

# Оглавление

Предисловие к русскому изданию ( <i>Р. Тадеусевич</i> ) .....	3
Путеводитель по содержанию книги ( <i>Р. Тадеусевич</i> ) .....	5
Введение ( <i>Р. Тадеусевич</i> ) .....	8
<b>Глава 1. Структура нервной системы животных и человека</b> <b>(<i>М. Шмяловская</i>)</b> .....	<b>17</b>
1.1. Структура нервной ткани .....	17
1.1.1. Нейрон и его общая структура (17). 1.1.2. Глиальные клетки (20). 1.1.3. Синапсы (22). 1.1.4. Нейромедиаторы и рецепторы (22).	
1.2. Анатомическая структура нервной системы .....	22
1.2.1. Вводное описание структуры (22). 1.2.2. Центральная нервная система позвоночных — общая структура (22). 1.2.3. Конечный мозг (23). 1.2.4. Промежуточный мозг (27). 1.2.5. Средний мозг (27). 1.2.6. Задний мозг (28). 1.2.7. Мозжечок (28). 1.2.8. Спинной мозг (29).	
1.3. Периферическая нервная система .....	30
1.4. Автономная нервная система .....	31
1.5. Взаимосвязи и взаимодействие .....	31
1.6. Библиография .....	36
<b>Глава 2. Синаптическая проводимость и синаптическая пластичность</b> <b>(<i>Г. Хесс</i>)</b> .....	<b>37</b>
2.1. Введение .....	37
2.2. Потенциал покоя нервной клетки .....	37
2.3. Потенциал действия нервной клетки .....	37
2.4. Структура химического синапса .....	38
2.5. Механизм высвобождения нейромедиатора .....	39
2.6. Постсинаптические рецепторы .....	41
2.7. Активация ионотропных рецепторов глутаминовой кислоты .....	42
2.8. GABA <sub>A</sub> -рецептор .....	43
2.9. Квантовый анализ синаптической проводимости .....	43
2.10. Модель синаптической проводимости Бернарда Каца .....	44
2.11. Квантовый анализ проводимости в центральной нервной системе .....	45
2.12. Синаптическая пластичность .....	47
2.12.1. Кратковременная пластичность (47). 2.12.2. Долговременная синаптическая пластичность (47). 2.12.3. LTP как модель самообучения (49). 2.12.4. Квантовый анализ LTP (51).	
2.13. Библиография .....	51
<b>Глава 3. Кибернетические модели структур и функций нервной системы</b> <b>(<i>Я. Блацки</i>)</b> .....	<b>53</b>
3.1. Роль модели и моделирования в исследовании нервной системы ..	53

3.2. Нейробиологические основы контроля двигательной активности . . .	54
3.3. Модель управления движением . . . . .	56
3.3.1. Общая структура (56). 3.3.2. Периферическое управление движением (57). 3.3.3. Централизованное управление движением (58). 3.3.4. Связи между процессами управления конкретными мышцами (59).	
3.4. Моделирование структур нервной системы, контролирующей двигательную активность . . . . .	60
3.4.1. Общие замечания (60). 3.4.2. Моделирование простых рефлексов (61). 3.4.3. Скорость нервного управления и двигательные программы (63).	
3.5. Качественные и количественные модели . . . . .	65
3.5.1. Общая систематика моделей биологических систем (65). 3.5.2. Модели низкого уровня (66). 3.5.3. Значение количественного моделирования (67). 3.5.4. Кибернетические модели для подтверждения нейрофизиологических гипотез (69). 3.5.5. Нейронные сети как модели нейробиологических систем (70).	
3.6. Глобальные модели контроля моторики . . . . .	72
3.6.1. Модели, основанные на гипотезе точки равновесия (72). 3.6.2. Модели, основанные на гипотезе обратной динамики (73).	
3.7. Модель мозга в целом . . . . .	76
3.8. Библиография . . . . .	76
<b>Глава 4. Моделирование отдельных нервных клеток (В.А. Ками́нский)</b> . . . . .	<b>78</b>
4.1. Введение . . . . .	78
4.2. Биологические и химико-физические основы активности нейрона	79
4.3. Модель Ходжкина–Хаксли . . . . .	81
4.4. Моделирование клетки Пуркинье . . . . .	83
