии, которая присутствует в микроконтроллерах, включает в себя:

- универсальные цифровые порты, которые можно настраивать как на ввод, так и на вывод;
- АЦП и ЦАП;
- компараторы;
- широтно-импульсные модуляторы;
- таймеры;
- контроллеры бесколлекторных двигателей;
- контроллеры дисплеев и клавиатур;
- радиочастотные приемники и передатчики;
- массивы встроенной флеш-памяти;
- встроенный тактовый генератор и сторожевой таймер.

Здесь и далее частично пользуемся материалами статьи Р. Ризванова (Интернет).

Программирование микроконтроллеров выполняется на языке Ассемблера, Си, Форт и на языках (современных) более высокого уровня.

Напомним — тем кто был когда-либо связан с полупроводниковой микроэлектроникой, — что базовым технологическим процессом является формирование на поверхности полупроводниковой, кремниевой подложки калейдоскопически повторяющегося множества транзисторных структур. Например, в 2011-м году фирмой *Altera* была изготовлена по 28-нм (нанометровой) технологии самая большая на тот момент микросхема, содержащая 3,9 млрд. транзисторов.

На базе таких транзисторов, в зависимости от вида используемой логики, формируются диодные структуры. В совокупности они и образуют ячейки элементарной емкостной (электрической зарядовой) памяти в ФПОИ.

Принцип работы ФПОИ основан на изменении и регистрации электрического заряда в изолированной области («кармане») полупроводниковой структуры. Изменение заряда — («запись» и «стирание») — производится приложением между затвором и истоком большого потенциала, чтобы напряженность электрического поля в тонком диэлектрике между каналом транзистора и карманом оказалась достаточна для возникновения туннельного эффекта. Для усиления эффекта туннелирования электронов в карман при записи применяется небольшое ускорение электронов путем пропускания тока через канал полевого транзистора. Чтение (извлечение информации) выполняется полевым транзистором, для которого карман выполняет роль затвора. Потенциал плавающего затвора изменяет пороговые характеристики транзистора, что и регистрируется цепями чтения. Эта конструкция снабжается элементами, которые позволяют ей работать в большом массиве таких же ячеек (рис. 2.10).

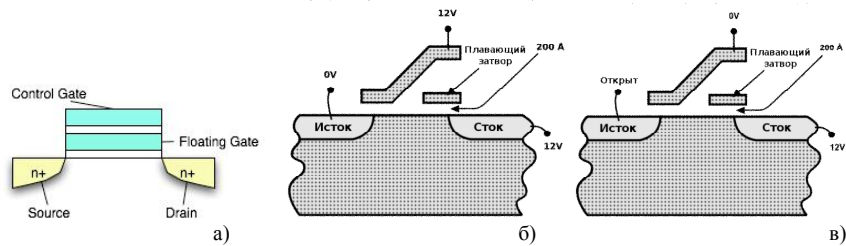


Рис. 2.10. Конструкция и принцип работы элементарной ячейки ФПОИ: разрез транзистора с плавающим затвором (а); программирование флеш-памяти (б); стирание флеш-памяти (в)

...А вот далее прямая «переключка» с ИММП! Даже выделим курсивом.

Стирание, запись и чтение флеш-памяти всегда происходит относительно крупными блоками разного размера; размер блока стирания всегда больше чем блок записи, а размер блока записи обычно меньше, чем размер блока чтения. Как следствие, все микросхемы памяти имеют выраженную иерархическую структуру: память разбивается на блоки, блоки состоят из секторов, секторы из страниц. В зависимости от назначения конкретной микросхемы глубина иерархии и размер элементов может меняться.

Например, микросхема может иметь размер стираемого блока в сотни кбайт, размер страницы записи и чтения 4 кбайт. Для других микросхем размер стираемого блока варьируется от единиц до сотен кбайт, размер сектора записи — до сотен байт, страницы чтения — единицы-десятки байт. Скорость стирания — от единиц до сотен миллисекунд в зависимости от размера стираемого блока. Скорость записи — десятки-сотни микросекунд.

Обычно скорость чтения нормируется в десятки наносекунд. Стремление достичь предельных значений емкости привело к «стандартизации брака» — праву создавать микросхемы с некоторым процентом бракованных ячеек и без гарантии непоявления новых блоков в процессе эксплуатации. Для минимизации потери данных каждая страница памяти снабжается небольшим дополнительным блоком, в котором записывается контрольная сумма, информация для восстановления при одиночных битовых ошибках, информация о сбойных элементах на этой странице и количестве записей на эту страницу.

Сложность алгоритмов чтения и допустимость наличия бракованных ячеек привело к оснащению микросхем памяти специфическим командным интерфейсом. То есть следует сначала подать специальную команду переноса указанной страницы памяти в специальный буфер внутри микросхемы, дождаться окончания этой операции, считать буфер, проверить целостность данных и, при необходимости, попытаться восстановить их. Слабое место ФПОИ — количество циклов перезаписи в одной странице. Ситуация ухудшается также в связи с тем, что стандартные файловые системы часто записывают данные в одно и то же место. Часто обновляется корневой каталог файловой системы, так что первые секторы памяти израсходуют свой запас значительно раньше.

...Обратим, в числе прочего, внимание на указанное «слабое место» ФПОИ; это же относится и к памяти человека, но ИММП (см. гл. 1) здесь «нашла выход», выражаемый пословицей: повторенье — мать учения.

И еще один момент сугубой аналогии ИММП и ФПОИ: для переноса заряда, собственно являющегося физическим носителем информации в ФПОИ, используются два механизма, а именно: а) инжекция «горячих» электронов; б) туннелирование Фаулера – Нордхейма.

Поясим: инжекция «горячих» электронов суть перенос (информационнонесущего) заряда через энергетический барьер, образованный тонким диэлектриком, за счет увеличения кинетической энергии электронов $W_{кин}^e$ в канале (полевого) транзистора ячейки между истоком и стоком (рис. 2.11).

Об общем механизме туннелирования достаточно было сказано в гл. 1. Поясим поэтому только специфику туннелирования Фаулера – Нордхейма в ФПОИ (рис. 2.12), используемом для стирания информации с ячейки.

То есть туннелирование Фаулера – Нордхейма есть переход электронов в плавающий затвор при смещении потенциального барьера электрическим полем. Поле возникает при приложении разницы потенциалов между управляющим затвором (–) и истоком (+) (рис. 2.12, а). Толщина изолирующего слоя SiO_2 (рис. 2.12, б) порядка 100 \AA .

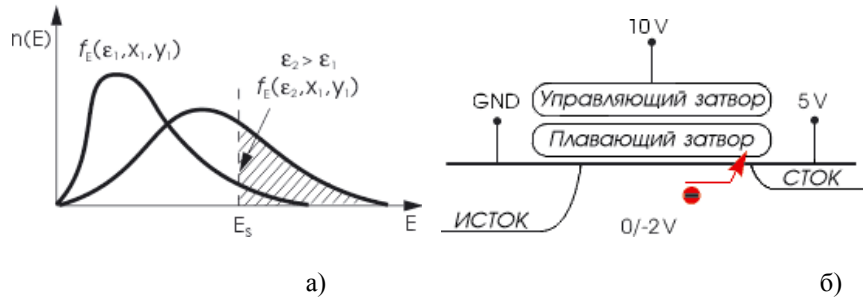


Рис. 2.11. Перенос информационносодежащего заряда в ФПОИ инъекцией «горячих» электронов: образование проводящего канала и появление тока в канале «исток – сток» при приложении положительного потенциала к стоку и управляющему затвору – суть инверсия подзатворной области (а); функция распределения энергии электронов в канале в зависимости от внешнего поля E (б) (E_s – величина потенциального барьера перехода Si/SiO_2)

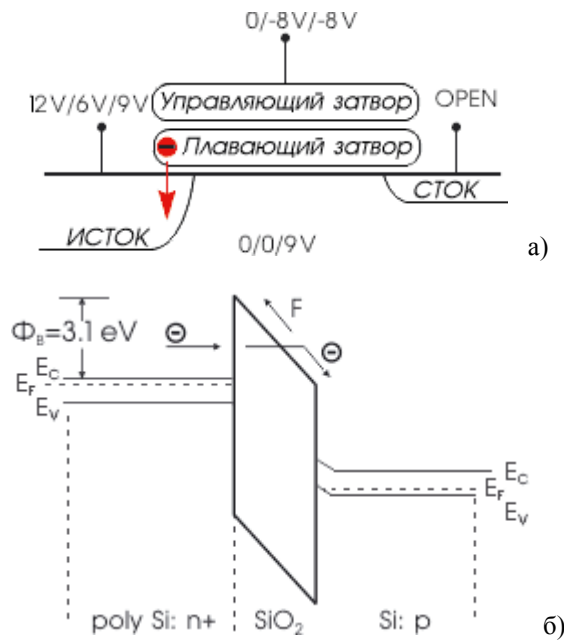


Рис. 2.12. Туннелирование Фаулера – Нордхейма при стирании информации ячейки в ФПОИ: стирание туннелированием электронов через изолирующий слой (а); стекание заряда с плавающего затвора за счет туннельного перехода через потенциальный барьер

Организация собственно ввода (записи), вывода (извлечения — «вспоминания»), а также коммутаторов, диспетчеров, каталогов и библиотек памяти во многом (технически) аналогична соответствующим операциям и структурам ИММП.

В заключении подпараграфа остановимся на надежности работы ФПОИ, что эквивалентно надежности памяти в ИММП — и вообще надежности памяти человека. В гл. 1 о последней говорилось достаточно и, что называется, «в различных наклонениях», анализировались факторы как усиления, так и ослабления памяти, ложной памяти и пр. Механизмы ФПОИ на современном уровне научного знания и технологии полупроводниковых микросхем «почти бесконечно» далеки от ИММП, что и видно из приводимых ниже данных.

Как видно из рис. 2.11, 2.12, токи заряда и разряда плавающего затвора ячейки сконцентрированы в локальной области изолирующего затвор диэлектрика. Зависимость плотности тока от напряженности поля показана на рис. 2.13.

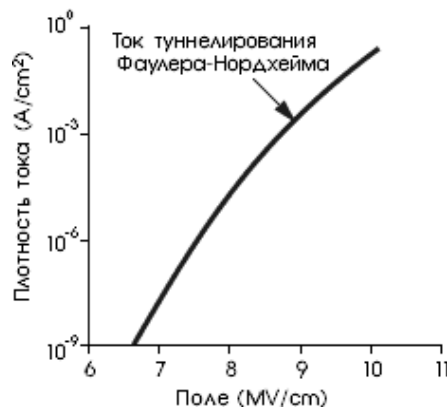


Рис. 2.13. Зависимость тока туннелирования Фаулера–Нордгейма от напряженности электрического поля

Экспоненциальная зависимость тока, проходящего через диэлектрик при операциях записи и стирания, требует решения сложных задач при управлении процессами; очень небольшие вариации толщины диэлектрика в ячейках внутри запоминающей матрицы приводят к существенному разбросу величин токов записи и стирания, то есть и времени реализации процессов. Флуктуации толщины диэлектрика внутри ячейки являются источником локальных неоднородностей напряженности поля, что вызывает по-

явление перегруженных участков. Циклическая нагрузка на диэлектрик на таких участках вызывает ускорение процессов его деградации: нарушения структуры и изменения сопротивления.

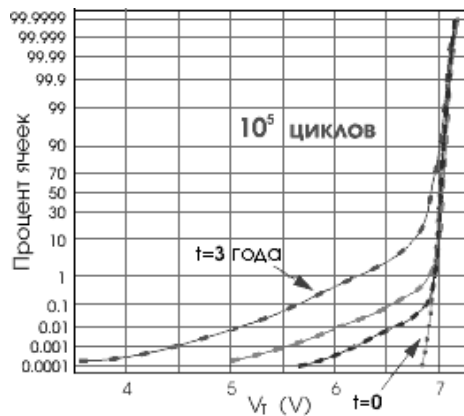


Рис. 2.14. Зависимость времени удержания заряда ячейками ФПОИ в зависимости от числа циклов записи-стирания



Рис. 2.15. Зависимость порогового напряжения ячейки от числа циклов записи-стирания

Причиной деградации может быть как появление и рост дефектов кристаллической решетки диэлектрика — дислокаций и разрывов Si-O связей, так и диффузия ионов, убаыстряющаяся при повышении температуры по причине локальных перегревов в областях повышенного тока. Эти процессы приводят к появлению «ловушек» для заряда в слое диэлектрика; в ре-

зультате появляется так называемый ток утечки, вызванный перегрузкой, который влияет как на надежность хранения информации ячейкой — время сохранения заряда на плавающем затворе — так и на скорость программирования и стирания.

Зависимость времени сохранения заряда от числа циклов записи-стирания ячеек матрицы показана на рис. 2.14, а порогового напряжения ячейки — на рис. 2.15.

Почему флеш-память никогда не сможет стать полным аналогом ИММП, или фундаментальные физические ограничения. Выше мы установили достаточно факторов аналогии и сближения тенденций (ФПОИ → ИММП). Как указано в лемме 2.2, тах (ФПОИ → ИММП) явилась бы реализация записи информации в ФПОИ на ячейках (емкостях) р-п-переходов, они же канал «исток – сток» (см. выше) молекулярных размеров. Однако при существующей, доминирующей планарной полупроводниковой технологии это не представляется возможным ввиду наличия фактора ФФО^{54, 81}. Возможен вариант предельного снижения ФФО вплоть до средне-, даже низкомолекулярного уровня переходом от планарной полупроводниковой технологии к объемной — созданием объемных интегральных схем (ОИС)^{60, 273}, в которых все активные элементы (АЭ), активные устройство с распределенными параметрами (АУРП), собственно и образующие сверхбольшие интегральные схемы (СБИС), как мультипликацию интегральных схем (ИС), суть трехмерные структуры, работающие на сверхчастотах (СВЧ), крайне высоких частотах (КВЧ) и так далее вплоть до инфракрасного диапазона. Но — это дело еще не очень близкого будущего; см. также Заключение к настоящей главе.

Ввиду важности темы — в части максимизации тах (ФПОИ → ИММП) — рассмотрим вопрос о количественных характеристиках ФФО для планарной технологии изготовления ФПОИ. (Другие используемые в подпараграфе аббревиатуры расшифрованы в подписи к рис. 2.16). Ниже-следующий материал основан на данных работы⁸¹, систематизированных в нашей книге⁵⁴, посвященной разработке ОИС СВЧ и КВЧ.

Примечание: сравнительные данные по ФФО приводятся в соотношении с годами до 2000-го, во-первых, как характеризующие тенденцию «рывка» данных технологий; во-вторых, ввиду общего экономического кризиса мирового капитализма в начале XXI века, замедлившего, в числе прочего, развитие полупроводниковых технологий.

Данные ФФО рассматриваются в двойном плане: как ограничение для АЭ ОИС, включая АУРП, так и ограничения для собственно ОИС, изготов-

ливаемых по полупроводниковой (монокристалльной) технологии. Учитывая специфику полупроводниковых ОИС СВЧ, КВЧ оценка их ФФО во многом базируется на анализе основных типов волн в твердых телах, пригодных в качестве рабочих в СВЧ, а особенно в КВЧ-диапазоне: электромагнитных в плазме твердого тела. Это быстрые и медленные волны геликоны и альфвеновские волны. Оптические, акустические и спиновые волны являются основными в устройствах функциональной микроэлектроники в ОИС КВЧ. Вообще говоря, ФФО полупроводниковых ОИС могут определяться не только характеристиками собственно микроэлектронной структуры ОИС, но и другими факторами. Например, в биосенсорных датчиках ФФО полупроводниковых структур «занижаются» предельными размерами сращенных с ними биологически активных структур.

Характеристики ФФО полупроводниковых АЭ и ОИС. Полупроводниковые АЭ (АУРП) и ОИС СВЧ характеризуются следующими основными параметрами: N — число АЭ на кристалле; τ — время переключения элемента между двумя электрическими состояниями; $\nu = 1/4\tau$ — тактовая частота; $N\nu$ — функциональное быстроедействие (ФБ) схемы; P — мощность, рассеиваемая в процессе переключения; $P\tau$ — показатель качества элемента, определяющий количество энергии, рассеиваемый элементом в единичном акте переключения; d — характерный размер АЭ в активной зоне (длина канала, ширина базы), определяемый разрешающей способностью технологического процесса (минимальной ширины линии). Сюда же добавляется относительная стоимость C и надежность работы АЭ.

Введенные параметры позволили охарактеризовать сравнительную динамику процесса развития полупроводниковой микроэлектроники (табл. 2.4) в 1980—1990 десятилетие; экстраполяция с учетом выполнения закона Мура (ежегодное удвоение плотности компоновки N) позволяет оценить современное состояние и прогноз на будущее. Так к 2000-му году плотность достигала $N=10^9$ элемент/кристалл. На рис. 2.16 приведена диаграмма, характеризующая для различных классов АЭ важнейшее сочетание основных параметров: P — τ . Для тех же годов на рис. 2.17 приведены характеристики развития СБИС (процессоров). Вообще говоря, увеличение интеграции N следует наиболее общему закону природы, а именно — экспоненциальному. Что же касается динамики зависимости $d_{\min}(t)$, то здесь прослеживается квазилинейная зависимость.

Таблица 2.4.

Параметры, характеризующие состояние и динамику развития полупроводниковой микроэлектроники

Параметры	Годы	
	1980 г.	1985—1990 гг.
N , элемент/кристалл	$10^4 — 10^5$	$3 \cdot 10^5 — 10^6$
τ , с	$10^{-5} — 10^{-6}$	$10^{-8} — 10^{-9}$
ν , Гц	10^5	$2,5 \cdot 10^7$
ФБ, элемент · Гц	$10^{10} — 10^{11}$	10^{13}
P , Вт,	10^{-4}	10^{-5}
$P\tau$, Дж	$10^{-9} — 10^{-10}$	$10^{-13} — 10^{-14}$
C , доллар/бит	10^{-4}	10^{-5}
d , мкм	3,5	0,5

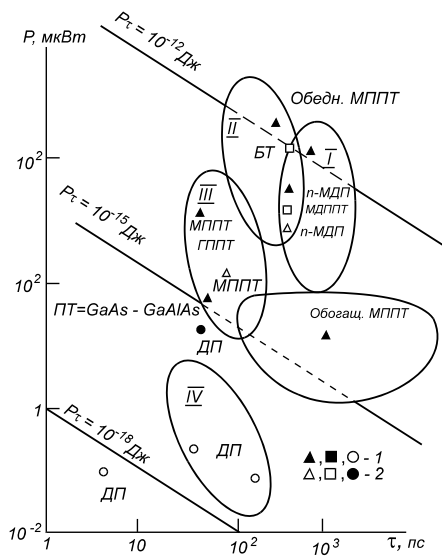


Рис. 2.16. Диаграмма: рассеиваемая мощность — время переключения ($P — \tau$) для АЭ различных типов: 1 — характерные точки для АЭ: полевых транзисторов (ПТ), биполярных транзисторов (БТ), джоузефсоновских переходов (ДП); 2 — расчетные точки для тех же АЭ (МДП — металл-диэлектрик-проводник, МП — металл-полупроводник, ГП — гетеропереход). На рисунке изображены области параметров, характерных для ПТ со структурой металл-диэлектрик-полупроводник (МДППТ) — I, со структурой металл-полупроводник (МППТ) — II, для БТ — III, для ДП — IV

Рассмотренные характеристики в их динамике являются основными, по которым надлежит определять (устанавливать) ФФО. Вообще говоря, проблема ФФО возникла уже при планировании создания СБИС с $N \approx 10^5$, то есть не является некоторой абстракцией, но есть рабочий инструмент при разработке полупроводниковых элементов, в том числе АЭ и АУРП ОИС.

Характерно, что все основные ФФО полупроводниковой электроники связаны с предельно допустимым уменьшением размеров элементов. Эти ограничения укрупненно можно разбить на три группы: *а)* физические ограничения, возникающие в технологии производства; *б)* физические ограничения работоспособности отдельных элементов (смыкание *p-n*-переходов, пробой и т.п.); *в)* физические ограничения на степень интеграции *N* и размеры элементов, связанные с взаимодействием их друг с другом (джоулев разогрев).

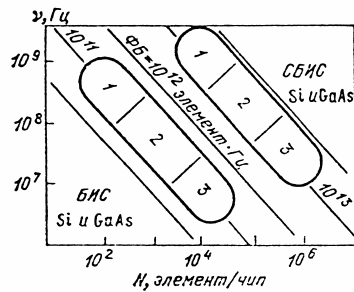


Рис. 2.17 Характеристики развития СВИС по состоянию на 1980 г. и 1990 г.: 1 — ИС для управления и вычисления; 2 — радиолокационный цифровой процессор; 3 — чувствительный сигнальный процессор (Значения ФБ области применения)

Физические ограничения в технологии рассмотрим на примере ПТ, составляющих основу активной элементной базы ОИС СВЧ. Для формирования элементов ИС в современной технологии существует около 100 способов, различающихся взаимной изоляцией приборов (разделение *p-n*-переходами или ДС), способом создания *p-n*-переходов (диффузия, ионная имплантация, эпитаксиальное наращивание); структурой формирования системы межсоединений (металлические соединения, линии поликристаллического Si, каналы проводимости) и межуровневой изоляции. В настоящее время наиболее используемыми являются методы: литография, легирование диффузий по окисным маскам, локальное окисление по нитридным маскам, эпитаксиальное наращивание, ионное легирование, анодирование, металлизация. Для создания субмикронных структур перспективно использовать методы: электронно-лучевую, рентгеновскую и ионную литографию; ионное, электронно-лучевое травление; лазерную и ионную обработки, молекулярно-лучевую эпитаксию и ионную имплантацию. Успехи в развитии методов позволили уже к началу 90-х гг. достичь разрешения в плоскости кристалла — 100 \AA , а в перпендикулярном — несколько ангстрем. Сопоставляя с данными табл. 2.4, можно считать, что в ближайшей перспективе разрешающая способность литографии не будет являться ФФО на уменьшение размеров элементов.

Наиболее существенными ограничениями, уже на границе ФФО, являются:

— размазка края экспонированной области для видимого света составляет около 1 мкм; для рентгеновской и электронной литографии минимальная размазка края засвеченной области составляет

$$\Delta x \geq \lambda = \frac{\hbar}{\sqrt{2mE}} \approx 1 \div 0,1 \text{ \AA}, \quad (2.246)$$

где \hbar — постоянная Планка, $E = 10 - 10^3$ эВ — энергия электрона с массой m ;

— рассеяние луча в резисте и в полупроводнике (электромагнитного или электронного) связано со свойствами резиста. Последний имеет минимальную толщину порядка 50 Å; соответствующую величину имеет и размазка линии. Таким образом, это далеко от ФФО и не является существенным ограничением. Такого же порядка ограничения возникают при протравлении резиста. Эффект обратного рассеяния (из полупроводника) дополнительно размывает края. При использовании ионной, электронной и рентгеновской литографии эта размазка снижается до 100 Å;

— ограничения, обусловленные сферической аберрацией электронного луча; последнее суть увеличение размера пятна. В то же время аберрация есть следствие увеличения интенсивности электронного луча (I), что необходимо для уменьшения длительности экспонирования. Минимальное значение радиуса пятна

$$R_{\min} = \left(\frac{f}{4}\right)^{1/4} \left(\frac{S_r q e N_m}{\pi C_m B S}\right)^{3/8}, \quad (2.247)$$

где f — постоянная сферической аберрации (~5 см); S_r — площадь экспонирования (кристалла); e — энергия электрона; q — стоимость работы экспонирующей установки в единицу времени; N_m — полное число электронов, попавших на мишень за время экспонирования; C_m — максимальная стоимость процесса экспонирования; B — яркость источника; S — площадь излучающей поверхности.

Полагая в (2.247) $C_m = 10$ долл; $S_r = 1 \text{ см}^2$; $S = 10^{-10} \text{ см}^2$; $B = 10^6 \text{ А/см}^2$; $q = 10$ долл/час; $N_m = 200$, получим минимальное значение: $R_{\min} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ см}$;

— влияние флуктуаций примеси приводит к ограничениям размеров рабочих областей элементов ИС, характеристики которых чувствительны к уровню легирования (p - n -переходы). Это ограничение равно



Гоголевский городничий признавал, что у директора училища ума палата, но зачем стулья-то ломать? Однако и более ученые мужи крушат трактирную мебель — от отчаяния доказать истину в первой инстанции, то есть за обеденным столом. Как ни странно, но в чем-то они правы: очень часто истина лежит на поверхности; во всяком случае почти все законы гидромеханики были открыты из наблюдения за тарелкой с супом.

$$\frac{d^2}{S} < 1 - \sqrt{2/\pi} \int_0^{\varepsilon_m (\bar{n}d^3)^{1/2}} e^{-y^2/2} dy, \quad (2.248)$$

где ε_m — максимально допустимое относительное отклонение количества примеси от среднего значения; \bar{n} — средняя концентрация легирующей примеси.

Подставляя в (2.248) характерные значения: $\varepsilon_m = 0,1$; $\bar{n} = 10^{19} \text{ см}^{-3}$; $S = 10^{-2}$, получим, что $d > 10^{-5} \text{ см}$;

К другим технологическим ограничениям относятся: ограничения величиной (снизу) 0,1 мкм ширины p - n -переходов истока и стока ПТ — влияние поверхностной диффузии, накопление ошибок при многократном наложении масок и др.

Таким образом, границы ФФО технологического характера еще далеко не достигнуты, однако требуется постоянное совершенствование методов.

Физические ограничения, накладываемые механизмом работы АЭ и ОИС. Для определения последних важно выполнить классификацию АЭ по размерам. Классификация производится сравнением размеров их рабочих областей с характерными данными, определяющими функционирование АЭ: L — ширина области пространственного заряда; l — длина свободного пробега носителей и λ — длина волны электрона. В зависимости от их соотношения имеем АЭ четырех групп; так БИС относятся к 1-ой группе ($d > L, l, \lambda$); ПТ с субмикронными каналами — к 2-ой группе ($L \geq d > l, \lambda$). К 4-ой группе ($d \leq \lambda$) относятся GaAs-диоды, туннельные диоды, джозефсоновские переходы — с субмикронными размерами.

Другой важнейшей характеристикой является скейлинг параметров. Известно, что уменьшение геометрических размеров АЭ влечет за собой и изменение рабочих характеристик, поэтому вводится понятие скейлинга: скейлинг состоит в определении масштабных множителей $F(K)$ (см. далее), с помощью которых параметры прибора, уменьшенного в K раз, выражаются через соответствующие параметры исходного прибора.

Пример: Опишем скейлинг для ПТ при постоянном электрическом поле E_s . Пусть геометрические размеры ПТ (d — длина канала, w — ширина канала, a — толщина окисла) уменьшаются в K -раз. Для неизменности поля в рабочих областях ПТ необходимо все напряжения уменьшить в K -раз, а концентрацию примесей увеличить в K -раз, поскольку $E_s \sim \sqrt{(V_g - E_1 a) N_a}$, где E_1 — поле в диэлектрике, N_a — концентрация акцепторов в полупроводнике, V_g — напряжение «затвор-исток». Отсюда из физи-

ки работы ПТ следует, что выражение для тока в области напряжений затвора, существенно больших порогового ($V_g \gg V_n$), имеет вид:

$$J_D = \frac{w}{d} \mu_n \frac{\epsilon_i}{a} V_g V_D, \quad (2.249)$$

где μ_n — подвижность электронов в канале; ϵ_i — диэлектрическая проницаемость диэлектрика ПТ; V_D — напряжение «сток-исток».

Таблица 2.5

Скейлинг элементов

(изменение параметров МДП полевых транзисторов при уменьшении их размеров в K -раз)

Параметры	Расчетные формулы	Масштабные множители
1. Геометрические размеры d, w, L, a		K^{-1}
2. Напряжения V_D, V_g	$E = \text{const}, V_D = E_D d$	K^{-1}
3. Концентрация примеси в подложке N_a	$E_S \sim \sqrt{(V_g - E_i a)} \approx \text{const}$	K
4. Ток в линейной области ВАХ J_D	$J_D = \frac{w}{d} \frac{\epsilon_s}{a} V_g V_D$	K^{-1}
5. Площадь затвора S_g	$S_g \approx wd$	K^{-2}
6. Емкость затвора C_g	$C_g \approx \frac{\epsilon_1 wd}{a}$	K^{-1}
7. Максимальная плотность элементов на чипе	$\bar{N} = 1/S_g$	K^2
8. Время задержки переключения τ	$\tau = \max \left(\frac{d^2}{\mu V_D}; \frac{C_g V_g}{J_D} \right)$	K^{-1}
9. Джоулева мощность, рассеиваемая на постоянном токе	$P = J_D V_D$	K^{-2}
10. Джоулева мощность, расходуемая на управление переключением	$P = \frac{1}{2} C_g \Delta V_g^2$	K^{-3}
11. Параметр качества прибора Π	$\Pi = P\tau$	K^{-3}
12. Функциональное быстродействие ИС, ФБ	$\Phi Б = \bar{N}\tau^{-1}$	K^3

Таблица 2.6.

Скейлинг межсоединений:
изменение параметров межсоединений при уменьшении их размеров

Параметры	Формулы, примечания	Масштабный множитель $F(K)$
1. Сопротивление линий межсоединений (ЛМС)	$R_l = \rho_l l / (w_l h_l)$; l, w_l, h_l — длина, ширина и толщина линии	K
2. Нормализованное падение напряжения на ЛМС	$J_D \cdot R_l / V_D$	K
3. Время отклика ЛМС τ_l	$\tau_l = \begin{cases} R_l C_l; \\ l / v_0; \end{cases}$ C_l — емкость соединения; v_0 — скорость электромагнитной волны	1
4. Плотность тока в ЛМС j_l	$j_l = \frac{J_D}{w_l h_l}$	K
5. Контактное сопротивление R_k	$R_k \sim w_l h_l$	K^2
6. Контактное падение напряжения V_k	$V_k \sim J_D R_k$	K
7. Нормализованное контактное падение напряжения	$\frac{V_k}{V_D}$	K^2
8. Нормализованное время отклика ЛМС	$\frac{\tau_l}{\tau} \approx \frac{R_l C_l}{\tau}$	K

Из (2.249) следует, что J_D обратно пропорционально K . Зависимость параметров АЭ (плотность упаковки, рассеиваемая мощность) от коэффициента подобия K приведены в табл. 2.5, а в табл. 2.6 приведены данные о скейлинге межсоединений в АЭ и ОИС. Из последней видно, что уменьшение размеров межсоединений ухудшает общие характеристики ИС (ОИС). Обозначение параметров в табл. 2.5, 2.6 — общепринятые в полупроводниковой электронике.

Причины отказа скейлинга. Формальное использование скейлинга приводит к выводу, что размеры АЭ можно уменьшать неограниченно. Однако, в действительности, начиная с некоторого размера, формализм скейлинга начинает отказывать. Причины здесь следующие:

— условие работы ПТ: $V_g > V_n$ при V_n не зависящем от K вступает в противоречие с п. 2 табл. 2.5;

— соблюдение условия: $V_D > 10 kT/e$, то есть малости тепловых флуктуаций тока по сравнению с величиной тока;

— во избежание прокола ПТ необходимо, чтобы соблюдалось условие: $d > 2L$;

— напряжение пробоя p - n -перехода «сток-подложка» резко падает при уменьшении длины канала;

— при сравнении длины канала (d) с шириной области обеднения истока и стока происходит уменьшение порогового напряжения V_n — эффект «короткого канала». Это уменьшение характеризуется коэффициентом

$$f = 1 - \left(\sqrt{1 + 2L/X_j} - 1 \right) X_j / d, \quad (2.250)$$

где L — ширина области обеднения при инверсии; X_j — ширина области p - n -перехода стока и истока. Соотношение (2.250) хорошо совпадает с экспериментальными данными;

— уменьшение ширины канала w , начиная с некоторого значения, приводит к увеличению V_n — эффект «узкого канала», что связано с эффективным увеличением заряда в слое обеднения Q_B . Эффективное увеличение Q_B , то есть изменение порогового напряжения описывается зависимостью:

$$Q_B^* = -eN_a w X_j (1 + \pi X_j / 2w) = Q_B (1 + \pi X_j / 2w). \quad (2.251)$$

Таким образом, из (2.251) следует, что V_n зависит как от изменения длины, так и ширины канала;

— уменьшение длины канала без соответствующей оптимизации других параметров приводит к резкому увеличению предпорогового тока и его зависимости от напряжения «исток-сток». Эта (минимальная) длина канала равна

$$d_{\min} = c(X_j a w_1^2)^{1/3}, \quad (2.252)$$

где $c = 0,41 \text{ \AA}^{-1/3}$ — постоянная; a — толщина диэлектрика; w_1 — суммарная ширина областей обеднения стока и истока. Из (2.252) следует, что $d_{\min} \sim K^{-4/3}$ (а согласно скейлингу: $d_{\min} \sim K^{-1}$).

Ограничения, вызванные сильными электрическими полями, на длину канала ПТ возникает из-за выполнения совместных требований: а) поле в окисле ПТ, необходимое для инверсии канала, долж-

но быть меньше пробивного поля окисла; б) не должно происходить смыкания областей пространственного заряда p - n -переходов сток и исток (прокола). Из этих соображений минимальная длина канала равна

$$d_{\min} \approx 12\varepsilon_s \psi_B / \varepsilon_i m E_c, \quad (2.253)$$

где $E_c = 6 \cdot 10^6$ В/см — пробивное поле в окисле; ε_s и ε_i — диэлектрические проницаемости полупроводника и диэлектрика; ψ_B — высота барьера p - n -перехода. На величину a достаточно жесткое ограничение накладывает возможность пробоя диэлектрика:

$$a > V_g / m E_c. \quad (2.254)$$

При $V_g = 2$ В из (2.254) находим: $a > 130$ Å.

Другие ограничения связаны с эффектами разогрева электронов, усиливающимися с уменьшением длины канала. По оценке⁹¹ разогрева электронов не происходит при $d_{\min} = 20$ мкм. Еще отметим ограничение $d_{\min} \approx 10^{-5}$ см — следствие минимизации дробового шума. Наконец, следствием ограничения площади поперечного сечения канала из-за насыщения дрейфовой скорости является ограничение на ширину поперечного сечения канала: $w > w_{\min} = 10^{-2}$ мкм.

Ограничения размеров элементов памяти существенны при разработке цифровых ОИС СВЧ. Информационный заряд элементов памяти может сохраняться достаточно долго, не исчезая из-за туннельного переноса, при условии, что область, в которой находится захваченный заряд, отделена от других областей (элементов) достаточно широким и высоким потенциальным барьером. Отсюда минимальная ширина барьера, то есть минимальный размер элемента памяти равен

$$d_{\min} \approx \frac{10}{\hbar} 2m\Delta\varepsilon, \quad (2.255)$$

где $\Delta\varepsilon \geq 100$ kT — высота барьера. Из (2.255) следует: $d_{\min} = 0,01$ мкм. Размеры также ограничиваются вследствие инверсии битов под действием радиации. Для того, чтобы индуцированный облучением заряд Q_g не приводил к инверсии состояния памяти, нужно, чтобы он был мал по сравнению с информационным зарядом Q_1 . Отсюда: $d_{\min} \approx 0,6$ мкм.

Ограничения интеграции элементов. При планарной технологии максимальная степень интеграции для невзаимодействующих элементов с линейными размерами d , то есть максимальная плотность компоновки, равна $N_{\max} = S/d^2$, однако реально достижимая интеграция $N \ll N_{\max}$. Ограничения в интеграции возникают вследствие взаимодействия элементов друг с другом и особенно существенны при уменьшении их размеров. Наиболее серьез-

езное физическое ограничение на степень интеграции, ФБ и d_{\min} накладывает разогрев кристалла. Ограничение на функциональное быстродействие (ФБ) имеет вид:

$$N_v < 2Q_m S / C \Delta V^2, \quad (2.256)$$

где Q_m — максимальное количество тепла, отводимое с единицы площади; S — площадь кристалла; C — емкость элемента, к которому приложено напряжение ΔV .

Неравенство (2.256) можно переписать в виде ($\overline{Nv} = Nv/S$):

$$\overline{Nv} < 2Q_m / \varepsilon^* dn^2 (kT/e)^2, \quad (2.257)$$

поскольку $C = \varepsilon d^2 / 4\pi a \approx \varepsilon^* d$ ($\varepsilon^* = \varepsilon d / 4\pi a = \text{const}$). Из (2.256), (2.257) видно: ФБ ограничено некоторой предельной величиной, зависящей только от d , Q_m и T . Для реальных значений ФБ менее 10^{18} — 10^{20} элемент · Гц. В то же время ограничение ФБ приводит к ограничению на минимальные размеры элементов. Это связано с уменьшением расстояния между элементами, как основным следствием микроминиатюризации, а также с последствиями увеличения тактовой частоты. Это выражается соотношением:

$$d > \begin{cases} \left(\frac{\varepsilon^* \mu \Delta V^3}{2mp^2 Q_m} \right)^{1/3} & \text{при } \mu V / d < v_n, \\ \left(\frac{\varepsilon^* \Delta V^2 v_n}{2mp^2 Q_m} \right)^{1/2} & \text{при } \mu V / d > v_n. \end{cases} \quad (2.258)$$

В (2.258) $v_n = 10^7$ см/с — скорость насыщения носителей. Для практических значений параметров получим: $d \geq 10^{-5}$ см и $a > 10^{-4}$ см.

Другими причинами ограничения степени интеграции являются:

- паразитные связи между элементами;
- разогрев межсоединений и выход их из строя;
- паразитные связи между соединениями.

Таким образом, при условии постоянного совершенствования технологии и конструкций полупроводниковых АЭ и собственно ОИС повышение интеграции вплоть до 0,1 мкм — размера элементов только приближает к границам ФФО. При достижении этих границ дальнейшее увеличение плотности компоновки будет возможным при разработке принципиально новых технологий, схемотехнических решений, использовании перспективных материалов. В этом смысле концепция ОИС СВЧ представляет широкое поле деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ГЛАВЕ

Таким образом, в настоящей главе, в контексте основного содержания книги, разработаны математические основы обратного метода электрогидродинамической аналогии. Еще раз отметим, что метод этот вызван к жизни сложностью граничных условий (геометрия, топология, электрофизические характеристики и т.п.) соответствующих краевых задач электродинамики живых систем, тем более — процессов памяти.

Разработанная выше полная и общая теория гидродинамики разветвленных биосистем (см. рис. 2.2) позволяет, используя формальные соотношения табл. 2.1—2.3, качественно оценить электродинамические процессы в таких системах.

Наконец, данный метод показывает изящество и высокий уровень строгости аппарата современной дифференциальной геометрии, в том числе дифференциальных форм (внешней алгебры). Несомненно, что рабочий аппарат биоэлектродинамики — это дело будущих исследований — будет создаваться на основе этой математики. Это в полной мере относится к ИММП, как в достаточной степени полноты было сказано во введении к главе и к книге в целом.

С другой стороны, материал главы, имеющийся в виду сугубо математические §§ 2.2—2.4, наглядно показывает, что физико-математическое (а еще есть аспект логический! — См. предыдущие тома серии «ЖМФН») описание процессов памяти человека есть задача вполне решаемая на современном уровне знания и при наличии априорных моделей функционирования мышления и памяти, той же ИММП, но требующая, во-первых, сугубо системного подхода; во-вторых, привлечения специалистов различного профиля. Ибо одному-двум-трем, хотя и системно-разносторонним, исследователям в более-менее достаточной априорности эту задачу возможности решить не представляется.

Все же полагаем, что включение математического аппарата ОМЭГДА в настоящую книгу показательно и логически оправдано. ...Что-то похожее на извинение авторов за доставленное «неудовольствие» читателям, не привыкшим к математическим упражнениям. Однако — слово сказано, дело сделано. Главное, что суть этого дела понятна.

Несомненно, включение в главу раздела (параграфа) на тему антропоморфизма в конструировании человеком технических устройств памяти — ФПОИ и фундаментальных физических ограничений — ФФО, во-первых, логически завершает концепцию главы как физико-математической и физико-технической, во-вторых и в-главных, — служит хотя и опосредованным, но достаточно веским, мы бы сказали — онтологиче-

ским, подтверждением априорности теории ИММП. Об онтологической же аналогии ИММП и ФПОИ: в первой имеем память на ионно-молекулярном уровне, во второй — устремление к таковой, в идеале: запись ФПОИ на емкости (заряде) *p-n*-ячейки молекулярных размеров.

Но, как показано выше в подпараграфе о ФФО, при существующей, правильнее — господствующей ныне планарной полупроводниковой технологии СБИС, в том числе СБИС с функциями ФПОИ, неограниченное возрастание памяти ФПОИ невозможно; уже сейчас плотность компоновки ячеек памяти близка к ФФО, до «молекулярных ячеек» дело не дойдет ... значит, далеко не дойдет до ФБ ИММП.

Понятно, что НТП, тем более в части информационных и полупроводниковых технологий, неостановим. Поэтому качественное повышение ФБ ФПОИ, ее максимальное приближение к ФБ ИММП мы видим в переходе от планарных, то есть плоскостных, СБИС к ОИС — объемным интегральным схемам, работающим на СВЧ, КВЧ и еще более высоких частотах: от инфракрасных до ультрафиолетовых, а может и еще более высоких.

...В контексте предыдущего изложения заметим: в 80—90-е гг. инициативной группой ученых-электродинамиков (Е. И. Нефедов, А. А. Яшин и их многие коллеги из различных научных центров СССР, прежде всего РСФСР и УССР) были разработаны физико-технические основы⁶⁰ и конструктивная архитектура²⁷³ ОИС СВЧ и КВЧ с объемными прямыми электромагнитными связями, то есть де-факто базис компьютера 6-го поколения, он же — технический аналог работы мышления и памяти головного мозга человека, сочетающие ИММП и распространение в нейронной сети кортекса СГ ЭМВ. Издавался специализированный в части ОИС журнал «Электродинамика и техника СВЧ, КВЧ и оптических частот» (главный редактор Е. И. Нефедов, зам. главного редактора А. А. Яшин), а на базе Центрального конструкторского бюро аппаратостроения (г. Тула) под руководством зам. руководителя предприятия В. В. Кандлина и ведущего технолога Л. Н. Плотниковой (см. книгу²⁷³) была создана конструкторско-технологическая база (ЦКБА на тот момент времени являлось ведущим предприятием Миноборонпрома по микроэлектронике)... Но тут, как обычно значитесь в русских народных сказках, появилась «гайдарномика». Все рухнуло в одночасье и насовсем.

В качестве *intermezzo*: накануне пресловутого «миллениума» мировая пресса с радостью сообщила, что «израильскими учеными (читай: бывшими москвичами) создан принципиально новый тип полупроводниковых приборов: объемные интегральные схемы». *No comment*, как говорится.

Не углубляясь дальше в лирическо-ностальгические воспоминания, только заметим: теория ИММП должна авторами и их коллегами в России и на Украине всячески популяризоваться, что мы и делаем: параллельно с работой над настоящей книгой данная теория в достаточной полноте излагается в цикле статей, публикуемых из номера в номер в журнале «Вестник новых медицинских технологий», начиная с № 4, 2013. А иначе дело может дойти до очередного «intermezzo»...

ГЛАВА 3. ПАМЯТЬ КАК ВОСПОМИНАНИЕ О БУДУЩЕМ: СОДЕРЖАНИЕ ПАМЯТИ

В первых двух главах настоящей книги была изложена авторская концепция организации и функционирования памяти — преимущественно человеческой, наиболее тахитит тахитогит в биоорганическом мире Земли... и, очевидно, аналогичных миров других «земель» Вселенной. Тот факт, что концепция представлена в терминах психофизиологии, биохимии, радиофизики и современной математики, во многом свидетельствует о ее априорности реальным процессам и организации памяти.— В отличие от остальных, известных моделей, концепций и теорий. Впрочем, авторы не настаивают на истине в последней инстанции. В настоящей, завершающей книгу, главе, опираясь на свою концепцию, авторы расширяют фактор памяти на ноосферный ареал, что и является апологией включения тома в серию «ЖМФН». Отсюда и почти текстуальное совпадение названия книги и настоящей главы, в которой особый акцент ставится на следующих существенных моментах: эволюционная, геномная память в контексте общей концепции «ЖМНФ»; «память отцов» в философии Н.Ф. Федорова; солитонно-голографический базис памяти в ее эволюции; взаимоотражение прошлой и будущей памяти; психофизиологические процессы эволюции памяти. Предваряем уже во введении в тему главы ожидаемый вопрос читателя из числа убежденных скептиков: «Биосфера, ноосфера... а при чем здесь память? Она либо есть, либо ее нет...».— Это как в старом добром анекдоте: «...А чего его пробовать? — Сало оно и есть сало!» Увы, при биосферно-ноосферном переходе ($B \rightarrow N$), что мы видим уже на нынешнем этапе этого перехода ($B \rightarrow N_{-}$), из всей психофизиологической конституции человека, тем более на фоне почти 100 %-но сохраняемой физиологии и анатомии, именно память (равно как шизоидная гомосексуальность) претерпевает кардинальное изменение: $h.s. \rightarrow h.n.$ становится «приставкой» к компьютеру и телекоммуникационным сетям.— Хотя бы и управляющей приставкой. То есть категория памяти становится сугубо подчиненной категории мышления, причем не аналогового, но цифрового, компьютерного (см. Т. 10 серии «ЖМФН»). Думаем, что особых пояснений не требуется, но этот вопрос все же рассматривается в главе. В итоге получаем ситуацию: потеря $h.n.$ качества функционального (аналогового) мышления и «кроссвордная» память. Это о функционировании памяти. Что же касается биофизиче-

ской организации памяти h.n., то здесь, несомненно, прерогатива принципа эволюционного консерватизма: не сворачивать с раз навсегда избранного хода.

3.1. Эволюционная (геномная) память: теория и биофизический эксперимент

В предыдущих главах, развивая концепцию ИММП, мы сосредоточились исключительно на головном мозге человека, как объектном, вещественном, физиологическом локализаторе памяти в организме человека. Другой важный аспект — это эволюционная (геномная) память, ибо именно она-то на протяжении всей эволюции жизни на Земле, начиная от преджизневых еще вирусов¹⁰⁰ и до *h.s. → h.n.*, формировала механизм памяти головного мозга, достигнув (скорее всего) совершенства у человека. Неосуждаемое подтверждение — это последовательное геномное накопление в процессе эволюции: геном человека с $3 \cdot 10^9$ нуклеотидных пар содержит в себе геномы всех предшествующих живых организмов, начиная с вирусов^{100, 151, 165, 188}.

Справедлива констатирующая

Лемма 3.1. *На любом ретроспективном шаге эволюции земной жизни, завершая сегодняшним *h.s. → h.n.*, формирование и совершенствование памяти, объективированной в вещественно-функциональной структуре головного мозга, осуществляется под контролем эволюционной (геномной) памяти, овеященной в последовательном накоплении геномов всех предшествующих организмов — видов живого: $G_{\text{вир}} + G_1 + G_2 + \dots + G_i + \dots + G_{h.s.}$, где $G_{\text{вир}}$ — геном первого вируса.*

Соподчинение геномной и мозговой памяти в терминах информационно-полевой самоорганизации биосистем. Теория информационно-полевой самоорганизации биосистем, разработанная одним из авторов^{257, 264, 266} настоящей книги, ранее использовалась в требуемых аспектах применимости в томах серии «ЖМФН», а также в книгах серии «Экспериментальная электромагнитобиология»^{26, 48, 53}, материалах научных открытий^{89, 90}, в различных публикациях^{185, 196, 197, 279, 309, 312, 345, 346, 353}. Теория получила ряд авторитетных отзывов^{95, 96, 101, 198 199}, что свидетельствует о ее логической непротиворечивости, в частности, в рамках комплексной логики А.А. Зиновьева⁹⁴. Действие же опосредованного (через продукт деятельности человека) закона эволюционного консерватизма мы наблюдаем в самоорганизации также информационно-полевых, синергетических (и) технических систем^{36, 57, 91, 117, 121, 148, 156, 181}. Все это сказано к тому, что теория информа-



— Сударь! Не будем ломать копья по поводу выеденного яйца. Я вам и на пальцах докажу: несимметричность всех живых творей происходит из того, что Антихрист на заре жизни подсыпал перцу в первоначальную биомассу. И как мы морщимся от этого ядовитого зелья, так и ДНК сморщилась, свернулась, причем случайно, в правую сторону...

ционно-полевой самоорганизации уже может в современной науке рассматриваться как *самодостаточный принцип*.

В аспекте темы настоящего параграфа, да и всей книги в целом, данная концепция рассматривается в двух взаимосвязанных моментах: а) собственно соподчинение (см. лемму 3.1) геномной и мозговой памяти; б) доказательство (см. Введение к книге) того факта, что в процессах памяти, как мозговой, так и геномной, основным агентом доставки, хранения и извлечения информации являются солитонно-голографические ЭМВ, ранее нами обозначенные как SG_{ijk} — СГ ЭМВ. В сочетании с выше разработанной концепцией ИММП (гг. 1, 2) введение СГ ЭМВ позволяет считать обобщенную модель геномной и мозговой памяти самодостаточной и логически непротиворечивой. Именно эта модель позволяет, в числе прочего, определить такие важные моменты организации памяти, как аналоговое и утилитарное цифровое мышление (АМ и УЦМ), творческое АМ (ТАМ), биопозн человека (БПЧ) и бессознательное (БСЗ), категории лево- и правополушарного человека (ЛП, ПП, ЛПЧ, ППЧ) и так далее.

Тема настоящего параграфа обобщает ряд концептуальных положений, ранее выдвинутых и обоснованных нами, относящихся к построению биофизической модели целостного организма, как самоорганизующейся системы с информационно-полевой доминантой. Некоторые аспекты данной проблематики рассмотрены в обозначенных выше работах. Общие принципы самоорганизации живых систем были разработаны И. Пригожиным и Г. Хакеном, а информационные аспекты этого вопроса — Н. И. Кобозевым и В. П. Казначеевым (см. библиографию). Накопленный объем знаний о системной организации живого позволяет вплотную подойти к определению информационно-полевой самоорганизации биосистем, на наш взгляд — наиболее существенного аспекта в познании физики живого, мышлении и памяти.

Однако разработка полной теории информационно-полевой самоорганизации только на первый взгляд кажется завершающим этапом предшествующих исследований; принцип суперпозиции в формировании синтетического знания явно непригоден, тем более, когда объектом синтеза является сумма знаний о самом сложном объекте природы — биосистеме.

Другой и не менее существенный момент: при формировании обобщающей концепции следует учитывать интересы различных (они, в основном, отечественные) научных системных биофизических школ, каждая из которых, включая и представляемую авторами Тульскую научную школу биофизики полей и излучений и биоинформатики, внесла свой существенный вклад в данную сложную тематику — естественно, исходя из собственных позиций.

В подобных ситуациях целесообразным является (или представляется?) изложение авторской концепции с учетом других взглядов; если они совпадают, то это говорит в пользу истинности результатов исследований, а если расходятся — необходимо объективное сопоставление, причем не обязательно руководствуясь житейским принципом, что «истина лежит посередине».

В современном определении биообъекта как системы обычно используются определения: самоорганизация, открытость, нелинейность, синергичность и пр. Предложены различные частные структурированные модели: клеточного осциллятора, модель «Великой китайской стены» и пр., а также обобщенные физические модели, например, квантово-механическое описание живого (см. названные в начале параграфа работы авторов).

Схема физической организации биообъекта, приведенная на рис. 3.1, учитывает все основные определения живого и связи внутри структуры, а также между биообъектом и внешней средой. Прокомментируем данную модель в совокупности ее элементов и связей, имея конечной целью «привязку» к памяти.

Рассматривая организм как систему, материальное образование, выделим прежде всего его вещественное содержание, которое будем называть вещественным каркасом. Как и в неживой природе, здесь вещественное содержание дополняется полевым, несущим информационную нагрузку; назовем его информационно-полевым каркасом. Такая (взаимодополняющая) двойственность представления является онтологичной сущности любой многокомпонентной, многочастичной — говоря языком квантовой механики, системы, где поле суть информационно-энергетическая «связка» всех компонентов системы, позволяющая определить целостность системы (далее, понимая, что речь идет о памяти, не будем это особо акцентировать).

Интуиция подсказывает, что эти две фундаментальные характеристики живого, как системы, должны быть дополнены генотипом и фенотипом; первое определяет *a priori* архитектуру биосистемы, второе — приобретаемую специфику, отличительные особенности конкретного организма. Достаточно грубая, но аналогия с технической системой: первое — ее конструкция и принцип функционирования, второе же — индивидуальность системы в ряду аналогичных, определяемая реальной вариацией технологии и условиями эксплуатации.

Четыре названные характеристики на приемлемом уровне абстрагирования определяют биообъект как систему в самой общей, но и самодостаточной формулировке.

Развитие и существование вещественного каркаса в основном поддерживается биохимическими процессами и клеточной дифференцировкой, а в отношении информационно-полевого каркаса то же самое можно сказать о

биофизических процессах; это отражено в символьном расположении на рис. 3.1 соответствующих обозначений, хотя, конечно, ни о каком строгом разграничении и речи идти не может.

Собственно вещественный каркас организма образован совокупностью клеток и водного матрикса, заполняющего межклеточное пространство. Наконец, в качестве основной полевой характеристики введем функцию $\varphi(x, y, z, t)$ — нелокальный самосогласованный потенциал по терминологии школы С. П. Ситько (см., например³⁷). Спецификой потенциальной функции в применении к биосистеме полагаем введение параметра времени, учитывая, что физическое и биологическое время является параметром всех, без исключения, процессов жизнедеятельности, включая мышление и память.

Теперь рассмотрим интегративные системные характеристики организма. Прежде всего, это система открытая, поскольку каждый организм есть всего лишь составляющая биосферы, а в отношении *homo sapiens* речь идет уже о вхождении в ноосферу. Два важнейших фактора открытости биосистемы: вещественное взаимодействие с окружающей средой — метаболизм и информационный обмен с окружающей средой; последнее является наиболее наглядным.

Из факта открытости вытекает качество самоорганизации биосистемы, то есть ее способности к стабилизации базовых параметров посредством упорядочения различных отношений внутри системы, причем эта упорядоченная направленность должна противостоять увеличению энтропии среды нахождения системы. Другими словами, самоорганизация адекватна приспособлению биосистемы к среде жизнедеятельности. Из этого качества следует и самосогласованность биосистемы, то есть ее целостная организация, подчиняющаяся закономерностям внутреннего развития биосистемы — гомеостазу.

Другая группа интегративных системных характеристик организма определяется его качеством неравновесности, прежде всего понимаемой как системная термодинамическая неравновесность в определении И. Пригожина. В свою очередь, неравновесность биосистемы вытекает из ее открытости (см. соответствующие связи на схеме рис. 3.1). К связи самоорганизации и неравновесности мы вернемся ниже.

Неравновесность биосистемы предполагает многостепенную неустойчивость, поскольку открытая самоорганизующаяся система в своем функционировании подчиняется законам синергетики, то есть работы без энергетического «запаса прочности» — закон минимизации энергозатрат на функционирование сложных систем. А уже из синергетичности биосистемы совершенно естественно вытекает ее нелинейность. Реальная нелиней-

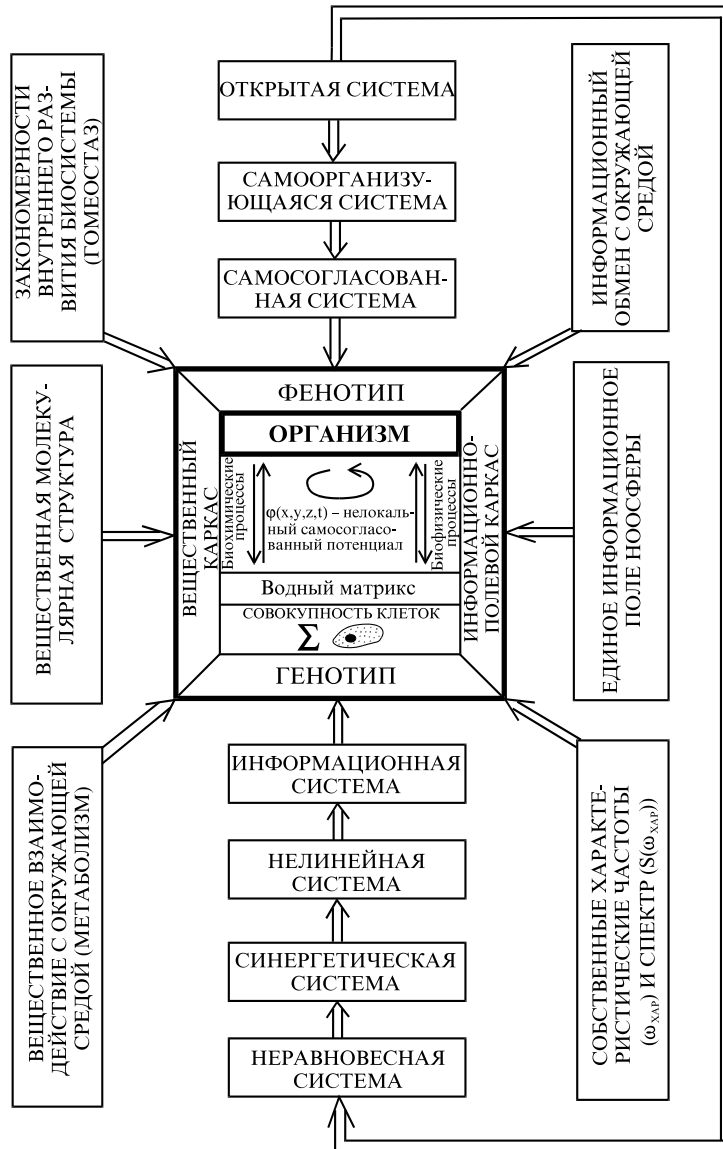


Рис. 3.1. Схема физической организации биообъекта

ность есть результат участия любого элемента системы в создании и поддержании ее целостности. То есть, если в линейной системе действует принцип суперпозиции (наложения) и своего рода детерминирования элементов в организационном, структурообразующем плане, то в нелинейной господствует принцип самосогласования. Процесс жизнедеятельности биосистемы определяется совокупной работой его органов и систем. В организме каждый орган, каждая система выполняет свои функции по обеспечению жизнедеятельности, однако между ними задействована сложнейшая система положительных и отрицательных обратных связей по биофизическим и биохимическим каналам, что свидетельствует о выраженной нелинейности.

Однако, чем выше нелинейность системы, тем богаче ее информационное содержание; таким образом, в цепи последовательных определений биосистемы приходим к ее определению как информационной системы.

Дадим еще несколько характеристических определений биосистемы, относящихся к вещественному и информационному каркасам. Основой первого является вещественная молекулярная структура. Основой же второго полагаем единое информационное поле ноосферы (ЕИПН), концепция которого предложена и обоснована нами (см. библиографию). Полевая компонента характеризуется, как говорилось выше, нелокальным самосогласованным потенциалом $\varphi(x, y, z, t)$, внешние (регистрируемые) параметры которого суть собственно характеристические частоты ($\omega_{\text{хар}}$) и спектральная характеристика $S(\omega_{\text{хар}})$.

Вкратце рассмотренная физическая структура живого позволяет более осмысленно анализировать вопросы информационно-полевой самоорганизации биосистем.

Общие принципы самоорганизации биосистем и роль информации.

Дополним данное выше общее определение самоорганизации. В понятии самоорганизации естественным образом выделяются два основных момента: а) кибернетический механизм собственно процесса самоорганизации; б) «энтропийный контроль», как базовый критерий, стимулятор, или, наоборот, замедлитель процессов самоорганизации; этот аспект рассматривали Н. И. Кобозев и И. Пригожин.

Исходя из сказанного, можно утверждать, что процесс самоорганизации, его онтологическая сущность состоит в поддержании более устойчивых форм организации материи на фоне менее устойчивых, а значит и менее отвечающих целевому направлению эволюции, своего рода тупиковых ее ходов.

Самоорганизация сложных систем возможна только в условиях квазиустойчивости на грани бифуркационного срыва; именно такое состояние отвечает минимально возможной энтропии; ибо стабильность, равновесие есть резкое возрастание энтропии.

Кроме кибернетического и синергетического аспектов, в процессах и сущности самоорганизации в живом мире важную роль играют качества нелинейности и цикличности.

Теперь рассмотрим вопрос о роли информации в процессах нелинейности, синергетики и цикличности самоорганизации в живом мире, опираясь на синергетический метод анализа сложных систем И. Пригожина и Г. Хакена, а в конкретизации для биосистем — на теорию биологических систем Л. фон Бергаланфи. Последний определяет биосистему как открытую, неравновесную и динамически устойчивую. Кроме того, существенными характеристиками этих систем является их самоорганизующая пространственно-временная структура. Таким образом, в центре системы открывается триада: энергия — структура — информация. Поэтому самоорганизацию биосистем и их пространственно-временную организацию необходимо рассматривать в данном триедином подходе.

Цикличность развития биосистем определяется хронобиологическими процессами развития живого мира, а естественные жизненные циклы напрямую связаны (и закольцованы системой обратных связей) с энергетикой систем и их информационным содержанием. Как показали И. И. Шмальгаузен и А. Н. Северцов¹⁰⁰, в процессе эволюции живого нарастает упорядоченность биологических форм, повышение общей организации, а это означает, что адекватно возрастает и энергетическая насыщенность биосистем — энтальпия, то есть теплосодержание ее.

В свою очередь, иерархическая упорядоченность и энергонасыщенность биосистем, согласно И. Пригожину, возрастает в ходе онтогенеза до некоторого предельного порога в зрелом возрасте, чему сопутствует и возрастание информации в биосистеме. В период наибольшей жизнедеятельности упорядоченность пространственно-временной организации биосистемы возможна только при наличии высокой энергонасыщенности и минимально возможной энтропии. Энтропия же суть мера количества информации, обратная ей величина. Таким образом, информационный показатель есть своего рода универсум, характеризующий процесс самоорганизации и достигающий своего максимума для системы, находящейся — в каждом из чередующихся циклов развития — в неравновесном, нелинейном фазе строгой пространственно-временной организации. Этим сказано все или почти все о роли информации в процессах самоорганизации материального мира.

Однако рассмотрение связи самоорганизации и информации в биосистеме, как только что было определено, возможно только в триединстве с понятием энтропии.

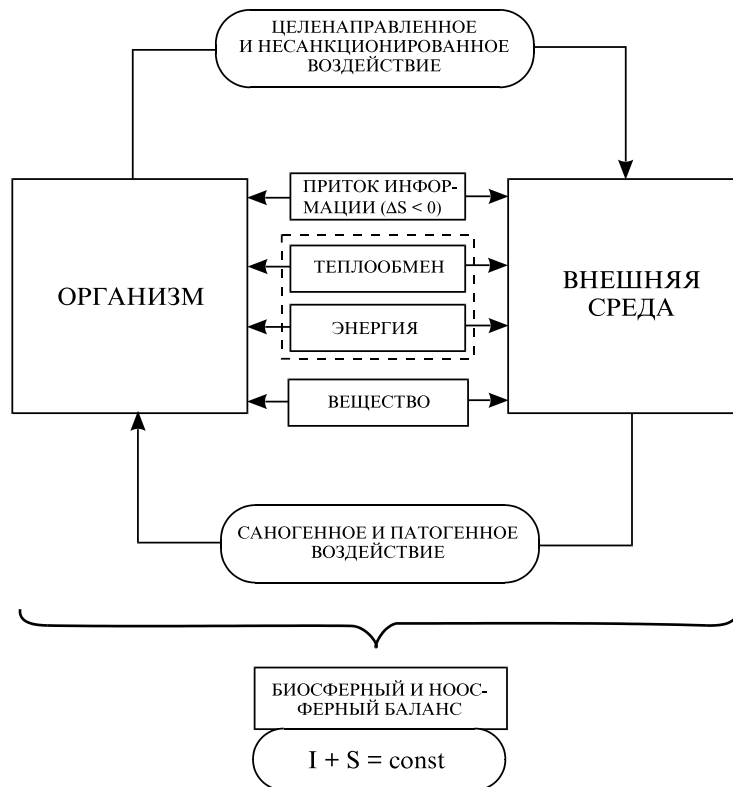


Рис. 3.2. Организм и внешняя среда в структуре открытой системы

Рассмотрим схему, приведенную на рис. 3.2, иллюстрирующую взаимосвязь биообъекта и внешней среды (среды обитания) в структуре открытой системы. Эта связь суть система положительных и отрицательных обратных связей, причем целенаправленный и несанкционированный воздействие биообъекта (здесь речь уже идет о *homo sapiens* по-преимуществу) на внешнюю среду и саногенное и патогенное воздействие последней на организм образуют замкнутый контур управления. Другие основные связи —

теплообмен, обмен иными формами энергии, веществом и информацией — дополняют контурную систему и обеспечивают биосферный и ноосферный баланс; в рассматриваемом нами аспекте это означает выполнение закона сохранения суммы информации и энтропии для открытой системы

$$I + S = \text{const} , \quad (3.1)$$

к толкованию которого мы еще вернемся.

Из двух классических определений информации, данных К. Шенноном, для описания открытых систем более подходит определение информации об объекте X относительно Y (и наоборот), где $f(X, Y)$ есть функция распределения двойного набора переменных рассматриваемой системы. При этом информация определяется разностью безусловной и условной энтропий, то есть тем самым связана с изменением степени неопределенности в состоянии рассматриваемой системы.

Как следует из схемы на рис. 3.2, открытая система (биообъект) обменивается с внешней средой энергией, веществом (метаболические процессы) и информацией. В результате такого обмена в открытой системе образуются диссипативные структуры, как их определил И. Пригожин; последние для макроскопических объектов (биообъектов) подразделяются на временные, пространственные и пространственно-временные. Рассмотрим последние на уровне внутриорганизменного обмена информацией (рис. 3.3). Последний процесс есть кооперативное явление, поскольку диссипативные структуры в биообмене образуются в совокупности коллективных взаимодействий множества клеток, которые (то есть взаимодействия) формируют процессы самоорганизации, будучи сами неравновесными фазовыми явлениями. Полагая носителем клеточной и межклеточной информации $I(i, j)$ электромагнитное поле, под этими явлениями подразумеваем неравновесную компоненту собственного клеточного ЭМП.

Собственно передача информации подразделяется на межклеточную (рис. 3.3) и между органами и системами, причем в биообъекте предусмотрена сложная система дублирования и резервирования на различных уровнях: на микроскопическом — химическими реакциями, макроскопическом — ЭМП с параметрами $\varphi(x, y, z, t)$ и $S(\omega_{\text{хар}})$ и «смешанном» — с движущимися клетками, например, крови. Соответствующие этим процессам диссипативные структуры также есть сочетание всех трех названных выше классов с преобладанием, однако, пространственно-временных (на рис. 3.3 схема дополнена двумя гипотетическими механизмами). Еще раз подчеркнем, что макроскопическую биосистему мы рассматриваем как *непрерывную* среду; это тем важнее, что физические и биологические среды различаются в информационном отношении, тем более для открытых систем. Более того, определение информации открытых систем разделяется (кон-

кретизируется) для классических, квантовых и живых систем (см. в библиографии работы И. Пригожина, Г. Хакена, А.А. Яшина и др.).

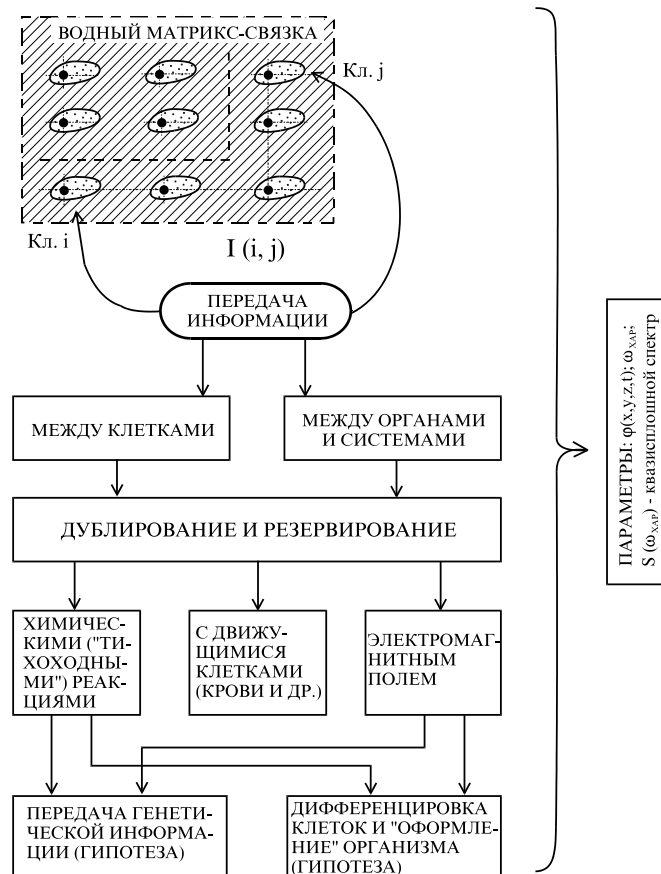


Рис. 3.3. Схема диссипации в биообъекте на уровне внутриорганизменного обмена информацией

Информация самоорганизующихся биологических открытых систем и «энергоёмкость» информационных процессов. Из двух статистических определений информации (S-информации — обобщения определения энтропии Больцмана и информации Шеннона) открытых систем наиболее адекватно

ватной является вторая, ибо на основании ее определения может быть строго обосновано соотношение (3.1).

Информация по Шеннону определяется как разность энтропии Больцмана — Шеннона (безусловной) и условной энтропии¹¹⁹:

$$I[X, Y] = S[X] - S[X|Y], \quad (3.2)$$

где $S[X] = -\int f(X) \ln f(X) dX$, $S[X|Y] = -\int f(X, Y) \ln f(X|Y) dXdY$, $f(X|Y)$ — условная функция распределения.

Из соотношения (3.2) вытекает и закон (3.1), а функция $I[X, Y]$ характеризует информацию по двойному набору переменных. Ю.Л. Климонтовичем получено общее выражение для корреляционной информации (3.2)¹¹⁹:

$$I[X|a] = S[X] + \int f(X|a) \ln f(X|a) dX, \quad (3.3)$$

в котором определена информация о совокупности X при заданном значении управляющих параметров a . Таким образом, вариант записи (3.3) позволяет представить шенноновскую информацию как функцию некоторых управляющих параметров, что наиболее полно и адекватно характеризует открытую систему. Однако для правомочности (3.3) вводится дополнительное условие для обеспечения выполнения неравенства $I[X|a] \geq 0$; последнее достигается с использованием функционала Ляпунова Λ_S ¹¹⁹.

Наличие достаточно строго доказанных соотношений (3.1)—(3.3) тем не менее не позволяет количественно оценить информацию открытой системы, биосистемы тем более, аналитическим (расчетным) методом, ибо для этого надо знать математическую модель процесса, что нереально для сложнейших биосистем. Остается экспериментальная оценка с учетом того объяснимого факта, что при переходе к более упорядоченному состоянию от «начального» состояния хаоса (в идеальной модели процесса) энтропия уменьшается и возникает избыточная информация. В выражении (3.3) это соответствует приращению управляющего параметра $a = a_0 + \delta a$, где a_0 — параметр состояния хаоса¹¹⁹.

Отсюда следует и тот важный для нашей темы вывод, что переход от хаоса к упорядоченному состоянию суть процесс самоорганизации; по И. Пригожину — возникновение временной диссипативной структуры. А согласно закону (3.1) и соотношению (уравнению) (3.3) это есть возрастание информационного содержания системы, то есть перехода ее от равновесного к неравновесному состоянию. Согласно И. Пригожину, явление самоорганизации есть следствие необратимых неравновесных (термодинамических) процессов.

Для биосистем, хотя они также и несомненно относятся к классу открытых систем, диапазон изменения параметров a в (3.3) таков, что закон

(3.1) выполняется при различных (но не экстремальных!) сочетаниях хаоса и упорядочения — в зависимости от степени самоорганизации организма, то есть степени его патологии и здоровья. Поясним это на характерном примере стресса у человека, который Г. Селье полагал наиболее характерной патологией при изучении процессов самоорганизации биообъекта. В работе¹⁰⁰ приведена ссылка на результаты работ В.С. Анищенко с коллегами (см. также работу¹⁵⁶), установившими тот значимый факт, что пред- и послестрессовое состояние для мужчин и женщин полярно различно, а именно соответствует изображенному нами на рис. 3.4. Для женщин процесс самоорганизации, то есть самовыздоровления, есть переход от более хаотического состояния к более упорядоченному. Для мужчин наблюдается обратная динамика, а соотношение в текущий момент времени между мерой хаоса и информации регулируется законом (3.1). После стресса идет болезнь → процесс самовыздоровления → возвращение к нормальному функционированию организма человека.

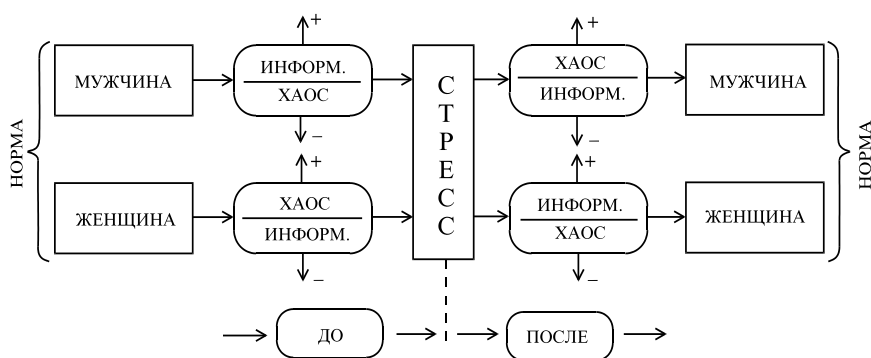


Рис. 3.4. Схема до- и послестрессового состояния у мужчин и женщин

Указанный феномен имеет, однако, с точки зрения патологической физиологии, биофизикохимическое объяснение. Стресс является универсальной ответной реакцией организма на действие экзогенных или эндогенных раздражений, реализующейся посредством эндокринной системы при участии центральной нервной системы. Выход же из стресса реализуется через активацию осей стресса: симпатoadреналовая → гипоталамус; гипофиз → кора надпочечников; гипоталамус → гипофиз; соматотропный гормон → печень и соматомедины.



Турнирное копьё — излюбленный предмет научных споров и дискуссий. Этим аксессуаром романтических рыцарских времен, заканчивающимся не острием, а шишаком, можно сбить противника с научного конька, а убивать жалко: с кем же потом, на академической пенсии, брюзгливо ругать всех «этих мальчишек, позорящих святую науку».

У женщин же намного больше эстрогенов, то есть гормонов, ограничивающих повреждающее действие названных осей стресса в условиях формирования дистресса, а также больше токоферолов (витамина E).

Конкретизировав связь информационного содержания биосистемы с процессами ее самоорганизации, определим ее энергетические характеристики; в конце концов информационные процессы в живом (равно как и в неживом) веществе обязаны своим существованием энергетическому базису, в биосистеме — превращению свободной энергии. Здесь мы наблюдаем полную аналогию с квантовыми открытыми системами, где информация определяется разностью свободных энергий, что эквивалентно разности энтропий (3.2)¹⁰⁰.

Если функционал Ляпунова A_S определяет разность энтропий равновесного и неравновесного состояний системы, то функция распределения энергии $f(E, t)$ в системе описывается уравнением Фоккера — Планка^{100, 119}

$$\frac{\partial f}{\partial t} = D \frac{\partial}{\partial E} \left(E \frac{\partial f}{\partial E} \right) + \frac{\partial}{\partial E} [(-\alpha + \beta E) E f], \quad (3.4)$$

где D — интенсивность шума в системе; $\alpha = \alpha_f - \gamma$; α_f — параметр обратной связи в системе; γ и β — соответственно коэффициенты линейного и нелинейного «сопротивления» системы.

Стационарное решение для (3.4) $f_o(E)$ имеет вид экспоненциальной функции от F_o и S_o — соответственно свободной энергии и энтропии, и эффективной функции Гамильтона $H(E)$, где

$$F_o = \langle H(E) \rangle_o - DS_o, \quad (3.5)$$

а величина D эквивалентна эффективной температуре (в нашем случае) биосистемы.

Из соотношений (3.4), (3.5) следует, что в открытой системе при временной эволюции при заданной величине D средняя энергия системы не сохраняется, что, учитывая естественную связь между свободной энергией, энтропией и информацией открытой системы, позволяет говорить о «жесткой» функциональной связи информационного содержания системы и энергии, затрачиваемой на ее образование, сохранение и передачу (обмен).

С учетом закона сохранения суммы энтропии и информации для открытой системы (3.1), можно сформулировать для неравновесной системы закон сохранения разности свободной энергии и информации в процессе временной эволюции, причем *эта разность* определяется самой величиной свободной энергии и возрастает при росте сложности системы, а значит и степени ее неравновесности. Понятно, что для биосистемы она значительна, что, в свою очередь, позволяет говорить о значительной энергоёмкости биоинформации, причем энергетическим базисом является именно свободная энергия,

но никак не общая (суммарная) энергия биосистемы, которая — по принципу синергизма — всегда является минимально достаточной.

Таким образом, можно сделать тот важный вывод, что при нарушении нормально функционирования организма (патологии) наступает своего рода «разбаланс» системы, увеличивается ее энтропия, при этом, согласно закону (3.1), уменьшается информационное содержание, а отсюда, следуя закону эволюционного сохранения разности свободной энергии F и информации I

$$F - I = \text{const}\{F\}, \quad (3.6)$$

свободная энергия биосистемы должна возрасть, что активизирует биофизические и биохимические процессы, приводящие, в конечном счете, к устранению патологии.

Тот же факт, что в законе (3.6) константа определяется величиной свободной энергии, указывает на пропорциональную зависимость информационной энергоёмкости от потенциального количества информативности открытой системы, то есть степени ее сложности и неравновесности.

Количественную оценку энергозатрат на создание, восприятие («запись») и передачу — в пределах системы или между системой и средой — информации исследовал Р. Л. Стратонович¹¹⁹. В применении (адаптации) их к биосистемам можно интерпретировать следующим образом.

Основной вывод из инструментального эксперимента Р. Л. Стратоновича, см.¹⁰⁰, гласит, что для получения, то есть создания и восприятия, информации I необходимо затратить энергию $F \geq TI$, где T — абсолютная температура; теоретически это вытекает и из второго закона термодинамики. Данное неравенство адекватно закону (3.6). Для живого организма это опять-таки иллюстрируется повышением температуры тела при заболевании, что приводит к возрастанию расхода свободной энергии на интенсификацию биофизикохимических процессов.

То же самое относится и к внутриорганизменной передаче информации, а также ее обмену между организмом и внешней средой. По аналогии с техническими системами затраты энергии связаны с поддержанием канала передачи информации, то есть обеспечением потребной пропускной способности канала; последняя напрямую связана с шенноновской информацией и термодинамической температурой.

Полевая самоорганизация биосистем. Электромагнитная полевая самоорганизация биосистемы проиллюстрирована на рис. 3.5. Исходным моментом может рассматриваться осцилляция клеточного диполя, параметры которого и характеристики инициируемого клеточного ЭМП, тесно и дуалистично связанного с акустоэлектрическими колебаниями, определены в

работе⁴². Таким образом, клеточное ЭМП $\{\vec{E}_{кл}, \vec{H}_{кл}\}$ характеризуется детерминированными частотой $\omega_{кл}$ и энергией $F_{кл}$.

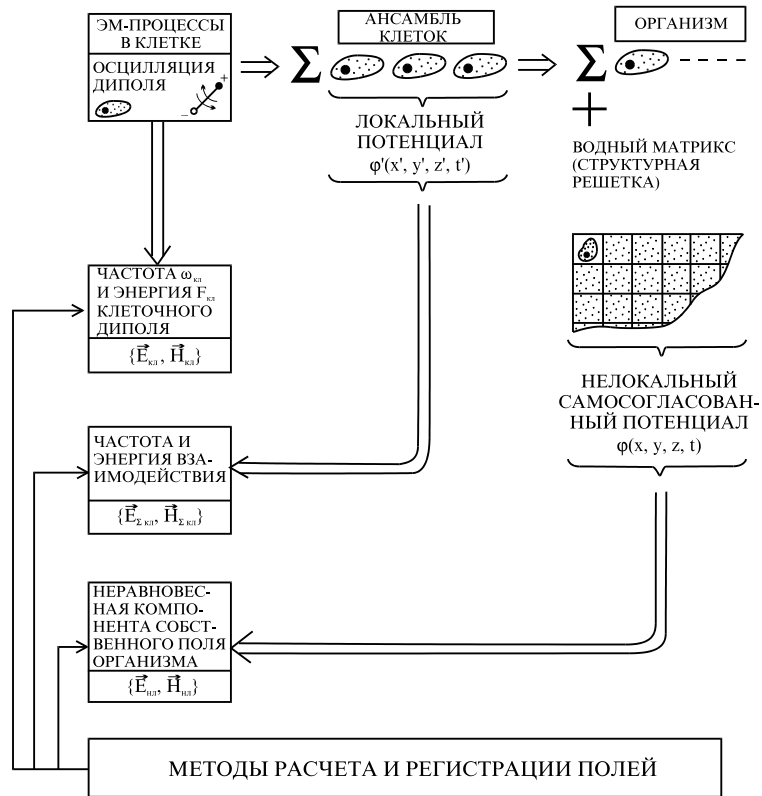


Рис. 3.5. Электромагнитная полевая самоорганизация биосистемы

Соседние клетки, то есть агрегация или ансамбль клеток, характеризуется некоторым самосогласованным ЭМП с локальным временным потенциалом $\varphi(x', y', z', t')$. Именно последний на уровне агрегации придает суперпозиционному хаосу — ввиду реальной расфазировки клеточных ЭМП, то есть практическому «нулевому» полю агрегации — когерентный характер.

Здесь ансамбль или агрегацию не следует понимать как нечто дискретно-геометрически определенное, то есть стабильную совокупность N -клеток, с которой соседствуют другие совокупности M , L , ... клеток. Имеется в виду динамически переходящая агрегация, то есть та их геометрически не определенная совокупность, которая в каждый текущий момент времени t' фиксируется перемещающимся наблюдателем — в терминах теории относительности.

Суммарное, то есть когерентное ЭМП ансамбля клеток $\{\vec{E}_{\Sigma KЛ}, \vec{H}_{\Sigma KЛ}\}$ также будет характеризоваться детерминированными частотой и энергией взаимодействия; мера последней определяется действием локального потенциала $\varphi'(x', y', z', t')$ и степенью достижимой когерентности локально-суммарного поля.

Наконец, третий и высший — в рамках организма — уровень полевой самоорганизации биосистемы имеет вещественным базисом структуру целостного организма; ее мы представляем моделью «китайской стены» (термин наш), то есть совокупностью всех клеток организма, межклеточный водный матрикс которого образует структурную решетку.

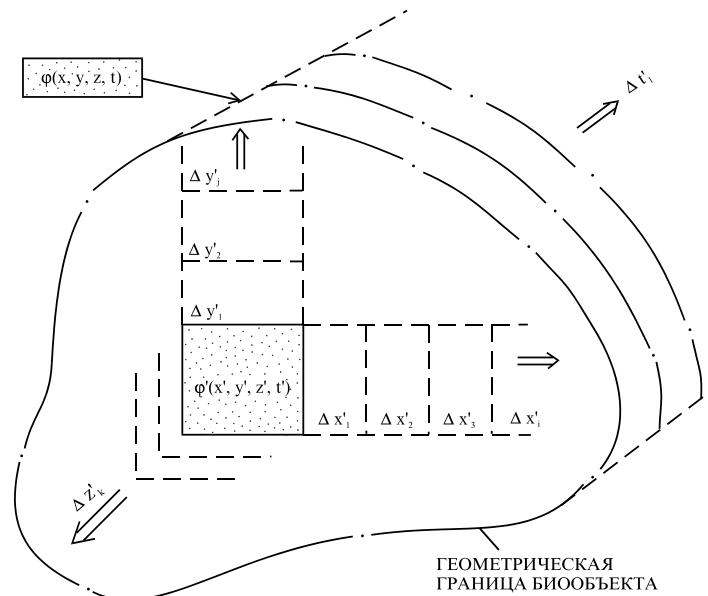


Рис. 3.6. К формированию нелокального самосогласованного потенциала биосистемы

Нелокальный самосогласованный потенциал целостного организма $\varphi(x, y, z, t)$ формируется как геометрическое $\Delta(x', y', z')$ и временное $\Delta t'$ распространение «зоны когерентности» на весь организм (рис. 3.6), причем, как уже было пояснено выше, это распространение идет не от какого-то единичного центра когерентности, как упрощенно показано на рис. 3.6, а от каждой клетки биосистемы; аналогия с кристаллизацией — превращением в лед — воды. Кстати и в нашем случае роль водного матрикса в процессах полевой самоорганизации самоочевидна. Математическую же модель роста зоны когерентности в плоскости сечения организма (x, y) можно представить в 0-м приближении фрактальной формулой Мандельброта $z = z^2 + C$, где z — комплексная переменная; C — динамически изменяющийся коэффициент^{144, 207}.

С потенциалом $\varphi(x, y, z, t)$ связана основная полевая характеристика целостного организма — неравновесная компонента собственного поля организма $\{ \vec{E}_{кл}, \vec{H}_{кл} \}$.

Таким образом, полевая иерархическая организация биосистемы отвечает основному принципу самоорганизации, то есть наличие нелокального самосогласованного потенциала, действие которого проявляется в сложной, но тесно взаимосвязанной конструкции ЭМП, создает наиболее устойчивую форму организации биосистемы, позволяющей ей функционировать как целостному организму на фоне окружающей среды и в неразрывном единстве с ней. При этом полевая системная организация является открытой, синергичной, нелинейной, неравновесной.

Информационно-полевая самоорганизация биосистем с позиций фундаментальных законов природы. Данные выше толкования самоорганизующих принципов информационного и полевого (волнового) содержания биосистемы подразумевают единство информационно-полевой самоорганизации. Определение последнего целесообразно дать с позиций фундаментальных законов, то есть с позиций законов квантовой механики.

Исходная мысль впервые, насколько нам известно, была сформулирована С. П. Ситько (см.^{257, 264}) и сводится к тому, что определять живое (на фоне неживого) как принципиально отличный вид материи со своими фундаментальными законами существования есть абсурд. Однако еще выдающийся русский ученый Н. А. Умов, имя которого носит (в паре с Пойнтингом, хотя последний дал лишь частную формулировку и то спустя 10 лет после Умова) фундаментальный физический закон о волновом процессе переноса энергии, в своей работе «Физико-механическая модель живой материи» обосновал единство живого и неживого в их взаимосвязи и гар-

монии, роль ЭМП в передаче информации между биосистемами, клеточную первооснову в физическом структурировании живого и пр.

Действительно, рассуждая материалистически, было бы странным утверждать о фундаментальной специфике живого вещества. Здесь мы сталкиваемся, скорее всего, с неискоренимой в психике и мышлении людей уверенности в своей природной исключительности, а значит и особой организации всего живого, хотя даже из школьных курсов органической химии и биологии ясно прослеживается непрерывная цепочка происхождения живого из неживого... Эту цепь не прерывает даже два основных качественных скачка: возникновение ДНК и мышления *homo sapiens*.

Таким образом, единство неживого и живого требует и фундаментального, то есть квантового, обоснования последнего в аспекте самоорганизации. По концепции С.П. Ситыко живое вещество есть четвертый — после ядерного, атомного и молекулярного — уровень квантования. Таким образом, «квантовая лестница» Вайскопфа дополняется еще одной ступенькой (рис. 3.7).

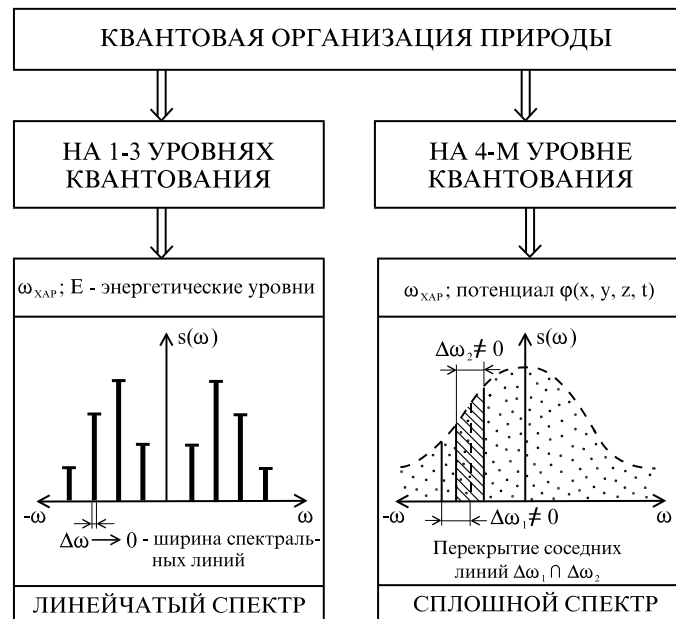


Рис. 3.7. Спектральные характеристики на различных уровнях «квантовой лестницы» Вайскопфа

Согласно основным принципам квантовой механики, то есть тождественности и дискретности, обеспечивающих дифференциальную структурную устойчивость, на 1—3 уровнях квантования объект характеризуется собственными характеристическими частотами $\omega_{\text{хар}}$, образующими спектр $S(\omega)$, и энергетическими уровнями E . На этих уровнях спектр являясь выраженным линейчатым, что характерно для микроскопических квантовых систем. Поэтому, для перенесения основных принципов квантовой механики на живые, то есть макроскопические — предполагаемые как квантовые — системы необходимо обосновать наличие тех же индивидуальных характеристик у последних. То есть необходимо обоснование определенно-формализма, который для макроскопических систем сводится к формированию нелокального самосогласованного потенциала для целостного организма и собственных характеристических частот.

Как показывает более чем четвертьвековая практика крайневысококачественной терапии²⁵⁷, однозначно можно утверждать о наличии таких частот в КВЧ-диапазоне 40÷70 ГГц. Однако спектр $S(\omega)$ здесь сплошной (рис. 3.7), что просто объясняется конденсированным характером живых сред. Однако, коль скоро характеристические частоты *де-факто выявлены* для живого вещества, то для них и существует пространственно-фазовая когерентность (Г. Фрелих²⁵⁷ объясняет ее некоторыми силами эффективного дальнего действия — эквивалентом соответствующих сил на 1—3 уровнях квантования).

Сплошной же спектр $S(\omega)$ при наличии детерминированных частот $\omega_{\text{хар}}$ можно объяснить «иерархией диссипативных систем», что приводит к расширению спектральных линий ($\Delta\omega_i \neq 0$), а перекрытие соседних линий ($\Delta\omega_1 \cap \Delta\omega_2$) и создает эффект сплошного спектра. В качестве активных центров в живом веществе естественно надо полагать клетки, в которые структурно вложены по снижающей иерархии субклеточные образования вплоть до ДНК. Верхние уровни иерархии идут от клетки до целостного организма. Все это в совокупности и создает нелокальный потенциал, характеристические частоты с выраженной когерентностью (амплитудно-фазовой). Как показал Хакен²¹⁴, в когерентной самоорганизующейся системе возникает устойчивый предельный цикл, то есть формируется потенциал $\varphi(x, y, z, t)$, который и характеризует биосистему — целостный объект квантовой механики.

Этот потенциал квантуется, как уже говорилось выше, совокупностью активных центров всех иерархических уровней. Для иллюстрации этого утверждения на рис. 3.8 приведена схема соотношения волновых полей, инициируемых на достаточно отдаленных иерархических уровнях: наиболее низкие уровни (ниже только уровень ДНК) — клеточный и субклеточ-

ный и один из высших — организменный уровень, характеризующийся биоритмическими колебаниями. Несмотря на взаимную частотную удаленность, связь этих волновых процессов является тесной и существенной для нормального функционирования организма, то есть в физическом аспекте — для равновесности потенциала $\varphi(x, y, z, t)$. В частности, для структур, резонансные частоты которых лежат в КВЧ-диапазоне (клетка), частоты 5—20 Гц являются диапазоном «биологического неприятия»; это утверждается и экспериментальное подтверждение дано нами²⁵⁷⁻²⁶²; там же дается возможное объяснение этого факта. Для структур с резонансными частотами от ИК до УФ экспериментальных данных не имеется, но гипотетически диапазон «биологического неприятия» присутствует и здесь.

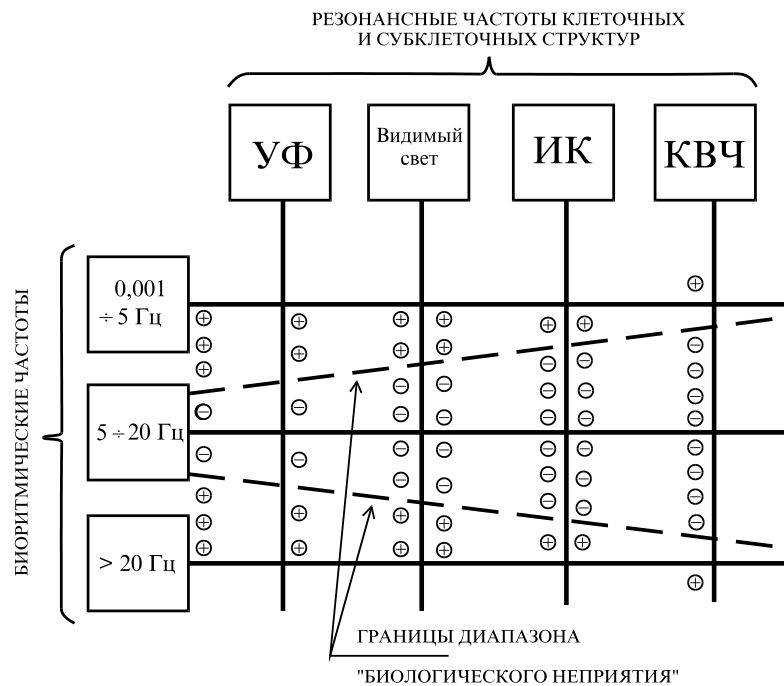


Рис. 3.8. Схема соотношения резонансных и биоритмических частот в спектре суммарного ЭМП организма

Теперь рассмотрим с квантово-механических позиций информационный аспект самоорганизации биосистем. Энергоинформационные характе-

ристики квантово-механических систем обычно связываются с принципом неопределенности Гейзенберга, функцией распределения Вигнера, энергией гармонического осциллятора и пр. Однако базовым является исследование степени упорядоченности состояний квантовой системы, описываемой соотношением Гейзенберга.

Если $f(x, p, t)$ есть функция Вигнера, которая может характеризовать как неравновесное стационарное, так и нестационарное состояние, то, согласно Ю.Л. Климонтовичу¹¹⁹, информация открытой квантовой системы — по x и p соответственно — определяется как

$$\begin{aligned} \tilde{I}[x, t] &= \tilde{S}_o[x] - S[x, t] \geq 0, \\ \tilde{I}[p, t] &= \tilde{S}_o[p] - S[p, t] \geq 0. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Соотношения (3.7) имеют тот смысл, что любое стационарное или неравновесное, но — возбужденное состояние открытой квантовой системы является более информативным, нежели любое иное, то есть основное (перенормированное) состояние. Для основного состояния квантовой системы информация Шеннона равна нулю.

Дальнейший анализ информации для открытых квантовых систем опять-таки приводит к адекватности понятий информации «разность энтропий» и «разность свободной энергии». Таким образом, информационно-полевая самоорганизация квантовых и непрерывных систем сходится в едином — энергетическом базисе.

Выполненный выше анализ информационно-полевой самоорганизации открытых систем и биосистем в частности, как высшего развития принципа самоорганизации, позволяет сделать важные для понимания сущности живого выводы. *В том числе и в аспекте памяти.*

Несомненно, что системный анализ процессов функционирования объектов живого мира приводит к определенной абстракции в рассмотрении их физических и биологических характеристик, однако это есть крайне полезная абстракция, а точнее — переход на высший иерархический уровень анализа систем без подразделения последних на «живые» и «неживые» (природные, технические). Это позволяет применять в отношении биосистем все богатство методов системного анализа, выработанных теоретической и прикладной (технической) физикой, одновременно учитывая все особенности строения и функционирования живого вещества.

Что же касается качества самоорганизации, то здесь именно рассмотрение биосистемы с позиций физики открытых неравновесных систем позволяет создать законченное учение; тому подтверждение исследования Н. А. Умова, И. Пригожина, Г. Селье и Г. Хакена.

Далее рассуждая, вычленим из совокупности факторов самоорганизации два: полевой электромагнитный и информационный (энтропийный). В структурной схеме самоорганизации биосистемы последние образуют полевой «каркас», поддерживаемый вещественным остовом живой материи, являющийся, в свою очередь, материальным носителем биоинформации. Последняя же в структуре самоорганизующейся биосистемы является регулятором энтропийного содержания и процессов обмена свободной энергией, которые, являясь своего рода взаимными «аннигиляторами», поддерживают гомеостаз и метаболизм организма, то есть его самоорганизующуюся сущность.

Поэтому можно аргументированно утверждать, что для биосистемы основой самоорганизации является онтологическое единство полевого «каркаса» и его информационного наполнения.

Возвращаясь к основной тематике книги настоящей, можно утверждать, что все без исключения положения информационно-полевой самоорганизации характерны и присущи механизмам организации и функционирования памяти в контексте содержания леммы 3.1. Более того, при внимательном ознакомлении с изложенной выше концепцией (а книга рассчитана именно на вдумчивого читателя... если таковые еще остались; на утилитарно-прагматичном Западе-Востоке их уже давно нет) практически не остается «темных мест»^{*} в двух важных аспектах: соподчинение собственно мозговой (головной) памяти и памяти эволюционно-геномной. Более того, авторская концепция ИММП существенно дополняется и расширяется с учетом фактора информационно-полевой самоорганизации. Сказанное не требует отдельных доказательств и поясняющих рассуждений.

Теперь перейдем к базовой теме настоящего параграфа: эволюционная (геномная) память живого — с экспериментальным, биофизическим обоснованием ее в контексте КВЧ-облучения организма¹⁹⁵.

Настоящее теоретико-экспериментальное исследование посвящено феномену «эволюционной памяти» живого. Выполненные экспериментальные исследования на животных (мышях) выявили отдаленные патоморфологические реакции на низкоинтенсивное КВЧ-воздействие, заключающееся в стойком угнетении процессов пролиферации и дифференцировки клеток. Выдвинута научная гипотеза о феномене эволюционной памяти. Гипотеза рассмотрена с позиций авторской концепции, а также с привлечением концепций физики живого, синергетики и других теорий, объясняющих

^{*} Термин из ностальгических советских времен; тогда на информационных стендах всех научно-исследовательских и промышленных предприятий периодически обновлялся список под названием «Темник узких мест» — для изобретателей и рационализаторов.

взаимодействие высокочастотных электромагнитных полей с живым веществом.

В контексте настоящей книги феномен эволюционной памяти интересен тем, что именно в нем проявляется эффект «запоминания» предшествующих — по всей эволюционной цепи — сигнальных воздействий ЭМП. Таким образом, в рамках электромагнитной сигнализации в живой природе мы имеем дело не только с динамикой процесса, то есть с адекватной реакцией живого организма на информационное ЭМ-воздействие, но и с аккумулярованием (восприятием — обработкой — хранением) информации, получаемой от живой природы посредством ЭМП.

Тематика взаимодействия физических, прежде всего электромагнитных, полей с живым веществом в последние 15—20 лет является доминирующей в биофизике, биологии сложных систем, теории функциональных систем. Это объясняется достигнутым уровнем знания, позволяющим вплотную приступить к этому сложнейшему вопросу жизнедеятельности, тем более — механизмам памяти.

Накопленный авторами опыт исследований в данной области, следуя логике расширения знания по схеме «анализ → синтез», побуждает обращать внимание на более тонкие эффекты, проявляющиеся в экспериментах по облучению ЭМИ биообъектов. Именно анализ всей совокупности открывающихся факторов позволяет построить, то есть синтезировать, ясную картину происходящих процессов.

Ниже рассматривается в экспериментально-теоретическом плане аспект «эволюционной памяти» (далее по тексту это словосочетание употребляется без кавычек), которое многое, на наш взгляд, объясняет в плане научном, в сложном механизме взаимодействия ЭМИ биоинформационной (нетепловой) интенсивности с живым веществом, особенно — в интересующем нас плане организации и функционирования памяти живого.

Категория эволюционной памяти. Рассматривая различные аспекты жизнедеятельности, биологи, особенно специализирующиеся в теории функциональных систем и самоорганизации биосистем, уже уверенно пользуются терминами «биологическое время», «эволюционное время»; эта традиция, заметим, восходит к основополагающим работам И. Пригожина и Г. Хакена по самоорганизации и термодинамике открытых систем. При этом эволюционное или биологическое время по определению отделяется от времени физического, применимого к неживой природе. Наша концепция неоднозначности определения времени разработана в предыдущих томах серии «ЖМФН». А раз есть эволюционное время, то логически непротиворечивым является и введение в биологию сложных систем категории эволюционной памяти. Причем, как мы убедимся ниже, эта категория не

является сугубо формализованной, но несет в себе глубокий общебиологический смысл. Для введения в проблематику работы приведем два характерных примера.

Рассмотрим первооснову организации жизни — молекулу ДНК, точнее говоря, ее информационное содержание. В работах А. А. Арзамасцева (см.¹⁹⁵) и А. Е. Виноградова⁴⁴ была исследована оптимальность информационного кода ДНК. При этом учитывался тот фактор, что в процессе эволюции с усложнением организации живой материи увеличивается длина (L) цепи ДНК. Так по Р. Флиндту для *homo sapiens* $L = 3 \cdot 10^9$, а, например, для наиболее примитивной, то есть изначальной в эволюции, организации жизни бактериального вируса ФХ174 длина кодовой последовательности $L = 5386$. Цифры, конечно, несопоставимые.

Длину цепи ДНК, с информационной точки зрения, можно определить как $L = \ln N / \ln n$, где N — число кодируемых в ДНК возможностей, а n — оптимальное число букв в алфавите ДНК. Если решить задачу оптимизации числа n , соответствующего L в конкретной ДНК, то получим, что «действующий» алфавит (A, C, G, T) является оптимальным только для вирусов. Уже для бактериофага λ и бактерии *E. coli* оптимальными будут алфавиты с числом букв 13 и 245, соответственно, а для *homo sapiens* $n_{\text{опт}} = 47780$ (!). Отметим, что оптимальность алфавита и кодируемой с его помощью информации подчиняются законам синергетики (Г. Хакен), регулирующим основные процессы жизнедеятельности. Однако в данном случае эти законы нарушаются. Причина понятна: живая природа не может перестраивать в процессе эволюции основополагающие ее (аминокислотные) конструкции. Таким образом, мы имеем дело с эволюционной памятью.

Другой пример связан с попытками авторов реконструировать методами экспериментального моделирования последствия влияния ЭМИ КВЧ на живое вещество в процессе его эволюции. В особенности нас интересовало последствие эволюционного периода отдаленных *биогеохимических эпох* (по В. И. Вернадскому), когда, с одной стороны, в достаточно простых формах организации живого (простых, но уже обладавших всеми структурными признаками органно-системной организации современных высших форм) была окончательно намечена вся сложная «программа» эволюции живого, с другой — неустоявшаяся еще геотектоника Земли; атмосфера, магматические процессы и другие неустойчивые биогеохимические новообразования постоянно изменяли интенсивность воздействия на живые объекты ЭМП во всех диапазонах длин их волн: от низкочастотных, акустоэлектрических полей непрерывных гроз до жесткого ультрафиолетового, рентгеновского и гамма-излучений космоса, учитывая переменчивость фильтрующих свойств неустоявшейся атмосферы Земли. Вне всякого со-

мнения, менялась и неустойчивость природных КВЧ-полей, тем самым постоянно изменяя характеристики нормы восприимчивости к ЭМИ КВЧ, а следовательно и интенсифицируя процессы адаптации.

В качестве объекта моделирования использовались бесхвостые амфибии *Bufo viridis* (сеголетки зеленых жаб); исследовалось влияние ЭМИ КВЧ — на частотах 34,52 ГГц и 35,20 ГГц — на индукцию микроядер. Анализ результатов облучения проводился по исследованию периферической крови и показал, что воздействие ЭМИ КВЧ подавляет деление клеток, и следствием этого процесса является снижение частоты образования микроядер.

Оценивая результаты модельного эксперимента, можно утверждать, что в отдаленные биогеохимические эпохи воздействие природных ЭМП, включая ЭМИ КВЧ, в достаточной степени изменяли норму (N), вызывая соответствующие компенсаторные механизмы адаптации (A). Но, поскольку эти воздействия в течение длительных периодов времени носили стохастический характер ($\pm \text{var } N \rightarrow \pm \text{var } A$), то живые организмы и составляющие их клеточные структуры получили своего рода «электромагнитную тренировку».

Поясним сказанное. Норма и адаптация для живого организма есть понятия, очень тесно связанные и динамически изменяющиеся в процессе эволюции. Можно допустить, что они связаны некоторым эволюционным уравнением:

$$A \left[v_{t_{эв}} ; \frac{\partial^n}{\partial t_{эв}^n} \sum_{i=1}^n P_i(t_{эв}) \right] = F \left\{ N \left[\eta_{t_{эв}} ; \frac{\partial^k}{\partial t_{эв}^k} \sum_{j=1}^k \Pi_j(t_{эв}) \right] \right\}, \quad (3.8)$$

где функциональная зависимость F адаптации от нормы является многопараметрической и выраженной нелинейной. Как следует из (3.8), адаптация и норма являются функциями от параметров $v_{t_{эв}}$ и $\eta_{t_{эв}}$, соответственно — параметров эволюционного времени, то есть, в отличие от времени физического, не обладающего качеством равномерности (эквидистантности). По всей видимости, в этом смысле понимает его и И. Пригожин¹⁶³. Нелинейность уравнения (3.8) обуславливается зависимостью параметров P_i и Π_j адаптации и нормы, соответственно, от эволюционного времени.

С учетом (3.8) результаты модельного эксперимента можно трактовать в том смысле, что нормой восприятия ЭМИ КВЧ в каждый последующий эволюционный период становится некоторый диапазон допустимых изменений последней с соответствующим диапазоном изменения компенсирующей адаптации:

$$\Delta A[v_{t_{эв}} ; \dots] = F \{ \Delta N[\eta_{t_{эв}} ; \dots] \}. \quad (3.9)$$

(Остальные параметры в (3.9) идентичны параметрам в (3.8)). Эти изменения в процессе эволюции не исчезают без следа, но сохраняются в форме эволюционной памяти, причем эта память хранится не только в структуре ДНК живого, но и во всем структурообразовании — от клеточных структур до механизмов мышления,— проходя через эволюционное развитие форм живых организмов.

В этом конкретном смысле мы и используем понятие эволюционной памяти.

Отдаленные патоморфологические реакции на воздействие ЭМИ КВЧ на организм. Как уже говорилось, исследования влияния на живой организм когерентных ЭМИ КВЧ нетепловой интенсивности активно проводятся в настоящее время. Тульской научной школой биофизики полей и излучений получены и обобщены результаты, позволяющие аргументированно утверждать, что при таких воздействиях происходит активация собственных клеточных ЭМП; это и является биофизической основой использования эффектов ЭМИ КВЧ.

Однако, проводимые авторами исследования (см. библиографию) показали и определенную невозможность устранения необратимых нарушений гомеостаза в результате воздействия ЭМИ на целостный организм. Также констатируется и сложность биологических эффектов воздействия ЭМИ КВЧ, многообразие форм их проявления. Характер наблюдаемых эффектов определяется как физическими параметрами излучения, так и собственными параметрами функциональных систем организма.

Излучение КВЧ-диапазона, активизируя собственные ЭМП клеток, может вызывать как позитивные, так и негативные по биологической значимости отклики организма. Собственно работа функциональных систем под действием ЭМИ КВЧ может существенно трансформироваться, приобретая патологические черты, вплоть до формирования необратимых изменений, в том числе ведущих к летальному исходу.

Обширную и достоверную информацию о возможности развития негативных процессов дает изучение отдаленных результатов воздействия на организм ЭМИ КВЧ, тем более, что в литературе мы не нашли сколь-либо аргументированных и подтвержденных экспериментами работ по этой тематике. Еще раз подчеркнем, что исследуются отдаленные результаты облучения ЭМИ КВЧ в «терапевтических дозах».

В качестве объекта исследования были использованы мыши линии С57/В16 и рандомбредные мыши. Использовался режим облучения: $f_{\text{раб}} = 37$ ГГц; приведенная с поверхности биообъекта мощность $P_{\text{пр}} \leq 0,3$ мВт/см²; время облучения $t_{\text{об}} = 15$ минут.

В процессе эксперимента ставилась задача оценки динамики морфофункциональных изменений, ранее зафиксированных у крыс линии *Vistar* в течение первых семи дней после облучения ЭМИ КВЧ с теми же режимами. Одновременно учитывались биологические эффекты, полученные в экспериментах на микроорганизмах и *Drosophila melanogaster*, в том числе негативного характера типа уменьшения осмотической резистентности мембран эритроцитов, сопровождающееся уменьшением проницаемости мембран для ионов калия на 30—40 %, что связано с изменением потенциала пробоя²⁵⁷.

Как было установлено в первом этапе исследований, непосредственно после облучения организма ЭМИ КВЧ, клетками-мишенями, наиболее остро реагирующими на облучение, являются клетки красного костного мозга (ККМ), периферической крови, гепатоциты, а также сосуды микроциркуляторного русла. Именно поэтому при изучении отдаленных результатов КВЧ-облучения эти структуры являются объектами первоочередного внимания.

Результаты исследования. Наблюдение за подопытными мышами на протяжении 6 месяцев после воздействия ЭМИ КВЧ позволило выявить следующие биологические эффекты: у 75 % животных наблюдалось агрессивное поведение и отсутствие репродуктивной функции; в 15 % случаев было зарегистрировано мертворождение и гибель новорожденных мышат в течение первых 2—3 суток. Потомство было получено только у 10 % животных. Спустя 5—6 месяцев зафиксирована гибель 5 подопытных мышей; у 60 % облученных мышей зарегистрировано прогрессирующее снижение веса, выпадение шерсти, трофические изменения на кожных покровах (рис. 3.9).

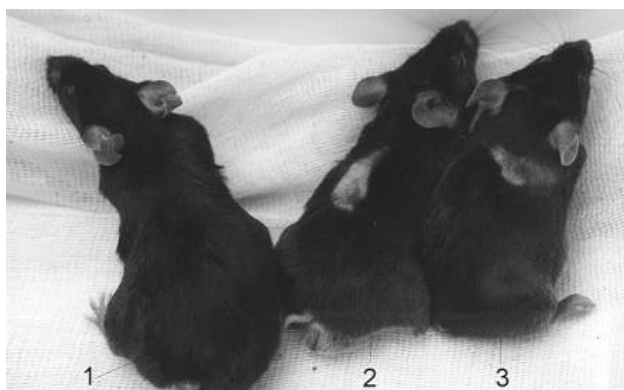


Рис. 3.9. Внешние изменения у мышей: 1— контрольная мышь; 2, 3 — опытные мыши



Солнце — источник жизни. Чтобы понять все метаморфозы на пути от солнечного света и тепла до обретения Неким ученой степени, следует, отринув все соблазны спокойной жизни, по шаткой лесенке из терновника пробиться через соблазны наград и громы-молнии богожителей науки, добраться до истины. Если, конечно, она вас не испелит своей изначальной простотой...

Было проведено исследование морфологических изменений в органах и тканях оставшихся в живых мышей. Морфологическому исследованию были подвергнуты ККМ, периферическая кровь, ткань печени, почек, надпочечников и головного мозга.

Наиболее тяжелые изменения были выявлены в ККМ и периферической крови. Изменения со стороны ККМ характеризовались угнетением костномозгового кроветворения, отсутствием переходных форм. В мазках ККМ выявлены только бластные клетки, что указывает на отсутствие пролиферации и дифференцировки клеток крови (рис. 3.10).

Картина периферической крови характеризовалась агранулоцитозом и лимфопенией. Наблюдались единичные лимфоциты и гиперсегментированные нейтрофилы, эритроциты содержат остатки ядер; выраженный макроцитоз, анизо- и пойкилоцитоз (рис. 3.11—3.13).

Выявленные изменения свидетельствуют о формировании у подопытных животных иммунодефицитного состояния и диспластической анемии.

Исследование ткани печени выявило наличие дистрофических изменений в гепатоцитах в виде зернистой и гидропической дистрофии, гипертрофия ядер и высокую митотическую активность во всех зонах классических печеночных долек, что свидетельствует о высокой активности регенераторной дистрофии (рис. 3.14).

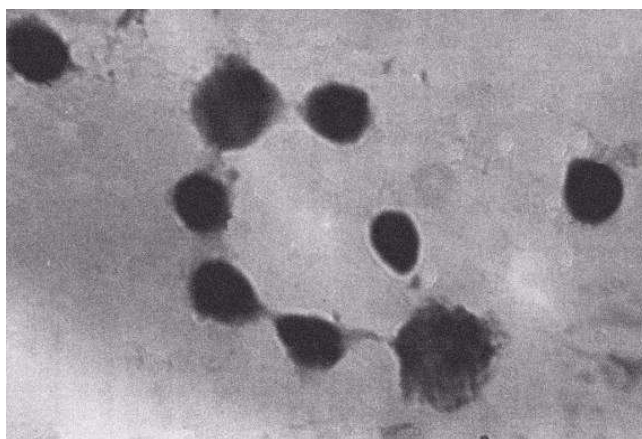


Рис. 3.10. Гипоплазия красного костного мозга; увеличение $\times 700$

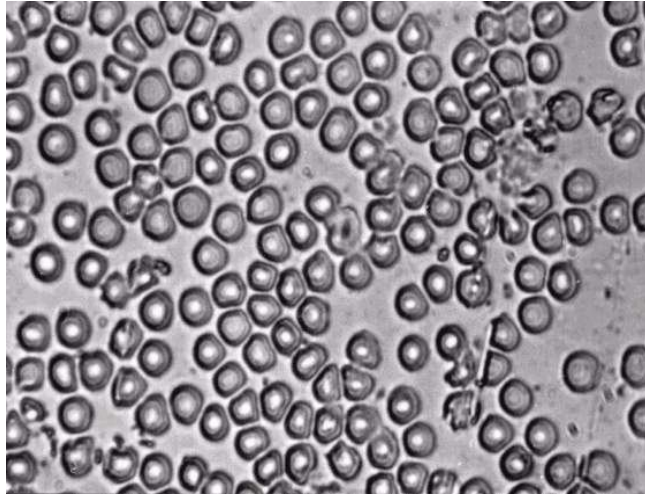


Рис. 3.11. Изменения в периферической крови: агранулоцитоз, анизо- и пойкилоцитоз; увеличение x360



Рис. 3.12. Изменения в периферической крови: лимфопения, единственный лимфоцит в мазке крови; увеличение x700

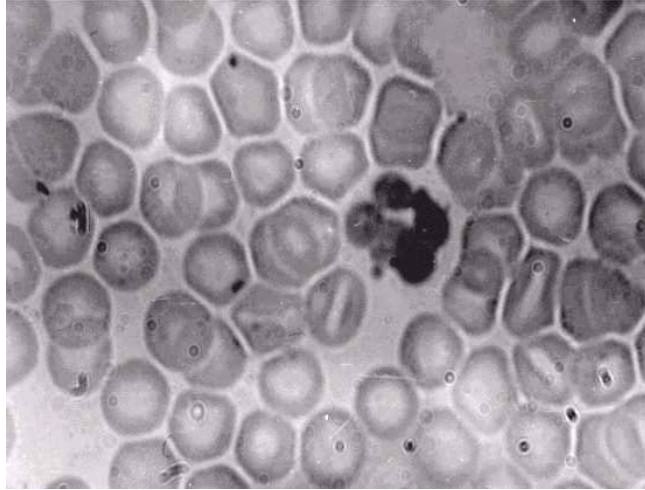


Рис. 3.13. Изменения в периферической крови: агранулоцитоз; единственный гиперсегментированный нейтрофил в мазке крови; ядросодержащие эритроциты; увеличение $\times 700$

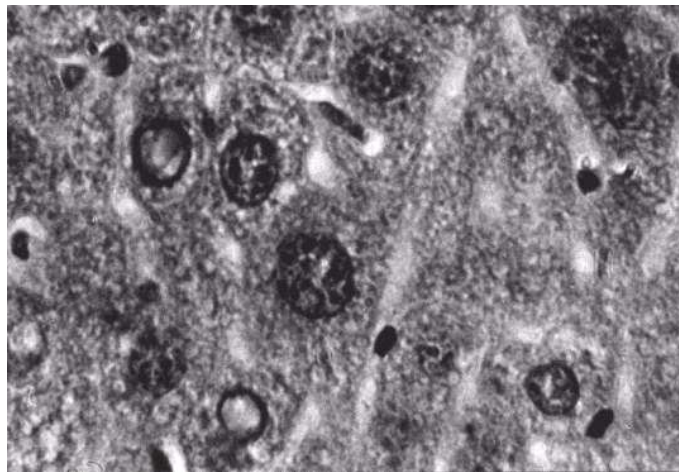


Рис. 3.14. Гипертрофия ядер гепатоцитов, выраженная митотическая активность; дистрофические изменения гепатоцитов; увеличение $\times 360$

Авторы не склонны объяснять высокую митотическую активность гепатоцитов только результатом воздействия ЭМИ КВЧ, так как в данном случае нельзя полностью исключить реакцию печени на действие токсических продуктов метаболизма и (или) антигенную стимуляцию. Вместе с тем, нельзя исключить и прямое повреждающее действие на генетический аппарат клеток ЭМИ КВЧ, ведущее к диспластическим процессам и проявляющееся в нарушении процессов как пролиферации, так и дифференцировки клеток, о чем свидетельствует снижение количества двухъядерных гепатоцитов до 3—5 % на фоне высокой митотической активности. В связи с этим целесообразно провести параллель между диспластическими изменениями в ККМ и наличием дисплазий в ткани печени.

В ткани почек наиболее значительные изменения зафиксированы в почечных клубочках. Выявлено расширение сосудистых петель, сопровождающееся интерпозицией мезангия и интра- и экстракапиллярными, преимущественно иммуннокомплексными, отложениями. Изменения в почечных канальцах характеризовались зернистой и гидропической дистрофией (рис. 3.15).

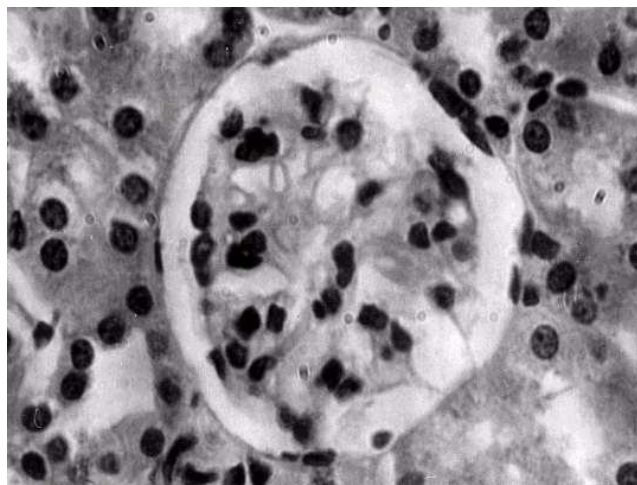


Рис. 3.15. Расширение сосудистых петель почечного клубочка, интерпозиция мезангия, интра- и экстракапиллярные отложения; увеличение $\times 360$

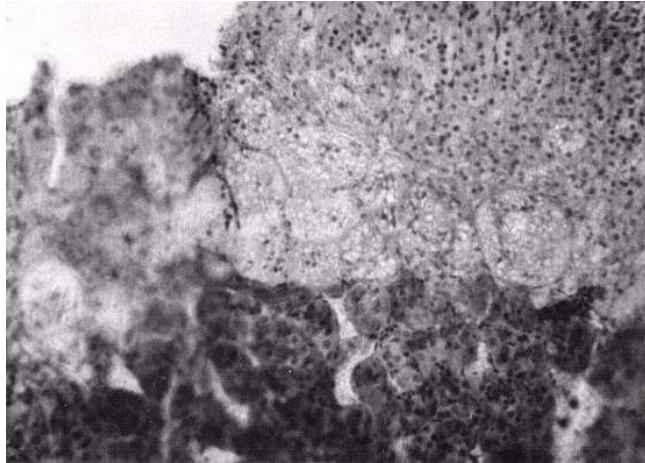


Рис. 3.16. Гипертрофия коркового и мозгового слоев надпочечника; в цитоплазме клеток мозгового слоя множественные гранулы липофусцина; кровоизлияния в мозговой слой; увеличение $\times 360$

Морфологические исследования надпочечников выполнены с учетом их большой роли в формировании как адаптивных реакций, так и патологических изменений на системном уровне. Визуально у всех мышей была зафиксирована гипертрофия надпочечников, которую можно рассматривать как адаптивную реакцию в ответ на повреждение, вызываемое ЭМИ КВЧ. При микроскопическом исследовании выявлена гипертрофия как коркового, так и мозгового слоев надпочечников с множественными кровоизлияниями в них (рис. 3.16). Наиболее выраженной гипертрофии подвержены клетки мозгового слоя, в цитоплазме которых выявлены множественные гранулы липофусцина. Указанные изменения свидетельствуют о гиперфункции надпочечников, которую можно рассматривать как адаптивную реакцию на действие повреждающего фактора ЭМИ КВЧ.

Таким образом, сравнение отдаленных патоморфологических эффектов с результатами, полученными в ранние сроки после воздействия ЭМИ КВЧ, позволили проследить две стадии ответной реакции. Первичная реакция формируется непосредственно после воздействия ЭМИ КВЧ и наиболее ярко выражена в течение первой недели, характеризуется стимуляцией процессов регенерации. Реакция выражена как в клетках, изначально обладающих высокой митотической активностью (ККМ), так и в высокодифференцированных клетках, со стороны которых наблюдается внутриклеточная

регенерация, следствием которой является регенераторная гипертрофия ткани печени. Указанные изменения сопровождаются повышением активности микроциркуляции и формированием артериальной гиперемии.

Выявленные первичные реакции *временно приводят к формированию положительных биологических эффектов*, направленных на устранение повреждения. Отдаленные результаты свидетельствуют о формировании негативной реакции, проявляющейся *угнетением процессов пролиферации и дифференцировки клеток*, диспластических изменений, формированием трофических нарушений, снижением резистентности организма, формирующейся на фоне истощения стрессорных систем.

Выделенные выше слова являются выводами из проведенных экспериментальных исследований и имеют чрезвычайной важности значение для развития темы настоящей работы, к чему мы ниже вернемся.

Гипотеза о факторе эволюционной памяти в контексте КВЧ-облучения организма. Результаты проведенных и рассмотренных выше экспериментальных исследований позволяют акцентировать внимание на таком факте, как угнетение процессов пролиферации и дифференцировки клеток, как результата КВЧ-облучения. Это позволяет авторам выдвинуть следующую научную гипотезу, исходя из утвердившихся в современной науке представлений о передаче информации в структурированном (в виде организмов) живом веществе сверхнизкоинтенсивными ЭМП в форме солитонов и голограмм, которые считывают информацию с ДНК, тем самым задавая программу структурирования организма и обеспечение жизнедеятельности.

Заметим, что, в отличие от некоторых новых и весьма «категоричных» теорий типа «волнового генома»^{58, 59}, наша концепция предполагает равное участие во внутриорганизменной передаче информации солитонно-голографических ЭМП, биохимических реакций, электрохимических реакций (в нейронах), кровотока — перечислены по признакам уменьшения скорости информационного обмена. Живой организм является слишком сложной самоорганизующейся системой, чтобы природа не предусмотрела многоуровневого резервирования.

Исходим из того, что воздействие ЭМИ КВЧ является фактором, вызывающим резонанс с собственными ЭМП клеток. Допуская, что солитонные голограммы формируют пространственно-временной «полевой каркас» биосистемы и содержат информацию о полевых (волновых) образах-предшественниках, включая информацию о первичных, наиболее древних эволюционно ДНК и РНК, можно предположить, что ЭМИ КВЧ является фактором, способным растормаживать эти эволюционно древние информационные системы генома современного организма. Учитывая способность собственных клеточных ЭМП к обмену регуляторной информацией на

внутриклеточном, межклеточном, а, соответственно, и тканевом, органно-системном уровнях, растормаживание этой информации следует рассматривать как сигнал, стимулирующий митотическую активность клеток.

Вполне закономерно, что в первую очередь на поступление сигнала реагируют стволовые (камбиальные) клетки с исходной высокой митотической активностью. Это объясняется с эволюционной точки зрения следующим. При возникновении на Земле жизни данная информация имела важнейшее общебиологическое значение; не исключено, что именно непрерывно поступающие сигналы к делению эволюционно первичных клеток явились основополагающими в возникновении, развитии и сохранении жизни на планете. Что же касается наличия таких сигналов, то выше мы уже характеризовали биогеохимическое состояние Земли на момент зарождения жизни с избытком природных полей и излучений.

На тот момент наиболее существенным для «закрепления» живого являлось количественное накопление биомассы, где не было еще места пролиферации и дифференцировке. Именно благодаря постоянным сигналам к делению накопился пул первобытных клеток, достаточный для самоподдержания изначальной клеточной популяции и приведший в процессе естественного отбора к многообразию клеток.

В процессе эволюции, по мере накопления достаточного пула пролиферирующих клеток, сформировались условия и возникла биологическая необходимость в дифференцировке и функциональной специализации клеток. Как следствие, возникли механизмы, контролирующие процессы пролиферации и регулирующие дифференцировку клеток. Эти механизмы сформировались как на уровне генома (например, гены-супрессоры), так и на уровне ферментативных систем, регулирующих процессы деления клеток (регуляторные белки).

Растормаживание праинформационных систем, сохранившихся в эволюционной памяти современных организмов, закономерно влечет за собой стимулирование пролиферации и дифференцировки, поскольку в организме предсуществуют механизмы, обеспечивающие дифференцировку вновь образующихся молодых клеток. Этот эффект и проявляется как первичная реакция организма на воздействие ЭМИ КВЧ, что было зафиксировано в экспериментах: стимуляция костномозгового кровообращения и увеличение содержания лейкоцитов в периферической крови непосредственно после облучения.

Формирование отдаленной, вторичной реакции на воздействие ЭМИ КВЧ можно объяснить тем, что растормаживание митотической активности для современного, высокоорганизованного организма есть биологический нонсенс: включаются механизмы, ограничивающие иммунные, гормональ-

ные, ферментативные процессы. Формирующийся процесс является неадекватным по отношению к основным гомеостатическим показателям и ведет к формированию реакций повреждения, в том числе на уровне генома, следствием чего является блокирование митотической активности и появление мутаций, в том числе патологических.

Нельзя исключать формирование патологических изменений со стороны регуляторных систем, ответственных за процессы пролиферации и дифференцировки клеток. Учитывая, что при морфологических исследованиях были выявлены признаки угнетения пролиферации, следует предполагать, что *первичное повреждение формируется на уровне генома делящихся клеток*.

Таким образом, согласно предположенной гипотезе, включение фактора эволюционной памяти при КВЧ-облучении идет по схеме, приведенной на рис. 3.17.

На схеме выделены три уровня реакций организма на КВЧ-воздействие: I — информационно-полевое взаимодействие на клеточном и субклеточном уровнях; II — первичная позитивная реакция; III — вторичная (отдаленная) негативная реакция.

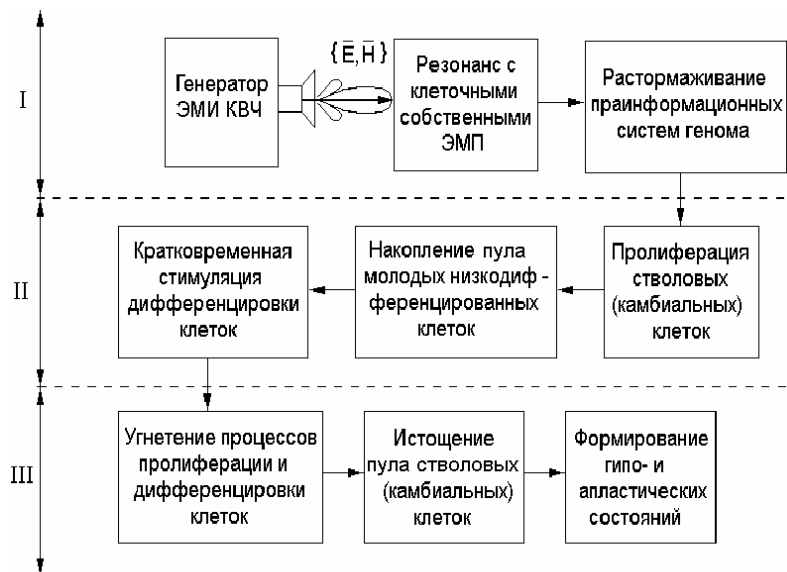


Рис. 3.17. Схема включения фактора эволюционной памяти, как результата облучения организма ЭМИ КВЧ

Что же касается конкретных механизмов, реализующихся непосредственно на клеточном уровне при формировании первичной и вторичной реакций, то следует отметить их многообразие и осуществление по принципам прямой и обратной зависимости или, рассуждая в терминах теории функциональных систем, по принципам положительной и отрицательной обратной связи.

Так, например, в процессе формирования первичной реакции имеет место высокая активность колониестимулирующих факторов ферментативных систем, ответственных за процессы репликации ДНК и трансляции. А на уровне генома нельзя исключать такие механизмы, как активация промоторов, вставка промоторов к «молчащим» генам, «прыгающие» гены, замена нуклеотидных оснований. Как следствие, нельзя исключать возможность растормаживания онкогенов и формирования в более отдаленные сроки злокачественных новообразований.

Из других неблагоприятных последствий* следует учитывать возможность формирования патологических мутаций, ведущих к наследственным заболеваниям, включая летальные мутации. Наиболее вероятными ранними осложнениями являются иммунодефицитные состояния и/или аутоиммунная агрессия. Все это наглядно продемонстрировано в выполненных (см. выше) экспериментах.

Говоря языком образным — не будите спящего зверя! Быть может, природа предусмотрела механизмы сохранения эволюционной памяти именно предвидя, что рано или поздно ее детище, *homo sapiens*, начнет корректировать целеуказания природы, что допустимо только до определенных пределов, кстати, весьма жестко ограниченных.

Комментарии к гипотезе в свете существующих концепций электромагнитобиологии. Рассмотрим выдвинутую гипотезу в контексте наиболее известных теорий взаимодействия ЭМП с живым веществом.**

В теории, изложенной в работе⁵⁹, центральное место отводится концепции кодовых полей распределенной системы хромосомных излучателей — в дополнение к хорошо известному матричному синтезу белков. Эта теория является самосогласованной в том смысле, что из выбранного подхода к анализу функционирования генетического аппарата вытекает механизм

* К сожалению, это не просто предположение; новейшие результаты, полученные авторами, частично подтверждают сказанное, хотя и требуют еще длительных исследований по повторяемости результатов.

** В этом разделе мы принципиально не классифицируем рассматриваемые теории по принципу их признания-непризнания «официальной наукой»; это не входит в нашу задачу, к тому же в определенные периоды для отечественной науки характерна ситуация, хорошо гармонирующая с пословицами: «Нет пророка в отечестве своем» и «Славны бубны за горами...»

фрактальной свертки пространственно-временных характеристик биосистемы в ее хромосомах с учетом соседствующих микроструктур. Кроме фрактальной свертки, этот механизм включает голографическую память и солитонную структуру передачи информации в ДНК. В частности, в работе⁵⁹ анализируется фрагмент многоуровневых эпигенетических отношений (рис. 3.18).

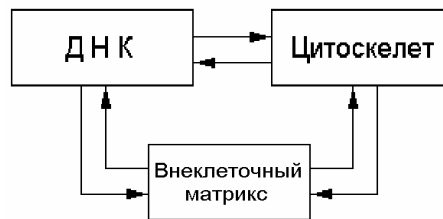


Рис. 3.18. Фрагмент многоуровневых эпигенетических отношений

Согласно схеме на рис. 3.18, воздействие внешнего ЭМИ КВЧ можно рассматривать как источник структурной нестабильности ДНК. Эта спровоцированная нестабильность порождает систему взаимно коррелированных ответов на более низких структурно-динамических уровнях ДНК, чему соответствуют и полевые (голографические, солитонные) отображения, то есть по сути своей — искажение «рабочего» электромагнитного сигнала. Эти искажения ЭМП далее переносятся на системы информационных эпигенетических структур: внеклеточный матрикс и цитоскелет. Далее уже включаются биохимические механизмы, «запоминающие» факт внешнего воздействия в виде ЭМИ КВЧ.

В работе⁵⁹ высказано предположение и о прямом запоминании полевых сигналов (в том числе внешнего воздействия) жидкокристаллическими биосредами, в том числе искаженных внешними ЭМИ КВЧ голограмм, продуцируемых ДНК, тем более, что коллаген, являющийся основой соединительной ткани и внеклеточного матрикса, есть универсальная среда для записи голограмм (на желатине, то есть модификации коллагена, записываются практически все технические голограммы). Остальная цепь патогенеза в аспекте эволюционной памяти строится аналогично рассмотренному выше.

Основоположники науки синергетики, которая лежит в основе современного изучения живого, как самоорганизующихся систем, Г. Хакен²¹⁴ отмечает, что основной вопрос морфогенеза: откуда первоначально недифференцированные клетки знают, где и каким образом дифференцироваться?

Соответственно предполагается и вопрос об эволюционном принципе постоянного образования все новых и новых биоструктур — видов живого, ибо с увеличением числа последних возрастает и объем эволюционной памяти (рис. 3.19).

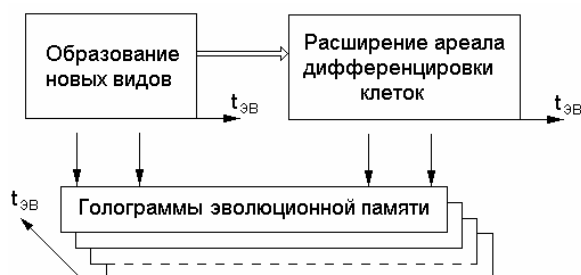


Рис. 3.19. К возрастанию объема эволюционной памяти в процессе развития форм живого

Собственно в отдельно взятой клетке $k_i \in K^i$ не содержится информации о том, что эта клетка должна войти в массив клеток K^i , образующих i -ый вид ткани организма. Хакен приводит известный пример: клетка из центральной части тела эмбриона, пересаженная в головной отдел, развивалась в глаз. Кстати, тщательно осмыслив этот эксперимент, можно прийти к выводу, что... он ничего не доказывает. Отсюда следует вывод, что клетка ткани получает информацию о своем положении от окружающих клеток, после чего следует дифференцировка.

Таким образом, наличествует неоднозначная ситуация: клетка получает информацию о своем последующем развитии, извлекая ее из своего положения в клеточной ткани («позиционная информация»), хотя она же изначально содержит ДНК со всей необходимой программой структурирования организма (?!). Оставим это пока вопросом. Что же касается носителя позиционной информации, то в морфогенезе им полагается биохимическая «праструктура», возникающая при совместном действии биохимических реакций и диффузии биомолекул — морфогенов (аналог в химии — реакция Белоусова-Жаботинского). При достаточно высокой локализации морфогенов в процесс включаются гены, что и приводит к дифференцировке.

Таким образом, классическая молекулярная биология неоднозначно трактует связь дифференцировки с направленностью процессов структурирования организма, а, значит, и уходя от вопроса эволюционной памяти.

В этом смысле другой основоположник — создатель физики живого и квантовой медицины — С. П. Ситько, задаваясь означенным выше вопро-

сом (что же направляет процесс дифференцировки, а значит и структурированности организма?), аргументировано полагает, что основу позиционной информации составляет нелокальный самосогласованный потенциал, поддерживающий квантованное по индивидуальному организму собственное нелокальное ЭМП организма (выше мы уже говорили об этом).

С этих позиций, то есть полагая живое вещество четвертым уровнем квантования в «квантовой лестнице» Вайскопфа (после ядерного, атомного и молекулярного), воздействие внешнего ЭМИ КВЧ можно рассматривать как возмущение нелокального поля, образуемого самосогласованным потенциалом ϕ :

$$\text{var} \left\{ \overline{E}, \overline{H} \right\}_{нл} - \text{grad} \phi = 0 . \quad (3.10)$$

Как следствие неравновесности процессов, описываемые (3.10), это внешнее возмущение сигнала стимулирует действенность нелокального потенциала, активизируя биохимические реакции на клеточном уровне (первичный эффект КВЧ-облучения), но в дальнейшем приводит к нарушению самосогласованности (вторичный, отдаленный эффект). А сущность эволюционной памяти, с квантовой позиции, состоит в вырождении (3.10) в более простую форму описания — возвращение к формам поля для простейших организмов; отсюда и эффекты угнетения пролиферации и дифференцировки.

Кстати говоря, и для других, ниже расположенных в «лестнице Вайскопфа» уровней квантования возмущение потенциала приводит к вырождению в более простые формы; ядерная физика дает тому массу примеров.

Наконец, еще одна наглядная аналогия радиофизического порядка: воздействие внешнего возмущения на СВЧ (КВЧ) волноведущую систему, работающую на высших модах, приводит к рассогласованию системы с переходом процессов на простейшие волноводные колебания.

Предложенная выше феноменологическая гипотеза эволюционной памяти дает качественное объяснение реально наблюдаемым в эксперименте эффектам отдаленных последствий КВЧ-облучения. Кстати говоря, при облучении организма ЭМИ явно «нетерапевтического» СВЧ-диапазона имеем в качестве первичного эффекта прямое повреждающее действие. Не претендуя на истину в последней инстанции, авторы надеются на плодотворную дискуссию в части предложенной гипотезы, имеющей общебиологическое значение.— Особенно в контексте организации и функционирования памяти.

Все сказанное выше в параграфе 3.1 в соподчинении изложения материала является расширенным доказательством следующей базовой теоремы, предваренной леммой 3.1:

Теорема 3.1. Исходя из принципа эволюционной консервативности Пригожина — Герасимова — Яшина, информационно-энтропийного соотношения $I + S = \text{const}$, концепции информационно-полевой самоорганизации живого и ИММП, можно утверждать, что в динамически-эволюционном ареале, описываемом эволюционным уравнением (ДУЧП)

$$A \left[v_{t_{эв}}; \frac{\partial^n}{\partial t_{эв}^n} \sum_{i=1}^n P_i(t_{эв}) \right] = F \left\{ N \left[\eta_{t_{эв}}; \frac{\partial^k}{\partial t_{эв}^k} \sum_{j=1}^k \Pi_j(t_{эв}) \right] \right\}$$

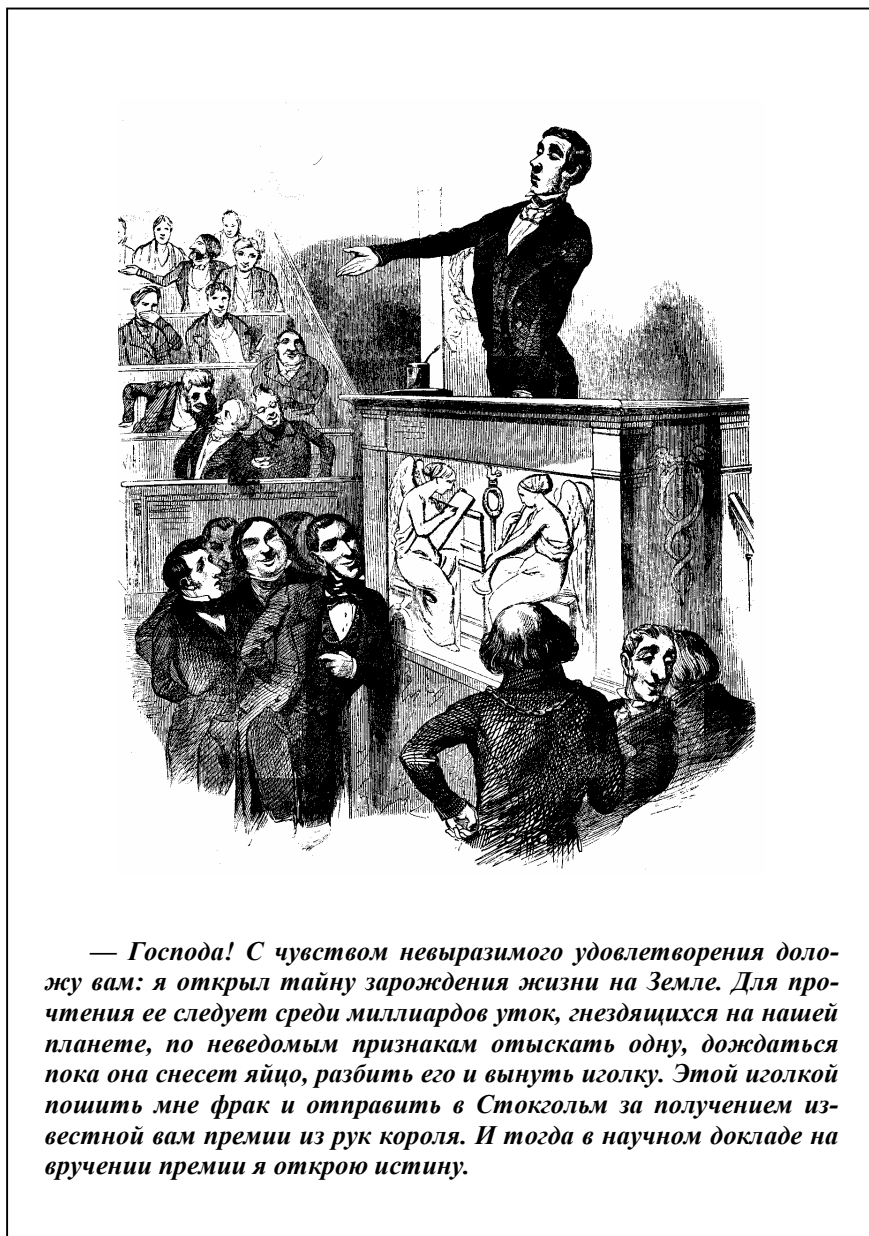
(расшифровку параметров см. (3.8)), мозговая (головная память, организационно-функционально описываемая ИММП*, соподчинена эволюционно-геномной памяти, причем оба вида памяти обладают фрактальными системами резервирования и кодовой избыточности, являются субъектами самоорганизации, где базовыми агентами восприятия, хранения и извлечения информации являются — в определенной степени запараллеливания) и СГ ЭМВ SG_{ijk} (высшая степень информативности).

Примечания к теореме 3.1:

1. В предыдущих томах серии «ЖМФН» достаточное внимание было уделено фактору киральности (зеркальной асимметрии) живых систем, в том числе была разработана электродинамическая теория возникновения и поддержания киральности биоорганического мира Земли¹⁰. В части организации и функционирования памяти именно киральность обуславливает такие характеристики (человека) как ЛП и ЛПЧ, ПП и ППЧ, асимметрия расположения биологически активных точек (БАТ) и исполнительных органов (ИО) организма, специфика воздействия на организм ЭМП и магнитных полей (МП), роль полезных аттракторов (ПАТ) и стохастического резонанса (СР) и многое другое.

Поэтому при исследовании процессов памяти — в моделях высшего порядка, а это дело не столь уж далекого будущего — учет киральности строго необходим. Например, взаимодействие киральности СГ ЭМВ $\{\bar{E}, \bar{H}\}_x$ с вещественными структурами мозга («объект»), которые, в свою очередь, также являются киральными, описывается диаграммой (согласно общей методологии Фейнмана)

* Евангельские слова «Пусть первый бросит камень...» в отношении концепции ИММП полагаем действенными до тех пор, пока: а) эта концепция не будет опровергнута экспериментально; б) будет разработана более адекватная теория... но что-то западно-восточная наука здесь буксует.



— Господа! С чувством невыразимого удовлетворения доложу вам: я открыл тайну зарождения жизни на Земле. Для прочтения ее следует среди миллиардов уток, гнездящихся на нашей планете, по неведомым признакам отыскать одну, дожидаться пока она снесет яйцо, разбить его и вынуть иголку. Этой иголкой пошить мне фрак и отправить в Стокгольм за получением известной вам премии из рук короля. И тогда в научном докладе на вручении премии я открою истину.

$$\left(\left(\begin{array}{c} |D\rangle \\ |L\rangle \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{c} \bar{E}, \bar{H} \end{array} \right\} \right)_{\chi} \Rightarrow \begin{array}{c} [Inf] \\ \text{din} \end{array} \Rightarrow \left(\text{объект} \right)_{\chi} \left(\begin{array}{c} \langle D| \\ \langle L| \end{array} \right) \quad (3.11)$$

где $|D\rangle$ и $|L\rangle$ суть операторы право- и левостороннего вращения (киральности); χ — символ киральности; $[Inf]$ — информация, переносимая в динамическом (din) режиме.

Именно при совпадении или несовпадении операторов киральности, согласно диаграмме (3.11), СГ ЭМВ и «объекта» получаем либо интенсификацию, либо же угнетение (замедление и пр.) локальных составляющих памяти:

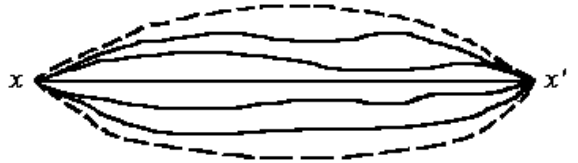
$$\left. \begin{array}{l} |\tilde{D}\rangle = |\bar{D}\rangle \\ |\tilde{L}\rangle = |\bar{L}\rangle \end{array} \right\} \text{Интенсификация} \\ \left. \begin{array}{l} |\tilde{D}\rangle \neq |\bar{D}\rangle \\ |\tilde{L}\rangle \neq |\bar{L}\rangle \end{array} \right\} \text{Угнетение.} \quad (3.12)$$

В (3.12) символы « \sim » и « \neq » означают принадлежность оператора к СГ ЭМВ и «объекту», соответственно.

2. На квантовом уровне (см. выше о квантовании живой материи) и в соответствии с ИММП среда и процессы памяти могут рассматриваться как совокупность (ансамбль) бесконечного числа взаимодействующих друг с другом осцилляторов — молекулярных диполей. Поэтому наиболее удобным (и адекватным, что самое главное) математическим методом описания здесь будут квантовые методы, учитывая, что в настоящее время квантовые теории развивают такие мощные инструменты, как калибровочные поля, струны, суперструны, конфайнменты, инстантоны и пр.^{82, 111, 175, 176} (см. также предыдущий том серии «ЖМФН»).

Полагая в первом приближении, что эти осцилляторы являются гармоническими, что соответствует реальной ситуации слабой связи, можно утверждать об аддитивности спектра этих «частиц»-осцилляторов; см. *САИВ в ИММП*. Другой момент: сказанное полагает тождество гамильтонианов связанных осцилляторов с гамильтонианами частиц в квантовых теориях поля. Наконец, можно установить связь между квантовой механикой D -мерных систем и классической статистической механикой в $(D+1)$ -измерении. Здесь характерный пример в части теории ИММП, а именно: множественность путей прохождения информационных сигналов при «загрузке» (приеме) и «разгрузке» (извлечении) памяти. На квантовом уровне

такие пути (набор путей) ассоциируется — в соответствии с принципов Фейнмана — с амплитудой F перехода между точками $x \rightarrow x'$, что дается суммой по всем возможным траекториям (путям)



описываемой континуальным интегралом А. М. Полякова¹⁷⁵:

$$F(x, x', T) = \int_{\substack{x(0)=0 \\ x(T)=x'}} D_x(t) \exp \left\{ \frac{i}{\hbar} \int_0^T \left[\frac{m\dot{x}^2}{2} - v(x(t)) \right] dt \right\}, \quad (3.13)$$

где T — время перехода (запоминания, вспоминания...); $v(x)$ — внешний потенциал.

В интеграле (3.13) каждая траектория (путь) берется с весом $\exp\left(\frac{i}{\hbar} S[x(t)]\right)$, где $S[x(t)]$ — классическое действие.

3. Учет принципа Ноймана — Миннегероде — Кюри (НМК)²³⁷ при моделировании процессов памяти важен и необходим в том смысле, что в организации и функционировании памяти асимметрия (киральность) онтологически сочетается с симметрией. Принцип НМК гласит: необходимым условием симметрии физического явления относительно некоторой группы преобразований f_T является симметрия (организационных и функциональных элементов памяти — в нашем случае) относительно этих же преобразований. Подробнее см. в нашей книге⁵⁴, посвященной биоаналогиям в технике и технологиях.

Полагаем, что вводный параграф главы расширяет понятие памяти и дополняет теорию ИММП.

3.2. Взаимоотображение прошлой и будущей памяти

В период биосферно-ноосферного перехода ($B \rightarrow N$) уже нельзя рассматривать содержание памяти $h.s. \rightarrow h.n.$ как нечто фенотипически последовательно накапливающееся от индивидуума к индивидууму, от предка к потомку, фиксируемые в письменности²³⁴, на иных, ныне элек-

тронных, носителях, в памятниках истории и культуры, субъектах НТП и пр. Наступает период своего рода «замыкания». Память, как и любой жругой объект в структуре мироздания, подчиняется принципу эволюционной консервативности. Точно также, как замыкается в своем гомеоморфном многообразии Вселенная (см. гипотезу Пуанкаре и варианты ее доказательств в предыдущем томе²⁵² серии «ЖМФН»), годовые природные циклы... да и сама жизнь индивидуального человека. «Круг замкнулся», — так назвал свой последний роман выдающийся норвежский писатель, нобелевский лауреат Кнут Гамсун. В той же математике закольцовываются, то есть замыкаются числовые ряды и различные алгебры, начиная с теории колец и до алгебры Виросаро... а сколько этих алгебр еще предстоит создать человечеству?

Замыкание памяти: логико-категорийный аспект. Здесь обратимся к Канту¹¹²: *«Природа есть существование (Dasein) вещей, насколько оно определено общими законами. Если б природа означала существование вещей с а м и х п о с е б е (здесь и далее выд. И. Кантом. — Авт.), то мы бы никогда не могли ее познать, ни a priori, ни a posteriori. Это невозможно a priori, ибо как будем мы знать, что принадлежит вещам самим по себе, когда мы никак не можем этого узнать чрез расчленение наших понятий (аналитические положения), так как я хочу знать не о том, что содержится в моем понятии о вещи (это принадлежит только к его логическому существу), но о том, что в действительности приходит к этому понятию, и чем сама вещь определяется в своем существовании вне моего понятия. Мой рассудок с теми условиями, под которыми он только может связывать определения вещей в их существовании, не предписывает самим вещам никаких правил; не вещи соотносятся с моим рассудком, а мой рассудок должен бы применяться к вещам; следовательно, они должны бы быть прежде мне даны, чтобы взять с них эти определения: но тогда они не были бы познаваемы a priori.*

И a posteriori было бы невозможно такое познание природы вещей самих по себе. Ибо, если опыт должен сообщить мне законы, которым подчинено существование самих вещей, то эти законы, насколько они касаются вещей самих по себе, должны бы необходимо принадлежать этим вещам и вне моего опыта. Между тем опыт хотя и научает меня тому, что существует и как оно существует. Но никогда не показывает, что это необходимым образом должно быть так, а не иначе. Следовательно, опыт никогда не даст познания о природе самих по себе» (С. 165—166).

Эта кантовская пролегомена о возможности чистого естествознания в рамках главного трансцендентального вопроса метафизики в интересующем нас аспекте может быть сформулирована как

Лемма 3.2. С позиций смыкающихся в вопросах познания кантовской (аристотелевой) метафизики и гегелевской диалектики категория памяти — феногенотипической индивидуума и всечеловеческой цивилизационной — равно как и все другие субъекты объективизации материального мира, в данном случае — биоорганического мира Земли, сугубо подчинена общим законам мироздания в рамках действия принципа эволюционной консервативности, поэтому фактор замыкания прошлой, настоящей и будущей (ноосферной) памяти в самом полном ее ареале есть субъект действия этих законов, то есть не является «вещью в себе» — в части познания человеком, но знание здесь не является сугубо эмпирически выявленным продуктом.

На рис. 3.20 приведена базовая иллюстрация по теме настоящего параграфа. Для определения понятия замыкания ПРП \rightleftharpoons БП вводится ареал действительности замыкающей VR-памяти и $|\tau_e|$ — безотносительное время VR. Собственно понятие виртуальной реальности подробно исследовано в контексте феноменологии ноосферы в предыдущих томах серии «ЖМФН». Здесь справедлива

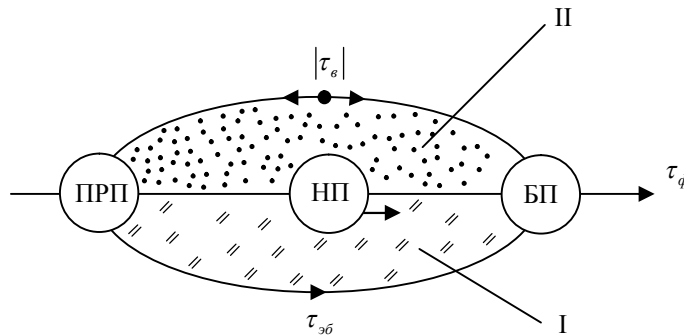


Рис. 3.20. К иллюстрации замыкания прошлой (ПРП), настоящей (НП) и будущей (БП) памяти — в контексте содержания леммы 3.2: τ_{ϕ} — физическое время; $\tau_{эб}$ — эволюционно-биологическое время; $|\tau_e|$ — безотносительное время виртуальной реальности VR; I — ареал накопления и действительности феногенотипической и эволюционно-генетической памяти; II — ареал действительности замыкающей VR-памяти

Лемма 3.3. В рамках действительности принципа эволюционного консерватизма, фундаментального закона цикличности и замыкания (не замкнутости!) объектов и процессов в структуре открытых синергетических

систем, а также согласно правилам частной теории терминов и высказываний комплексной логики (А. А. Зиновьева⁹⁴), термин-субъект $|\tau_e|$ является индивидуальным, а обозначаемые им предметы, в первую очередь замыкание ПРП \Leftrightarrow БП, являются индивидами, если и только если для термина-субъекта Π справедливо: если $\Pi \rightarrow |\tau_e|$, то $|\tau_e| \rightarrow \Pi$, что читается: ареал действительности Π существует во времени $|\tau_e|$, где $|\tau_e|$ и Π суть переменные для определенных выше терминов-субъектов, то есть справедливо логическое утверждение⁹⁴:

$$(\forall |\tau_e|)((|\tau_e| \rightarrow \Pi) \rightarrow (\Pi \rightarrow |\tau_e|)). \quad (3.14)$$

Основное следствие из леммы 3.3: термины, обозначающие время $|\tau_e|$ и ареал Π , с позиций логики являются индивидуальными, что значит: число предметов, обозначаемых ими, единично. Последнее свидетельствует, что $|\tau_e|$ сугубо отлично от $\tau_{эб}$ (и τ_ϕ , конечно), а Π от I . Это и понятно: виртуальное отлично от реального, хотя и является его VR -отображением.

Далее, ареал Π (равно как и I , но это нам хорошо известно, ибо есть наша «реальная память») не является логическим классом, поскольку VR -память по определению не может иметь собственной классификации. В то же время ареал Π , как термин логики, вовсе и необязательно индивидуален, что значит: Π есть скопление; как термин и оператор одновременно (см. введенный нами²⁵⁰ оператор вернадскиана в теории эволюции и в ноосферной парадигме).

Более того, это скопление в VR -отображении смыкания ПРП \Leftrightarrow БП, не являясь классом, тем не менее математически упорядочено в многомерном фрактальном представлении^{144, 207}.

Отличие же оператора и термина в отношении скопления состоит в том, что термин характеризует скопление, как состоящее из чего-то, а оператор суть наоборот. С учетом сказанного выше справедлива

Лемма 3.4. Из законов комплексной логики⁹⁴ следует, что если α суть переменная для скопления Π , а β — переменная для эмпирических индивидов (элементов, фрагментов и пр. VR -памяти), то для скопления (то есть Π) справедливо:

$$\begin{aligned} \vdash E|\tau_e|(\alpha) &\rightarrow ((\beta \in \alpha) \rightarrow E|\tau_e|(\beta)); \\ \vdash E\Pi_v(\alpha) &\rightarrow ((\beta \in \alpha) \rightarrow E\Pi_v(\beta)), \end{aligned} \quad (3.15)$$

где E — принятый в логике общий предикат существования, поэтому

$E|\tau_\sigma|$ и EP_V читаются, соответственно: «существует во время $|\tau_\sigma|$ » и «существует в области пространства P_V »; через P_V обозначен ареал P именно как область действительности.

Суть леммы 3.4. состоит в следующем. Во-первых, это есть прямое подтверждение того, что P есть скопление, а не класс, ибо для последних утверждения (3.15) не имеют силы. Во-вторых, определены время и область действительности скопления P .

В утверждениях (3.15) управляющим является предикат существования E . По А.А.Зиновьеву⁹⁴ «...употребление такого предиката есть эмпирически данный факт... и введение символа E выполняет здесь, кстати сказать, еще одну задачу: отвлечься от тех ассоциаций, которые вызывает грамматическая форма слова «существует» (С. 37).

Поэтому в логико-категорийном обосновании (доказательстве) существование смыкания $PP \rightleftarrows BP$ предикат E играет главенствующую, управляющую роль. Вместе с тем иногда смысл термина E не определяется, но только разъясняется: высказывание $E(v)$, $\neg E(v)$ и $?E(v)$. К предмету нашего рассмотрения (v выше суть некоторый индивидуальный термин) это имеет отношение в следующем аспекте: а) вопрос о существовании индивида P решается, как возможность констатации его органами чувств; б) решается с помощью доказательства «со стороны». Сама же неопределенность означает: невозможно установить наблюдениями или рассуждениями о реальности (индивида P). Справедлива

Теорема 3.2. Смыкание $PP \rightleftarrows BP$ существует как следствие априорного факта наличия в VR -памяти ареала P с предикатными утверждениями $E|\tau_\sigma|$ и EP_V .

Доказательство (в определениях⁹⁴). Полагая, как и в (3.15), что α суть переменная для скоплений эмпирических индивидов, согласно правилам комплексной логики, запишем определение предиката E как

$$E(\alpha) \equiv Df \cdot (\exists \beta)((\beta \rightarrow \alpha) \wedge E(\beta)),$$

или

$$E(\alpha) \equiv Df \cdot (\exists \beta)E(\beta \downarrow (\beta \rightarrow \alpha)),$$

которое читается: переменная α для скопления P существует, если и только если существует, как минимум, один индивид, являющийся α . Обратное утверждение (α не существует, если и только если все индивиды, являющиеся α , не существуют) есть

$$\neg E(\alpha) \equiv Df \cdot (\forall \beta)((\beta \rightarrow \alpha) \rightarrow \neg E(\beta)),$$

или

$$\neg E(\alpha) \equiv Df \cdot (\forall \beta)E(\beta \downarrow (\beta \rightarrow \alpha)).$$

Более общее определение имеет вид:

$$?E(\alpha) \equiv Df \cdot \sim E(\alpha) \wedge \sim \neg E(\alpha). \quad (3.18)$$

В (3.15)—(3.18) использованы обычные, принятые в логике операторы (B -операторы); оператор $Df \cdot$, например, в контексте $\chi \equiv Df \cdot \eta$, читается как: «будем считать χ высказыванием таким, что $\chi \equiv \eta$, где η есть данное высказывание».

Для «энок субъектов» (термин А. А. Зиновьева⁹⁴) предикат E , соответственно, (3.17) и (3.18) определяется:

$$E(\alpha^1, \dots, \alpha^n) \equiv Df \cdot E(\alpha^1) \wedge \dots \wedge E(\alpha^n), \quad (3.19)$$

и

$$\neg E(\alpha^1, \dots, \alpha^n) \equiv Df \cdot \neg E(\alpha^1) \vee \dots \vee \neg E(\alpha^n) \quad (3.20)$$

а более общее определение имеет вид:

$$?E(\alpha^1, \dots, \alpha^n) \equiv Df \cdot \sim E(\alpha^1, \dots, \alpha^n) \wedge \sim \neg E(\alpha^1, \dots, \alpha^n). \quad (3.21)$$

Для уточнения истинности (сужения определений, ясности и пр.) в логике используют *имплицитные* определения, характеризующиеся: а) первичной ясностью вновь определяемых терминов; б) формулированием в качестве аксиом некоторой совокупности утверждений, термины которых определяются классом используемой логики. В имплицитной форме определения (3.16)—(3.21) имеют вид⁹⁴:

$$\begin{aligned} E(\alpha) &\dashv\vdash (\exists \beta)E(\beta \downarrow (\beta \rightarrow \alpha)); \\ \neg E(\alpha) &\dashv\vdash (\forall \beta)\neg E(\beta \downarrow (\beta \rightarrow \alpha)); \\ ?E(\alpha) &\dashv\vdash \sim E(\alpha) \wedge \sim \neg(\alpha); \\ E(\alpha^1, \dots, \alpha^n) &\dashv\vdash E(\alpha^1) \wedge \dots \wedge E(\alpha^n); \\ \neg E(\alpha^1, \dots, \alpha^n) &\dashv\vdash \neg E(\alpha^1) \vee \dots \vee \neg E(\alpha^n); \\ ?E(\alpha^1, \dots, \alpha^n) &\dashv\vdash \sim E(\alpha^1, \dots, \alpha^n) \wedge \sim \neg E(\alpha^1, \dots, \alpha^n). \end{aligned} \quad (3.22)$$

Таким образом, из правил логики и логических определений (3.15)—(3.22) следует, что *теорема 3.2 доказана* при условии данных выше определений VR , $|\tau_\varepsilon|$ и $II(II_V)$. В приведенных выше утверждениях символ

« \rightarrow » означает учет только главных значений из множества рассматриваемых.

Замыкание памяти: понятийный аспект. В своей величайшей античной естественно-научной поэме «О природе вещей» Лукреций пишет¹⁴⁰:

«Так возникает всегда неизменно одно из другого. В собственность жизнь никому не дается, а только на время. Ты посмотри: как мало для нас значения имела Вечного времени часть, что прошла перед нашим рождением.

«Это грядущих времени нам зеркало ставит природа...» (С. 131).

...И еще одна цитата, что называется, к месту, Анри Бергсона в «Творческой эволюции»²¹: *«Рассуждая об отдельных системах, мы можем сколько угодно предполагать, что прошедшая, настоящая и будущая история каждой из них может быть развернута сразу, подобно вееру...»* (С. 46).

И латинянин Лукреций, и без малого — ста лет — почти что наш современник Бергсон нисколько не сомневались в замыкании памяти ПРП \rightleftharpoons БП как индивидуального человека, так и «мировой памяти», если можно ввести такой термин логически непротиворечиво... «Зеркало», что отражает БП \rightarrow НП (а значит и \rightarrow ПРП); «веер», что содержит в себе одновременно ПРП, НП и БП... Как это поэтично-философски и ясно определено?!

К приведенному выше логическому доказательству, что уже само по себе достаточно, можно присовокупить философскую же иллюстрацию. Речь, понятно, пойдет о гегелевской диалектической спирали развития. Заметим, что в последнее время Р. Ф. Абдеевым¹, А. И. Субетто^{35, 198, 199} и нами (см. предыдущие тома серии «ЖМФН») были предложены актуальные модификации изначальной спирали развития. Самое существенное, что все эти концепции во многом сходятся, хотя и строились исходя из совершенно отличных посылок. Это-то и свидетельствует об истинности «многого, сходящегося в едином».

Но предварительно еще раз «закрепим в памяти» рис. 3.20 и вывод из его анализа: *ареал II перехода БП \rightarrow ПРП (замыкание) есть скопление как термин и оператор одновременно.* А скопление, во-первых, не является (логическим) классом; во-вторых, суть скопление индивидов. Это иной взгляд на предметы, в данном случае все элементы, составляющие ПРП, НП и БП, нежели на организованный класс, ибо существование класса вовсе не зависит от наличия-существования включаемых в него индивидов, но существование скоплений, напротив, однозначно зависит.

Теперь перейдем к анализу ПРП \rightleftharpoons БП с позиций гегелевской диалектической спирали и ее модификаций, названных выше.

Полагаем, что читатели настоящей книги, как правило, окончили советские школы и вузы, потому классическую гегелевскую спираль в форме расширяющейся «по конусу» вверх — в ее философском обосновании — живо помнят. Поэтому сразу перейдем (см. выше) к ее современным толкованиям.

Р. Ф. Абдеев¹ предложил свою модификацию спирали с учетом (реальной) нелинейности процессов самоорганизации, а именно: спираль развития представляется сходящейся (нелинейной) в координатах информации-энтропии «и отображает возрастание уровня организации объекта во времени» (С. 110).

Нами предложена²⁷² более обобщенная модель спирали, кстати поддержанная А. И. Субетто^{198, 199}, сущность которой поясним взятым из книги²⁷² серии «ЖМФН» рис. 3.21. Сущность данной иллюстрации состоит в том, что утверждается принцип циклической бесконечности универсума бесконечной же эволюции мироздания. В нашем случае точки сингулярности мы и отождествляем с замыканием ПРП \rightleftharpoons БП.

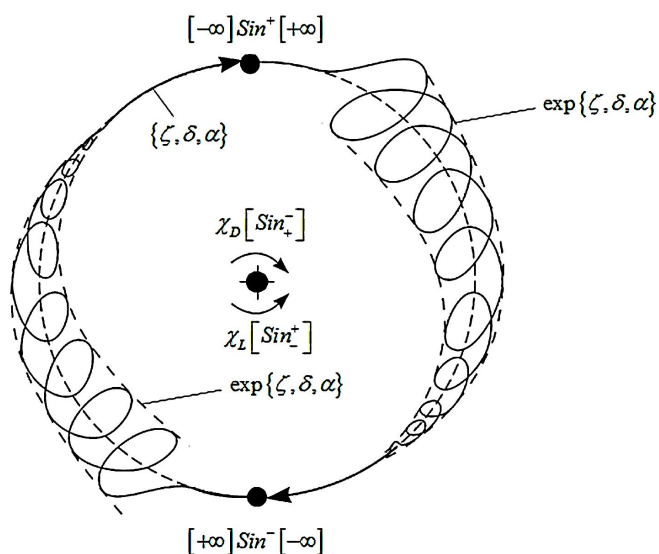


Рис. 3.21. К циклической бесконечности универсума (Sin — сингулярность; $\chi_{D,L}$ — право- и левосторонняя киральность; $[\text{Sin}^-]$ и $[\text{Sin}^+]$ — сжатие и расправление эволюционной экспоненциальной спирали $\exp\{\zeta, \delta, \alpha\}$)

Таким образом, с логической и естественно-философской позиций замыкание ПРП \Leftrightarrow БП не является противоречащим фундаментальным законам в ареале их действительности в эволюции жизни. Осталось определить понятийный аспект замыкания будущей и прошлой памяти. Справедлива базовая

Теорема 3.3. *Замыкание памяти ПРП \Leftrightarrow БП через НП регулируется фундаментальным законом цикличности мироздания, как движущей силы, сохраняющей его вечность (понятие, оговоримся, логически не строгое), причем ПРП через физиологическую структуру мозга уже потенцирует — через НП — БП, а БП в ее пределе цикла (см. рис. 3.21) реализует установку, заложенную в ПРП, при этом НП выполняет роль медиатора памяти, перемещающегося по шкалам τ_{ϕ} и $|\tau_{\phi}|$ (см. рис. 3.20) в ареалах I и II, соответственно, причем скопление II, замыкающее БП на ПРП через НП, в области между НП и БП — под осью τ_{ϕ} — суть текущая VR-память в концепции раскрытия НП \rightarrow БП.*

Доказательство теоремы 3.3 самоочевидно вытекает из предыдущих логико-философских рассуждений; это тот случай, когда понятийный аспект как раз и «диктует» логику (и философию) мышления. Впрочем, в последующем параграфе различные варианты данного аспекта замыкания памяти будут рассматриваться подробнее и, что называется, *ob ovo*.

Заметим, что в религиозно-философских догматах замыкание ПРП \Leftrightarrow БП принимается как необсуждаемое; см. книги канонических религий: христианства (Новый Завет), ислама¹²⁷, иудаизма²⁰³ (Ветхий Завет) и различных течений буддизма, а также индуизма, конфуцианства и синтоизма. Это трактуется, например, в христианской традиции, в символике Воскрешения.

Выдающийся русский философ Николай Федорович Федоров (1828—1903), понятно, в другой терминологии, посвятил замыканию ПРП \Leftrightarrow БП свой основной философский труд «Философия общего дела»²⁰⁸, второй том которого он завершил главкой-выводом под названием «Конец сиротства: безграничное родство». Мы сочли возможным и нужным привести этот вывод (С. 528—529): «День желанный, от века чаемый, необъятного неба ликование тогда только наступит, когда земля, тьмы поколений поглотившая, небесною сыновнею любовью и знанием движимая и управляемая, станет возвращать ею поглощенных и населять ими небесные, ныне бездушные, холодно и как бы печально на нас смотрящие звездные миры; когда, собирая и оживляя прах тех, которые нам дали или, вернее, отдали свою жизнь, мы уже не будем этот прах обращать в пищу себе и потом-

кам, к чему вынуждались разобщением миров и необходимостью жить средствами, скопленными на нашей небольшой планете. Знанием вещества и его сил восстановленные прошедшие поколения, способные уже воссоздать свое тело из элементарных стихий, населят миры и уничтожат их рознь... Тогда воистину взойдет солнце, что и теперь народ думает видеть в пасхальное утро Светлого Воскресения; возрадуются тогда и многочисленные хоры звезд. Иллюзия поэтов, олицетворявшая или отцетворявшая миры, станет истиною. Но персонификация или, точнее, патрофикация будет дана уже не мыслью, не воображением, а делом. Преждевременная же патрофикация, в народной и ненародной поэзии живущая, ясно глаголет, что день желанный есть чаяние всех веков и народов, спокон века ожидаемый. **Сей день, его же Господь через нас сотворит**, будет произведен не мнимым движением солнца, не действительным движением земли, а совокупным действием сынов, возлюбивших Бога отцов и исполнившихся глубокого сострадания ко всем отшедшим. Земля станет первою звездою на небе, движимую не слепую силою падения, а разумом, восстанавливающим и предупреждающим падение и смерть. Не будет ничего дальнего, когда в совокупности миров мы увидим совокупность всех прошедших поколений. **Все будет родное, а не чужое**; и тем не менее для всех откроется ширь, высь и глубь необъятная, но не подавляющая, не ужасающая, а способная удовлетворить безграничное желание, жизнь беспредельную, которая так пугает нынешнее истощенное, болезненное, буддийствующее поколение. Это жизнь вечно новая, несмотря на свою древность, это весна без осени, утро без вечера, юность без старости, воскресение без смерти. Однако будет и тогда не только осень и вечер, будет и темная ночь, как останется и ад страданий, в нынешней и прошлой жизни человеческого рода бывший, но останется он лишь в представлении, как пережитое горе, возвышающее ценность светлого дня восстания. Этот день будет дивный, чудный, но не чудесный, ибо **воскресение будет делом не чуда, а знания и общего труда**.

День желанный, день от века чаемый **будет Божьим велением и человеческим исполнением**».

Примечание: выделения в тексте принадлежат Н.Ф. Федорову.

Требуются ли для мыслящего читателя комментарии к словам великого мыслителя, основоположника русской школы философов-космистов, ныне — ноосферологов? Полагаем, что «соловья перепеть невозможно».



Наука — субъект женского рода, поэтому опытный ловец карьерных успехов применяет все приемы профессионального ловеласа, главнейший из которых — иметь дело только с молодками; им легче задурить голову. Не потому ли новые отрасли науки столь привлекательны для скороспелых профессоров и молодцеватых доцентов?

3.3. Ноосферная парадигма воспоминания о будущем

В приведенных выше словах Н.Ф. Федорова дан краткий абрис будущей ноосферы В.И. Вернадского, кстати, также яркого представителя русских философов-космистов, развитию концепции которой и посвящена наша серия «ЖМФН». В этих же словах Н.Ф. Федорова, как уже говорилось выше, подспудно утверждается замыкание ПРП \Leftrightarrow БП. Основное содержание его труда «Философия общего дела»²⁰⁸ — это обоснование взаимопересекающихся понятий всеединства и памяти отцов — патрофикация в приведенном выше отрывке. Если всеединство можно однозначно определить как ноосферизацию ($B \rightarrow N$) Земли, то память отцов следует понимать именно в контексте замыкания прошлой и будущей памяти. Поясним это базовое утверждение Н.Ф. Федорова.

Память отцов суть встерчно-параллельный процесс; это как в математике встречные колинарные вектора, в физике — встречные волновые фронты и пр. Имеется в виду, что и дети впитывают всю память отцов (процесс ПРП \rightarrow НП), и отцы «держат» в памяти всю будущую память детей, а это уже процесс замыкания БП \rightarrow НП \rightarrow ПРП.

Здесь надо иметь в виду, что русские философы-космисты ни в коей мере не были адептами идеализма! У кого поднимется язык (разве что у «гонимого пса» академика Деборина в 30—40-е годы?) назвать идеалистами космистов К. Э. Циолковского, А. Л. Чижевского, В. И. Вернадского, да и самого Н. Ф. Федорова? Отталкиваясь от диалектики Гегеля, они выработали собственную, оригинальную концепцию материализма, взявшего наиболее позитивные концепции метафизики. Причем из всех, многочисленных со времен Аристотеля, определений метафизики космисты, в отличие от идеалистов, акцентировали такие моменты, как соотношение (связь) бытия, бессмертия (не в биологической трактовке!) и истины познания. Если классическая, аристотелева метафизика подчеркивала примат постоянства в связи явлений по отношению к общеэволюционным процессам изменений, то русские космисты «уравнивали» их в правах на объективизацию и процессуальность.

Именно поэтому и мы, следуя философам-космистам, замыкание памяти ПРП \Leftrightarrow БП рассматриваем с сугубо материалистических (диалектика + метафизика) позиций. Тему настоящего параграфа начнем с актуального для полного определения памяти момента.

Единство живого и косного с позиций памяти, как информационного обмена. Память, как мы уже говорили в самом начале первой главы кни-

ги, есть качество не только живого, но и косного (неживого) в структуре мироздания. С такой позиции справедлива

Теорема 3.4. *Память, понимаемая как субъект информационного обмена в среде объектно-процессуального содержания материального мира, входит в ареал действительности онтологического принципа единства живого и косного, причем только для живого, человека в первую очередь, память является по-преимуществу, виртуальной.*

Доказательство. Ушедший век, названный веком науки и информационного взрыва — век двадцатый, а вместе с ним и второе тысячелетие современного исторического периода цивилизации заставляет, по традиции и психологической конституции человека, подводить итоги во всех областях разумной и неразумной деятельности. Это одновременно нечто сакральное, но и общепольное занятие. Аналогию этой ситуации мы видим в совсем недавнем прошлом: достаточно в библиотечном архиве любого солидного книгохранилища полистать популярные журналы типа «Нивы» и «Волны» конца XIX века. Тогда тоже, а может еще и в большей степени, более серьезно подвели итоги века, да и всего исторического периода цивилизации человечества. Да еще и активно ждали — вместе с кометой Галлея — конца света: уже тогда полагали, что грехов человечество накопило предостаточно, хотя еще не случилось двух мировых войн, геноцида целых народов, фашизма и сатанизма, мирового правительства и реального мирового господства, экологического кризиса и многого-многого другого, чем нас «порадовал» век высшего развития науки и техники.

Вот итоги такого примечательного века подводим мы сейчас, уже оценивая и первые 15 лет века нынешнего... Условно называя достижениями и позитивное, и негативное для человечества, отметим наиболее существенные, ознаменовавшие кануна 2-го тысячелетия: ядерные оружие и энергетика, глобальный экологический кризис, геновая инженерия и клонирование, информатики и информатология, общество потребления и мировое правительство, цивилизация без культуры. Заметим, что успехи в области освоения космоса, термоядерного синтеза, биологии человека и геронтологии, познания фундаментальных законов мироздания, биологической кибернетики, единой теории физических полей, конструктивной математики, биофизикохимических основ жизнедеятельности, которые также относятся к приоритетам человеческой деятельности XX века, при всей их значимости не относятся к существенным. Точнее говоря, они развивались в этом веке скорее количественно, не дав ожидаемого качественного скачка; но — это дело будущего.

Тема нашего исследования, одновременно связанная в части памяти с биологией человека и информатикой, таким образом, может быть условно

отнесена к наиболее существенным достижениям науки XX века. Другое дело — во благо или во зло оно человечеству? Это мы попробуем, хотя бы в нулевом приближении к истине, осмыслить в нижеследующих рассуждениях.

Считается, что первым, кто осмысленно подошел к вопросам связи понятий информатики и информатиологии с биологией, был Норберт Винер. Так в своей автобиографической книге он писал: *«С самого начала я был поражен сходством между принципами действия нервной системы и цифровых вычислительных устройств. Я не собираюсь утверждать, что эта аналогия является полной и что мы исчерпаем все свойства нервной системы, уподобив ее цифровым вычислительным устройствам. Я хотел бы только подчеркнуть, что в некоторых отношениях поведение нервной системы очень близко к тому, что мы наблюдаем в вычислительных устройствах»* (Цит.¹⁰⁰, С. 68).

А в наиболее известной своей «Кибернетике»⁴³ он предвосхищает то, что мы сейчас и называем информационной виртуальной реальностью: это когда Винер прогнозирует «передачу конкретного человека по телефону».

Однако еще за четверть века до Винера этот вопрос был обстоятельно исследован А. А. Богдановым (Малиновским) (1873—1928 гг.) в его основном философском и естественнонаучном труде «Всеобщая организационная наука», где он писал, что *«практически наибольший интерес представляют организационные акты, протекающие в живых существах или выполняемые живыми существами»* (Цит.¹⁰⁰, С. 68). Здесь следует учитывать специфику терминологии начала века, еще не включившего термин «информация» в широкий научный обиход; в восприятии А.А. Богданова это обобщенное понятие обозначается как организация.

Существенно, что А. А. Богданов и Н. Винер являются основоположниками той комплексной и ныне могучей отрасли науки, что называется кибернетикой. Это существенно и симптоматично в аспекте цитированных выше слов, ибо кибернетические, то есть организационные принципы построения сложных систем, идентифицируются с понятиями и содержанием информатики, тем более, когда речь идет о сложнейших биологических системах.

В первом приближении обобщенный обмен информацией биообъекта (БО) с окружающей — внешней для БО — средой осуществляется по схеме, приведенной на рис. 3.22, и включает три «внешних» составляющих и внутриорганизменную; последняя есть совокупность информационных процессов в живом веществе, то есть в самоорганизующейся биосистеме, где передача информации в сложной кибернетической структуре, охваченной совокупностью положительных и отрицательных обратных связей, вы-

полняется посредством биохимических и биофизических реакций и процессов. Опосредованный обмен информацией есть единственная составляющая, роль которой неизмеримо возросла и продолжает экспоненциально нарастать с эволюцией *homo sapiens*.

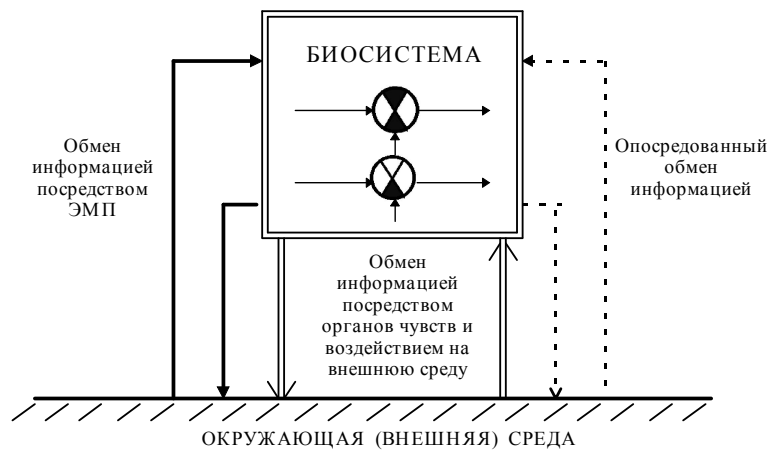


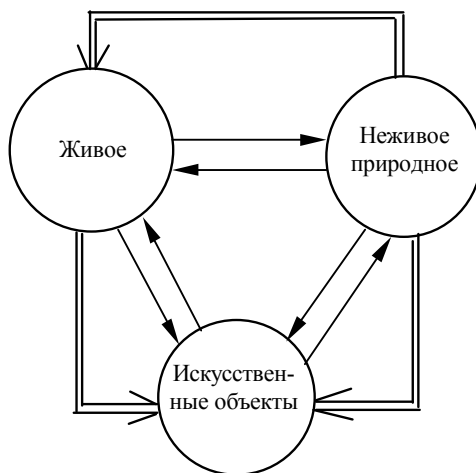
Рис. 3.22. Схема обмена информацией

Таким образом, в информационном обмене человека с окружающей средой участвуют природные, имманентные живому, и присущие только разумной деятельности составляющие, поэтому имеет смысл в настоящее время говорить о едином информационном поле ноосферы (ЕИПН) с преимущественным физическим носителем информации в виде ЭМП (см. предыдущие книги серии «ЖМФН»). И второй, существенный для дальнейших рассуждений, момент: информационные процессы изначально присущи всему живому, причем вещество живого обменивается информацией преимущественно другим материальным компонентом — полем, но только человеку присуща высокоразвитая составляющая опосредованного обмена информацией, формирующая мощную память.

Самоочевидный с позиции современного знания вопрос об онтологическом единстве живого и неживого на протяжении веков вызывал многочисленные дискуссии научных школ и отдельных философов, обращавшихся к проблемам естествознания. Только в самом конце прошлого века выдающийся русский физик Н. А. Умов доказал научную недостаточность как виталистических теорий, так и механицизма, равно присущего идеализму и

вульгарному материализму, утверждая, что живым и неживым миром правит гармония, а главная этическая задача исследователя — создать «технику упорядочения живого». Он писал: «Природа не сообразуется в своих созданиях с состоянием знания в известную эпоху, почему и пробелы в понимании явлений вполне естественны. Между тем такие пробелы в области жизни, несмотря на значительные успехи, достигнутые применением физики и химии к физиологии, принимаются иногда за указание присутствия в живой материи сил, отличных от тех, которые действуют в неорганическом мире» (Цит.¹⁰⁰, С. 69).

На схеме, приведенной на рис. 3.23, двойной стрелкой показана соподчиненность в генеалогии развития в триаде материальных объектов, характерных для современного, то есть ноосферного, периода развития Земли; новая группа объектов — созданные мыслью и руками человека — есть в равной мере продукт живого и неживого.



МАТЕРИЯ ≡ {ВЕЩЕСТВО; ПОЛЕ} ≡ ЕИПН

Рис. 3.23. Триада объектов в системе информационного обмена: \Rightarrow — соподчинение в генеалогии развития; \longleftrightarrow — информационный обмен

В то же время, как видно из схемы, все три группы объектов информационно взаимосвязаны. Поэтому можно говорить — с позиций современного знания — о единстве живого и неживого с точки зрения информационного обмена. Кратко рассмотрим концептуально новое наше опре-

деление живого, исходя из качества информационного обмена с окружающей средой.

Рассматриваем жизнь как общее, интегральное свойство живых объектов, которое проявляется в системе отношений между живым объектом и окружающей средой в процессах жизнедеятельности, гомеостаза, метаболизма и в ходе воспроизводства жизни. Таким образом, формально, в обобщенных понятиях, жизнь, в отличие от косной материи, определяется в виде двух основных свойств живого объекта:

(Свойство С*): способность воспроизводить себе подобные или имеющие качественные отличия объекты;

(Свойство С): способность управлять процессами материального, энергетического и информационного обмена с окружающей средой.**

Свойство С* характеризует способность живого объекта к размножению, а С** обобщает признаки БО: питание, дыхание, подвижность, раздражимость, выделение конечных продуктов обмена и пр.

В то же время, оперируя категориями формальной логики и отвлекаясь от конкретной биологической природы, можно утверждать, даже принимая во внимание теорему Гёделя о неполноте, что БО могут являться не единственными представителями материального мира, которые подходят под определение свойств С* и С**, например, «полуживые» вирусы.¹⁰⁰

При этом, из свойства С** особо выделим качество информационного обмена с окружающей средой — в контексте нашей темы исследования — и будем утверждать о единстве живого и неживого мира, а также мира искусственных объектов с позиций информационного обмена, особо выделяя качество памяти.

Таким образом, теорему можно полагать концептуально доказанной, а мы перейдем собственной к теме параграфа.

Ноосферная парадигма замыкания прошлой и будущей памяти. Здесь за базовую иллюстрацию возьмем рис. 3.20, а также утверждения лемм 3.2, 3.3.

Как было отмечено выше, замыкание ПРП \rightleftarrows БП, или принцип «памяти отцов» Н. Ф. Федорова, одинаково характерен для любого положения «визира» НП на «шкале» τ_ϕ (рис. 3.20 — далее номер этого рисунка особо оговаривать не будем), то есть замыкание действительно на любом биогеохимическом (по В. И. Вернадскому) этапе эволюции жизни: $B \rightarrow (B \rightarrow N) \rightarrow \rightarrow N \dots \rightarrow (?)$. Это означает, что справедлива

Лемма 3.5. *Исходя первоочередно из принципов информационно-полевой самоорганизации биосистем (см. выше), эволюционной консервативности,*

действенности ЕИПН и ФКВ, а также (второочередно) из потенциальной психофизиологической ограниченности человеческой памяти (см. последний параграф главы) и реальной исчерпанности объектно-процессуальных структур мироздания, процесс замыкания ПРП \Leftrightarrow БП интерпретируется диалектико-метафизически, то есть материалистически, эволюционно заложенным в психофизиологическом строении мозга человека, как вершины эволюции живого, пределом объема (содержания) памяти, что, в свою очередь, означает эффект «воспоминания о будущем».

Примечание: здесь нет противоречия «исчерпанность структуры мироздания — бесконечность его, то есть Вселенной»; имеется в виду не бесконечная количественность объектов и процессов Вселенной, но, в силу действия принципа эволюционной консервативности, ограниченность типов («номенклатуры») объектов и процессов мироздания; в предыдущем томе²⁵² серии «ЖМФН» речь шла о знаменитой гипотезе Пуанкаре о гомеоморфности трехмерной сферы трехмерного же, односвязного замкнутого многообразия с единичной фундаментальной группой, то есть гипотезе об ограниченном объеме Вселенной. Выполненное не так давно доказательство гипотезы нашим соотечественником Григорием Яковлевичем Перельманом* (теорема Пуанкаре — Перельмана) в числе своих следствий имеет следующее: вся многообразная Вселенная может рассматриваться как сложноподчиненное сочетание *восьми* (!) базовых структур. Это и есть ярчайшая иллюстрация принципа эволюционной консервативности.

...Сущность леммы 3.5 в том, что ограниченный в пределе эволюции объем памяти *h.s.* \rightarrow *h.l.* предполагает и предельный объем информации о сущности, объектах и процессах мироздания. Мы с умыслом напомнили о гипотезе Пуанкаре, то есть сейчас уже — теореме Пуанкаре — Перельмана. Дело в том, что чисто тополого-геометрическую гипотезу Пуанкаре можно «перевести» на язык физиологии и биоинформатики в аспекте анализа замыкания памяти. По есть справедлива

Теорема 3.5 («Биологизированная» теорема Пуанкаре — Герасимова — Яшина). Замыкание ПРП \Leftrightarrow БП с учетом пространственно-временного характера организации памяти и роли СГ ЭМВ в функционировании памяти можно рассмотреть в тополого-геометрических терминах, сопряженных с терминами главенствующей в организации и функциониро-

* Неправомерно распространенное мнение, что Григорий Яковлевич является внуком (или даже сыном...) знаменитого популяризатора физико-математической науки Перельмана, на книгах которого мы воспитывались в 60—80-е гг. Перельман — очень распространенная фамилия... как, например, Петров, Васильев и пр.

вании памяти электромагнитной составляющей, а именно: вещественно-функциональная структура головного мозга с включением развивающегося в $B \rightarrow (B \rightarrow N) \rightarrow N \dashrightarrow (?)$ неокортекса и других, гипотетически возможных в периоды $(B \rightarrow N) \rightarrow N \dashrightarrow (?)$ новообразующихся зон коры головного мозга, суть тополого-геометрически трехмерное односвязное замкнутое многообразие без границ — в смысле развития неокортекса и гипотетически возможных новообразующихся зон — с единичной фундаментальной группой, гомеоморфное трехмерной сфере*, причем данной гомеоморфности соответствует и электромагнитная (электрохимия нейронной деятельности и СГ ЭМВ) система организации и функционирования памяти, из чего (вышесказанного) вытекает: замыкание $ПРП \rightleftharpoons БП$ есть единый процесс, действующий по оси τ_ϕ (рис. 3.20), включающий в себя ареалы $I[\tau_{\phi_0}]$ и $II[\tau_\phi]$, в котором $ПРП \subset НП \subset БП$, но одновременно $БП \subset НП \subset ПРП$, ввиду условий действительности леммы 3.5.**

Примечания:

*) Здесь мы опираемся на разработанную нами²⁷² концепцию ФКВ, в рамках которой мозг, прежде всего человеческий, с позиций вещественной организации и процессуальности с электромагнитной доминантой, в силу принципа эволюционной консервативности, является ранговым (скейлинговым) отображением структуры мироздания, то есть Вселенной.

**) Если вести речь на полностью понятийном уровне, то замыкание $ПРП \rightleftharpoons БП$, или «воспоминание о будущем», хорошо объяснимо. Во-первых, это «память отцов» (по Н.Ф. Федорову) в эволюционно-прямом направлении по оси τ_ϕ : $ПРП \rightarrow НП \dashrightarrow$, то есть ведомая индивидууму память о всем прошлом, а в ареале памяти человечества — все знания о прошлом на момент НП. Во-вторых, для индивидуума характерна $БП \rightarrow НП$; обычно такое замыкание сводят к «вещим снам», то есть к работе подсознания (см. в следующем параграфе), но здесь объяснение более расширенное. К 25...30 годам своей жизни самодостаточно мыслящий человек, исходя из своих познаний, мало-мальски достаточного опыта жизни, уже в состоянии дать прогноз, абрис прогноза всей своей последующей жизни; понятно, неотделимой от социума. То есть у него уже сложилась память о всем цикле его индивидуальной жизни, налицо замыкание $ПРП \rightleftharpoons БП$ через индивидуальную НП.

Наконец, общечеловеческое замыкание ПРП \Leftrightarrow БП представимо в еще большей степени, нежели индивидуальное, в совокупности ареалов $\{I \subset \supset II\} \tau_{\text{эб}} \rightarrow |\tau_{\text{с}}|$ по отношению к медиаторной оси $\tau_{\text{ф}}$. Здесь БП, отнесенная к «визиру» НП суть социумное (всечеловеческое, вселенское всеединство по Н.Ф. Федорову) замыкание: зная фундаментальные законы мироздания, ограничение ведомого материального мира — Земля и ближний космос, экстраполируя ПРП и НП на БП, всечеловеческая память на каждом конкретном «визире» НП $(\tau_{\text{ф}}, \tau_{\text{эб}})$ уже включает в себя «воспоминание о будущем», то есть абрис БП $(-\tau_{\text{ф}}, |\tau_{\text{с}}|)$.

...Вроде как «понятнее» и не скажешь.

Доказательство теоремы 3.5 включает в себя два момента. Первый — собственно доказательство «биологизированной» гипотезы Пуанкаре, используя принцип эволюционной консервативности и единства живого и косного с позиций памяти, как информационного обмена (см. обоснование выше), сводится к собственно доказательству гипотезы Пуанкаре, выполненное Г. Я. Перельманом — теорема Пуанкаре — Перельмана* (энтропийно-термодинамически подход) и нами в книге²⁵² — без каких-либо претензий на математическую строгость, в качестве своего рода иллюстрации — на основе геометрических методов теории функций комплексного переменного и принципа последовательного «исчерпывания сингулярностей». Таким образом, эту часть доказательства теоремы 3.5 можно считать решенной.

Рассмотрим второй момент, необходимый для доказательства теоремы. Здесь должна быть справедлива вспомогательная

Лемма 3.6. *Электромагнитная (электрохимическая и СГ ЭМВ) система организации и функционирования памяти подчиняется в части гомеоморфности трехмерной сфере ЭМ-действия согласно «биологизированной» гипотезе Пуанкаре (теореме Пуанкаре — Перельмана) в том смысле, что разложение спектрального вида для любого сигнала в системе организации и функционирования памяти строится на солитонном базисе, а соответствующее разложение локализуется на сколь угодно малом частотном, пространственном и временном дискрете.*

Докажем сказанное в дополняющей теореме 3.5 лемме 3.6.

Самоочевидно, что классическое для электродинамики преобразование — разложение в ряд Фурье, в том числе в его более гибких модификациях быстрого преобразования Фурье, дискретного преобразования и пр.,

* На русском языке доказательство Перельмана не опубликовано (?!). Причину этого мы объяснили в книге²⁵².

здесь не подходит по определению леммы 3.6. Оптимальным является преобразование (разложение) на основе такого базиса, каждая функция которого характеризует пространственную частоту с фиксацией ее во времени и одновременно — ее локализацию в пространстве и времени, то есть такое преобразование должно обеспечивать двумерное представление (развертку) анализируемого одномерного информационного сигнала $v(t)$ как функции независимых параметров частоты и времени (координаты).

Преобразование Фурье, еще раз оговоримся, такое представление не обеспечивает даже в определенном образом модифицированном подходе. Причина этого состоит в том, что используемые в $L^2(0, 2\pi)$ -пространстве базисные тригонометрические функции не отвечают условию $\{v(t)\} \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \pm \infty$, будучи определены на всей действительной оси $R(-\infty, \infty)$. Это и не позволяет выполнить с помощью Фурье-преобразования частотно-временную локализацию исследуемого информационного сигнала. Для реализации этого условия базис преобразования должен принадлежать пространству $L^2(R)$ функций $v(t)$, то есть должно выполняться условие $\{v(t) \in L^2(R)\} \rightarrow 0 \mid t \rightarrow \pm \infty$, причем $v(t)$ определены на $R(-\infty, \infty)$. Это означает, что локальное среднее значение $v(t) \in L^2(R)$ стремится к нулю, что есть условие локализации при спектральном анализе. Таким образом, «приспособление» преобразования Фурье для решения определенных выше задач спектрального анализа состоит в замене его базиса: $v(t) \in L^2(0, 2\pi) \rightarrow f(t) \in L^2(R)$ (Здесь вводим новое обозначение базисной функции, подчеркивая отличие нового спектрального анализа от традиционного Фурье-преобразования).

Из большого числа функций, отвечающих условию локализации на оси $R(-\infty, \infty)$, оптимальными по своей природе являются солитоны («уединенные волны»), поскольку условие оптимальности для функций $f(t) \in L^2(R)$ означает их максимально быстрое стремление к нулю на $R(-\infty, \infty)$. Это свойство солитонов и было использовано А. Grossmann и J. Morlet (1984 г.) для модификации Фурье-анализа сигналов с заменой (\sin, \cos) — базиса на солитонный базис. Поскольку они назвали хорошо локализованные солитоны «маленькими волнами» (*wavelet*), то в англоязычной литературе к настоящему времени устоялась терминология: вейвлет-анализ, разложение по вейвлетам* и пр. В отечественной же литературе предложены смысловые

* За прошедшие 30 лет вейвлет-анализ стал обычным рабочим методом анализа в физике волновых процессов; дадим лишь ссылку на обзор Н. М. Астафьевой («Успехи физических наук», 1996.— Т. 166, № 11.— С. 1145—1170. См. также наши работы^{100, 257, 274}, где вейвлет-анализ используется в биофизике. Поэтому ниже в формульных выражениях мы используем их результаты.

термины: локализованный спектральный анализ, спектральный анализ локальных возмущений. На наш взгляд более корректными, учитывая требуемую строгость терминологии и приоритетность базового метода, а также содержание теоремы 3.5. и леммы 3.6, являются термины: локализованный Фурье-анализ (ЛФ-анализ) и разложение по солитонному базису (солитонам). Этим самым мы подчеркиваем тот факт, что ЛФ-анализ не выходит за рамки основополагающей идеи метода Фурье, хотя и с заменой базиса (Аналогичную ситуацию наблюдаем и в быстром преобразовании Фурье (БПФ), дискретном преобразовании Фурье и их разновидностях).

Поскольку специалистам в области биофизики и биоинформатики хорошо известны свойства солитонных сигналов, являющихся физической основой биоинформационного обмена в живой природе (см. ссылку выше), то не будем останавливаться на их описании.

При разработке аппарата ЛФ-анализа ставится задача организации $L^2(R)$ -пространства с использованием единственного солитона $\psi(t)$ с тем, чтобы покрыть всю R -ось. Это проще всего делается для дискретного ЛФ-преобразования системой сдвигов солитона вдоль оси: $\psi(t - k)$. Здесь аналогом «синусоидальной» частоты будет $\psi(2^j t - k)$, где j, k — целые числа. Таким образом, используя единственную функцию $\psi(t)$, дискретное масштабное преобразование $(1/2^j)$, сдвиги $(k/2^j)$, можно определить все частоты и покрыть всю ось R . Отсюда интегральное ЛФ-преобразование будет иметь известный общий вид:

$$\left[W_{\psi} f \right] (a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \Psi_{ab}^*(t) dt, \quad (3.23)$$

где a — масштабный коэффициент и b — параметр сдвига функции $\Psi(t)$ (Знак «*» в (3.23) означает комплексное сопряжение).

Условием реализации (3.23) является ортогональность функции $\Psi(t) \in L^2(R)$, то есть семейство $\{\Psi_{jk}\}$, определенное как $\Psi_{jk}(t) = 2^{j/2} \Psi(2^j t - k)$, $j, k \in I$, есть ортонормированный базис $L^2(R)$ -пространства. При этом любая функция $f \in L^2(R)$ может быть представлена в виде ряда

$$f(t) = \sum_{j, k=-\infty}^{\infty} c_{jk} \Psi_{jk}(t), \quad (3.24)$$

а коэффициенты $c_{jk} = (f, \Psi_{jk})$ разложения в ряд по солитонам можно определить через интегральное ЛФ-преобразование:

$$c_{jk} = \left[W_{\psi} f \right] \left(\frac{1}{2^j}, \frac{k}{2^j} \right). \quad (3.25)$$

Так же аналогично Фурье-преобразованию определяется и обратное ЛФ-преобразование.

Заметим, что вместо обозначения $[W_{\nu}f](a, b)$ в (3.23), (3.25), для амплитуд ЛФ-преобразования используется $W(a, b)$, что является более наглядным (см. названную выше работу Н. М. Астафьевой).

Как следует из (сложной) картины взаимодействия ЭМП с собственными полями-голограммами в системе организации и функционирования памяти, привлечение для описания соответствующих биофизических и электродинамических процессов модифицированных методов Фурье-анализа с выраженной локализацией, обусловлено следующим:

— собственной сложностью сигналов, управляющих процессами памяти и — особенно — переотраженными на регистратор памяти, причем эти сигналы сочетают в себе детерминированные и стохастические признаки;

— потребностью в численном описании (моделировании) сложных биофизических электродинамических процессов памяти, характеризующихся в биосреде выраженной нелинейностью, динамичностью, стохастичностью, дисперсионностью, причем все это — в широком частотно-временном и пространственном диапазоне;

— в очень узком диапазоне возникает задача обработки сигнала с локализованными частотами; это же относится и к анализу процессов памяти с перемежаемостью;

— наконец, учитывая, что собственный биоинформационный обмен в системе памяти выполняется голографически электромагнитными солитонами, возникает необходимость анализа для случая двойной солитонной функции $f(t)$ и $\Psi_{ab}^*(t)$ в ЛФ-преобразовании (3.23); физико-математически это приводит к задаче исследований процессов со «сверхлокализацией» (см. лемму 3.6).

Перечисление производных от названных исследовательских задач можно продолжить, однако для всех них насущно применение метода ЛФ-преобразования, позволяющего выявить пространственные характеристики исследуемого процесса, разумеется и памяти, и получить адекватную информацию о процессе в требуемой «масштабной» степени оценки: глобальную, усредненную, локализованную. Таким образом, ЛФ-преобразование, управляя коэффициентами a, b в (3.23), позволяет передвигать окно $O[\Delta\omega, \Delta t]$ в двумерных частотно-временных координатах в нужную область локализации, одновременно изменяя масштаб локализации. Математически это реализуется в форме ЛФ-преобразования (3.23) для Фурье-образа \hat{f} в виде (по Н. М. Астафьевой)

$$W(a,b) = (a^{1/2} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{f}(\omega) \exp(ib\omega) \eta^* \left(a \left[\omega - \frac{\langle \omega \rangle}{a} \right] \right) d\omega, \quad (3.26)$$

где $\eta(\omega) = \hat{\Psi}(\omega + \langle \omega \rangle)$ — оконная функция с центром в нуле и радиусом $\Delta_{\hat{\psi}}$; $\hat{\psi}$ и \hat{f} — Фурье-образ солитона и исследуемой функции соответственно.

Таким образом, преобразование (3.26) дает локализованную информацию о спектре $f(\omega)$ исследуемого сигнала $f(t)$ в частотном окне

$$[win_{\omega}] = \left[\frac{\langle \omega \rangle}{a} - \frac{1}{a} \Delta_{\hat{\psi}}, \frac{\langle \omega \rangle}{a} + \frac{1}{a} \Delta_{\hat{\psi}} \right]. \quad (3.7)$$

Частотная локализация выполняется около центра окна в $\langle \omega \rangle / a$ с шириной окна $2\Delta_{\hat{\psi}} / a$, причем отношение центральной частоты к ширине окна

$$\frac{\langle \omega \rangle}{a} \left(\frac{2\Delta_{\hat{\psi}}}{a} \right)^{-1} = \frac{\langle \omega \rangle}{2\Delta_{\hat{\psi}}},$$

не зависит от положения центральной частоты, а само частотно-временное окно $[win_t] \times [win_{\omega}]$ с площадью $4\Delta_{\psi} \Delta_{\hat{\psi}}$, сужается или расширяется, соответственно, при увеличении $|\omega|/a$ или уменьшении центральной частоты (рис. 3.24).

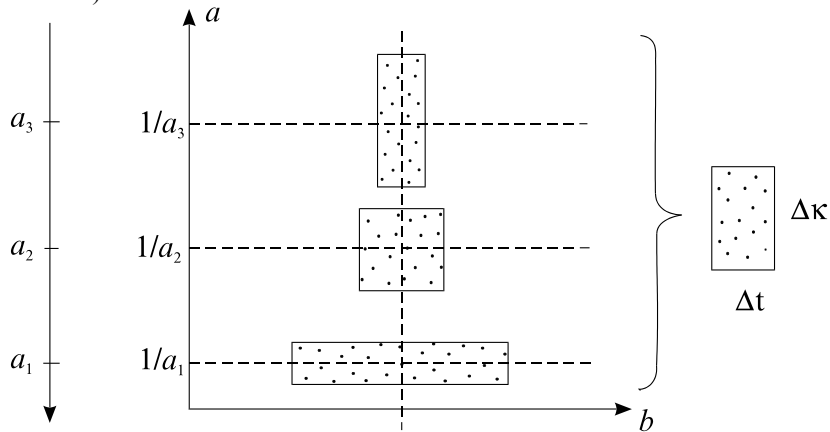


Рис. 3.24. Принцип частотно-временной локализации при ЛФ-преобразовании (по Н.М. Астафьевой)

Выбор базовых функций $\Psi(t)$ в ЛФ-преобразовании чаще всего является эмпирическим.

Спектр $W(a, b)$ физически есть для исследуемого одномерного сигнала $f(t)$ распределение амплитуд, то есть поверхность в трехмерном пространстве с координатными осями параметров a и b . Для визуализации спектральной информации не обязательно строить хотя и наглядные, но дающие преимущественно качественную информацию, трехмерные картины. Проще и информационно содержательнее представлять функцию $W(a, b)$ в виде проекции на плоскость (ab) с изолиниями (изоуровнями), что позволяет отслеживать изменение интенсивности амплитуд ЛФ-преобразования на различных масштабах и в зависимости от времени.

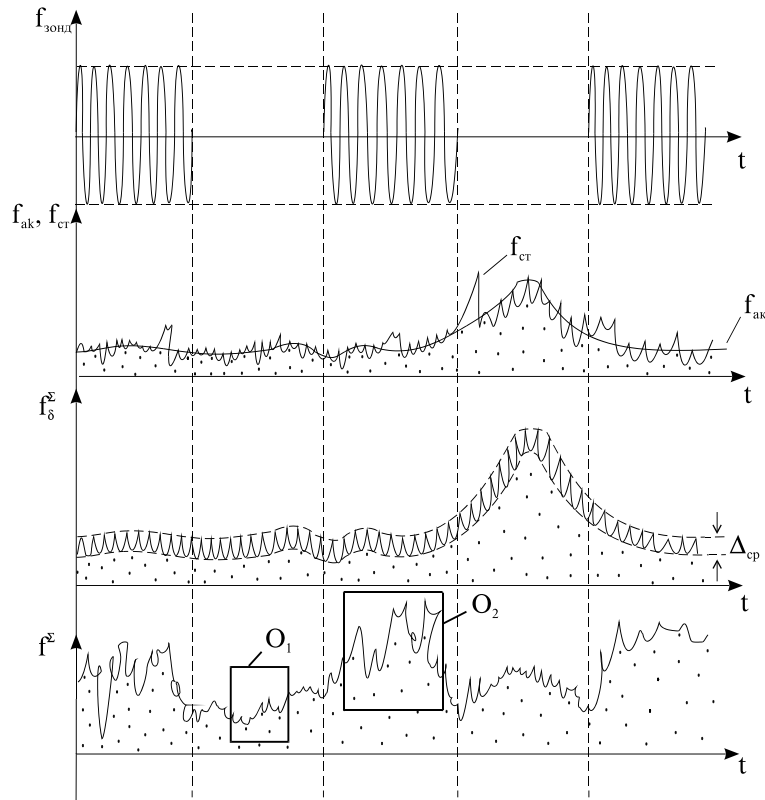


Рис. 3.25. Графики функций сигналов в процессах функционирования памяти

На рис. 3.25 приведены графики (эпюры), иллюстрирующие достаточно сложный процесс формирования элемента памяти с наложением ЭМ-сигналов (электрохимических / или СГ ЭМВ / или их сочетание). Здесь $f_{зонд}$ — условно названный «зондирующим» импульсно-периодический синусоидальный сигнал, который можно ассоциировать с процессом многократных запросов на извлечение информации из памяти (см. гл. 1). Накопление сигналов $f_{ак}$ и $f_{ст}$ (вторая сверху эпюра) суть суперпозиция сигнала $f_{ак}$ — медленноменяющегося (конечно, относительно медленно...) сигнала извлечения информации из памяти и $f_{ст}$ — быстропеременного сигнала поиска нужной информации извлечения — своего рода поисковый «пробег» по регистрам в каталоге памяти (см. гл. 1).

Суммарный усредненный $\Delta_{ср}$ сигнала f_{δ}^{Σ} показан на третьей эпюре сверху. На последней эпюре показан (общий) суммарный сигнал f^{Σ} — суперпозиция сигналов $f_{зонд}$, $f_{ак}$ и $f_{ст}$.

Для локализованного спектрального анализа важно оценить суммарный сигнал f^{Σ} в паузе $f_{зонд}$ — окно O_1 и в период действия $f_{зонд}$ (действия синусоидальной пачки-посылки) — окно O_2 (рис. 3.25).

На рис. 3.26 приведен гипотетический пример ЛФ-преобразования для окна O_2 ; в координатах $W(a, b)$ показано распределение амплитуд в изуровнях — различная штриховка (аналогия с географическими картами) показывает уровни усредненных амплитуд, то есть дает качественную и количественную картину распределения по времени и частотам спектра суммарного сигнала f^{Σ} в процессе извлечения информации из памяти.

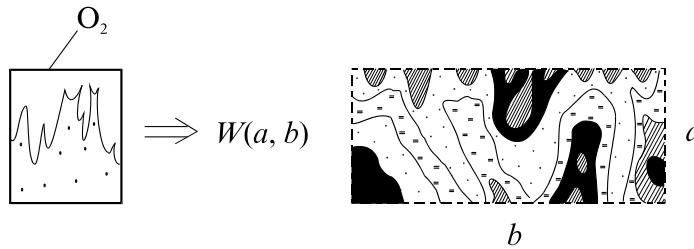


Рис. 3.26. Гипотетический пример ЛФ-преобразования сигнала $f^{\Sigma}(t)$ для окна O_2

Таким образом, показана реальная возможность локализации ЭМ-полей в системе памяти, что удовлетворяет условиям леммы 3.6.

Теорема 3.5. доказана.



В заключении параграфа сформулирует ноосферную парадигму замыкания $ПРП \rightleftharpoons БП$. Справедлива (см. рис. 3.20)

Лемма 3.7. В процессе $(B \rightarrow N) \rightarrow N \rightarrow (?)$ происходит сближение $НП \rightarrow БП$, причем $БП$ является полезным аттрактором (ПАТ)²⁵² данного сближения-замыкания, но поскольку, ввиду аттракторного характера $НП \rightarrow БП$, условие $НП \equiv БП$ недостижимо, то в развернутой ноосфере замыкание $ПРП \rightleftharpoons БП$ является асимптотическим $ПРП \rightleftharpoons (БП + \Delta)$, где Δ — асимптотический (положительный) поправочный коэффициент.

3.4. Память и подсознание в аспекте мышления: литературные иллюстрации

В главе 1 мы намеренно «пропустили» чрезвычайной важности — в контексте темы книги — вопрос о соотношении памяти и подсознания оно же бессознательное, неосознаваемая психическая деятельность и другие термины, уточняемое ниже. Ибо данный вопрос требует автономного рассмотрения. Другой момент: на сегодняшний день роль и функционирование подсознания во многом остаются «черным ящиком» в части мышления и памяти человека, что, в свою очередь, не позволяет достичь нужной (априорной) степени логической, биофизической и пр. строгости их описания.

Разумеется, в заключении настоящей главы мы дадим наше толкование закономерностей в соотношении памяти и подсознания с «ноосферным акцентом» с определенным, сугубо научным подтекстом, но для выявления связи памяти и подсознания в аспекте мышления (*особенно для неспециалистов в данной области*) мы сочли возможным и оправданным использовать прием, уже испытанный и проверенный в предыдущем томе²⁵² серии «ЖМФН», а именно: дать достаточно развернутую литературную иллюстрацию, включив в нее три основных момента: художественное познание в свете неосознаваемой психической деятельности; ритм как диалектика бессознательного в художественном творчестве; художественно воплощение *иронифрейдизма* (термин наш). Причина выбора данных тем раскрывается ниже.

Еще один комментарий: ниже речь идет преимущественно в терминах творческого мышления и познания, а память подразумевается как обязательный компонент этих процессов, что мы далее особо не оговариваем. Для цитат, взятых из нашей работы²⁵³, указываются только номера страниц этой работы.

Художественное и общее познание (мышление и память) в свете неосознаваемой психической деятельности. В своем последнем романе

«Признание авантюриста Феликса Круля» Томас Манн писал: *«Счастье можно испытать только на двух полюсах человеческих взаимоотношений — где еще или уже не возникают слова: во встрече глаз, в объятии; только там царит безусловность, свобода, тайна и глубокая откровенность»* (С. 296). Удивительно верное и емкое определение счастья полной интимности и взаимопроникновения любящих душ. Слова — как немислим без них человек, и сколько его состояний, чувствований обходится без них, озвученных, иным образом овеященных символами человеческого мышления? Ведь не так далеко ушел человек в развитии своего естества от безгласных предков, давших ему свою избранническую природу.

Настоящий параграф посвящен роли неосознаваемой психической деятельности в формировании художественного познания и мышления с базисом памяти, затрагивающей те глубинные основы человеческого мышления, о которых мы можем до сих пор судить только по внешним их проявлениям и принимать или не принимать на веру существующие теории, пока слабо и отрывочно аргументированные экспериментальными и аналитическими исследованиями. Однако без вторжения в эту область неполнота раскрытия выбранной темы настоящей книги оказалась бы вопиющей.

Можно было бы начать изложение темы настоящего параграфа с конспективного реферирования Фрейда, но имя и учение его сейчас настолько глубоко вошли в человеческую практику оценки познания и мышления — от клиники неврозов до литературоведения, — что это показалось бы излишним повторением.

Поэтому, отдавая должное всему ценному и позитивному во фрейдизме, особенно в интересующем нас аспекте, мы совершенно справедливо полагаем то знакомство с общими идеями учения Фрейда, которое давно стало образовательным цензом любого мыслящего человека. Более же специальные вопросы поясняются, коль скоро они того требуют.

Было бы удивительным, если фрейдизм, смелая версия младенческой науки о подсознательном, не имел спутников в лице коррелирующих с ним, а то и просто независимых учений о бессознательном с иной исходной посылкой.

К настоящему времени принято считать, что «генеральным» противопоставлением фрейдизму является трактовка вопроса соотношения сознания и психического бессознательного в свете общей теории установки, предложенной в 30-ые годы советским психологом Д. Узнадзе; установка здесь полагается как состояние, предваряющее появление определенных фактов сознания, определяющее тенденцию к известному содержанию сознания.

Теория установки ранее интенсивно разрабатывалась советской школой психического бессознательного (Тбилисская школа Узнадзе) и рассматривалась как общая теория психологии в системе советской науки и противопоставлялась фрейдизму, как аналогичной теории в системе западной науки. Как сейчас дело обстоит — сложно сказать... не до того, Федя, не до того...

В нашу задачу также не входит разбор этой теории, и вообще мы постольку привлекаем взгляды той и другой школы, поскольку они помогают нам оценить роль неосознанной психической деятельности в художественном познании и творчестве. Исчерпывающее изложение теории установки содержится в монографии последователя Узнадзе — Аполлона Шерозии²³².

В 1976 году в Тбилиси на базе Института психологии им. Д. Н. Узнадзе АН Грузинской ССР состоялся международный симпозиум по проблемам неосознаваемой психической деятельности. Обобщенные материалы его, изданные в виде 4-х томной коллективной монографии²⁴, дают ценный материал для анализа конкретных проблем сознания и подсознательного в свете сопоставления фрейдизма и теории установки, представленных «на равных правах», чем мы ниже и воспользуемся для наших целей в качестве некой «контрольной инстанции» современного уровня развития методологической базы.

Онтологические корни знания человека о мире вещей и их отношений, всего, что он видит и чувствует, коренятся в его практике, даже если речь идет о столь «неосязаемом», как бессознательное психическое. Сама психология слишком долго оставалась произвольно трактуемым термином: от Декарта до Фрейда, от объявления сознания единственным признаком психического до гипотезы о тройственной структуре сознания, от интеллектуализации психического до его всеохватывающей доминантности.

На каком-то этапе человеческая практика потребовала дать толкование более глубинным формам психического, одновременно отринув декартовский максимализм. Так в обиходе укоренилось мнение, все более и более научно аргументируемое, о существовании неосознаваемых форм психической деятельности. Таким образом, сознание становится лишь одним из основных признаков высших форм психического. Доказательством же существования сознания и бессознательного психического, как двух базовых, определяющих форм психического, будет являться тот признак последнего, который одинаково характерен для обеих форм.

Согласно Фрейду²¹⁰, этим признаком является существование в системе психического трех его форм: сознательного (СЗ), бессознательного (БСЗ) и промежуточного латентного состояния предсознательного (ПСЗ), динамически переходящих друг в друга при известных внешних воздействиях. Кстати говоря, механизмы памяти «чутко реагируют» на эти состояния...

В системе же теории установки полагается, что психическое дает смысл возникновению, направлению и итогу поведения и определяет его целесообразную ориентацию. Без этой функции психическое поведение утрачивает свои специфические особенности и становится простой последовательностью операций физико-химического характера. *Психическое появляется для того, чтобы придать активности смысл и целесообразный характер.* Таким образом, роль БСЗ в художественном творчестве и общем познании также строго априорирована и подчинена целесообразной установке: отображению реального мира вещей и их отношений. Тем самым срывается покров с традиционной романтической идеи о вольном, скорее — волюнтаристском фантазировании БСЗ, выливающимся в СЗ в форме всевозможных химер*.

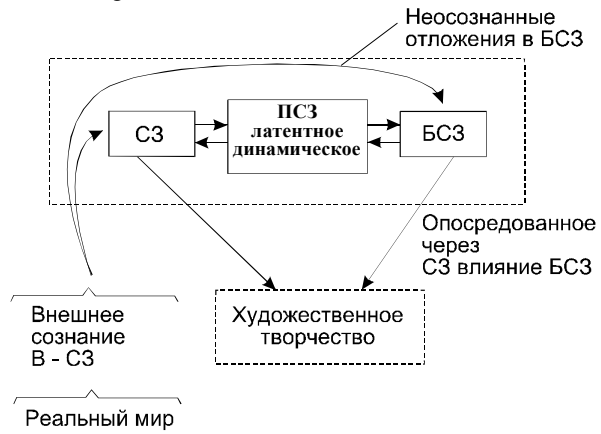
Итак, осознанность есть вторичный признак психического перед первичным: значимостью и целесообразностью. Психическое служит субъекту поведения, в структуре которого оно развивается. Тому же служит и сознательное, как частное проявление психического. К действию БСЗ психики относятся те целесообразные и значимые явления в поведении субъекта, которые в данный момент не учитываются СЗ.

«Бессознательным психическим нужно называть явление, которое, участвуя в организации целесообразного поведения, само не становится непосредственным содержанием сознания субъекта этого поведения. Функционируя, оно остается вне внутреннего поля зрения субъекта» (Т. I²⁴, С. 99).

Онтологическая природа системы СЗ-БСЗ у Фрейда и у Узнадзе (школа теории установки) определяется, в общем-то, одинаково. При всем при этом, следует четко осознавать различное представление структур психического по Фрейду и по Узнадзе (рис. 3.27). Различие их определяется, на наш взгляд, различной постановкой задачи, обусловленной, в свою очередь, исторической последовательностью возникновения школ психоанализа и установки: Фрейд, как первооткрыватель, шел от частных фактов к обобщению; представители школы Узнадзе, поставившие с самого начала задачу разработки общей теории психического, шли от структуры к экспериментально-аналитическому доказательству. Но еще раз подчеркиваем, это не изменяет сущности взглядов на мышление и память.

* «...Ум мой порождает столько беспорядочно громоздящихся друг на друга, ничем не связанных химер и фантастических чудовищ, что, желая рассмотреть на досуге, насколько они причудливы и нелепы, я начал переносить их на бумагу, надеясь, что со временем, быть может, он сам себя устыдится» (Мишель Монтень, «Опытъ»); сказано за три с лишним сотни лет до открытия БСЗ!

Представление Фрейда



Представление школы установки

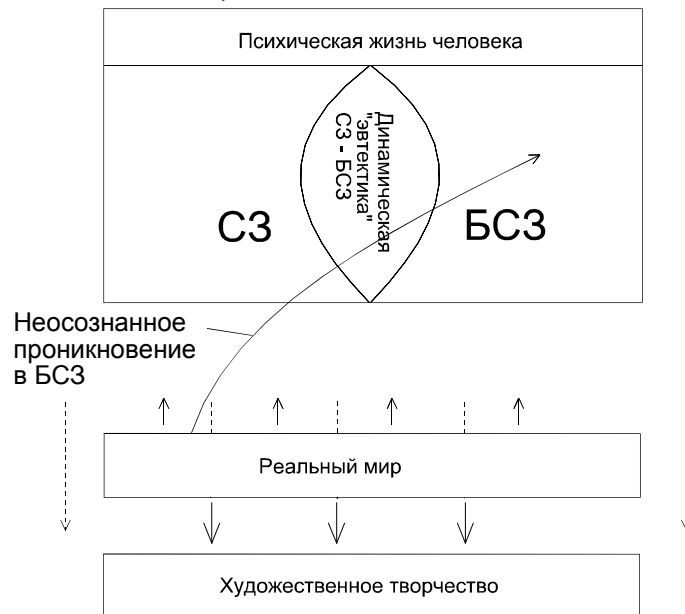


Рис. 3.27. Представление структур психического по Фрейду и Узнадзе

Вообще говоря, представления фрейдистов отличаются большей дискретностью подструктур СЗ, ПСЗ и БСЗ, в отличие от представлений школы установки, считающей структуру СЗ-БСЗ единой и целостной, в рамках которой протекает вся психическая жизнь человека. Поэтому можно смело предполагать, что теория Узнадзе в определенном смысле логически дополняет и универсализирует основополагающее учение-догадку Фрейда. Доказательством служит сопоставление главных моментов обеих теорий: Узнадзе полагал, что исходное положение (ситуация) — воздействие реального мира на человека и необходимость его ответной реакции на это для возможности удовлетворения тех или иных жизненных потребностей (в познании, в творчестве, в личном поведении, наконец, в продлении физического существования...) есть исходный момент для субъекта, некое динамическое состояние или *установка* — отсюда и название теории, — которая, оставаясь БСЗ, но целесообразно, в соответствии с особенностями содержания ситуации, руководит процессом работы сознания, в свою очередь, вырабатывающего оптимальную линию поведения субъекта. Итак, на этапе оценки и реакции на ситуацию установка есть доминирующее психическое и *целостное* динамическое состояние субъекта.

После ликвидации ситуации установка исчезает, уступая место новой, соответствующей новой ситуации и так далее (см. главу 1).

Однако исчезающая установка оставляет след в виде латентных (у Фрейда это промежуточное латентное ПСЗ), фиксирующихся в БСЗ элементов прошлой ситуации. Это и есть БСЗ-память об исчезнувшей *первичной установке*. Сохраняющиеся в БСЗ следы первичной установки есть *фиксирование установки*. Если по прошествии времени возникает ситуация, схожая, в целом или в ее составляющих элементах, с некоторой прошедшей, то соответствующая ей фиксированная установка возбуждается и переходит из БСЗ в СЗ. Вот это-то «воспоминание» и является источником многих явлений человеческой психики: от самодовлеющего художественного творчества до явлений ложной памяти, иллюзий и ошибок в мотивации поведения (опять же см. главу 1).

Как видим, в принципе отличие фрейдизма и теории установки только в широте постановки вопроса, поэтому нельзя полностью и принципиально отвергнуть любую из школ, не уподобившись герою одной из ранних повестей Михаила Булгакова, прочитавшего переписку Энгельса с Каутским и решившим, что оба не правы... Но — говорим в принципе, ибо школа теории установки считает фрейдизм одним из *крайних частных моментов* характеристики человеческой психики. У Фрейда БСЗ есть область, абсолютно автономная от СЗ, в то время как установка суть динамическое взаимодействие, «эвтектика» СЗ и БСЗ (см. рис. 3.27). Можно утверждать, с

точки зрения школы Узнадзе, следующее: установка дополняет учение Фрейда, являясь до тех пор отсутствовавшим в нем элементом.

Но суть объявленных «непримеримыми» противоречий двух школ сводится к тому, что Фрейд считал главной силой, движущей психическую жизнь людей, борьбу между Эросом и Танатосом (либидо и влечение к смерти), а представители школы установки полагают ее как потребность в активности, реализуемой созданием соответствующей установки. Опять-таки не покидает уверенность в том, что это противоречие кажущееся, терминологическое, противоречие между дедуктивным и индуктивным, исторически обоснованными подходами к формированию теорий. Не вдаваясь более в полемические противопоставления, заметим, что в вопросе влияния БСЗ, его чувственной первоосновы, на художественное творчество, достаточное число иллюстраций и подсказок дают исследования последователей обеих школ. Это в рамках настоящей работы более важное.

Еще заметим, что как Фрейд в работе «По ту сторону принципа наслаждения», так и Узнадзе, сознавали, что возникновение сознательных психических процессов очень тесно связано как с психическим, так и физиологическим состоянием человека, с его целостной психофизической сущностью. Другое дело, что в одном случае подход не имеет, вернее, не обращается, четкого философского обоснования, в другом — базируется на известных объективных диалектических положениях.

Однако крайности и в ту, и в другую сторону, а более всего задиристая полемичность, ни к чему другому, как к ляпсусу в этом тонком вопросе не приведут. Так А. Т. Богоришвили в своей статье (Т. I²⁴, С. 188) пришел к выводу, что если следовать только ортодоксальным источникам («*Защитники бессознательного практически никогда не прибегают в своей аргументации к литературным источникам марксизма-ленинизма. Это можно, пожалуй, объяснить тем, что в этой литературе часто говорится о психике и сознании, как об идентичных понятиях...*»), то введение понятия БСЗ снимает основную проблему философии о примате духа или материи и торжествует признание исторически отвергнутого метафизического дуализма: «*Главный аргумент и тезис материализма против идеализма заключается в указании на то, что материя по своей сущности является существованием вне сознания, а психика, сознание не может существовать иначе, как отражение бытия. Материя, по своей сущности, не только онтологически, но и логически предшествует психике, сознанию. В этом основное преимущество материи и материализма перед идеей и идеализмом. Но как только психике присваивается существование вне сознания, психика превращается в субстанцию, а материя теряет свое фило-*

софское преимущество перед психикой, материализм перед идеализмом» (Там же, С. 188).

Вышесказанное напоминает о той особенности спорных психологических теорий, что требуют осторожного и адогматического подхода, умения оперировать понятием, оставаясь в пределах методологической базы диалектики, но не ссылкой на общие положения материалистического учения...

Заметим, что конструктивным диалектико-материалистическим подходом к философскому обоснованию бессознательного отличаются представители очень активной и плодотворной болгарской школы философии диалектического материализма. Хр. Димитров (С. 303) указывает на корни фрейдистского учения в послекантовской немецкой философии. С одной стороны, это воссоздание на новом качественном уровне еще античных догадок о неосознаваемых психических процессах (все тот же наследственный рок Эдипа, сила рока в мифах и пр.) Кантом, Шеллингом, Лейбницем, философами идеалистической школы. С другой — идеи о бессознательном в учениях волюнтаристов: Шопенгауэра, Ницше, Вагнера, с третьей, наконец, в теориях иррационалистов Гартмана и Бергсона.

Особенно часто встречаются утверждения о духовной и методологической близости Фрейда и немецких философов-волюнтаристов. Один из наиболее видных современных французских психологов Л. Шерток пишет: *«Часто подчеркивали влияние, которое оказали на Фрейда... немецкая литература и философия XIX века... В немецком романтизме глубоко укоренилась идея существования неосознаваемых стремлений, которые проявляются главным образом в сновидениях и безумии. Читая Ницше или Шопенгауэра, также нельзя не поражаться сходством их теорий с некоторыми фрейдистскими формулировками. Это особенно отчетливо видно у Ницше; именно он, Ницше, ввел, например, термин «Оно» для обозначения области влечений и инстинктов. Фрейд настолько сознавал эту близость, что, по его собственному утверждению, долго отказывался читать Ницше из-за боязни попасть слишком в большой степени под его влияние»* (Т. I²⁴, С. 347).*

Наметки материалистического же понимания неосознаваемой психической деятельности появляются у Фейербаха, Маркса и Энгельса. Если ко всему сказанному добавить, что во второй половине XIX века усиливается интерес к развитию медицинской психологии и особенно неврологии, то станет ясным: что оказало влияние на разработку Фрейдом его знаменитой

* Мы сочли необходимым привести эту цитату с тем, чтобы не возникло неясностей при чтении литературы по вопросам психоанализа. Ибо, например, в книге Холличера²¹⁸ содержится утверждение со ссылкой на заявление Фрейда о его незнакомстве с работами Ницше. Однако важно знать, по каким причинам это произошло.

теории. Итак, фрейдизм возник не на голом месте, это было органической теорией, обобщением качественного порядка. Таковой же является и теория установки Узнадзе.

Заканчивая введение в тему параграфа, вновь обратим внимание на правильность подхода к фрейдизму; как пишет Хр. Димитров: *«Главное в марксистско-ленинской оценке учения Фрейда состоит в попытке отграничить его положительные фактические элементы от его неправильных теоретических предпосылок и выводов, а также в корне отвергнуть его философско-методологические обобщения... Марксистская критика убедительно показала, что отдельные научные проблемы, поставленные психоанализом (такие, например, как проблема неосознаваемых психологических функций, проблема неосознаваемых мотивов деятельности, роль инстинктов в поведении человека, некоторые механизмы патогенеза нервных и психических заболеваний, определенные психические зависимости, имеющие место в творческом процессе общения и др.), представляют значительный интерес и нуждаются в дальнейшей конкретной и экспериментальной разработке, в то время как обобщенные и психоаналитические интерпретации не имеют, как правило, научного характера. Можно сказать, что по своей сущности и месту в психологии психоанализ во многом сходен с другими мелкобуржуазными идеологическими направлениями, например, с «критическим реализмом» в искусстве или с социал-демократическим реформизмом в общественно-политической практике»* (С. 305).

*Ритм как диалектика бессознательного в общем и художественном творчестве.** Без дальних предисловий от онтологии БСЗ перейдем к его конкретному проявлению в художественном творчестве. С целью, ниже подробно разъясненной, следует прочесть помещаемый здесь рассказ-эссе (автор А.А. Яшин), особо следя за выдерживанием ритма чтения текста.

Очищение. Восемь сцен из жизни теплицы

*О, теплица посреди лесов,
И твои навеки замкнутые двери,
И все то, что под твоим таится сводом,
И в моей душе — твоим подобье*
(Морис Метерлинк, «Теплица»)

I. Пресыщение

Пресыщение мира теплицы — явление, если не наступающее, то замечаемое внезапно. И опытный садовник не может взять в толк: когда, в ноч-

* «Ритм как диалектика и «Медный всадник», — название книги Андрея Белого.

ной ли час? С рассветом ли произошло это печальное превращение лелеемого сада в безжизненный развал тучных плодов. В момент пресыщения теплицы весь растительный мир ее сокращается в видах, но кажется, что дух чахлах, посеревших, поникших растений отдан румяным, лопающимся плодам, истекающим густыми, тяжелыми соками.

По утрам застывшие капли избыточной крови плодов поглощаются пчелами, проникающими в теплицу с садовником. Но их сбор — второсортный мед. Им кормятся в трудные зимние месяцы рабы, парии и создатели улья: пчелы-работницы. Для кормления же животворящей силы улья, матки и подрастающих в сотовых темницах принцесс, этот мед пресыщения не годен. Им нужен нежный и чистый мед первых, цветочных сборов.

День пресыщения узнается по совершенно необычному сочетанию давящей духоты и испарений теплицы. Солнце стоит прямо над крышей, но воздух теплицы не звенит, пчелы деловиты, а веселые шмели вовсе не появляются.

Этот день радостен только для ползучей нечисти: она гибнет от обжорства.

II. Потребность очищения

Потребность очищения уже потому predetermined, что само состояние пресыщенности в разладе с циклическим ритмом жизни теплицы. Оно инертно к движению природы, и потому само рождение пресыщения подразумевает и его скорое отрицание...

Тучные плоды оттягивают до земли худеющие ветви, вялые листья не дают более чудесного превращения соков земли в соки растений, выпрямляющие стебли. Все ушло в средоточие изобилия растений: плоды, которые теперь губят свою мать и основу...

Мелкие сорняки, плотные травы увяли, и голая земля испаряет влагу. Душная пелена окутывает растения теплицы. Потому и солнечные лучи с трудом, обессиленные, добиваются до листьев.

Сонный от душной одури садовник с отвращением смотрит на то, что еще недавно радовало и молодило душу. Который раз за его долгую жизнь?

Сырость, духота. Только земляные черви и улитки довольны, а шумные, веселые шмели, даже и пчелы, наконец, покинули это царство тучности.

III. Дуновение. Первый признак

Дуновение. Первый признак его робок и разве тем себя проявит, что порыв предвещающего ветра склонит ветку растущей снаружи теплицы березы и постучит в застекленную крышу. Растения еще и не почувствовали дуновения и его первого признака, но вот что-то дрогнуло в душе садовника; пока это только осторожный, бессмысленный толчок, но и он прогнал сонную одурь.

IV. Предварительный ужас

Предварительный ужас не страшен только мудрому, но среди цветов, растений и плодов их искать следует осторожно, пожалуй что и тщетно. В теплице мудр лишь садовник, а глупые растения в полной силе испытывают самый грозный и пугающий предварительный ужас. Он страшен не своим действием, ибо являет себя за стенами теплицы, но тем, что, как и всякое действие, имеет силу и смысл только для наблюдателей. Не будь их — не было бы и ужаса.

V. Кульминация ужаса

Кульминация ужаса следует сразу или почти мгновенно за моментом его наступления. ...И приносит облегчение. Причина того: свойство даже самой примитивной живой формы обладать обратной временной субстанцией восприятия. Поэтому всякого обитателя теплицы губит не явление ужаса, не боль, а лишь ожидание их.

Боже, что случилось с моей теплицей?! Гром и потоки вод, снесена крыша и разрушены стены, стекла — чистые и мытые дождем — на вздыбленной земле, разбитые в осколки. Любовно ухоженные грядки черны и липки от грязной влаги и растеклись жидким прахом по полу теплицы.

Да существует ли в тот час сама теплица? Даже бог ее, садовник, заботливый опекун растений, поливающий их, ставящий подпорки и в нужный момент освобождающий их от отторгнутых плодов, и он покинул теплицу.

Ужас. Ужас ломаемого ветром растения. Ужас и смертный вздох раздавленного плода.

VI. Холод и опустошенность

Холод и опустошенность захватили теплицу, еще недавно хранилище тепла и изобилия. Растения, что остались в живых, собственно и не живут. У них нет желания жить, а умереть им не было дано: растение живуче.

VII. Тоска и скорбь

Тоска и скорбь — все что они чувствуют. Тоска по милой уже им пресыщенности. Скорбь. Несчастливая участь. Им жалко и недавно столь ненавидимых плодов. Вот валяется их гниющая, бесформенная груда.

Скорбь глубоко индивидуальна. Весь мир может быть объят тоской, но скорбь всего мира не стоит печали одинокого стебля с двумя чудом сохранившимися листьями; так полагал бы сам стебель.

VIII. Тихое возвращение к жизни

Тихое возвращение к жизни. Освобожденные от плодов растения еще могут жить, даже иметь всплески жизненных сил. Но это жизнь обреченных. И от сознания этого тепличные растения безучастны к жизни теплицы, уже восстанавливаемой заботливым садовником. Да и к своей собственной жизни они безучастны. Ими овладевает умиротворенное чувство

оставленного позади ужаса жизни. ...И некоторая гордость устоявшего, хотя и многим пожертвовавшего.

Растение стало задумчивым; стебель его тонок и лицом своим: двумя уцелевшими листьями, — оно смотрит в небо через не застекленную еще крышу.

Небо говорит о спаде лета. Высокие белые облака нарастают, сталкиваются, заволакивают небо. Потом снова сжимаются и плывут белыми тонкими хлопьями.* Синее дно неба — большая теплица, облака — обитатели небесной теплицы.

Ритм является определяющей характеристикой художественного текста. Понятие ритма принято (*неквалифицированно*) связывать с поэзией, но лишь в силу ее первородности как словесного искусства, а потому и сохранившей ритмику в ее первозданной, аффектированной форме. Но в работе²⁵² из серии «ЖМФН», рассматривая некоторые, сопоставительные с «Улиссом» Джойса особенности «Петербурга» Белого, уже было сказано об экспериментальной, ритмизованной прозе писателя. Но это крайность, весьма характерная для всего — и поэтического, и прозаического, и литературоведческого творчества Белого.

Не требуется добираться до образцов нарочито ритмизованной прозы, чтобы на опыте личной культуры чтения, а еще более слушания, прийти к выводу, что самый «сверхпрозаический» художественный текст обладает ему одному присущей характеристикой ритма.

Что есть ритм в широком смысле? Почему он выдвигается в качестве одного из основных определяющих признаков индивидуальности художественного текста? Какова его природа? Наконец, почему он есть диалектика БСЗ в художественном и в ином творчестве? Невообразимо ответить на эти обширные вопросы в рамках рядового раздела работы, но ответ, пусть и краткий, но аргументированный, открывает многие пути для последующих рассуждений.

Возвратимся к эссе о теплице. Сам жанр эссе предполагает концентрированное, символично-образное выражение душевного состояния. По своей природе эссе есть эмоциональная разрядка, выраженная художественными ассоциациями, очень близкая к лирическому поэтизированию. В данном случае сюжетная привязка полностью построена на цепи законченных ассоциаций. Очищение есть высвобождение БСЗ — довлеющего переживания. Воссоздав полную цепочку ассоциаций душевного состояния, художе-

* «Облака», ноктюрн Клода Дебюсси.

ственно реализовав установку перенасыщения тоской и тревогой... повод? Им может быть конкретная жизненная ситуация или накопление, наложение, просто совпадение факторов негативной эмоциональности... — мы освобождаемся через «очищение». Ибо это еще древнегреческим театром разрешенная ситуация художественного очищения через трагическое сопереживание. Только так духовное очищение испытывали зрители, заражаясь искусством игры, здесь же процесс аутогеничный с воследующим заражением читателей.

Теплица есть символ прежде всего изолированной в своем переживании, а потом защищенной, хотя бы и искусственно, души. Исходная установка суть пресыщение, высвобождение — через испытание — ужас. Опустошенность и тоска, и возвращение к жизни символизируют процесс духовного обновления через испытание.

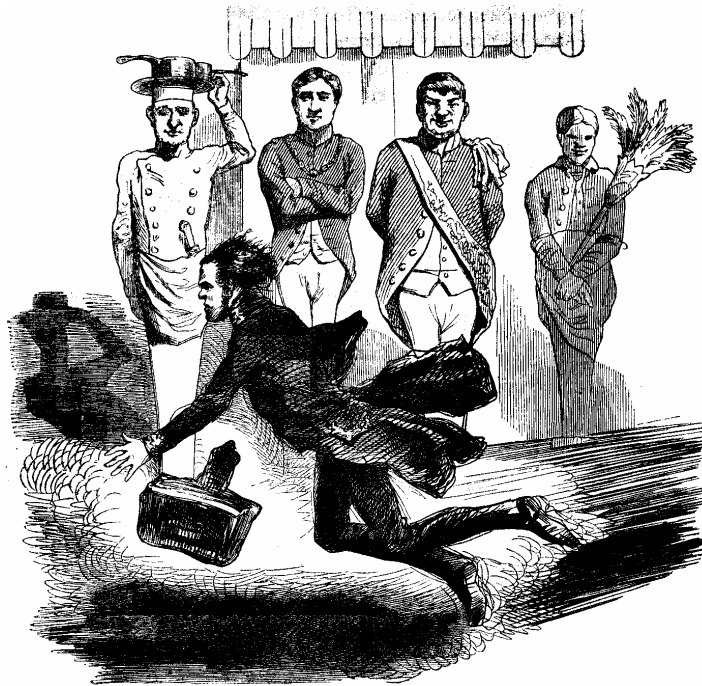
Это отнюдь не прерогатива эссе, хотя только здесь процесс наиболее аутогеничен, когда художественное самовыражение есть одновременно генезис вытеснения из БСЗ довлеющей идеи (мысли, комплекса, настроения...) автора. В чисто реалистическом повествовании может быть заложена и художественно воплощена та же идея, но это уже театр для других. Прекрасная иллюстрация — «Чертогон» Н. С. Лескова, хотя бы потому, что автор здесь передает не свое состояние потребности и исполнения очищения, хотя делает несравненно художественно, но творчески обобщает известную в Москве 80-ых годов прошлого века историю кутежа купца Хлудова, закончившуюся разудалой оргией и разгромом «Яра».

Так при чем же здесь ритм? Прделаем обратное тому, чем занимаются структуралисты: не расчленяя текстовую семантику, наоборот, оценим ее в динамической, эмоционально-совокупной целостности.

Обратимся к универсальному языку графической интерпретации (рис. 3.28). Условно поделим ось абсцисс — время развития — на равные интервалы главок, ось же ординат есть показатель эмоциональной напряженности. Данное эссе сюжетно-композиционно построено симметрично относительно кульминации: А — восходящая, В — нисходящая линии эмоциональной напряженности. В момент кульминации ветви А и В являются ассимптотическими к ординате кульминации. Это соответствует процессу реализации установки и перерождения ее в установку фиксированную.

При внимательном и, так сказать, вдохновенном чтении воспринимающий входит в синхронизм авторского ритма.* Ритм имеет свой индивидуальный интервальный размер внутри каждой главки, но структура его

* Когда достигается гармония сопереживания читателя и автора, когда, по терминологии Льва Толстого, происходит заражение искусством...



Жизнь — это движение материи, воплощение принципа устойчивого неравновесия. Не потому ли мы обычно говорим: «NN — живой такой человек, вечно торопится, весь в движении!» В науке это опасно тем, что можно пробегать всю жизнь с проектами вечного двигателя и не продвинуться ни на йоту в признании этой архигениальной идеи.

одинакова по всему рассказу. Каждый абзац в себе играет на понижении дискрет, но первой фразой следует эмоциональному росту огибающей — А и эмоциональному спаду огибающей — В.

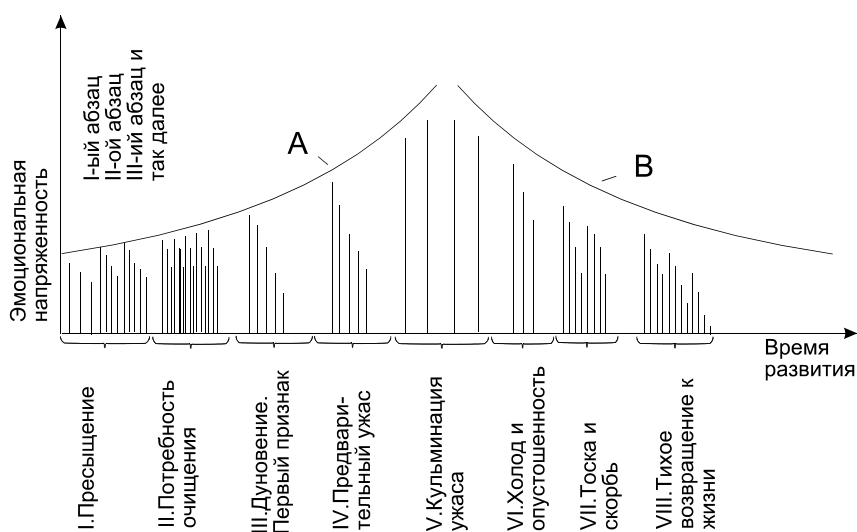


Рис. 3.28. Эмоциональная напряженность ритмической прозы

Итак, перед нами ритмическая структура произведения, причем автор дает гарантию — не подобранный специально под рассматриваемую схему (эссе написано за пять лет до возникновения замысла настоящей работы). Является ли ритм осознаваемым моментом в творчестве, своего рода рабочим моментом типа композиции, сюжета, фабулы? Утверждаем, что нет. Исторический аспект: ритмичность есть наиболее характерное, изначальное и самодовлеющее свойство материи. Именно ритмичность жизни природы: от приливов-отливов до ритмичной цикличности возникновения и угасания человеческих жизней, — сформировали мозговые центры человека таким образом, что все формы чувственного познания его контролируются ритмическими маяками-сигналами внешних раздражителей. Творческое познание и художественное самовыражение также возникло под знаком ритмичности. И не только возникло, но и развивалось и остается таковым сейчас и всегда останется, ибо это не атавизм, а диалектическая закономерность, закон природы. Более того, он не противоречит эволюции человека, как не противоречит ей повторяющееся в каждом поколении цик-

лическое восхождение от младенчества до дряхлости, краткое повторение в эмбриональном развитии плода всей эволюции живых существ: от клетки до живорожденного младенца, лунный цикл женских регулов.

Рассматривая роль БСЗ в формировании структуры художественного произведения, мы отталкиваемся от латентного, динамического, вытесненного в БСЗ, установки и фиксированной установки. Очевидно, учитывая всеобщность ритмичности в структуре психики человека, следует говорить о некоей врожденной (природной, эволюционно закрепленной) фиксированной установке ритмичности — по Узнадзе, либо о врожденном вытесненном в БСЗ-ритме — по Фрейду. Но суть не в терминологии; главное, что ритмичность художественного самовыражения накладывается на образную ткань именно в области БСЗ. С энергетической точки зрения ритм в такой ипостаси, диалектике БСЗ, есть закон оптимального распределения ограниченного на художественную реализацию данной установки эмоциональной энергии. С чисто художественной же позиции ритм есть закон, бессознательно конструирующий наивысший достижимый художественный эффект. С точки зрения психоаналитической ритм здесь есть оптимальный путь преодоления сопротивления вытеснения из БСЗ в СЗ с наименьшей затратой аутопсихоаналитической энергии.

Все это легко принимается на веру, это не фантазия, не домысел. А вот утверждение о том, что мы не можем объяснить: почему формируется этот, каждому индивидуальному состоянию присущий закон ритмичности художественного самовыражения, является доказательством «от противного», что задание ритмичности есть процесс *неосознаваемый*.

Есть золотое правило в логике доказательств, разновидности индуктивного метода: если сказал один, а потом обнаружил, что то же сказали независимо от него другие, то речь идет не о выведенном яйце. Тем приятнее было найти схожие выводы в одной из статей упоминавшейся выше коллективной монографии по проблемам бессознательного²⁴, хотя речь в ней идет о противоположном ходе: ритм рассматривается как непосредственное вхождение в континуальный поток образов мышления.* Несколько цитированных фраз убеждает в близости и однородности взглядов на диалектическую сущность ритма в БСЗ мышлении: *«Ритм — то, что позволяет наблюдаемое явление записать существенно короче, чем оно обозначено, обрисовано, без обращения к абстракции... Ритм... а здесь мы будем говорить только о ритме текстов... Что это такое? Рифма: консонанс,*

* Для полноты убежденности хорошо было бы привлечь мнение Фрейда, но он сам себя ограничил в распространении идей психоанализа виришь, решив, что область художественного творчества не подвластна ему.

ассонанс, аллитерация, рефрен и все другие единицы ритма — все это только его внешние проявления. Внутренне, в своей глубинной сущности, ритм — это нечто гораздо большее; это, может быть, размытие слов, слияние их в непрерывный, внутренне неразрывный — континуальный поток образов...» (Т. III²⁴, С. 293—294).

Действительно, ритм есть ассоциативно-смысловое континуальное руководящее начало, связующее группы слов (смысловые дискреты) в единое целое, непрерывное и цельное в художественном восприятии. Ритм — нечто противостоящее обычной логике, но это есть логика БСЗ. Это не парадокс, но диалектика.

«Там, где отсутствуют дискреты, где все пребывает во всем, где происходит неосознаваемое, нелогическое считывание с континуального потока образов. ...Ритм — порождение резонанса, связующая составляющая, преобразующая континуальный образ в дискретный символ, — именуемая. Но собственно Имя остается тайной и не произносится. ...Ритм — освобождение от логики. ...Ритм — архаика, нечто чуждое нашей природе, сохранившееся открыто только в поэзии и лишь иногда вырывающееся из подполья в других текстах. И часто под покровом логически текущей мысли мы явно о нем тоскуем» (Т. III²⁴, С. 295).

Совершенно естественно, что понятие ритма как диалектики БСЗ или континуальности потока образов было наиболее четко осознанно не в европейской философской мысли, слишком залогизированной в своем основании Аристотелевой схоластикой, а в древних восточных религиозно-философских учениях. Здесь ритм, занявший место строгих логических понятий и границ европейской мысли, есть организующая основа учений: ведические тексты, дзен-буддизм, собственно учение Будды, современная японская философия (нематериалистические направления).*

Величайшая заслуга Аристотеля: наряду с Платоном он создал тип мышления в европоцентристской цивилизации, но этот тип мышления оказался предельно логизированным. От схоластики Европа освободилась долго и мучительно и освободилась до наших дней только лишь от наиболее патогенных ее излишеств. Только с середины XIX века в европейской философской и художественной мысли логическая доминанта начинает сочетаться с ритмической, в понятии диалектики БСЗ, составляющей: правополушарный человек восстает против поработившего его левополушарного... Так, молодая культура сметает вроде бы все старое, привычное, об-

* Из европейской мысли авторы²⁴ указывают лишь на два примера с сильной ритмической составляющей: евангельские тексты и «Логико-философский трактат» Людвиг Витгенштейна.

ветшавшее. Какое-то время бурно саморазвивается, черпая силы и возможность из свободы новаций, коренной ломки традиций, но исчерпав, подобно бокалу шампанского, искрение, потенциально ограниченное, начинает осторожно, но все более и более основательно черпать из недавно отвергнутого, которое суть неиссякаемое сокровище всей культуры человечества.

То же видим и в данном частном случае: новообразованный логический интеллект осознает свою неполноту там, где должно параллельно и в унисон с ним работать древнее, врожденное — художественно-мыслительный архетип человека. Так появляется ритмообразующее творчество: мысль и слово. Симптоматично, что ритмическая основа наиболее ярко выражена у художников и мыслителей, обратившихся к нелогичным, размытым мудростям Востока. Уже значительно позже активным художественным приемом станет поток образов, ритмизированный континуум. До Джойса, Пруста, фрейдистов ведь были Толстой и Ницше, в творчестве которых, хотя и очень по-разному, логика была потеснена ритмичной диалектикой БСЗ. Это толстовское «заражение» мыслью произведения, алогичность ритмической семантики проповедей Толстого.

О Ницше, втором эпицентре поклонения мысли рубежа веков, еще более симптоматично отзываются как о художнике-экспрессионисте с неосуществившейся претензией на философскую мысль. И не удивительно, что так отзываются современники ему и нам, адепты Аристотеля в идеалистической, равно и в материалистической одежде...

Душевная болезнь Ницше стерла совершенно и без того слабые составляющие цельнологического мышления, заставив его, как некогда Магомета, мыслить законченными абзацами, афоризмами, сурами. Каждая из них уподобляется дискрету мысли, но цельность восприятия достигается осознанием ритмичности, континуальности потока теснящихся и обрывающихся мыслей.

Но никто из европейских мыслителей нового времени так не почувствовал, не осознал, не перешел из *Oriente* в Платоно-Аристотелеву систему идею самодовлеющей гармонии, ритма как подсознательной диалектики, как Шопенгауэр. Основная идея его учения космогоническая, но, в отличие от Канта, своего учителя по духу, он пришел к идее мировой гармонии, конечно, в идеалистических представлениях, от сложного духа, сплавив Платона с ведическими учениями. Его мировая воля суть неосознаваемый закон, а образы человеческого мышления повинуются ему. Нетрудно понять, что ритм и логика — это две крайности: древнее, идеальное, природное — и продукт цивилизации; первое эволюционно, революционно второе. И все рода искусств располагаются между ними; положение же в этом ряду — от изначального к конечному — определяет соотношение между ритмической и логической компонентами (рис. 3.29).

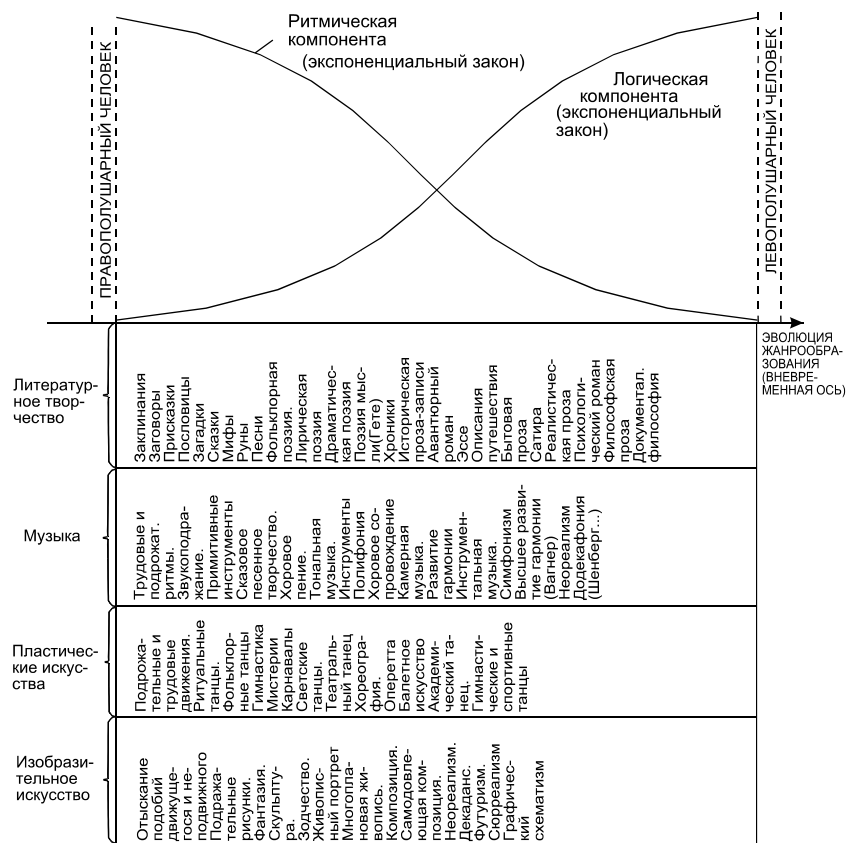


Рис. 3.29. Соотношение между ритмической и логической компонентами

Причем степень динамики сочетаемости ритма и логики для различных родов искусства совершенно различны. Наибольший спад и подъем характерен для словесного (литературного) творчества, в меньшей степени — для изобразительного искусства, очень малы они для пластических родов его и музыки.

Это естественно, ибо слова — наиболее удобные символы для логической формализации восприятия и выражения. Но есть род искусства, самый древний и наименее изменившийся за все время до наших дней, и подающий очень слабую, почти ничтожную надежду на изменение в будущем;

искусство, где осознаваемая логика почти не привилась, но безраздельно господствует логика бессознательного, самоорганизующегося. Это музыка. Никто вернее и точнее Шопенгауэра не определил ее надсознательную сущность. Выше, в главе о «Моцарте и Сальери», подробно говорилось о его концепции теории музыки. Вся построенная в организующем ритме, она создается и воспринимается непосредственно БСЗ. Именно в этом смысле следует понимать указания Шопенгауэра на музыку, как непосредственно объективированную волю.

«...Небо говорит о спаде лета. Высокие белые облака нарастают, сталкиваются, заволакивают небо. Потом снова сжимаются и плывут белыми тонкими хлопьями. Синее дно неба — большая теплица, облака — обитатели небесной теплицы».— «Облака», ноктюрн Клода Дебюсси.

И то и другое — ритм, но проникает он словами и без слов, различно фиксируясь в памяти.

Художественное воплощение ирони-фрейдизма. Роман Итало Звево. «На всякого мудреца довольно простоты». От простоты никакой мудрец не уйдет, но и нарочитая мудрость с головой выдает простака. История с выплывшим из небытия веков и тысячелетий понятием бессознательного смутила не одного мудреца и заполучила для смеха не одного доверчивого простака. Ритмичное начало? Но вспоминаем ритм для формальной непрерывности изложения. Рассматриваемый же ниже вопрос касается специфики художественного познания именно тогда, когда создатель его мыслит творчески, использует свое БСЗ, но и пытается контролировать свое творчество *логикой знания* о БСЗ.

Этот момент представляется нам чрезвычайно познавательным, как своего рода эффект «двойной памяти».

Джойс (с его «Улиссом»), фундатор западной европейской литературы XX века, обычно полагается фрейдистом, причем строго отграниченным от значительной в то время, время «открытия» Фрейда, группы наивных последователей основоположника психоанализа в области художественного творчества. Классическим их представителем стал Дэвид Лоуренс, строивший сюжеты своих романов по «дичайшим фрейдистским схемам».

Но был писатель, основной роман которого перенасыщен фрейдистской терминологией и открыто посвящен художественной проверке основных положений психоанализа (одна из глав так и называется: «Психоанализ»), правда, с весьма своеобразным подходом к нему. Жизнь дает самые неожиданные сочетания событий; получилось так, что Итало Звево (псевдоним писателя и фабриканта из Триеста Этторе Шмица), названный «итальянским Прустом», автор знаменитого *«Самопознания Дзено»*, смог утвердиться в литературе и получить европейскую известность благодаря

литературной опеке Джойса. В свою очередь и помощь Звево Джойсу сыграла для последнего немалую роль: материальная поддержка в трудное для ирландского писателя время, популяризация его творчества в Италии... Это один из ярких примеров взаимного благотворного влияния двух знаменитых творческих личностей.

Многое их роднило и в идее творческого самовыражения: Звево, как и Джойс (можно бесконечно продолжать линию: как Прево, Сервантес, Стерн, Кафка, Пруст...), писатель одного романа на всю жизнь. Есть на этот счет меткое определение самого Звево: *«Джеймс Джойс всегда говорил, что в чернильнице у человека есть только один-единственный роман... а когда их написано несколько, это все-таки тот же самый роман, более или менее измененный»* (из письма Валери Ларбо; С. 317).

Но об этом будет подробнее сказано дальше. Обычно критика и литературоведение отмечают следующие моменты в трактовке «Самопознания Дзено».

Герой романа, Дзено, исследует свою жизнь, имея целью познание самого себя. При этом он исследует методику психоанализа: четко и однозначно определить свои комплексы, тем самым подвергнуть их вытеснению и излечиться. По самому сюжету построения роман есть «рукопись», которая ведется для врача-психоаналитика. Все это, как отмечает литературоведение, есть внешняя сторона книги.

И далее: это далеко не рядовой фрейдистский роман, хотя Звево пережил серьезное увлечение психоанализом. А вот более поздний отзыв его о психоанализе: *«Великий человек наш Фрейд, но только больше для романтиков, чем для больных. Один мой родственник после длившегося несколько лет лечения вышел совершенным калекой. Ради него я несколько лет назад познакомился с произведениями Фрейда. Познакомился я и с несколькими врачами из его окружения... Узнав его работы, я в одиночку, без врача провел курс лечения. Результатом этого опыта, пусть и единственным, был роман»* (из письма к Валери Жайе; С. 318). Итак, Звево отрицает практический эффект психоанализа, хотя и видит заслугу Фрейда в придании им большого значения поведению человека в целом, особенно неосознаваемым, но несущим значительную информативную ценность вроде бы незначительным, случайным и мелким чертам поведения человека, тому, на чем и зиждется психоанализ.

Итак, вот резюмированное мнение о фрейдистской подоплеке романа. И хотя, при всей очевидности это истина, но истина укрупненного, первого порядка, в то время как для полного определения психологического фундамента «Самопознания Дзено» следует определить эти истины во втором

и даже в третьем приближении. Сама тонкость исследованного автором метода вызывает к этому.

Не следует также забывать, что само творчество Звево и его квинтэссенция — роман о самопознании — слишком тесно, и фактологически, и тенденциозно-творчески, переплетается с идеями и творчеством трех общепризнанных «китов» современной западной литературы: Джойса, Пруста и Фрейда, над которыми, нелишним будет добавить, витает, хоть и трансформированная порой до неузнаваемости, учительская рука Достоевского, та рука, что благословила и предвосхитила два важнейших направления художественной мысли Запада XX века: художественный психологизм Джойсо-Прусто-Фрейдовской школы и все отрицающий аморальный негативизм нищезанства; совершенно неспроста всякий, впервые читающий «По ту сторону добра и зла», отмечает, что все это с большой логической силой уже было рассказано Достоевским..

Мы определили роман Звево как художественное воплощение иронии-фрейдизма, тем самым, прежде всего, с него снимается определение «фрейдистского романа».

Обоснование термина. Противоположностью фрейдистского романа типа лоуренсовских, является роман антифрейдистский, или сатиро-фрейдистский. Совершенно отличное от обоих этих определений носит иронии-фрейдизм; начнем с того, что ирония суть специфический род художественного мышления, соответственно, художественное воплощение *иронии-фрейдизма* есть особый вид художественно-психологического познания. Подобное определение носит полностью эвристический характер, но ведь природа не терпит пустоты и нужно какое-то толкование; когда идет дождь, то попавший под него не сетует на отсутствие плаща и не мокнет стойко и принципиально, а закрывает голову попавшимся под руку паке-том, газетой, портфелем...

Итак, ирония всегда двояко выражена, это одно из направлений полярно-связанных форм художественного мышления (в некоторой аналогии см. творчество Н. С. Лескова). Ирония предполагает, во-первых, известный скептицизм в отношении познаваемого и отображаемого факта реальной действительности. Но в то же время это есть и *констатация* действительного факта. Таким образом, ирония есть одно из проявлений остроумия (здесь можно отослать за разъяснением к самому Фрейду, автору «Остроумия и его отношения к бессознательному») с сильной акцентацией полярности. Если остроумие есть высказывание логической закономерности, истины, облеченной в художественную форму парадоксалистских сравнений-ассоциаций (поэтому Фрейд и отмечает здесь столь сильное влияние подсознательных механизмов мышления), то его разновидность, точнее,

ставшая самостоятельной, некогда отделившаяся ветвь — ирония — есть познание реального факта, закономерности, объекта, одетого в художественную форму скептицизма, опять-таки парадоксолистскую форму художественного мышления.

Ироническое восприятие действительности есть, таким образом, признание действительности существования факта, его реальности, при внутреннем (бессознательном?) противлении его восприятию. Последнее происходит по причинам, специфическим для каждого конкретного случая. Для случая романа Итало Звево таковым явилось, по мнению оценивающей и исследующей роман критики и литературоведения, лишь частичное признание писателем основоположений психоанализа и разочарование в нем, как в клиническом методе лечения глубоких неврозов.

На наш взгляд, во многом определяемый направленностью настоящей работы, дело куда более сложное. Ключ к пониманию появления приставки «ирони» к термину «фрейдистский роман», к пониманию причины возникновения у Звево внутреннего противления, следует искать в одной лишь фразе цитированного выше высказывания: *«Великий человек наш Фрейд, но только больше для романистов, чем для больных»*. Разовьем эту мысль. Исторически получилось так, что теория Фрейда с самого начала оказалась, с одной стороны, широко известной в среде творческой интеллигенции Европы и Америки, а с другой, — весьма доступной для понимания и усвоения. Первому способствовала сама эпохальность открытия Фрейда, определенные клинические успехи психоаналитического лечения неврозов, достаточная степень спекулятивности его теории (чего, кстати, сам Фрейд не только не отрицал, но, где можно, подчеркивал, см., например, его работу «По ту сторону принципа удовольствия»), всегда возбуждающую интерес дилетантов. А вообще говоря, всей предшествующей историей развития учения о человеческом мышлении настолько научное и общественное мнение было подготовлено к ожиданию открытия и объяснения роли подсознательного, как второго звена, наряду с учением Павлова, воссоздающего полную картину механизма человеческого мышления, что было бы странным удивляться фрейдовскому феномену общепризнанности.

Доступность же понимания объясняется еще проще: литературность, направленная зачастую популяризованность изложения, осторожное и только по крайней необходимости обращение к специальной медико-биологической терминологии, иллюстративность, стремление увязывать механизм подсознательного мышления с общественной жизнью человека, — все это выгодно отличало Фрейда и его последователей.

Вместе с тем, в эпоху первого победоносного шествия нового учения сложилась явно диссонирующая ситуация: психоанализ, сами идеи о роли

подсознательного мышления, вплоть до технических тонкостей, становились рабочим умозрительным методом познания, мышления и самовыражения творческих личностей самой различной ориентации: психологов, философов, социологов, художников, поэтов, литературоведов, и так далее, вплоть до филологов и историков естествознания. А в то же время клинический психоанализ оставался экспериментальным методом со всеми последствиями этого: малораспространенным, слабо эффективным, полуэмпирическим способом лечения неврозов, своего рода дополнением к традиционному гипнозу. И не удивительно! Удивительно другое: как могло сложиться и успешно существовать мнение, что клинический психоанализ оказался бесполезным наростом на теории Фрейда а сам фрейдизм потому красивой, но сплошь спекулятивной теорией?

Вообще говоря, утверждать так, все равно, что в свое время отвергать учение Гарвея о кругах кровообращения в человеческом организме на том основании, что последний не мог производить торокальные хирургические операции с использованием искусственного аппарата кровообращения.

Точно такая же история и с психоанализом, и даже намного посложнее, чем с такой осязаемой вещью, как артериальная система. Все-таки речь идет о самых сокровенных и тонких механизмах человеческого мышления.

Догадки Фрейда и создание им, большей частью интуитивно-эмпирическим путем, моделей бессознательного мышления ни в коей мере не означает априорность создания тут же, непосредственно и одновременно высокоэффективного клинического метода психоаналитического лечения. Скорее всего, в дополнении к прошедшему более чем полувеку, потребуются еще не одно десятилетие, прежде чем такой метод будет разработан и, скорее всего, он будет по своим приемам так же мало похож на классический диалог врача-психоаналитика с возлежащим на кушетке пациентом, как нынешнее лечение плеврита на операцию Флавия, протыкавшего больному копьем плевру для выпуска гноя наружу...

Вот это-то расхождение теории и клиники с одновременным проникновением идеи открытия во все рода художественного творчества и обусловило появление ирони-фрейдизма точно так же, как слепое восприятие идей Фрейда породило фрейдистскую литературу: от умеренного Франка Ведекинда до приснопомянутого Дэвида Лоуренса.

Теперь рассмотрим на примере романа Звево принцип художественного познания и воплощения ирони-фрейдистской концепции. Прежде всего, при анализе помним, что движущим диалектическим методом здесь является полярность, или художественная форма борьбы противоположностей в их единстве цели: показ процесса самопознания, того же самого, что Пруст добился приемом тщательного, рефлексивного восстановления прожитой

жизни — «Поиска утраченного времени», а Джойс — приемом гипертрофированной ассоциативной памяти.

Исходным моментом является строго логическое композиционное построение книги (рис. 3.30), закольцованность сюжетного движения иллюстрирует взаимосвязанность и замкнутость человеческого мышления по установке Фрейда: большое кольцо с циклическими переходами от активного сознания к подсознательному; обозначения соответствуют названиям глав романа.

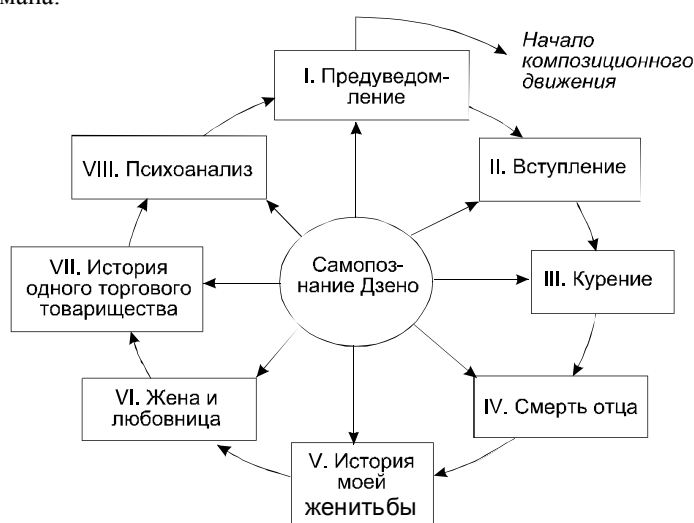


Рис. 3.30. К иллюстрации строго логической композиции романа Итало Звево

В книге поглавно художественно исследуются основные положения психоаналитической теории Фрейда.

В «Предупреждении» от лица доктора С. дается объяснение исходному сюжетному ходу: роман суть записи пациента Дзено, лечившегося психоанализом у С., но бросившего лечение. Последний момент является логическим обоснованием клинического неуспеха и объясняется непропорциональностью затраченных усилий врача и пациента и несостоявшегося положительного результата.

Этот «ход конем» классифицирует книгу как ирони-фрейдистский роман. Тот факт, что автор спешит это сделать на первой странице говорит, скорее всего, о подсознательной неуверенности в столь резком отмежевании от психоанализа; Звево тем самым пытается преодолеть сопротивление вы-

теснения этой мысли. Причина же такой неосознанной неуверенности коренится в художественном чутье писателя, чувствующего, но неоформленно, сложность взаимосвязи общей теории Фрейда и клинического психоанализа.

Во «Вступлении» присутствует та же, слегка развиваемая мысль, подкрепленная описанием техники психоанализа (чтение трактата по психоанализу; *«читать его было не трудно, но очень скучно»*, разъяснение доктором роли толкования сновидений и пр.). Ирония сочетается с признанием фатальной неизбежности реальных законов формирования психики: *«Когда еще доведется тебе узнать, что для тебя было бы очень полезно удерживать в памяти всю твою жизнь, даже ту огромную ее часть, которая тебе самому будет противна. А когда ты, еще лишенный сознания, устремляешь свой крохотный организм на поиски приятных ощущений; твои сладостные открытия приведут тебя на путь страданий и болезни, и на тот же путь толкнут тебя и те люди, которые меньше всего желают тебе зла»* (С. 323).

Ход развития сюжета в своей последовательности иллюстрирует развитие самого психоанализа. В «Курении» — пробный камень (и неудачный) психоаналитического излечения от привычки курения. В характерной манере этого метода, доктор рекомендует последовательно вспомнить и описать развитие этой привычки, чтобы тем самым ослабить сопротивление вытеснению той психической травмы, вызывающей потребность в курении, и заставить это вытесненное воспоминание из БСЗ перейти в ПСЗ и далее, сделав воспоминание сознательными, навсегда избавиться от привычки курения. Этот стандартный психоаналитический прием применен в качестве подосновы всех остальных разделов книги.

Оставив в стороне использованную Звево психоаналитическую модель, остановимся на интересующих нас моментах.

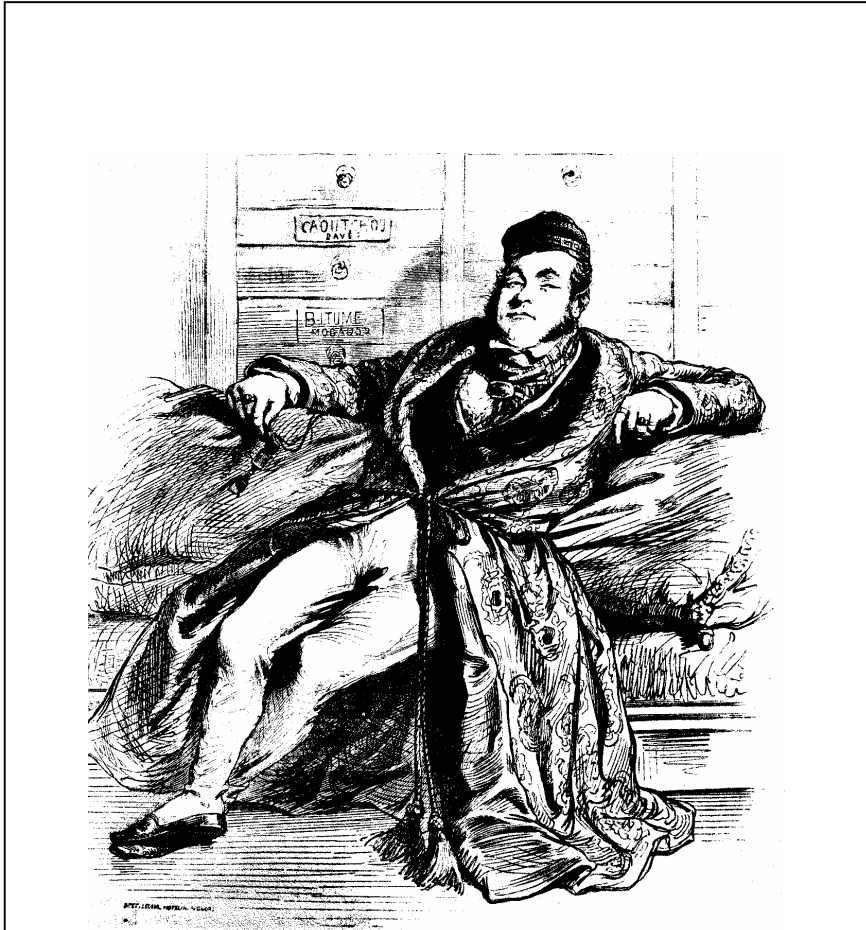
Читая роман «о психоанализе», мы находим серьезные подтверждения высказанным выше мыслям об исходных посылах ирони-фрейдизма и его результатах, как метода творческого, художественного познания.

Ирония неравномерна по чтению книги. Есть моменты, когда она близка к юмору, например в главе о попытках излечиться от курения, кончающейся вместо добровольных процедур добровольным заточением в «больничной камере», откуда Дзено в панике бежит, сексуально преследуемый поставленной при нем сиделкой. С другой стороны, есть моменты, близкие к сатире, это страницы романа, где доктор пытается внушить Дзено, что в его воспоминаниях четко прослеживается Эдипов комплекс: детское желание убить отца и жениться на матери. Приведем характерную выдержку:

«Расскажу еще о видениях, которые явились мне в другой раз и которым доктор придал такое значение, что провозгласил меня выздоравливающим. Погрузившись в полудрему, я увидел сон, который отличала не-

подвижность кошмара. Я увидел во сне, что я снова стал ребенком — и все только для того, чтобы увидеть, как этот ребенок тоже, в свою очередь, спит. Ребенок лежал, весь во власти безмолвного восторга, пронизывавшего все его крохотное тело. Ему казалось, что он наконец-то осуществил свое давнее желание. Хотя лежал он один и всеми покинутый, однако он видел и слышал с отчетливостью, с которой во сне видишь и слышишь то, что творится далеко от тебя. Ребенок лежал в одной из комнат моей виллы и видел (бог знает каким образом), что в той же комнате на кровати стоит клетка на толстых ножках. Стенки у нее были глухие — без окон и без дверей, и тем не менее откуда-то в нее проникало приятное для глаз освещение и свежий воздух. Ребенок знал, что проникнуть в эту клетку может один только он, и для этого ему даже не надо двигаться, потому что клетка придет к нему сама. В этой клетке был только один предмет — кресло, а в этом кресле сидела прекрасная, стройная женщина в черном, белокурая, с большими голубыми глазами, белоснежными руками и маленькими ножками в лаковых туфельках, которые угадывались по легкому блеску из-под подола. Добавлю еще, что женщина казалась мне единым целым с ее черным платьем и лаковыми туфельками. Все это было она! И ребенку снилось, будто он обладает этой женщиной, но самым странным образом: он знал, что может съесть ее по кусочку всю — с головы до пят (см. рассуждения Фрейда об Эдиповом комплексе в «Психологии масс и анализе человеческого «Я» — Авт.)... Иногда, когда мой доктор нес уже совсем бог знает что, я осмеливался ему возражать. Это неправда, что каждое мое слово и каждая мысль были, как ему казалось, мыслями и словами преступника! В ответ он широко раскрывал глаза. Я выздоровел и не желал этого замечать! Это была самая настоящая слепота: как это так — узнать, что хотел увести жену — то есть свою мать — у собственного отца, и не почувствовать себя выздоровевшим? Неслыханное упрямство! Однако доктор допускал, что я окончательно выздоровлю тогда, когда завершится мое перевоспитание, иными словами, когда я начну смотреть на все эти вещи (то есть на то, что я желал убить отца и целовать собственную мать) как на нечто совершенно невинное, не стоящее угрызений совести, ибо подобное часто случалось даже в самых лучших домах...

Он снова пытался добыть у меня сны, но мне не удалось больше увидеть ни одного. Устав дожидаться, я в конце концов просто придумал для него один сон. Я бы не стал этого делать, если бы мог заранее вообразить всю трудность подобного притворства. Это оказалось совсем нелегко — бормотать, словно бы в полусне, покрываться потом или бледнеть, то делаться багровым от напряжения, то ни в коем случае не краснеть — и



Обломов в науке — зрелище приятнейшее во всех отношениях. Пишет он крайне мало, не доставляя хлопот книгоиздателям, не расталкивает собратьев локтями на карьерной лестнице и так далее. Единственно в чем он вызывает подозрение — все время думает, а это занятие предосудительное, почти барская прихоть во времена прагматиков и корыстолюбцев.

ничем не выдать себя. Из моих речей явствовало, что я снова вернулся к этой женщине из клетки: я будто бы заставил ее протянуть мне через щель, неожиданно открывшуюся в стене клетки, свою ногу, которую пришлось сосать. «Левую! Левую!» — бормотал я, внося в свое видение курьезную деталь, которая должна была придать ему сходство с моими прежними видениями. К тому же это был способ показать доктору, что я прекрасно понял болезнь, которую он от меня требовал. Младенец Эдип был именно таков: он сосал левую ногу матери, предоставив правую отцу. Я так старался представить все это как можно реальнее (тут нет никакого противоречия!), что мне удалось обмануть даже самого себя: я почувствовал вкус этой ноги. Меня чуть не стошнило» (С. 324—325).

Но наряду со множеством иронизирований в книге содержится, возможно даже и более тщательно рассмотренных и обдуманных, ряд эпизодов, свидетельствующих о второй полярности ирони-фрейдизма; здесь ирония уже является чисто внешним приемом, не отрицающим серьезного рассмотрения того или иного психологического феномена, находящего свое объяснение в определенной позитивной фрейдистской позиции. Наиболее значительным моментом такого рода является история взаимоотношений Дзено с Гуидо, своим родственником, которой посвящены главы «История моей женитьбы», «Жена и любовница», «История одного торгового товарищества», и являющаяся прямым художественным подтверждением известного положения фрейдизма о том, что человек с сильной, руководящей волей подчиняет своего соперника по любви к женщине и относится к нему внешне добродушно и покровительственно; человек же со слабой волей делает своего счастливого соперника другом и переносит на него определенную часть любовных устремлений, идентифицирует в нем свой утраченный любовный объект. Все это Фрейд объясняет свойством БСЗ к идентификации чувствований к утраченному объекту.

Даже не принимая объяснение Фрейда за точное описание механизма процесса идентификации, можно утверждать, что внешняя сторона этого явления есть вещь реальная, давно подмеченная художественным мышлением. Так и здесь, Дзено, потерпев неудачу в своей любви к Аде, идентифицирует последнее в ее муже Гуидо, став его «другом на привязи», причем это чувство он не может осознать, как и причины его вытеснения в БСЗ.

Очень сложные реминисценции иронии и фрейдизма лежат в основе главы «Смерть отца», хотя традиционный мотив Эдипова комплекса здесь отвергнут, но многие частные мотивы перекликаются с фрейдовскими толкованиями о роли БСЗ в родственных отцовско-сыновьих отношениях. Опять-таки отсылая к Фрейду²¹⁰, приведем цитату, показывающую определенную преемственность Звево от фрейдовской трактовки БСЗ-представления сына о роли отца в его жизни:

«Потом, уже во время похорон, я вспомнил отца таким, каким знал его всегда, со времен детства — слабым и добрым, — и убедил себя, что та пощечина, которую он мне дал умирая, была невольным, нечаянным жестом. И мне сразу стало хорошо и спокойно, и воспоминание об отце тоже сразу же стало меняться, делаясь все приятнее и приятнее. Это было как прекрасный сон: наконец-то мы с отцом обрели полное согласие, из нас двоих я стал слабым, а он — сильным» (С. 326).

Наконец, в книге есть глава, «Жена и любовница», совершенно уникальная по двум причинам: во-первых, это, очевидно, наиболее глубокий в мировой литературе XX века показ и психологическое обоснование состояния человека, организующего и поддерживающего любовный треугольник: мужчина, жена и любовница, а во-вторых, здесь Зевево творчески, художественным методом иллюстрирует одну плодотворную особенность иронифрейдизма: на основе наиболее верных предположений Фрейда о соотношениях СЗ и БСЗ (тройственной структуры сознания со включением латентных состояний, «предсознательного» — ПСЗ, выдвинутой Фрейдом в работе «Я и Оно» мы здесь касаемся очень осторожно, ибо для художественного мышления столь тонкое деление психики не является существенным).

Писатель строит свое толкование логики мышления, управляемой СЗ и БСЗ-представлениями в данной ситуации. Используя этот прием, Зевево и достигает того превосходного эффекта полноты художественного раскрытия, о котором говорилось выше.

Потерпев неудачу в своей любви к Аде, Дзено женится на ее сестре Аугусте по принципу: хоть кто, но лишь бы скорее закончить угнетающее его, как всякого слабовольного человека, неопределенное состояние «поиска» спутницы жизни. Женится и с удивлением обнаруживает, что принцип «стерпится-слюбится» верен. Более того, похоже, что неожиданно счастливое начало супружеской жизни ослабляет сопротивление вытеснения постоянно преследующей его вздорной мысли о комплексе личных и тайнственных болезней. Общение со здоровой натурой и телом Аугустой становится своеобразным и успешным психоаналитическим сеансом без перерывов. Дзено становится довольным абсолютно всем: домашним уютом, любовью к Аугусте и ее ответной, исчезновением мнимой болезни...

Важен момент, когда в жизни Дзено появляется любовница: *«Меня звали к себе долгие гласные Карлы, и, может быть, именно их звучание поселило в моей душе уверенность в том, что если я преодолею свое сопротивление, то ничего другого сопротивления мне преодолевать уже не придется. Однако мне было ясно также и то, что я вполне мог заблуждаться на этот счет... Но и это сомнение привело лишь к тому, что ослабило мое сопротивление: ведь это значило, что бедная Аугуста могла быть спасена*

от моей измены самой Карлой, на которую, как на женщину, была возложена миссия сопротивления!

Почему это желание вызывало у меня столько угрызений совести, хотя и появилось как нельзя более вовремя, избавив меня от угрожавшей мне скуки? Ведь моим отношениям с Аугустой оно никак не вредило, даже наоборот. Теперь я говорил Аугусте не только те нежные слова, которые всегда умел для нее находить, но и те, что рождались в моей душе для другой женщины. Никогда еще мой дом не был так переполнен нежностью, и Аугуста была совершенно очарована. Как всегда, я был неизменно точен в том, что называется семейным распорядком. У меня настолько чувствительная совесть, что уже тогда я готовился смягчить на свой лад ее грядущие угрызения!

То, что я все-таки сопротивлялся, доказывает тот факт, что я пришел к Карле не сразу, а добирался до нее в несколько этапов...» (С. 327).

Как это объяснить? Очевидно, не раскладывая методически ощущения и всю психогенную структуру Дзено по схемам фрейдовских комплексов, а ориентируясь на внешний (иллюстративный) пример обычной, человеческой, тысячелетиями повторяемой практики, на так называемый житейский опыт и опыт художественного его воплощения, можно дать следующее толкование.

Почему-то упорно мнится, что у французов с их зорко-куртуазным остроумием должна быть поговорка, что-то вроде: счастье и нежность приходит в дом, когда у главы семьи появляется новая любовница (см. выше: «*Никогда еще мой дом не был так переполнен нежностью...*»). При появлении любовницы происходит раздвоение личности мужчины-мужа: комплекс обычного человеческого, любовно-животного удовлетворения начинает интересное сосуществование с одновременно и параллельно возникающим комплексом вины перед женой. Первый комплекс постоянно базируется в СЗ, второй же — на положении изгоя в динамическом латентном ПСЗ, причем в данной ситуации основная идея СЗ стремится самодовлеюще стать сопротивлением и вытеснить мысли комплекса вины из ПСЗ в БСЗ. Но сразу это осуществить не удастся, а если вообще удастся, то только с течением времени, которое можно охарактеризовать как время «привыкания» к наличию ситуации, которая возводится в ранг индивидуально-моралитетного де-юре.

Однако пока комплекс вины находится в состоянии динамически латентного ПСЗ, он упорно стремится вырваться в СЗ, что грозит нравственной катастрофой совести при одинаковой степени осознания обоих комплексов. Для обуздания неистовствующего натиска ПСЗ необходимо создать сопротивление между СЗ и ПСЗ; таковое и находится традиционно во внешне наблюдаемом «возрождении» первого, эмоционально насыщенного этапа любви к

жене, хотя на самом деле это только часть любви, нежности, заботы, чисто физического влечения, которая не может полностью объективироваться на предмете новой страсти ввиду естественных причин, препятствующих их проявлению: краткость и периодичность встреч, ограниченное время общения, необходимость маскировки и пр., вплоть до искусственной сдержанности чувств самой любовницы, которая, хотя и осознавая свое положение, чисто инстинктивно-инерционно ведет женскую игру «завлечения».

Ну, а само стремление иметь любовницу при видимой полной физиологической, духовной и бытовой гармонии с супругой? — Здесь причины могут быть столь тонкого и разнообразного характера, что обобщение вряд ли что дает. Конкретно, в случае с Дзено, следует помнить, что в его случайной любви к Аугусте, проявившейся уже после введения их в супружеское состояние, объективировалось несбывшееся любовное чувство к Аде. Очевидно, в такой ситуации возникает комплекс «поиска идеала» или «заместителя», причем в Карле этот идеал искался лишь в чувственно-физиологическом аспекте, лишь под конец их отношений ставший выливаться в нечто более духовное, но, увы, обреченное на несбытие. Обычная ситуация, когда мужчина по небрежению теряет женщину, слишком поздно понимая свою недооценку достаточно сильного обратного чувства.

«...Потом я вернулся к старинной идее смыть с себя грех, во всем признавшись жене: точно так, как это было в тот раз, когда я собирался изменить ей с Карлой. Но нынешнее признание было бы гораздо более трудным — и не из-за тяжести проступка, а из-за сложности обстоятельств, результатом которых он явился. Перед лицом судьбы, какого я обрел бы в лице жены, я должен был бы представить смягчающие вину обстоятельства, а это стало бы возможным только в том случае, если бы я рассказал, как внезапно и как жестоко была прервана моя связь с Карлой.

Но тогда мне пришлось бы признаться и в этой, уже устаревшей измене. Она была невиннее последней, что для жены, вероятно, куда обиднее.

Постоянно себя исследуя, я приходил ко все более и более благоразумным обязательствам. Я подумал, что сумею избежать повторения последней ошибки, если поспешу завести новую связь, подобную той, которую я потерял и которая была мне, по-видимому, совершенно необходима. Но, с другой стороны, новая женщина меня тоже пугала. Тысячи опасностей поджидали на этом пути меня и мою маленькую семью. Во всем мире я не найду больше другой Карлы, и самыми горькими слезами я оплакал ее, такую нежную и добрую, что она пыталась даже полюбить любимую мною женщину, и если из этого ничего не вышло, то только потому, что я подсунул ей другую, да еще ту, которую совсем не любил!» (С. 329).

Дзено — слабовольный человек, поэтому в ситуации борьбы двух ком-

плексов он так и не может вытеснить латентное ПСЗ в область БСЗ, отсюда его постоянные внутренние расхождения в обе стороны: и перед женой, и — позднее — перед любовницей. Золотой выход личности с такой конституцией: пустить все по воле волн, куда кривая выведет, а по возможности — самоустраниться, и еще лучше — попытаться самовнушить, что он лишь живая игрушка в опытных женских руках. Излюбленный девиз таких людей в подобной ситуации: «*Мужчина делает лишь то, что хочет женщина*». Дзено, обзаведясь любовницей, с первого же момента внушает себе мысль, которая также участвует в сопротивлении прорыву комплекса вины в СЗ: что-де Карла сама завлекла его, нимало не считаясь с его истинными, нравственно незапятнанными побуждениями. Как свойственно человеку качество самозаблуждения?!

Дзено — интеллектуал, поэтому первоначальное, чувственное влечение к новой для него женщине естественно перерастает в любовное состояние, характеризующееся уже *постоянной* потребностью в общении с данной женщиной, причем это общение уже не выдвигает на главную и единственную роль состояние физической близости. Естественно, не стоит говорить о возникновении духовной близости: несбыточному в 99,99 % отношении между мужчиной и женщиной, в любовном состоянии особенно, но речь идет о появлении более высших, нежели голая физиология, форм любовных отношений: ощущения взаимной заботы, душевной теплоты, стремления видеть своего партнера около себя *постоянно*.

«Деловые» отношения как раз заканчиваются, когда исчерпывается новизна и привлекательность интимного общения, но Дзено не деловой человек, он мягок, добр, влюбчив, из категории людей, не любящих терять раз найденное. Он в отношениях с Карлой уже поэтому должен был переступить черту.

Далее, когда приходит пора активности любовницы, история приобретает стереотипность и звучит до самого своего окончания тысячекратно проигранной пьесой.

Женщина, становящаяся любовницей, прежде всего повинуетя зову природы (у Ильфа и Петрова: девушки приходят бескорыстно, повинуюсь зову природы, финансист — повинуюсь фискальной цели). В начальный период он доминирует полностью. Ради возможности быть обладаемой привлекающим ее мужчиной, она сознательно жертвует, совершенно бескорыстно и не осознаваемо, всеми своими правами. В этот период начальной влюбленности ее любовное влечение полностью вытесняет в БСЗ-область все мысли о ее моральной, нравственной ответственности, и глубоко в ПСЗ — мысли о будущем устройении своей судьбы. Естественно, они ПСЗ-мыслятся как устройство, связанное неразрывно с судьбой, жизнью своего возлюбленного.

Позже, когда чувствования любовников переходят во вторую стадию, намечается диссонанс: мужчина искусственно поддерживает прежние отношения на уровне инерции, привычки; любовница же начинает чувствовать то, что и любая, не связанная ни в себе, ни в своем объекте, женщина: она начинает любить серьезно и, повинувшись все тому же зову природы, начинает действия, которые лучше и не назовешь, как «вить гнездо». Но по-прежнему мысль об ответственности, теперь уже искусственно, но уже очень надежно, заперта в БСЗ, а прежнее состояние ПСЗ освобождается в СЗ. Назревает конфликт, в результате которого любовница покидает своего неудачно ее избранного возлюбленного. Как и в ком она объективирует свою неовеществленную потребность — это не играет роли в анализе.

Звево в описании и анализе истории Дзено и Карлы отходит от иронико-фрейдистской дидактики, понимая, что здесь он делает очень серьезное дело: выдающийся пример художественно-психологического анализа стереотипной романтической ситуации. Это все интересно, но... уже вовсе не по теме нашей книги и памяти.

Полагаем, что приведенные выше литературные иллюстрации, скорее - реминисценции, позволили читателю «сложить 1+1» в голове — в части соотношения памяти и подсознания. Более строгий анализ см. в заключительном параграфе главы и книги в целом.

3.5. Закономерности соотношения памяти и подсознания. Психофизиологические пределы эволюции памяти

В предыдущем параграфе на примере литературного творчества, по преимуществу, мы рассмотрели связь СЗ, ПСЗ и БСЗ в основном в аспекте мышления, но подразумевая, конечно, аспект функционирования памяти — его специфику, отнесенную к СЗ, ПСЗ и БСЗ. Ниже речь пойдет о подсознании в терминах функционирования памяти.

Соотнесение памяти и подсознания. Соотнесение здесь понимается в смысле связи, точнее — эмпирической связи. Заметим, что понятие связи весьма широкое («влияние», «зависимость» и пр.) и заметно зависит в своем определении от контекста. Следуя правилам комплексной логики⁹⁴, сузим определение термина «связь»: а) анализ всех выражений для понятия связи позволяет обнаружить комбинации высказываний вида $\xi \rightarrow (\mathfrak{R}\xi)\eta$, где ξ и η — взаимосвязанные индивидуальные термины, а \mathfrak{R} читается как «после этого»; б) разнообразие комбинаций указанного вида обширно и разнообразно, но при выборе «рабочей» комбинации следует руководствоваться, в первую очередь, их практической пользой. Справедлива

Лемма 3.8. Соотнесение — в смысле совместимости — памяти (ПАМ) и подсознания — бессознательного (БСЗ) определяется в терминах комплексной логики для практически ценной комбинации $\xi \rightarrow (\mathfrak{R}\xi)\eta$ как: ПАМ и БСЗ совместны, если и только если всегда и везде справедливо утверждение

$$(E(\text{ПАМ}) \leftrightarrow E(\text{БСЗ})) \wedge (\neg E(\text{ПАМ}) \leftrightarrow \neg E(\text{БСЗ})), \quad (3.28)$$

причем, если PR_1 и PR_2 есть, соответственно, признаки ПАМ и БСЗ, то и они совместны, если и только если для любого предмета (элемента, узла и пр. — см. главу 1) ПАМ справедливо утверждение

$$(PR_1(\text{ПАМ}) \leftrightarrow PR_2(\text{БСЗ})) \wedge (\neg PR_1(\text{ПАМ}) \leftrightarrow \neg PR_2(\text{БСЗ})). \quad (3.29)$$

Теперь рассмотрим фактор зависимости в отношении ПАМ и БСЗ, также имеющий в логике большое число вариаций этого термина. Из них мы выбираем наиболее априорный для нашего рассмотрения: зависимость предмета (ПАМ или БСЗ) от предмета (БСЗ или ПАМ). В общем случае, то есть записывая как ξ и η (см. выше) индивидуальные взаимосвязанные термины (ПАМ или БСЗ), (БСЗ или ПАМ), а через индивидуальный термин κ — фактор зависимости, возможны определения⁹⁴: а) $\downarrow \xi$ зависит от $\downarrow \eta$, если и только если ξ при условии κ и $\sim \xi$ при условии $\kappa \wedge \eta$; б) $\downarrow \xi$ зависит от $\downarrow \eta$, если и только если ξ при условии κ и $\sim \xi$ при условии $\kappa \wedge \sim \eta$. Эти условия, аналогично утверждениям (3.28), (3.29), просто переписать для собственно предметов ПАМ и БСЗ.

Однако здесь следует выделить *специфику* связи и зависимости ПАМ и БСЗ, а именно: поскольку в общем случае⁹⁴ зависимость можно понимать как воздействие, как взаимодействие и как причинную связь, или их всевозможные (частные) комбинации, то в нашем случае зависимость следует понимать *только и исключительно* как соотношение, то есть взаимную причинную связь в том смысле, что БСЗ возможно только при наличии (развитой) ПАМ, а сама ПАМ поддерживается, то есть наличествует, исключительно при функционировании БСЗ.

Сказанное означает, что связь (связи) ПАМ и БСЗ относятся к категории генетических — это термин не биологии, но комплексной логики⁹⁴, — то есть экспликация связей имеет намного более сложное строение, нежели рассмотренные выше. Более того — для генетической связи ПАМ и БСЗ добавляется характеристика взаимосвязанности. То есть как в процессе эволюции, так и в развитии индивидуального человека, одновременно и взаимосвязано справедливы выражения: «БСЗ произошло от ПАМ» и

«ПАМ произошло от БСЗ» — оба действены на осях времени: $\tau_{эб}$ — в процессе эволюции и $\Delta\tau_{ж.ч.}$ (то есть жизненный цикл индивидуального человека). Кроме того, термин «произошел» в определенных ситуациях (рассмотрения, обсуждения, построения модели — см. главу 1) может быть подменен на термин «выделился», или термин «выделился». Такое усложнение обусловлено реальной двойственностью генетических связей: ПАМ \rightleftarrows БСЗ. Справедлива

Лемма 3.9 (Двойственность генетических связей). Согласно правилам комплексной логики⁹⁵, двойственность генетических связей ПАМ \rightleftarrows БСЗ имеет сложное экспликативное строение, а именно: выражения «ПАМ выделилась из БСЗ» и «БСЗ выделилось из ПАМ» имеют вид, соответственно:

$$\begin{aligned} & (\exists\tau^1)(\exists\tau^2)\left(\left[(ПАМ \in БСЗ)\tau^1\right] \wedge E\tau^1(ПАМ) \wedge E\tau^1(БСЗ) \wedge \right. \\ & \left. \left[(ПАМ \neg \in БСЗ)\tau^2\right] \wedge E\tau^2(ПАМ) \wedge E\tau^2(БСЗ)\right), \end{aligned} \quad (3.30)$$

$$\begin{aligned} & (\exists\tau^1)(\exists\tau^2)\left(\left[(БСЗ \in ПАМ)\tau^1\right] \wedge E\tau^1(БСЗ) \wedge E\tau^1(ПАМ) \wedge \right. \\ & \left. \left[(БСЗ \neg \in ПАМ)\tau^2\right] \wedge E\tau^2(БСЗ) \wedge E\tau^2(ПАМ)\right), \end{aligned} \quad (3.31)$$

где τ^1 и τ^2 — переменные для времени $\tau_{эб}$, то есть времени эволюции человека, или времени $\Delta\tau_{ж.ч.}$ для жизненного цикла индивидуального человека, а выражения «ПАМ отделилась от БСЗ» и «БСЗ отделилось от ПАМ» определяются как «ПАМ выделилась из скопления, образованного из ПАМ и БСЗ» и «БСЗ выделилось из скопления, образованного из БСЗ и ПАМ», соответственно, а выражения «ПАМ произошло от БСЗ» и «БСЗ произошло от ПАМ» для индивидуальных терминов определяется, соответственно, как⁹⁴

$$\begin{aligned} & (\exists\xi)\left(P(\xi) \wedge \Omega^1(ПАМ, \xi) \wedge \Omega^2(БСЗ, \xi) \wedge ((\eta \in \xi) \rightarrow \right. \\ & (\exists\xi)\left(P(\xi) \wedge \Omega^1(БСЗ, \xi) \wedge \Omega^2(ПАМ, \xi) \wedge ((\eta \in \xi) \rightarrow \right. \\ & \left. \left. \rightarrow (\exists\kappa)(\kappa \in \xi) \wedge \mathfrak{R}(\eta, \kappa)\right)\right), \end{aligned} \quad (3.33)$$

где (уже определенные выше) ξ -переменная для эмпирических рядов; $P(\xi)$ читается как « ξ непрерывен»; $\Omega^1(ПАМ, \xi)$ — «ПАМ есть конец ξ » (аналогично $\Omega^1(БСЗ, \xi)$); $\Omega^2(БСЗ, \xi)$ — «есть начало ξ » (аналогично $\Omega^2(ПАМ, \xi)$); η и κ — индивидные переменные.

Примечание: для общих терминов⁹⁴ выражения (3.32), (3.33) будут иметь вид, соответственно:

$$(\alpha \in \text{К ПАМ}) \rightarrow (\exists \beta)((\beta \in \text{К БСЗ}) \wedge T(\alpha, \beta)), \quad (3.34)$$

$$(\alpha \in \text{К БСЗ}) \rightarrow (\exists \beta)((\beta \in \text{К ПАМ}) \wedge T(\alpha, \beta)). \quad (3.35)$$

В (3.34), (3.35) α и β — индивидуальные переменные; $T(\alpha, \beta)$ читается как «а произошло от β »; К указывает на ПАМ и БСЗ как классы.

...Теперь «переведем на русский язык» сказанное выше в терминах комплексной логики.

Как выше было уже сказано: бессознательное, подсознательное, неосознаваемая психическая деятельность — и производные от них термины суть определяющие один и тот же объект мышления (и памяти, конечно). Просто терминологическое «разнообразие» обусловлено традициями различных научных школ, научными дисциплинами и пр. Сущность же одна и та же; справедлива:

Лемма 3.10. *Подсознание (на этом термине мы остановились выше) есть мышление*, рассматриваемое как процесс, происходящий без участия активного сознания, в том числе без (активного) мотивированного обращения сознания к памяти, причем процессуальность актов подсознательного мышления может, но не обязательно, спустя некоторое время, выдаваться в активное сознание** в форме логического или алогического связного «повествования», фрагментов его или логически непротиворечивых умозаключений-выводов***, при этом в подсознательном мышлении, как правило****, органы чувств не участвуют, а образы подсознательного мышления создаются на базе памяти, накопленной (в том числе и «забытой» для активного сознания) за всю предшествующую часть — от ПРП до НП — жизненного цикла $\Delta t_{ж.ч.}$.*

Примечания:

* Понятно, что мы имеем в виду человека, тем более на этапе эволюции его $h.s. \rightarrow h.l.$ Однако, в силу эволюционных законов Дарвина — Ламарка (и всех их продолжателей-последователей), подсознательное мышление присутствует и у животных; преимущественно же оно выражено у млекопитающих: чем ближе в эволюционной «лестнице» к человеку, тем в большей степени. Поскольку акты подсознания в наиболее выраженной форме фиксируются во время сна, преимущественно глубокого сна, то здесь за примерами далеко ходить не надо... не выходя из своего дома (у кого — «хрущевки», а у кого и виллы-коттеджа...). Посмотрите на спящих после обеда собаку или кота. Кошка здесь малоинформативна, она занята делами:

воспитывает (в принятой у них идеологии) котят и ловит мышей, а в деревенском доме и крыс-пасюков... И когда им снятся, то есть подсознание работает, боевые подвиги минувших дней, они, не просыпаясь, взвизгивают и мявкают, рычаг, перебирают судорожно лапами, даже шерсть порой взъерошивают. — Прямо как вздрагивает и истошно кричит во сне («Не брал, ей-богу, не брал!») иной чиновник-взяточник, которому приснился — в ночь под пятницу — открытый показательный процесс...

** Выше уже достаточно было сказано о факторе антропоморфности в конструировании человеком технических устройств памяти. Так и здесь: выдача из подсознания в активное сознание информации, особенно в форме логически непротиворечивых умозаключений-выводов, антропоморфно отображено человеком на конструкцию ЭВМ; здесь основная память ассоциируется с памятью человека как таковой — можно ее условно назвать «подсознательной»; процессор(ы) суть исполняющий роль подсознательно-го мышления, а решение им(и) задачи выдаются в «активное сознание» ЭВМ, заполняя регистры оперативной памяти. Словом, по Ламетри (см.²⁵²), «человек — машина» \rightleftarrows «машина — человек» есть самое краткое и понятное определение антропоморфизма...

*** От (высших) животных и ЭВМ обратимся к человеку. В своей замечательной книге³ выдающийся французский математик Жак Адамар особое внимание уделил роли подсознания в творчестве (математического) творчества. Рекомендуем: эта книга должна входить в числе настольных у всех, кто активно и продуктивно занимается вопросами роли и функциями подсознания.

В частности, Адамар приводит в пример великого, французского же, математика Анри Пуанкаре (см.²⁵² в связи с гипотезой Пуанкаре и выше в настоящей главе), решение теорем, гипотез и пр. которому являлось... во сне; утром же он их наскоро записывал. И Анри Пуанкаре здесь далеко не одинок. Впрочем, каждый из читателей этой книги по себе знает: если не теореме во сне увидел, или периодическую таблицу, как Д. И. Менделеев, то во всяком случае вывел заключение об очередной каверзе своего начальника... О «женском вопросе» и вовсе умолчим.

**** В работе подсознания в форме сновидений, как правило, восприятия органов чувств не участвуют. Именно — как правило, но не обязательно. У животных, особенно зверей — те же собаки и коты, то есть кого мы наблюдаем постоянно в их жизненном цикле: от 0 до 12...14 у собак и от 0 до 18...24 лет у котов и кошек, а также у «жертвенных животных» в пищевой пирамиде, у тех же гусей, которые Рим спасли (кстати, гуси живут 40 лет, что на пять лет больше естественной биологической продолжитель-

ности* $\Delta\tau_{ж.ч.}$) — сон очень чуток. Поэтому при внешних раздражениях они сон прерывают.

У человека же такой настороженности, если только не бомбят и не обстреливают, как сейчас в Новороссии, нет. Сказалась эпоха цивилизации и культуры. Но тем не менее и человек реагирует во сне на пороговые раздражители: звук, в первую очередь, свет, механическое воздействие и пр. Но реагирует не активным сознанием, просыпаясь как животные, а отображением в подсознании, которое под воздействием этих агентов внешнего раздражения изменяет «сюжет» сна. Классическая реакция на выступившие за пределы одеяла ступни ног: человеку начинают сниться кошмары... Впрочем, здесь читайте «сонники», что в изобилии печатаются почти что со времен изобретения ювелиром из Майнца Иоганном Генсфляйшем Гуттенбергом книгопечатания и еще далее в глубь веков — шелкографии в Древнем Китае и ксилографии в Древней же Индии.

Собственно, в части соотношения памяти и подсознания все сказано выше в данном подпараграфе и резюмировано в лемме 3.10.

Психофизиологические пределы эволюции памяти. В данном аспекте исследователи в области нейробиологии (нейрологии), а тем более неофиты, начинают говорить о неокортексе. Это понятно, ибо это прерогатива *homo sapiens*; неокортекс суть новая область (или области?) коры головного мозга. Она только абрисом намечена у животных в истоке эволюции млекопитающих, но уже где-то к середине неогенового периода кайнозойской эры у высших млекопитающих, тем более к началу четвертичного периода кайнозоя, и, естественно, у предгоминидов неокортекс уже сформирован в форме «автономной» области коры головного мозга. То есть человек получил неокортекс уже «готовым к использованию» и ответственным за то, что принято называть интеллектом. Собственно, на любой стадии эволюции жизни интеллект (изначально) присущ головному мозгу.

У высших млекопитающих неокортекс по массе и геометро-топологии составляет порядка 90 % от всего мозга; еще раз подчеркнем: неокортекс формировался *эволюционно*. При этом не надо понимать развитие в процессе эволюции млекопитающих неокортекса примитивно: дескать на эволюционно древние филогенетические отделы головного мозга нарастает такая «шапка» неокортекса (!). Конечно, мозг в процессе эволюции, его вещественная масса, растет, но рост неокортекса — это не только наслаива-

* Естественная, природой, то есть эволюцией, дарованная человеку продолжительность жизни — 35 лет. Еще Гиппократ это определил: до 35 лет природа заботится о человеке, далее человек сам заботится... Продолжительность свыше этих лет — достояние цивилизации и... медицины.

ние новой массы, но и определенный захват части массы более древних отделов мозга. А что касается «автономности» неокортекса, то не зря мы закавычивает это слово; для нормального функционирования мозга необходима самая тесная взаимосвязь неокортекса с другими отделами (древними) мозга, особенно с таламусом и гиппокампом. Пожалуй, исключением можно считать^{217, 221, 222} только мозжечек — эволюционную *alma mater* собственно головного мозга.

О принятой модели шестислойной структуры коры головного мозга — см. нашу работу²⁷²; об аналогии этой структуры со структурой всего мироздания — действие закона эволюционной консервативности.

Говоря о *принципиальном* отличии памяти человека и ЭВМ, Джефф Хокинс²¹⁷ в данном аспекте пишет: «У компьютеров тоже есть память в форме жестких накопителей и чипов памяти. Но четыре особенности памяти неокортекса коренным образом отличают ее от памяти компьютера:

— неокортекс запоминает последовательности элементов, а не отдельные элементы окружающего мира;

— неокортекс вспоминает последовательности автоассоциативно;

— неокортекс запоминает последовательности в инвариантной форме;

— неокортекс сохраняет последовательности иерархически» (С. 37).

Сказанное вполне адекватно нашей модели ИММП (см. главу 1), а собственно неокортекс суть (архисложная) биофизическая и биохимическая автоассоциативная система памяти. См. также разделы предыдущих книг серии «ЖМФН», касающийся антропоморфизма.

Завершим самый короткий параграф книги леммой:

Лемма 3.11. *Память человека суть организация и функционирование неокортекса, эволюционно развившегося в процессе эволюции с появлением млекопитающих в неогеновом периоде кайнозойской эры, однако быстрое, практически экспоненциальное увеличение коры головного мозга, прежде всего неокортекса, произошло только 1,5...2 миллиона лет назад с формированием *homo sapiens*, то есть совершенствование, причем качественное, головного мозга и его памяти есть следствие ускорения биоэволюции за счет ее «очеловечивания». Однако, учитывая, что наблюдаемый нами воочию период $(B \rightarrow N)$ во временном масштабе неизмеримо мал по сравнению с эволюцией мозга человека, то можно утверждать: говорить о психофизиологическом пределе эволюции памяти $h.s. \rightarrow h.p.$ в период ноосферизации Земли $(B \rightarrow N) \rightarrow N \rightarrow (?)$ не имеет (здорового) смысла.*

...И уже сейчас приходит кощунственная (но вполне справедливая) мысль: *homo noospheres*, ввиду стремительного развития информационных

технологий, память как будто и не нужна. Подробнее см. в нашей книге²⁵². Во всяком случае современные школьники уже испытывают затруднения с таблицей умножения... если только не считают доллары-евро.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ГЛАВЕ

Если в первых двух главах рассматривались концептуальные вопросы собственно организации и функционирования памяти в рамках ионно-молекулярной модели, физико-математического моделирования также в аспекте ИММП, а также вопросы антропоморфизма в организации технических устройств памяти, то данная, завершающая очередной том серии «ЖМФН» глава посвящена ноосферной интерпретации памяти, образно определяемой как «воспоминание о будущем».

Наряду с обычно понимаемой, мозговой памятью заслуживает рассмотрение и эволюционная (геномная) память, которая неосознанно присутствует в любом живом организме на любом (последовательном) эволюционном шаге, начиная с полуживых еще вирусов и до вершины эволюции биоорганического мира — homo sapiens. Самое существенное, что на ноосферном этапе $(B \rightarrow N) \rightarrow N \rightarrow (?)$, когда происходит аттракторное замыкание ПРП \rightleftharpoons БП прошлой и будущей памяти и вступает в свои права антропоморфический принцип «головы профессора Доуэля» (см. предыдущие тома серии «ЖМФН»), роли мозговой и эволюционной (геномной) памяти в определенном смысле уравниваются.

Именно поэтому исследовано соподчинение геномной и мозговой памяти в терминах информационно-полевой самоорганизации биосистем, ранее разработанной авторами. В контексте данной теории исследованы общие принципы самоорганизации биосистем и роль информации, прежде всего — функционирования памяти любого вида, в том числе и эволюционной (геномной), а также определено информационное содержание самоорганизующихся биологических открытых систем и «энергоёмкость» информационных процессов. Особое внимание уделено полевой, электромагнитной самоорганизации биосистем, а также информационно-полевой самоорганизации биосистем с позиций фундаментальных законов природы.

В заключении теоретической части определена категория эволюционной памяти, сущность и действенность которой подтверждена экспериментально, как исследование отдаленных патоморфологических реакций на воздействие ЭМИ КВЧ на организмы лабораторных животных. Собственно и сама гипотеза о факторе эволюционной (геномной) памяти была выдвинута и доказана авторами в контексте КВЧ-облучения организма.



Генералов от науки украшают эполеты почетных званий, дружелюбие в избранном кругу и отменный аппетит, особенно если они едят из одной посуды. Метаболизм и другие жизненные функции здесь ни при чем, просто зевать нельзя, особенно если вдали маячат толпы полковников и майоров от той же кормилицы науки.

Приведен ряд комментариев к названной гипотезе в свете существующих концепций электромагнитобиологии.

Ориентируясь на информационно-полевую самоорганизацию биосистем как базовую, рассмотрена категория взаимоотображения прошлой, настоящей и будущей памяти, которое конкретизируется как замыкание памяти ПРП \rightleftharpoons БП. Последнее рассмотрено в логико-категорийном и понятийном аспекте.

В развитии фактора замыкания памяти сформулирована ноосферная парадигма «воспоминания о будущем», опирающаяся на концепцию единства живого и неживого (косного) с позиций памяти, как информационного обмена.

Следующий момент содержания главы — память и подсознание в аспекте мышления рассмотрены в своего рода литературных иллюстрациях. Выбор такого способа подачи материала обусловлен явной недостаточностью в современной науке адекватных моделей организации и функционирования подсознания. Авторы сочли возможным привести три иллюстрации: художественное и общее познание (мышление + память); ритм как диалектика бессознательного в общем и художественном творчестве; художественное воплощение ирони-фрейдизма (термин авторов).

В заключительном параграфе главы исследованы закономерности соотношения памяти и подсознания и психофизиологические пределы эволюции памяти на ноосферном этапе эволюции жизни.

Таким образом, по мнению авторов и в соответствии с достаточной степенью объективности теоретических и экспериментальных исследований в главе представлен своего рода расширенный абрис памяти как воспоминания о будущем (термин уже употреблен без кавычек). Это не «архитектурное излишество» — в дополнении к той или иной модели функционирования памяти, в нашем случае — ИММП, но очень существенный момент в создании концепции феноменологии ноосферы. Замыкание прошлой, настоящей и будущей памяти есть, с одной стороны, одна из непреходящих ипостасей человеческой памяти, с другой — замыкание возрастает по мере все более полного перехода ($B \rightarrow N$) биосферы в ноосферу. Как уже не раз говорилось выше, сам процесс ($ПРП \subset НП$) \rightleftharpoons БП является аттракторным, что, в свою очередь, есть очень мощное подтверждение гипотезы о замыкании ПРП \rightleftharpoons БП, причем для любого положения «визира» НП на оси τ_ϕ (см. рис. 3.20).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая книга является второй из серии «ЖМФН», посвященной, если можно так сказать, теоретико-прикладным вопросам феноменологии ноосферы (Тт. 1—9 «ЖМФН» содержат разработку общей концепции). Предметом рассмотрения в настоящей монографии является память как таковая и память в ноосферном «преломлении».

Совершенно не случайно предисловия к книге написали акад. РАН В. П. Казначеев, акад. РАН В. Г. Зиллов и президент Ноосферной общественной академии наук А. И. Субетто: названные известные ученые, представляющие научные школы Новосибирска, Москвы и СПб, соответственно, внесли и продолжают активно вносить существенный, фундаторский вклад в развитие концепции В.И. Вернадского о переходе биосферы оболочки Земли в ее новое биогеохимическое состояние — ноосферу. Понятно, что и авторы настоящей книги принимают самое живое участие в формировании науки ноосферологии, причем, как отмечает в своем предисловии А. И. Субетто, авторы серии «ЖМФН» предложили, обосновали и успешно развивают — в рамках названной науки — свое видение развертывания концепции В.И. Вернадского, обозначенное как *феноменология ноосферы*.

Если есть объект исследования, в данном случае память, преимущественно память человека, то она прежде всего и должна быть определена в рамках научной специфики и терминологии. Такую определенность авторы видят в разработанной ими ионно-молекулярной модели памяти, составляющей содержание первой главы книги. Развернутое изложение ИММП в системе биоинформационного обмена содержит основные моменты организации и функционирования памяти. Последняя рассматривается, преимущественно, как субъект биоинформационного обмена.

Широко используется радиофизическая и информационная формализация процессов функционирования памяти. Определены материальные носители биоинформационного обмена в системе памяти, структура памяти и разработана методология реализации памяти в рамках ИММП.

На наш взгляд, на сегодняшний день (науки) концепция ИММП является приоритетной. Это не самонадеянность: просто не существует сколько-либо полно и системного изложенных теорий памяти (!?). Почему так? — В России современной фундаментальной наука «ухнула» в пропасть, а прагматично-утилитарному Западу-Востоку пока теории памяти не требуются...

Всякое теоретическое построение, в данном случае в биофизике, тогда и только тогда полезно и жизнеспособно, если оно допускает (и даже требует!) физико-математического моделирования. Что и сделано во второй главе книги, где разработанный авторами обратный метод электрогидро-

намической аналогии использован в моделировании процессов (функционирования) памяти, а именно: полагая, что передача информации, связанной с функционированием памяти, выполняется как сигналами электрохимической природы, так и (по авторской концепции) солитонно-голографическими электромагнитными волнами, причем оба дублирующие друг друга на различных информационно-насыщенных уровнях процессы ориентированы на нейронный путь движения, то названный обратный метод позволяет построить физико-математические модели распространения обоих видов ЭМВ в сложной нейронной сети, организующей структуру памяти.

Рассмотрен чрезвычайной важности в период ($B \rightarrow N$) вопрос о роли антропоморфизма в конструировании человеком технических устройств памяти. Рассмотрение велось на примере флеш-накопителей информации. Показано, что флеш-память никогда не сможет стать полным аналогом ИММП ввиду наличия фундаментальных физических ограничений в реальных интегральных технологиях.

В третьей главе рассмотрено вынесенное в название книги понятие памяти как воспоминания о будущем. Показано и в доверительной степени объективности доказан базовый тезис о замыкании прошлой и будущей памяти, которое по мере движения ($B \rightarrow N$) эволюции живого становится самоочевидным и самодовлеющим.

Таким образом, в очередном, одиннадцатом по счету, томе серии «ЖМФН» рассмотрены организация и функционирование памяти в авторской концепции ИММП, а главное — ее «ноосферизация». Отдельные вопросы, поднятые и рассмотренные в книге, могут встретить возражение, но... во-первых, принципиально новой науки без таких возражений не бывает, а, во-вторых, здесь нет никакой «авторской фантазии», тем более — «фэнтези», а есть феноменология ноосферы — наука (пока) во многом прогностическая. Но — за нами холодный и здравый разум и никем уже давно не опровергаемая исходная концепция ноосферы великого Вернадского. На том и стоим, а вернее говоря, движемся вперед трудным путем познания, отсекающего ложные пути.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдеев Р. Ф.* Философия информационной цивилизации.— М.: ВЛАДОС, 1994.— 336 с.
2. *Агаджанян Н. А., Тель Л. З., Циркин В. И., Чеснокова С. А.* Физиология человека.— СПб: Сотис, 1998.— 527 с.
3. *Адамар Ж.* Исследование психологии процесса изобретения в области математики: Пер. с фр.— М.: Советское радио, 1970.— 152 с.
4. *Азимов А.* Генетический код. От теории эволюции до расшифровки ДНК: Пер. с англ. Д.А. Лихачева.— М.: ЗАО Центрполиграф, 2006.— 202 с.
5. *Акмаев И. Г.* Нейроиммуноэндокринные аспекты деятельности мозга / В кн.: Мозг. Теоретические и клинические аспекты.— М.: Медицина, 2003.— С. 85—105.
6. *Александров Ю. А.* (ред.) Психофизиология.— СПб.: Питер, 2007.— 464 с.
7. *Александров Ю. А.* Краткий психиатрический словарь.— М.: РЛС, 2005.— 128 с.
8. *Александров Ю. А.* Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении.— М.: Наука, 1989.— 208 с.
9. *Аристотель.* Метафизика.— М.: ЭКСМО, 2006.— 606 с.
10. *Архипов М. Е., Субботина Т. И., Яшин А. А.* Киральная асимметрия биоорганического мира: Теория, эксперимент / Под ред. А. А. Яшина.— Тула: Изд-во «Гульский полиграфист», 2002.— 242 с. (Серия «Электродинамика и информатика живых систем», Т. 1).
11. *Аршинов В. И., Климонтович Ю. Л., Сачков Ю. В.* Естествознание и развитие: диалог с прошлым, настоящим и будущим.— Послесловие к кн.: *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой.— М.: Едиториал УРСС, 2003.— С. 292 — 301.
12. *Атаман А. В.* Патолофизиология.— Винница: Новая книга, 2008.— 540 с.
13. *Афромеев В. И., Хадарцев А. А., Яшин А. А.* Биофизика полей и излучений и биоинформатика. Часть III: Основы физико-биологической и технической реализации управляющих воздействий высокочастотными электромагнитными полями в медицине / Под ред. А. А. Яшина.— Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 1999.— 508 с.
14. *Ашмарин И. П.* Загадки и откровения биохимии памяти.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1975.— 160 с.
15. *Баландин Р. К.* Магия внушения, или секретное оружие Бехтерева.— М.: Алгоритм, 2008.— 368 с. (Серия «Исторический триллер»).

16. *Батуев А. С.* Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем.— СПб.: Питер, 2005.— 317 с.
17. *Бауэр Э. С.* Теоретическая биология.— Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.— 280 с.
18. *Бейтс Р.* Определение рН: Пер. с англ.— Л.: Химия, 1972.— 398 с.
19. *Белл Р.* Протон в химии: Пер. с англ.— М.: Мир, 1977.— 382 с.
20. *Белоусов А. В.* Основы единой теории мышления. Ч. I: Язык и мышление.— Тула: Гриф и К, 2006.— 864 с.
21. *Бергсон А.* Творческая эволюция: Пер. с фр. / Предисл. И. Блауберг.— М.: ТЕРРА — Книжный клуб; КАНОН-пресс-Ц, 2001.— 384 с. (Серия «Канон философии»).
22. *Беритов И. С.* Структура и функции коры большого мозга.— М.: Наука, 1969.— 532 с.
23. *Бернштейн Н. А.* Современные искания в физиологии нервного процесса.— М.: Смысл, 2003.— 330 с.
24. *Бессознательное: Природа. Функции. Методы исследования:* Колл. монография в 4-х тт. (русс., англ., фр. и нем. яз.) / Под общ. ред. А. С. Прангишвили, А. Е. Шерозия и Ф. В. Бассина.— Тбилиси: «Мецниереба». Т. I.— 1978.— 786 с.; Т. II — 1978.— 686 с.; Т. III — 1978.— 796 с.; Т. IV — 1985.— 462 с. (Материалы Международного симпозиума «Бессознательное: Природа. Функции. Методы исследования»; Тбилиси, АН Груз. ССР, 1979).
25. *Бехтерев В. М.* Мозг: структура, функция, патология, психика. Избр. тр. в 2-х тт. / Под ред. А. Г. Чучалина; сост. В. С. Воробьев.— М.: Поматур, 1994. Т. 1.— 752 с.; Т. 2.— 800 с.
26. *Биорезонансные эффекты при воздействии электромагнитных полей: Физические модели и эксперимент* / А. А. Яшин [и др.]; Под ред. А. А. Яшина.— Москва — Тула — Тверь: Изд-во «Триада», 2007.— 160 с. (Серия монографий «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 6).
27. *Биофизика полей и излучений и биоинформатика. Часть I: Физико-биологические основы информационных процессов в живом веществе* / А. А. Яшин [и др.]; Под ред. А. А. Яшина.— Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 1998.— 333 с.
28. *Биофизические исследования собственных электромагнитных полей биообъектов* / А. А. Яшин [и др.]; Под ред. Т. И. Субботиной и А. А. Яшина.— Москва — Тула — Тверь: Изд-во «Триада», 2007.— 192 с. (Серия монографий «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 3).
29. *Блюменфельд Л. А.* Проблемы биологической физики.— М.: Наука, 1977.— 336 с.

30. *Богоацкая Л. Н., Верхрацкий Н. С., Кульчицкий О. К., Медведь В. И., Шевчук В. Г.* Старение миокардиальных клеток / В кн.: Физиологические механизмы старения.— 1982.— Л.: Наука.— С. 35 — 46.
31. *Бондаренко Ю. Г.* Всеобщие законы мироздания.— М.: Новый Центр, 2002.— 567 с.
32. *Бородкин Ю. С.* Нейрохимические основы кодирования и передачи информации на уровне синапса / В кн.: Память в механизмах нормальных и патологических реакций.— Л.: Медицина, 1976.— С. 96 — 122.
33. *Бородкин Ю. С., Зайцев Ю. В.* Нейрофармакология регуляции процессов памяти и обучения / В кн.: Механизмы регуляции памяти // *Ашмарин И. П., Бородкин Ю. С., Бунзен П. В. и др.*; Отв. ред. Г. А. Вартанян.— Л.: Наука, 1987.— С. 309 — 409.
34. *Бреслав И. С., Глебовский В. Д.* Регуляция дыхания.— Л.: Наука, 1981.— 280 с.
35. *В. И. Вернадский* и ноосферная парадигма развития общества, культуры, образования и экономики в XXI веке: Колл. монография / Под ред. А. И. Субетто и В. А. Шамахова. В 3-х тт.— СПб.: Астерион, 2013. Т. I.— 574 с.; Т. II — 588 с.; Т. III.— 580 с.
36. *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории: Физика в поисках самых фундаментальных законов природы: Пер. с англ. Изд. 2-е.— М.: Изд. ЛКИ (URSS), 2008.— 256 с.
37. *Введение* в электродинамику живых систем / А. А. Яшин [и др.]; Под ред. А. А. Яшина.— Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 2003.— 440 с. (Серия «Электродинамика и информатика живых систем», Т. 5).
38. *Вейнингер Л.* Пол и характер: Пер. с нем.— Ростов-на-Дону: Изд-во «Феникс», 1998.— 608 с.
39. *Вернадский В. И.* Биосфера и ноосфера / Предисл Р. К. Баландина.— М.: Айрис-пресс, 2004.— 576 с. (Серия «Библиотека истории и культуры»).
40. *Вернадский В. И.* Философские мысли натуралиста.— М.: Наука, 1988.— 520 с.
41. *Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружение.— М.: Наука, 1965.— 374 с.
42. *Взаимодействие* физических полей с живым веществом / А. А. Яшин [и др.].— Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 1995.— 179 с.
43. *Винер Н.* Кибернетика или управление и связь в животном и машине: Пер. с англ. Изд. 2-е.— М.: Советское радио, 1968.— 326 с.
44. *Виноградов А. Е.* Парадокс размера генома и проблема избыточной ДНК // Цитология.— 1999.— Т. 41, № 1.— С. 5 — 14.
45. *Виноградов Г. В., Малкин А. Я.* Реология полимеров.— М.: Химия, 1977.— 440 с.

46. *Виноградова О. С.* Гиппокамп и память.— М.: Наука, 1975.— 333 с.
47. *Владимирский Б. М., Темурьянц Н. А.* Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу (Гелиобиология от А. Л. Чижевского до наших дней).— М.: Изд-во МНЭПУ, 2000.— 374 с.
48. *Воздействие* КВЧ-облучения на репродуктивную функцию млекопитающих / А. А. Яшин [и др.]; Под ред. Т. И. Субботиной и А. А. Яшина.— Москва — Тула — Тверь: Изд-во «Триада», 2007.— 138 с. (Серия монографий «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 1).
49. *Воздействие* право- и левовращающихся электромагнитных полей на биообъекты: Физические модели и эксперимент / А. А. Яшин [и др.]; Под ред. Т. И. Субботиной и А. А. Яшина.— Москва — Тула — Тверь: Изд-во «Триада», 2007.— 200 с. (Серия монографий «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 7).
50. *Войткевич В. И.* Хроническая гипоксия.— Л.: Наука, 1973.— 190 с.
51. *Волькенштейн М. Б.* Биофизика.— М.: Наука.— 1988.— 592 с.
52. *Воробьев С. А., Яшин А. А.* Математическая обработка результатов исследований в медицине, биологии и экологии / Под ред. А. А. Яшина.— Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 1999.— 120 с.
53. *Высокочастотная* аппаратура для терапии и биофизического эксперимента: Проектирование современной элементно-узловой базы / А. А. Яшин [и др.]; Под ред. А. А. Яшина.— Москва — Тула — Тверь: Изд-во «Триада», 2008.— 192 с. (Серия монографий «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 11).
54. *Гад С. Я., Крючков А. Н., Яшин А. А.* Биофизика полей и излучений и биоинформатика. Часть IV: Биоанalogии в технике и технологиях: Создание систем сверхбыстрой обработки информации / Под ред. Е. И. Нефедова, А. А. Хадарцева и А. А. Яшина.— Тула: «Тульский полиграфист», 2000.— 268 с.
55. *Гадамер Х.-Г.* Истина и метод: Основы философской герменевтики: Пер. с нем. / Общ. ред. Б. Н. Бессонова.— М.: Прогресс, 1988.— 704 с.
56. *Газенко О. Г., Меерсон Ф. З.* (ред.) Физиология адаптационных процессов.— М.: Наука, 1986.— 636 с.
57. *Галимов Э. М.* Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции.— М.: Эдиториал УРСС, 2001.— 256 с.
58. *Гаряев П. П.* Волновой генетический код: Ин-т проблем управления РАН.— М.: АО «Астра семь», 1997.— 108 с.
59. *Гаряев П. П.* Волновой геном.— М.: Изд-во «Общественная польза», 1994.— 280 с. (Серия «Энциклопедия русской мысли», Т. 5).

60. Гвоздев В. И., Кузаев Г. А., Нефедов Е. И., Яшин А. А. Физические основы моделирования объемных интегральных схем СВЧ и КВЧ // Успехи физических наук.— 1992.— Т. 162, № 3.— С. 129-160.
61. Герасимов И. Г. Активность ферментов в поле ионов водорода // Вестник новых медицинских технологий.— 2000.— Т. 7, № 2.— С. 26— 28.
62. Герасимов И. Г. Векторизация времени в биологических системах // Вестник новых медицинских технологий.— 2001.— Т. 8, № 2.— С. 95— 97.
63. Герасимов И. Г. Ионы водорода и энтропия / В кн.: Максимович В. А., Солдак И. И., Беспалова С. В. Биоэнергетика.— Донецк: Изд-во Донецкого нац. ун-та, 2003.— С. 83 — 97.
64. Герасимов И. Г. Использование энтропийных характеристик для оценки биологического возраста и функционального состояния организма // Проблемы старения и долголетия.— 1996.— Т. 6, № 1—2.— С. 32— 35.
65. Герасимов И. Г. О стехиометрии Na^+/K^+ -обмена // Биофизика.— 2007.— № 1.— С. 69 — 74.
66. Герасимов И. Г. Оптимизация условий определения холинэстеразы // Клин. лаб. диагн.— 2004.— № 5.— С. 35 — 38.
67. Герасимов И. Г. Передача информации электромагнитными полями посредством ионного поля организма // Электродинамики и техника СВЧ, КВЧ и оптических частот.— 1999.— Т. 7, № 3.— С. 119 — 123.
68. Герасимов И. Г. Подходы к оценке параметров спектра активности ионов водорода в биологических жидкостях. I. Электрохимический метод // Вестник новых медицинских технологий.— 2006.— Т. 13, № 1.— С. 136 — 138.
69. Герасимов И. Г. Почему клетки отдадут предпочтение калию перед натрием: возможная причина альтернативного выбора // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова.— 2007.— Т. 93, № 12.— С. 1435 — 1436.
70. Герасимов И. Г. Принцип Онзагера и функция Ляпунова применительно к описанию энтропии биологических систем в представлении Пригожина // Вестник новых медицинских технологий.— 2007.— Т. 14, № 1.— С. 33 — 35.
71. Герасимов И. Г. Спектр активности ионов водорода в аспекте клеточной деятельности // Вестник новых медицинских технологий.— 1999.— Т. 6, № 3—4.— С. 12 — 15.
72. Герасимов И. Г. Спектр активности ионов водорода и возможности биорегулирования // Вестник новых медицинских технологий.— 1999.— Т. 6, № 1.— С. 143—145.
73. Герасимов И. Г. Энтропия биологических систем // Проблемы старения и долголетия.— 1998.— Т. 7, № 2.— С. 119 — 126.

74. Герасимов И. Г., Игнатов Д. Ю. Особенности восстановления нитросинего тетразолия нейтрофилами человека. II. Влияние ионов натрия и калия // Цитология.— 2005.— Т. 47, № 6.— С. 554 — 558.
75. Герасимов И. Г., Игнатов Д. Ю., Котельниций М. А. Особенности восстановления нитросинего тетразолия нейтрофилами человека. I. Влияние рН // Цитология.— 2005.— Т. 47, № 6.— С. 549 — 553.
76. Герасимов И. Г., Чугай А. В. Подходы к оценке параметров спектра активности ионов водорода в биологических жидкостях. II. Индикаторный метод // Вестник новых медицинских технологий.— 2006.— Т. 13, № 3.— С. 48-49.
77. Гилберт С. Биология развития: В 3-х тт. Т. 2: Пер. с англ.— М.: Мир, 1994.— 235 с., ил.
78. Голубев А. Г. Изнанка метаболизма // Биохимия.— 1996.— Т. 61, № 11.— С. 2018 — 2039.
79. Гордиенко В. А. Физические поля и безопасность жизнедеятельности.— М.: АСТ: Астрель: Профиздат, 2006.— 316 с.
80. Громова Е. А. Эмоциональная память и ее механизмы.— М.: Наука, 1980.— 180 с.
81. Гуляев Ю. В., Сандомирский В. Б., Суханов А. А. и др. Физические ограничения минимальных размеров элементов современной микроэлектроники // Успехи физических наук.— 1984.— Т. 144, № 3.— С. 475—495.
82. Давыдов А. С. Биология и квантовая механика.— Киев: Наукова думка, 1979.— 296 с.
83. Дальнова Т. С., Василиу-Светлицкая С. Г. Кроветворение. Клетки крови // Методы клинических лабораторных исследований.— Минск: Белорусская наука, 2002.— С. 236 — 283.
84. Даниэльс Ф., Олберти Р. Физическая химия: Пер. с англ.— М.: Мир, 1978.— 632 с.
85. Дарвин Ч. Происхождение видов: Пер. с англ.— М.: Госиздат колхозн. и совхозн. лит-ры «Сельхозгиз», 1937.— 630 с.
86. Дарвин Эразм (дед Ч. Дарвина). Храм природы, или происхождение общества: Пер. с англ.— М.-Л.: Госиздат, 1960.— 192 с.
87. Делякур Ж. Мозг и разум: Пер. с фр.— Киев: Факт, 1999.— 96 с.
88. Дильман В. М. Почему наступает смерть.— Л.: Медицина, 1972.— 160 с.
89. Диплом № 356 на научное открытие «Закономерность изменения протеолитической активности желудочного сока организма человека под воздействием переменного магнитного поля с вихревой компонентой» / А. А. Яшин [и др.]; регистр № 447 от 05.11.2007.— М.: РАЕН. МААНОИ/МААНО, 24.04.2008.

90. *Диплом № 436 на научное открытие «Явление донор-акцепторного переноса физиологической информации в зоне низкоинтенсивного высокочастотного электромагнитного излучения» / А. А. Яшин [и др.]; регистр № А-546 от 17.03.2011.— М.: РАЕН. МААНОИ/МААНО, 24.05.2012.*
91. *Дойч Д.* Структура реальности: Пер. с англ. / Под общ. ред. В. А. Садовниченко.— Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.— 400 с.
92. *Дьярмати И.* Неравновесная термодинамика: Пер. с англ.— М.: Мир, 1974.— 301 с.
93. *Женихов В. А., Яшин А. А.* Генератор простых чисел для устройств помехоустойчивой передачи информации по радиоканалу // Доклады Академии наук.— 1995.— Т. 343, № 6.— С. 749-751.
94. *Зиновьев А. А.* Очерки комплексной логики / Под ред. Е. А. Сидоренко.— М.: Эдиториал УРСС, 2000.— 560 с.
95. *Зусмановский А. Г.* Эволюция с точки зрения физиолога.— Ульяновск: Изд-во Ульяновск. гос. сельхоз. акад., 2007.— 393 с.
96. *Зусмановский А. Г., Эрнст Л. К.* Живая материя: Эволюция «со стороны» биофизики (рецензия на книгу «Живая материя» А. А. Яшина) // Лесной Вестник: Вестник Московского государственного университета леса.—2007.—№ 2(51).— С. 170—172.
97. *Иванов В. В.* Чет и нечет: Асимметрия мозга и знаковых систем.— М.: Советское радио, 1978.— 185 с.
98. *Иванов К. П.* Биоэнергетика и температурный гомеостаз.— Л.: Наука, 1972.— 172 с.
99. *Иванов-Муромский К. А.* Мозг и память.— Киев: Наукова думка, 1987.— 136 с.
100. *Информационно-полевая концепция вирусной активации: Физические модели для электромагнитобиологии / А. А. Яшин [и др.]; Под ред. А. А. Яшина.— Москва — Тула — Тверь: Изд-во «Триада», 2008.— 144 с. (Серия монографий «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 10).*
101. *Информационные модели функциональных систем / К. В. Судаков [и др.]; Под ред. К. В. Судакова и А. А. Гусакова.— М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004.— 304 с.*
102. *Каганов М. И.* Электроны, фононы, магноны.— М.: Наука, 1979.— 192 с.
103. *Казаков В. Н., Кузнецов И. Э., Герасимов И. Г.* Анализ стационарности фоновой активности нейронов рострального гипоталамуса с применением кумулятивной частоты // Эксперим. клин. мед.— 2000.— № 1.— С.42 — 44.

104. Казаков В. Н., Кузнецов И. Э., Герасимов И. Г., Игнатов Д. Ю. Информационный подход к анализу низкочастотной импульсной активности нейронов рострального гипоталамуса // *Нейрофизиология*.— 2001.— Т. 33, № 4.— С. 272 — 278.
105. Казначеев В. П. Думы о будущем: Рукописи из стола.— Новосибирск: Издатель, 2004.— 208 с.
106. Казначеев В. П. Общая патология: Сознание и физика: Препринт.— Новосибирск: НИИ общей патологии и экологии человека НЦ КЭМ СО РАМН, 2000.— 47 с.
107. Казначеев В. П., Михайлова Л. П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей.— Новосибирск: Наука, 1985.— 181 с.
108. Казначеев В. П., Михайлова Л. П. Сверхслабые излучения в межклеточных взаимодействиях.— Новосибирск: Наука, 1981.— 144 с.
109. Казначеев В. П., Непомнящих Г. И. Мысли о проблемах общей патологии на рубеже XXI века: Препринт.— Новосибирск: НИИ общей патологии и экологии человека НЦ КЭМ СО РАМН; НИИ региональной патологии и патоморфологии НЦ КЭМ СО РАМН, 2000.— 47 с.
110. Казначеев В. П., Трофимов А. В. Очерки о природе живого вещества и интеллекта на планете Земля: Проблемы космопланетарной антропоэкологии.— Новосибирск: Наука, 2004.— 312 с.
111. Каку М. Введение в теорию суперструн: Пер. с англ. / Под ред. И.Я.Арефьевой.— М.: Мир, 1999.— 624 с.
112. Кант И. Прелегомены / Предисл и ред. А. Сараджева.— М.-Л.: ОГИЗ. Гос. соц.-эконом. изд-во, 1934.— 379 с.
113. Карсавин Л. П. Религиозно-философские сочинения. Т. 1 / Сост. и вступ. ст. С. С. Хоружего.— М.: «Ренессанс», 1992.— 325 с. (Серия «Памятники религиозно-философской мысли»).
114. Кастлер Г. Возникновение биологической организации: Пер. с англ.— М.: Мир, 1967.— 90 с.
115. Квантово-биологическая теория: Монография / А. А. Яшин [и др.]; Под общ. ред. В. В. Бойко и М. А. Красноголовца.— Харьков: Изд-во «Факт», 2003.— 968 с.
116. Киров В. Н. Физиологические методы в психологии.— Ростов-на-Дону: ООО «ЦВВР», 2003.— 224 с.
117. Кландор-Клайнротхаус Г. В., Цюбер К. Астрофизика элементарных частиц: Пер. с нем. / Под ред. В. А. Беднякова.— М.: Ред. журн. «Успехи физических наук», 2000.— 496 с.

118. *Кликс Ф.* Пробуждающееся мышление: У истоков человеческого интеллекта: Пер. с нем. / Под ред. Б. М. Величковского.— М.: Прогресс, 1983.— 302 с.
119. *Климонтович Ю. Л.* Уменьшение энтропии в процессе самоорганизации. S-теорема (на примере перехода через порог генерации) // Письма в Журн. теор. физики. 1983.— Т. 8.— С. 1412.
120. *Клинический архив гениальности и одаренности (эвропатология)* / Под ред. Г. В. Сегалина.— Свердловск (1925—1930 гг.).— Тт. I—V.
121. *Князева Е. Н., Курдюмов С. П.* Синергетика: Нелинейность времени и ландшафты коэволюции.— М.: КомКнига, 2007.— 272 с. (Серия «Синергетика: от прошлого к будущему»).
122. *Кобозев Н. И.* Исследование в области термодинамики процессов информации и мышления.— М.: Изд-во МГУ.— 1971.— 196 с.
123. *Код Фибоначчи и «золотое сечение» в экспериментальной патофизиологии и электромагнитобиологии* / А. А. Яшин [и др.]; Под ред. Т. И. Субботиной и А. А. Яшина.— Москва — Тула — Тверь: Изд-во «Триада», 2007.— 136 с. (Серия монографий «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 4).
124. *Колесов С. Н., Воловик М. А., Прилучный М. А.* Анатомия центральной нервной системы.— М.: Изд-во УРАО, 2005.— 110 с.
125. *Кольтовер В. К.* Исторические предпосылки и эволюция свободно-радикальной теории старения // Проблемы старения и долголетия.— 2000.— Т. 9, № 1.— С. 78 — 89.
126. *Кондрашова М. Н., Маевский Е. И.* Взаимодействие гормональных и митохондриальных регуляций / В кн.: Регуляция энергетического обмена и физиологическое состояние организма.— М.: Наука, 1978.— С. 217 — 229.
127. *Коран:* Пер. с арабск. Г. С. Саблукова. Паралл. текст на русск. и арабск. 3-е изд.— Казань: Центральная типография, 1907.— 1178 с. (Репринт. воспроизведение в 2-х тт.— М.: СП «Дом Бируни», 1990).
128. *Коркушко О. В., Иванов Л. А.* Гипоксия и старение.— Киев: Здоровье, 1980.— 275 с.
129. *Коркушко О. В., Саркисов К. Г., Лишневская В. Ю.* Роль возрастных изменений сердечно-сосудистой системы в развитии гипоксии // Проблемы старения и долголетия.— 2002.— Т. 11, № 1.— С. 87 — 106.
130. *Костандов Э. А.* Функциональная асимметрия полушарий мозга и неосознаваемое восприятие.— М.: Наука, 1983.— 163 с.
131. *Котельников В. А.* Теория потенциальной помехоустойчивости.— М.: Радио и связь, 1998.— 152 с.

132. *Крайзер Дж.* Статистическая термодинамика неравновесных процессов: Пер. с англ.— М.: Мир, 1990.— 608 с.
133. *Крушинский Л. В.* Биологические основы рассудочной деятельности. М.: Изд-во МГУ, 1977.— 271 с.
134. *Кузнецов Г. В., Яшин А. А.* Математическая гемодинамика / Под ред. А. А. Яшина.— Тула: Изд-во «Тульский полиграфист», 2002.— 276 с.
135. *Леви-Брюль Л.* Сверхъестественное в первобытном мышлении: Пер. с фр.— М.: Педагогика-Пресс, 1994.— 608 с. (Серия «Психология: Классические труды»).
136. *Ленинджер А.* Биохимия: Пер. с англ.— М.: Мир, 1976.— 958 с.
137. *Либерман Е. А.* Переносчики ионов через биологические мембраны / В кн.: Биологические мембраны.— М.: Медицина, 1973.— С. 48 — 66.
138. *Линдсей П., Норман Д.* Переработка информации у человека: Пер. с англ.— М.: Мир, 1974.— 550 с.
139. *Ломброзо Ч.* Гениальность и помешательство: Пер. с ит. / Под ред. Л. П. Гримака.— М.: Республика, 1996.— 398 с. (Серия «Библиотека этической мысли»).
140. *Лукреций (Тит Лукреций Кар).* О природе вещей: Пер. с латинского Ф. А. Петровского / Предисл. В. Ф. Асмуса.— М.: ГИХЛ, МСМXXXVII (1937).— 286 с.
141. *Лурия А. Р.* Маленькая книжка о большой памяти.— М.: Изд-во МГУ, 1968.— 88 с.
142. *Лурия А. Р.* Основы нейропсихологии.— М.: Академия, 2003.— 384 с.
143. *Лушников Е. Ф., Абросимов А. Ю.* Гибель клеток (апоптоз).— М.: Медицина, 2001.— 192 с.
144. *Мандельброт Б.* Фрактальная геометрия природы: Пер. с англ.— М.: Ин-т компьютерных исследований, 2002.— 656 с.
145. *Манойлов В. Е.* Электричество и человек.— Л.: Энергия, 1975.— 144 с.
146. *Мартынов Ю. С.* Неврология.— М.: Изд-во РУДН, 2006.— 624 с.
147. *Математические методы современной биомедицины и экологии* / А. А. Яшин [и др.]; Под общ. ред. Е. И. Нефедова, А. А. Хадарцева и А. А. Яшина.— Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 1997.— 223 с.
148. *Матурана У., Варела Ф.* Древо познания: Пер. с англ.— М.: Прогресс-традиция, 2001.— 224 с.
149. *Мецлер Д.* Биохимия: Пер. с англ.— В 3-х тт.— Т. 2.— М.: Мир, 1980.— 606 с.
150. *Михайлов В. В.* Основы патологической физиологии.— М.: Медицина, 2001.— 704 с.

151. *Молекулярная биология клетки* / Б. Албертс [и др.]: Пер. с англ. В 3-х тт. 2-е изд.— М.: Мир, 1994. Т. 1 — 517 с.; Т. 2 — 539 с.; Т. 3 — 504 с.
152. *Мураками Х.* Страна Чудес без тормозов и Конец Света: Пер. с англ.— М.: Эксмо, 2003.— 539 с.
153. *Мацуо Комацу.* Многообразие геометрии: Пер. с японск.— М.: Знание, 1981.— 208 с.
154. *Набоков В. В.* Ада, или Эротиада: Семейная хроника.— Харьков: Фолио, 2006.— 601 с.
155. *Неговский В. А., Гурвич А. М., Золотокрылина Е. С.* Постреанимационная болезнь.— М.: Медицина, 1979.— 384 с.
156. *Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах* / В. С. Анищенко [и др.]; Под ред. В. С. Анищенко.— Москва — Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2003.— 544 с.
157. *Нефедов Е. И.* Радиоэлектроника наших дней.— М.: Наука, 1986.— 192с. (Серия «Наука и технический прогресс»).
158. *Нефедов Е. И., Субботина Т. И., Яшин А. А.* Взаимодействие физических полей с биологическими объектами (с основами проектирования высокочастотной медико-биологической аппаратуры).— Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 2005.—344 с.
159. *Нефедов Е. И., Субботина Т. И., Яшин А. А.* Современная биоинформатика.— М.: Горячая линия — Телеком, 2005.— 272 с.
160. *Нефедов Е. И., Яшин А. А.* Электромагнитная основа концепции единого информационного поля ноосферы // *Философские исследования: Журнал Московского философского фонда.*— 1997.— № 1.— С. 5—74.
161. *Николаев Л. А.* Основы физической химии биологических процессов.— М.: Высшая школа.— 1976.— 260 с.
162. *Николис Г.* Динамика иерархических систем: Эволюционное представление: Пер. с англ.— М.: Мир, 1989.— 486 с.
163. *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. Введение: Пер. с англ.— М.: Мир, 1990.— 344 с.
164. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах: Пер. с англ.— М.: Мир, 1979.— 512 с.
165. *Опарин А. И.* Возникновение жизни на Земле. 3-е изд., полн. перераб.— М.: Изд-во АН СССР, 1957.— 458 с.
166. *Ортега-и-Гассет Х.* Что такое философия?: Пер. с исп.— М.: Наука, 1991.— 408 с. (Серия «Мыслители XX века»).
167. *От нейрона к мозгу:* Пер. с англ. / Николс Дж. Г. [и др.].— М.: Едиториал УРСС, 2003.— 672 с.

168. Пат. № 2183483 (РФ). Способ переноса энергоинформационных характеристик эталонного биообъекта на интактный биообъект / А. А. Яшин [и др.].— БИ № 17, 2001.— 6 с.
169. Патогенные воздействия неионизирующих излучений на организм человека / А. А. Яшин [и др.]; Под ред. А. А. Хадарцева и А. А. Яшина.— Москва — Тула — Тверь: Изд-во «Триада», 2007.— 160 с. (Серия монографий «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 5).
170. Певзнер Л. Основы биоэнергетики: Пер. с англ.— М.: Мир, 1977.— 310 с.
171. Петракович Г. Н. Биополе без тайн // Русская мысль.— 1992.— № 2.— С. 66—71 (Изд-во «Общественная польза»).
172. Петракович Г. Н. Естественный и искусственный гипобиоз у человека // Русская мысль.— 1993.— № 1—2.— С. 127—146 (Изд-во «Общественная польза»).
173. Петракович Г. Н. Ядерные реакции в живой клетке // Русская мысль.— 1993.— № 12.— С. 66—76 (Изд-во «Общественная польза»).
174. Петракович Г. Н. Свободные радикалы против аксиом // Русская мысль.— 1992.— № 2.— С. 50—65 (Изд-во «Общественная польза»).
175. Поляков А. М. Калибровочные поля и струны: Пер. с англ.— Ижевск: Издат. дом «Удмуртский университет», 1999.— 312 с.
176. Поляков Р. В., Старков В. Н., Тивончук В. И., Яшин А. А. Решение класса актуальных задач медико-биологического и экологического моделирования методами вычислительной физики с использованием сплайн-функций // Вестник новых медицинских технологий. Часть I.— 1996.— Т. III, № 3.— С. 22—29; Часть II.— 1997.— Т. IV, № 3.— С. 57—62; Часть III.— 1997.— Т. IV, № 4.— С. 24—26; Часть IV.— 1998.— Т. V, № 2.— С. 26—30.
177. Поппер К. Р. Объективное знание. Эволюционный подход: Пер. с англ. Д. Г. Лахути / Отв. ред. В. Н. Садовский.— М.: Эдиториал УРСС, 2002.— 384 с.
178. Прибрам К. Языки мозга: Пер. с англ.— М.: Прогресс, 1975.— 464 с.
179. Пригожин И. От существующего к возникающему: Пер. с англ.— М.: Наука, 1985.— 326 с.
180. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант: Пер. с англ.— М.: Издат. группа «Прогресс», 1999.— 268 с.
181. Рабинович М. И., Трубецков Д. И. Введение в теорию колебаний и волн. Изд. 3-е.— Москва — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000.— 560 с.

182. *Ризниченко Г. Ю.* Лекции по математическим моделям в биологии. Ч. 1: Описание процессов в живых системах во времени: Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.— 231 с.
183. *Рубин А. Б.* Биофизика: В 2-х тт. Т. 1: Теоретическая биофизика: Учебник для вузов.— 2-е изд., испр. и доп.— М.: «Книжный дом «Университет», 1999.— 448 с.; Т. 2: Биофизика клеточных процессов. 2000.— 468 с.
184. *Рязанов Г. А.* Электрическое моделирование с применением вихревых полей.— М.: Наука, 1969.— 336 с.
185. *Савин Е. И., Субботина Т. И., Яшин А. А.* Экспериментальная гипоплазия красного костного мозга: Биоинформационный анализ и перенос физиологической информации: Монография.— *Saarbrücken (Deutschland): LAP LAMBERT Academic Publishing*, 2013.— 256 с.
186. *Серавин Л. Н.* Качественные законы сохранения, изменения, использования и передачи информации в биологических и кибернетических системах // Вестник ЛГУ.— 1970.— № 9, Вып. 2.— С. 53 — 70.
187. *Серавин Л. Н.* Теория информации с точки зрения биолога.— Л: Изд-во ЛГУ, 1973.— 160 с.
188. *Сергеев А. В., Субботина Т. И., Яшин А. А.* Информационная медицинская биофизика / Под ред. А.А. Яшина.— Тула: Изд-во «Тульский полиграфист», 2002.— 428 с. (Серия «Электродинамика и информатика живых систем», Т. 2).
189. *Сергеева Г. Н.* Анатомо-физиологический очерк / В кн.: Нервные болезни.— СПб.: СпецЛит, 2004.— С. 16 — 32.
190. *Сеченов И. М.* Избранные произведения. Т. I: Физиология и психология / Под ред. Х. С. Коштояна.— М.: Изд-во АН СССР, 1952.— 771 с. (Серия «Классики науки»).
191. *Сингер М., Берг П.* Гены и геномы. В 2-х тт.: Пер. с англ.— М.: Мир, 1998. Т.1 — 373 с.; Т. 2 — 391 с.
192. *Солодков А. С., Сологуб Е. Б.* Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная.— М.: Олимпия Пресс, 2005.— 528 с.
193. *Сомьен Д.* Кодирование сенсорной информации в нервной системе млекопитающих: Пер. с фр.— М.: Мир, 1975.— 415 с.
194. *Стратонович Р. Л.* К вопросу о ценности информации // В кн.: Термодинамика и регуляция биологических процессов.— М.: Наука, 1984.— С. 64-73.
195. *Субботина Т. И., Туктамышев И. Ш., Яшин А. А.* Электромагнитная сигнализация в живой природе / Под ред. А. А. Яшина.— Тула: Изд-во «Гриф и К», 2003.— 319 с. (Серия «Электродинамика и информатика живых систем», Т. 3).

196. Субботина Т. И., Хадарцев А. А., Яшин М. А., Яшин А. А. Воздействие на крыс высокочастотного электромагнитного излучения, модулированного частотами Δ -ритма головного мозга // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.— 2004.— Т. 137, № 5.— С. 484—485.
197. Субботина Т. И., Хадарцев А. А., Яшин М. А., Яшин А. А. Медицинская квалитология и современное естествознание: возникновение и поддержание зеркальной асимметрии биоорганического мира // Медицинские аспекты квалитологии.— Львов: Изд-во Общ-ва «Халецкие на Украине», 2006.— Вып. 2.— С. 183—213.
198. Субетто А. И. «Феноменология ноосферы», или космоноосферная парадигма А. А. Яшина // Лесной Вестник: Вестник Московского государственного университета леса.— 2013.— № 6(98).— С. 183—187.
199. Субетто А. И. «Феноменология ноосферы», или космоноосферная парадигма А. А. Яшина // Вестник новых медицинских технологий: Электронный журнал.— 2013.— № 1 (URL: www.medtsu.tula.ru).
200. Суворов Н. Ф., Тауров О. П. Психофизиологические механизмы избирательного внимания.— Л.: Наука, 1985.— 287 с.
201. Судаков К. В. Нормальная физиология.— М.: Мед. информ. агентство, 1999.— 717 с.
202. Тейяр де Шарден П. Феномен человека: Преджизнь. Жизнь. Мысль. Сверхжизнь: Пер. с фр.— М.: Наука, 1987.— 240 с.
203. Тора (Пятикнижие Моисеево): Пер. с иврита.— Паралл. текст на русск. и иврите / Под общ. ред. Г. Брановера.— Иерусалим (5753 г.) — Москва (1993 г.): «Шамир», «Арт-бизнес-центр».— 1135 с.
204. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества (Классические теории): Пер. с англ.— Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.— 512 с.
205. Умрюхин Е. А. Информационная модель системной организации деятельности мозга / В кн.: Мозг: Теоретические и клинические аспекты.— М.: Медицина, 2003.— С. 277.— 296 с.
206. Уэст Дж. Физиология дыхания: Пер. с англ.— М.: Мир, 1988.— 200 с.
207. Федер Е. Фракталы: Пер. с англ.— М.: Мир, 1991.— 254 с.
208. Федоров Н. Ф. Сочинения / Общ. ред. А. В. Гулыги.— М.: Мысль, 1982.— 711 с. (Серия «Философское наследие»).
209. Филимонов В. И. Руководство по общей и клинической физиологии.— М.: Мед. информ. агентство, 2002.— 958 с.
210. Фрейд З. Введение в психоанализ: Лекции: Пер. с нем. / Отв. ред. И. Т. Фролов и М. Г. Ярошевский.— М.: Наука, 1989.— 456 с. (Серия «Классики науки»).

211. *Френкель Я. И.* Принципы теории атомных ядер.— М.— Л.: Изд-во АН СССР.— 1955.— 248 с.
212. *Фролькис В. В.* Старение и биологические возможности организма.— М.: Наука, 1975.— 272 с.
213. *Фролькис В. В., Мурадян Х. К.* Экспериментальные пути продления жизни.— Л.: Наука, 1988.— 248 с.
214. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам: Пер. с англ. / Предисл. Ю. Л. Климонтовича. Изд. 2-е.— М.: КомКнига, 2005.— 248 с. (Серия «Синергетика: от прошлого к будущему»).
215. *Хакен Г.* Принципы работы головного мозга: Синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивной деятельности: Пер. с англ.— М.: ПЕР СЭ, 2001.— 351 с.
216. *Хейвуд Р.* Термодинамика равновесных процессов: Пер. с англ.— М.: Мир, 1983.— 429 с.
217. *Хокинс Д., Блейкли С.* Об интеллекте: Пер. с англ.— М.: ООО «И.Д.Вильямс», 2007.— 240 с.
218. *Холличер В.* Человек и агрессия. З. Фрейд и К. Лоренц в свете марксизма: Пер. с нем.— М.: «Прогресс», 1975.— 131 с.
219. *Хомская Е. Д.* Нейропсихология.— СПб.: Питер, 2005.— 496 с.
220. *Хорн Г.* Память, импринтинг и мозг. Исследование механизмов: Пер. с англ.— М.: Мир, 1988.— 343 с.
221. *Хофман И.* Активная память: Экспериментальные исследования в теории человеческой памяти: Пер. с нем. / Под ред. Б. М. Величковского и Н. К. Корсаковой.— М.: Прогресс, 1986.— 310 с. (Серия «Общественные науки за рубежом: Психология»).
222. *Чайковский Ю. В.* Эволюция. Вып. 22 «Центологические исследования».— М.: Центр системных исследований — ИИЕТ РАН, 2003.— 472 с.
223. *Чанг Р.* Физическая химия с приложениями к биологическим системам: Пер. с англ.— М.: Мир, 1980.— 662 с.
224. *Чернавский Д. С.* Синергетика и информация (динамическая теория информации) / Послесл. Г. Г. Малинецкого. Изд. 2-е.— М.: Едиториал УРСС, 2004.— 288 с. (Серия «Синергетика: от прошлого к будущему»).
225. *Чернавский Д. С.* Теоретический подход к проблеме происхождения жизни // Журн. Всесоюз. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева.— 1980.— Т. 25, № 4.— С. 404 — 411.
226. *Чернышева М. П., Ноздрачев А. Д.* Гормональный фактор пространства и времени внутренней среды организма.— СПб.: Наука, 2006.— 245 с.
227. *Чеснокова Н. П.* Общая патология.— М.: Академия, 2006.— 336 с.

228. *Чиркова Э. Н.* Иммуноспецифичность волновой информации в живом организме.— М.: Новый Центр, 1999.— 304 с.
229. *Чораян О. Г.* Нейронный ансамбль.— Ростов н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, 1990.— 88 с.
230. *Швырков В. Б.* Психофизиологическое изучение структуры субъективного отражения // Психологический журнал.— 1985.— Т. 6, № 3.— С. 22 — 37.
231. *Шеперд Г.* Нейробиология: Пер. с англ.— В 2-х тт.— М.: Мир, 1987.— Т. 1 — 454 с.— Т. 2.— 368 с.
232. *Шерозия А. Е.* К проблеме сознания и бессознательного психического: Опыт исследования на основе данных психологии установки. В 2-х тт. Т. 1.— Тбилиси: Мецниереба, 1969.— 383 с.
233. *Шидловский В. А., Новосельцев В. Н.* Мультипараметрическое обеспечение гомеостаза и гомеокинеза / В кн.: Принципы системной организации функций.— М.: Наука, 1973.— С. 81 — 86.
234. *Шницер Я. Б.* Иллюстрированная всеобщая история письмен.— СПб: Изд. А. Ф. Маркса, 1903.— 264 с., ил.
235. *Шредингер Э.* Мой взгляд на мир: Пер. с нем.— М.: КомКнига (URSS), 2005.— 152 с.
236. *Шредингер Э.* Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки: Пер. с англ.— Ижевск: Республ. типогр., 1999.— 96 с.
237. *Шубников А. В. Копцик В. А.* Симметрия в науке и искусстве. Изд. 2-е.— М.: Наука, 1972.— 339 с.
238. *Шульговский В. В.* Основы нейрофизиологии.— М.: Аспект Пресс, 2000.— 277 с.
239. *Эбеллинг В., Файстель Р.* Хаос и космос: синергетика эволюции: Пер. с нем.— Москва — Ижевск: Ин-т компьютерных исследований; НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005.— 336 с.
240. *Эбеллинг В., Энгель А., Файстель Р.* Физика процессов эволюции: Пер. с нем. Ю. А. Данилова.— М.: Эдиториал УРСС, 2001.— 328 с.
241. *Эйнштейн А.* Теория основ термодинамики / В кн.: Собрание научных трудов. В 4-х тт.— Т. 3.— М.: Наука, 1966.— С. 50 — 66.
242. *Этинген Л. Е.* Нормальная морфология человека старческого возраста.— М.: ЭКСМО, 2003.— 256 с.
243. *Эткинс П.* Кванты: Пер. с англ.— М.: Мир, 1977.— 496 с.
244. *Ю. М. Лотман* и тартуско-московская семиотическая школа.— М.: «Гнозис», 1994.— 560 с. (Серия «Язык. Семиотика. Культура»).
245. *Юнг К. Г.* Психологические типы: Пер. с нем. / Под общ. ред. В. В. Зеленского.— М.: «Университетская книга» АСТ, 1996.— 716 с. (Серия «Классики зарубежной психологии»).

246. Якимова Н. Н. Фрактальная Вселенная и золотое отношение: Структурное и ритмическое единство мира.— М.: КД «ЛИБРОКОМ», 2008.— 368 с. (Серия «*Relato Refero*»)/
247. Яшин А. А. Глобализация как ноосферный процесс / В кн.: В.И.Вернадский и ноосферная парадигма развития общества, культуры, образования и экономики в XXI веке: Колл. монография / Под ред. А. И. Субетто и В. А. Шамахова. В 3-х тт. Т. I.— СПб.: Астерион, 2013.— С. 236—253.
248. Яшин А. А. Исследование процесса высвобождения ионов кальция в математической модели клетки // Вестник новых медицинских технологий: Электронный журнал.— 2013.— № 1 (URL: www.medtsu.tula.ru).
249. Яшин А. А. Модификация принципа Норберта Винера в математической модели клетки // Вестник новых медицинских технологий.— 2013.— Т. XX, № 2.— С. 21—24.
250. Яшин А. А. Оператор вернадскиана в современной теории эволюции и ноосферной парадигме // Вестник новых медицинских технологий: Электронный журнал.— 2013.— № 1 (URL: www.medtsu.tula.ru).
251. Яшин А. А. Феноменология ноосферы: Заключительные главы — прогностика / Предисл. В. Г. Зилова.— Москва — Тверь — Тула: Изд-во «Триада», 2012.— 330 с. (Серия монографий «Макро- и микроскопическая биофизика и биоинформатика». Вып. 3).
252. Яшин А. А. Феноменология ноосферы: Струнный квартет, или аналоговое и цифровое мышление: Монография «Живая материя и феноменология ноосферы». Т. 10 / Предисл. В. П. Казначеева, В. Г. Зилова, А. И. Субетто.— Москва — Тверь — Тула: Изд-во «Триада», 2014. (Серия монографий «Макро и микроскопическая биофизика и биоинформатика». Вып. 4).— В печати.
253. Яшин А. А. Художественная эвристика (Роль чувственного познания в творчестве): Петровская академия наук и искусств.— Тула: Изд-во «Тульский полиграфист», 2001.— 411 с.
254. Яшин А. А., Субботина Т. И., Савин Е. И. Информационная самоорганизация биосистем: Вирусная концепция.— Saarbrücken (Deutschland): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.— 101 с.
255. Яшин А. А., Субботина Т. И., Савин Е. И. Нарушение жизнедеятельности: биофизикохимические основы.— Saarbrücken (Deutschland): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.— 233 с.
256. Яшин А. А., Субботина Т. И., Савин Е. И. Очерки по электромагнито-биологии: Для практикующих врачей.— Saarbrücken (Deutschland): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.— 60 с.

257. Яшин А. А. Основы системного моделирования информационных процессов в живом веществе и совершенствование крайневысокочастотной терапии (Теоретико-экспериментальное исследование): Дисс. ... д-ра биол. наук.— Тула: ТулГУ, 2001.— 562 с.
258. Яшин А. А. «Земное эхо солнечных бурь» // Вестник новых медицинских технологий.— 2009.— Т. XVI, № 1.— С. 7-8.
259. Яшин А. А. В поисках спасения от солнечных бурь // Медицинская газета.— 2009.— № 8, 11.02.2009.— С. 11.
260. Яшин А. А. Живая материя: Ноосферная биология (нообиология) / Предисл. В. П. Казначеева.— М.: Изд-во ЛКИ(*URSS*), 2007.— 216 с. (2-ое изд. в 2010).
261. Яшин А. А. Живая материя: Онтогенез жизни и эволюционная биология / Предисл. В. П. Казначеева.— М.: Изд-во ЛКИ(*URSS*), 2007.— 240 с. (2-ое изд. в 2010).
262. Яшин А. А. Живая материя: Физика живого и эволюционных процессов / Предисл. В. П. Казначеев.— М.: Изд-во ЛКИ(*URSS*), 2007.— 264 с. (2-ое изд. в 2010).
263. Яшин А. А. Информационная виртуальная реальность.— Тула: Изд-во «Тульский полиграфист», 2003.— 244 с. (Серия «Электродинамика и информатика живых систем», Т. 4).
264. Яшин А. А. Информационно-полевая самоорганизация биосистем // Вестник новых медицинских технологий.— 2000.— Т. VII, № 1.— С. 3—38.
265. Яшин А. А. Информационные аспекты развертывания эволюции жизни // В кн.: XIX Люблинские чтения: Сб. докладов. Т. 2: Современные проблемы эволюции.— Ульяновск: Изд-во Ульяновск. гос. пед. ун-та им. И. Н. Ульянова, 2005.— С. 36—41.
266. Яшин А. А. Конструктивная эволюция: От биопоэза до ноосферы: Монография / Предисл. В. П. Казначеева.— СПб.: Ноосферная общественная академия наук, 2013.— 669 с., ил. (Электронное издание. URL: www.es.rae.ru).
267. Яшин А. А. Рецензия на книгу Ю.В.Чайковского «Эволюция» // Вестник новых медицинских технологий.— 2008.— Т. XV, № 1.— С. 166.
268. Яшин А. А. Теория биологического поля А. Г. Гурвича: Ретроспективный анализ с позиций современной биофизики и биоинформатики // В кн.: XVIII Люблинские чтения: Современные проблемы эволюции: Сб. докладов.— Ульяновск: Изд-во Ульяновск. гос. пед. ун-та им. И. Н. Ульянова, 2004.— С. 96—101.
269. Яшин А. А. Феноменология ноосферы: Предтеча ноосферы. Часть 1: Естественно-научный базис / Предисл. В. Г. Зилова.— М.: Изд-во ЛКИ (*URSS*), 2010.— 368 с.

270. Яшин А. А. Феноменология ноосферы: Предтеча ноосферы. Часть 2: Мышление и виртуальная реальность / Предисл. В. Г. Зилова.— М.: Изд-во ЛКИ(URSS), 2010.— 276 с.
271. Яшин А. А. Феноменология ноосферы: Развертывание ноосферы. Часть 1: Теория и законы движения ноосферы / Предисл. В. Г. Зилова.— Москва — Тверь — Тула: Изд-во «Триада», 2011.— 312 с. (Серия монографий «Макро- и микроскопическая биофизика и биоинформатика». Вып. 1).
272. Яшин А. А. Феноменология ноосферы: Развертывание ноосферы. Часть 2: Информационная и мультиверсумная концепции ноосферы / Предисл. В. Г. Зилова.— Москва — Тверь — Тула: Изд-во «Триада», 2011.— 360 с. (Серия монографий «Макро- и микроскопическая биофизика и биоинформатика». Вып. 2).
273. Яшин А. А., Кандлин В. В., Плотникова Л. Н. Проектирование многофункциональных объемных интегральных модулей СВЧ- и КВЧ-диапазонов / Под ред. Е. И. Нефедова.— М: НТИЦ «Информтехника» Миноборонпрома СССР, 1992.— 324 с.
274. Яшин А. А., Субботина Т. И., Савин Е. И. Информационная самоорганизация биосистем: вирусная концепция.— Saarbrücken (Deutschland): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.— 101 p.
275. Albrecht-Buenhler G. In defense of «nonmolecular» cell biology // Int. Rev. Cytol.— 1990.— V. 120.— P. 191 — 239.
276. Altgassen M., Phillips L., Kopp U., Kliegel M. Role of working memory components in planning performance of individuals with Parkinson's disease // Neuropsychol.— 2007.— V. 45, № 10.— P. 2393 — 2397.
277. Ans B., Carbonnel S., Valdois S. A. connectionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading // Psychol. Rev.— 1998.— V. 105, № 4.— P. 678 — 723.
278. Arbuthnott K., Campbell J. I. Cognitive inhibition in selection and sequential retrieval // Mem. Cognit.— 2000.— V. 28, № 3.— P. 331 — 340.
279. Arkhipov M. E., Nefyodov Eu. I., Yashin A. A. Eleetctrodynamic interpretation of the rise and maintenance of mirror asymmetry in the bioorganic world // Eleetctrodynamic and Technique of Microwave, EHF and Optical Frequencies.— 2002.— V. X, № 1(33).— P. 5—39.
280. Augustine G. J., Charlton M. P., Smith S. J. Calcium entry into voltage-clamped presynaptic terminals of squid // J. Physiol.— 1985.— N. 367.— P. 143 — 162.
281. Baddeley A. D. Is working memory still working? // Am Psychol.— 2001.— V. 56, № 11.— P. 851 — 864.
282. Baddeley A. D. The episodic buffer: a new component of working memory? // Trends Cogn. Sci.— 2000.— V. 4, № 11.— P. 417 — 423.

283. *Baddeley A. D.* The phonological loop and the irrelevant speech effect: some comments on Neath // *Psychon. Bull. Rev.*— 2000.— V. 7, № 3.— P. 544—549.
284. *Baddeley A. D., Hitch G. J.* Development of working memory: should the Pascual-Leone and the Baddeley and Hitch models be merged? // *J. Exp. Child. Psychol.*— 2000.— V. 77, № 2.— P. 128 — 137.
285. *Baddeley A., Bueno O., Cahill L., Fuster J. M., Izquierdo I., McGaugh J. L., Morris R. G., Nadel L., Routtenberg A., Xavier G., Da Cunha C.* The brain decade in debate: I. Neurobiology of learning and memory // *Braz. J. Med. Biol. Res.*— 2000.— V. 33, № 9.— P. 993 — 1002.
286. *Barrouillet P., Bernardin S., Portrat S., Vergauwe E., Camos V.* Time and cognitive load in working memory // *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.*— 2007.— V. 33, № 3.— P. 570 — 585.
287. *Bernal J. D.* The physical basis of life.— London: Pergamon Press, 1951.— 382 p.
288. *Brown J.* Short-term memory // *Brit. med. Bull.*— 1964.— V. 20, № 1.— P. 8—11.
289. *Brown J.* Some tests of the decay theory on immunomediate memory // *Quarterly J. Experim. Physiol.*— 1958.— № 8.— P. 12 — 21.
290. *Brown L. D., Narahashi T.* Modulation of nerve membrane sodium channel activation by deltamethrin // *Brain. Res.*— 1992.— V. 584, № 1—2.— P. 71 — 76.
291. *Camello C., Pariente J. A., Salido G. M., Camello P. J.* Role of proton gradients and vacuola H⁺-ATPases in the refilling of intracellular calcium stores in exocrine cells // *Curr. Biol.*— 2000.— V. 10, № 3.— P. 161 — 164.
292. *Caspary M., Peskin U.* Site-directed electronic tunneling through a vibrating molecular network // *J. Chem. Phys.*— 2006.— V. 125, № 18.— P. 184703.
293. *Conrad R.* Serial orders intrusions in immediate memory // *Brit. J. Psychol.*— 1960.— V. 15.— P. 45 — 46.
294. *Conrad R.* Very brief dearily of immediate recall // *Quarterly J. Experim. Physiol.*— 1958.— № 12.— P. 45 — 47.
295. *Criss A. H., Shiffrin R. M.* Context noise and item noise jointly determine recognition memory: a comment on Dennis and Humphreys (2001) // *Psychol. Rev.*— 2004.— V. 111, № 3.— P. 800 — 807.
296. *Daselaar S. M., Fleck M. S., Cabeza R.* Triple dissociation in the medial temporal lobes: recollection, familiarity, and novelty // *J. Neurophysiol.*— 2006.— V. 96, № 4.— P. 1902 — 1911.
297. *De Zubicaray G. I., McMahon K. L., Eastburn M. M., Finnigan S., Humphreys M. S.* fMRI evidence of word frequency and strength effects in

recognition memory // *Brain. Res. Cogn. Brain. Res.*— 2005.— V. 24, № 3.— P. 587 — 598.

298. *Ermakov V. N., Ponezna E. A.* Modeling of microwave radiation action on alive systems by nonlinear resonant tunneling // *Physics of the alive.*— 2002.— V. 10. N. 1.— P. 16 — 25.

299. *Feld M., Dimant B., Delorenzi A., Coso O., Romano A.* Phosphorylation of extra-nuclear ERK/MAPK is required for long-term memory consolidation in the crab *Chasmagnathus* // *Behav. Brain. Res.*— 2005.— V. 158, № 2.— P. 251 — 261.

300. *Feredoes E., Postle B. R.* Localization of load sensitivity of working memory storage: quantitatively and qualitatively discrepant results yielded by single-subject and group-averaged approaches to fMRI group analysis // *Neuroimage.*— 2007.— V. 35, № 2.— P. 881 — 903.

301. *Gardiner K., Davisson M. T., Crnic L. S.* Building protein interaction maps for Down's syndrome // *Brief Funct Genomic Proteomic.*— 2004.— V. 3, № 2.— P. 142—156.

302. *Groves P. M., Thompson R. F.* Habituation: A dual-process theory // *Psych. Rev.*— 1970.— V. 77.— P. 419 — 450.

303. *Gutteridge J. M. C., Mitchell J.* Redox imbalance in the critically ill // *British Medical Bulletin.*— 1999.— V. 55, № 1.— P. 49 — 75.

304. *Han J., Ngan K. N., Li M., Zhang H. J.* A memory learning framework for effective image retrieval // *IEEE Trans. Image Process.*— 2005.— V. 14, № 4.— P. 511 — 524.

305. *Hazy T. E., Frank M. J., O'Reilly R. C.* Banishing the homunculus: making working memory work // *Neuroscience.*— 2006.— V. 139, № 1.— P. 105 — 118.

306. *Howard M. W., Fotedar M. S., Datey A. V., Hasselmo M. E.* The temporal context model in spatial navigation and relational learning: toward a common explanation of medial temporal lobe function across domains // *Psychol. Rev.*— 2005.— V. 112, № 1.— P. 75 — 116.

307. *Hyden H. A.* RNA and functional characteristic of neuron and glia in learning / *RNA and brain functional in learning* .— Derkly—Los Angeles, 1964.— P. 29 — 68.

308. *Hyden H. A.* The question of molecular basis memory trace / *Biology memory.*— N. Y., 1970.— P. 101 — 113.

309. *Ivanov V. B., Subbotina T. I., Khadartsev A. A., Yachin M. A., Yachin A. A.* Exposure to low-intensity superhigh frequency electromagnetic field as a factor of carcinogenesis in experimental animals // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.*— 2005.— V. 139.— № 2.— P. 241—244 (Publ. Springer Verlag, New York LLC).

310. *Janculjak D., Mubrin Z., Brzovic Z., Brinar V., Barac B., Palic J., Spilich G.* Changes in short-term memory processes in patients with multiple sclerosis // *Eur. J. Neurol.*— 1999.— V. 6, № 6.— P. 663 — 668.
311. *Kareev Y.* Seven (indeed, plus or minus two) and the detection of correlations // *Psychol. Rev.*— 2000.— V. 107, № 2.— P. 397 — 402.
312. *Kothari R., Lotlikar R., Cahay M.* State-dependent weights for neural associative memories // *Neural. Comput.*— 1998.— V. 10, № 1.— P. 59 — 71.
313. *Kurotchenko S. P., Subbotina T. I., Tuktamyshev I. I., Tuktamyshev I. Sb., Khadartsev A. A., Yashin A. A.* Shielding effect of mineral schungite du electromagnetic irradiation of rats // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.*— 2004.— V. 136, № 5.— P. 158—160 (Publ. Springer Verlag, New York LLC).
314. *Landro N. I., Rund B. R., Lund A., Sundet K., Mjellem N., Asbjornsen A., Thomsen T., Ersland L., Lundervold A., Smievoll A. I., Egeland J., Stordal K., Roness A., Sundberg H., Hugdahl K.* Honig's model of working memory and brain activation: an fMRI study // *Neuroreport.*— 2001.— V. 12, № 18.— P. 4047 — 4054.
315. *Lee D. L., Wang W. J.* A correlation significance learning scheme for auto-associative memories // *Int. J. Neural. Syst.*— 1995.— V. 6, № 4.— P. 455 — 562.
316. *Lee D. L., Wang W. J.* Equilibrium and attractivity analysis for a class of hetero-associative neural memories // *Int. J. Neural. Syst.*— 1996.— V. 7, № 3.— P. 287 — 304.
317. *Lewis P. A., Critchley H. D., Smith A. P., Dolan R. J.* Brain mechanisms for mood congruent memory facilitation // *Neuroimage.*— 2005.— V. 25, № 4.— P. 1214 — 1223.
318. *Lorenz K.* Das sogenannte Böse / In: *Zur Naturgeschichte der Agresion.*— Wien, 1965.— S. 48.
319. *Lorenz K.* Die instinktiven Grundlagen menschlicher Kultur // *Die Naturwissenschaften.*— Hf. 15/16.— S. 388—340.
320. *Lorenz K.* *Evolution and Modification of Behavior.*— Chicago, 1965.— P. 17.
321. *Lorenz K.* *Gesammelte Abhandlungen aus dem Werdegang der Verhaltenslehre.* Bd. II.— München, 1965.— 480 s.
322. *Lotka A.* *Elements of physical biology.*— Baltimore, 1925.— 406 p.
323. *Masgrau L., Roujeinikova A., Johannissen L. O., Hothi P., Basran J., Ranaghan K. E., Mulholland A. J., Sutcliffe M. J., Scrutton N. S., Leys D.* Atomic description of an enzyme reaction dominated by proton tunneling // *Science.*— 2006.— V. 312, № 5771.— P. 237 — 241.

324. *Matthies H.* Biochemical regulation of synaptic connectivity / Memory and transfer of information. N. Y.— L.: Plenum Press, 1973. P. 531—547.
325. *Meyr-Eppler W.* Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie.— Berlin: Springer, 1959.— 446 S.
326. *Miles C. F., Rogers D.* A biologically motivated associative memory architecture // *Int. J. Neural. Syst.*— 1993.— V. 4, № 2.— P. 109 — 127.
327. *Miller M. B., Handy T. C., Cutler J., Inati S., Wolford G. L.* Brain activations associated with shifts in response criterion on a recognition test // *Can. J. Exp. Psychol.*— 2001.— V. 55, № 2.— P. 162 — 173.
328. *Miller R. R., Kaspro W. J., Schachtman T. R.* Retrieval variability: sources and consequences // *Am. J. Psychol.*— 1986.— V. 99, № 2.— P. 145 — 218.
329. *Mitchell D. B.* How many memory systems? Evidence from aging // *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.*— 1989.— V. 15, № 1.— P. 31 — 49.
330. *Morelli A., Lauro Grotto R., Arecchi F. T.* Neural coding for the retrieval of multiple memory patterns // *Biosystems.*— 2006.— V. 86, № 1—3.— P. 100 — 109.
331. *Mu X., Watta P., Hassoun M. H.* A weighted voting model of associative memory // *IEEE Trans. Neural. Netw.*— 2007.— V. 18, № 3.— P. 756 — 777.
332. *Okada M.* Notions of Associative Memory and Sparse Coding // *Neural. Netw.*— 1996.— V. 9, № 8.— P. 1429 — 1458.
333. *Osaka N., Osaka M., Kondo H., Morishita M., Fukuyama H., Shibasaki H.* The neural basis of executive function in working memory: an fMRI study based on individual differences // *Neuroimage.*— 2004.— V. 21, № 2.— P. 623—631.
334. *Pak M. V., Hammes-Schiffer S.* Electron-proton correlation for hydrogen tunneling systems // *Phys. Rev. Lett.*— 2004.— V. 92, № 10.— P. 103 — 110.
335. *Pichon Y., Abbott N. J., Lieberman E. M., Larmet Y.* Potassium homeostasis in the nervous system of cephalopods and crustacea // *J. Physiol. (Paris).*— 1987.— V. 82, № 4.— P. 346 — 356.
336. *Rae C., Scott R. B., Lee M., Simpson J. M., Hines N., Paul C., Anderson M., Karmiloff-Smith A., Styles P., Radda G. K.* Brain bioenergetics and cognitive ability // *Dev. Neurosci.*— 2003.— V. 25, № 5.— P. 324 — 331.
337. *Romano A., Locatelli F., Freudenthal R., Merlo E., Feld M., Ariel P., Lemos D., Federman N., Fustinana M. S.* Lessons from a crab: molecular mechanisms in different memory phases of *Chasmagnathus* // *Biol. Bull.*— 2006.— V. 210, № 3.— P. 280 — 288.

338. Roy le E. L'exigence idealiste et le fait d'evolution.— Paris, 1927.— 196 p.
339. Scharnowski F., Hermens F., Kammer T., Ogmen H., Herzog M. H. Feature fusion reveals slow and fast visual memories // J. Cogn. Neurosci.— 2007.— V. 19, № 4.— P. 632 — 641.
340. Schonemann P. H. Some algebraic relations between involutions, convolutions, and correlations, with applications to holographic memories // Biol. Cybern.— 1987.— V. 56, № 5—6.— P. 367 — 374.
341. Schwartz L. S. Principles of coding, filtering and information theory.— Baltimore: Cleaver, 1963.— 253 p.
342. Shannon C. E. A mathematical theory of communication // Bell. System. Tech. J.— 1948.— V. 27.— P. 379.
343. Shannon C. E., Weaver M. The mathematical theory of communication.— Urbana: Univ., 1949.— 117 p.
344. Shinomoto S. A cognitive and associative memory // Biol. Cybern.— 1987.— V. 57, № 3.— P. 197 — 206.
345. Subbotina T. I., Khadartsev A. A., Yachin M. A., Yachin A. A. Effect of high-frequency low-intensity irradiation on reproductive function in C57/Bl6 and randombred mice // Bulletin of Experimental Biology and Medicine.— 2004.— V. 138.— № 6.— P. 554—555 (Publ. Springer Verlog, New York LLC).
346. Subbotina T. I., Khadartsev A. A., Yachin M. A., Yachin A. A. Regulation of proteolytic activity of pepsin in mice by rotating electromagnetic field // Bulletin of Experimental Biology and Medicine.— 2005.— V. 139.— № 3.— P. 316—318 (Publ. Springer Verlog, New York LLC).
347. Sugase K., Dyson H. J., Wright P. E. Mechanism of coupled folding and binding of an intrinsically disordered protein // Nature.— 2007.— V. 447, № 7147.— P. 1021—1025.
348. Sugase K., Horikawa M., Sugiyama M., Ishiguro M. Restriction of a peptide turn conformation and conformational analysis of guanidino group using arginine-proline fused amino acids: application to mini atrial natriuretic peptide on binding to the receptor // J. Med. Chem.— 2004.— V. 47, № 2.— P. 489 — 492.
349. Sugase K., Oyama Y., Kitano K., Akutsu H., Ishiguro M. Structure-activity relationships for mini atrial natriuretic peptide by proline-scanning mutagenesis and shortening of peptide backbone // Bioorg. Med. Chem. Lett.— 2002a.— V. 12, № 9.— P. 1245 — 1247.
350. Sugase K., Oyama Y., Kitano K., Iwashita T., Fujiwara T., Akutsu H., Ishiguro M. Designing analogues of mini atrial natriuretic peptide based on structural analysis by NMR and restrained molecular dynamics // J. Med. Chem.— 2002b.— V. 45, № 4.— P. 881 — 887.

-
351. *Sugase Y., Yamane S., Ueno S., Kawano K.* Global and fine information coded by single neurons in the temporal visual cortex // *Nature*.— 1999.— V. 400, № 6747.— P. 869 — 873.
352. *Wong A. J.* Recognition of general patterns using neural networks // *Biol. Cybern.*— 1988.— V. 58, № 6.— P. 361 — 372.
353. *Yashin A. A., Subbotina T., Savin Eu.* Evolutionary electrodynamic biophysics: Theory and experiment.— *Saarbrücken (Deutschland): LAP LAMBERT Academic Publishing*, 2013.— 81 с.
354. *Yonelinas A. P., Dobbins I., Szymanski M. D., Dhaliwal H. S., King L.* Signal-detection, threshold, and dual-process models of recognition memory: ROCs and conscious recollection // *Conscious Cogn.*— 1996.— V. 5, № 4.— P. 418—441.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Список основных сокращений</i>	3
<i>Предисловие – 1</i> <i>акад. РАМН В. П. Казначеева</i>	5
<i>Предисловие – 2</i> <i>акад. РАМН В. Г. Зилова</i>	11
<i>Предисловие – 3</i> <i>президента НОАН А. И. Субетто</i>	16
<i>Введение</i>	30
Глава 1. Ионно-молекулярная модель памяти в системе биоинформационного обмена	58
1.1. Память как субъект биоинформационного обмена преимущественно в процессах мышлении.....	60
(Базовые определения и термины памяти (60). Анализ видов памяти (62). Об- зор известных моделей памяти (64))	
1.2. Материальные носители биоинформационного обмена в системе памяти.....	65
(Топологические основы памяти в головном мозге (66). Память в соотнесении с клеточной физиологией (67). Биохимические основы процессов памяти (69). Элементарные частицы в формировании памяти (72))	
1.3. Радиофизическая и информационная формализация процессов функционирования памяти.....	74
(Нейронное структурирование памяти (75). Роль и функции наличных и но- вых белков (76). Хранение полученной информации в соотнесении с време- нем существования организма (78). Кодирование и перенос информации (80). Исследование спектра активности ионов водорода (81). Спектр активности ионов водорода и формирование информационного кода (87). Спектр актив- ности ионов водорода в процессах переноса, хранения и перекодирования информации (92))	
1.4. Структура памяти	98
(Фильтрация информации в процессах памяти. Пропускная способность (98). Реализация и функции коммутаторов и диспетчеров информации в процессах памяти (101). Организация библиотеки памяти; структурные элементы и их взаимосвязь (104). Реализация поиска информации в библиотеке памяти (109). Искажение информации в системе памяти и причины ее (115))	
1.5. Методология реализации памяти в рамках ионно-молекулярной модели.....	120
(Процессы сохранения информации — запоминание (120). Извлечение ин- формации из памяти — вспоминание (126). Память и фактор времени (131). Ассоциативная и эмоциональная память (134). Продуктирование информации в системе памяти (137). Вопросы энтропии как термодинамическая информа- ционная характеристика памяти (138))	
Заключение к главе	146

Глава 2. Обратный метод электрогидродинамической аналогии в моделировании процессов памяти.....	148
2.1. Обратный метод электрогидродинамической аналогии.....	149
2.2. Геометрическая теория стационарного движения жидкости в евклидовом пространстве.....	159
(Основные понятия и уравнения геометрии биосистемы в трехмерном евклидовом пространстве (166). Поверхности полной энергии в гидродинамике (176). Об одном случае стационарного турбулентного движения жидкости (198). Ламинарное движение жидкости в участке сосуда (219). Движение жидкости как геодезический поток в евклидовом пространстве (226))	
2.3. Основы геометрии стационарного движения жидкости в субпроективном пространстве, отнесенном к голономным реперам.....	232
(Дифференциальные операторы для субпроективного пространства, отнесенного к голономному реперу (234). Основные кинематические уравнения (247). Уравнения Гельмгольца для движения жидкости в субпроективном пространстве (258))	
2.4. Геометрия стационарного движения жидкости в субпроективном пространстве, отнесенном к неголономным реперам.....	261
(Некоторые уравнения гидродинамики для субпроективного пространства, отнесенного к неголономным реперам (264))	
2.5. Антропоморфизм в конструировании человеком технических устройств памяти и фундаментальные физические ограничения.....	269
(Флеш-память оцифрованной информации (270). Почему флеш-память никогда не сможет стать полным аналогом ИММП, или фундаментальные физические ограничения (278))	
Заключение к главе.....	290
Глава 3. Память как воспоминание о будущем: содержание памяти.....	293
3.1. Эволюционная (геномная) память: теория и биофизический эксперимент.....	294
(Соподчинение геномной и мозговой памяти в терминах информационно-полевой самоорганизации биосистем (294). Общие принципы самоорганизации биосистем и роль информации (300). Информация самоорганизующихся биологических открытых систем и «энергоемкость» информационных процессов (304). Полевая самоорганизация биосистем (309). Информационно-полевая самоорганизация биосистем с позиций фундаментальных законов природы (312). Категория эволюционной памяти (318). Отдаленные патоморфологические реакции на воздействие ЭМИ КВЧ на организм (321). Гипотеза о факторе эволюционной памяти в контексте КВЧ-облучения организма (329). Комментарии к гипотезе в свете существующих концепций электромагнитобиологии (332))	
3.2. Взаимоотображение прошлой и будущей памяти.....	339
(Замыкание памяти: логико-категорийный аспект (340). Замыкание памяти: понятийный аспект (345))	

3.3. Ноосферная парадигма воспоминания о будущем.....	350
(Единство живого и косного с позиций памяти, как информационного обмена (350). Ноосферная парадигма замыкания прошлой и будущей памяти (355))	
3.4. Память и подсознание в аспекте мышления: литературные иллюстрации.....	366
(Художественное и общее познание (мышление и память) в свете неосознаваемой психической деятельности (366). Ритм как диалектика бессознательного в общем и художественном творчестве (374). Художественное воплощение иронии-фрейдизма. Роман Итало Звево (385))	
3.5. Закономерности соотношения памяти и подсознания. Психофизиологические пределы эволюции памяти.....	399
(Соотнесение памяти и подсознания (399). Психофизиологические пределы эволюции памяти (404))	
Заключение к главе.....	406
<i>Заключение</i>	409
<i>Литература</i>	411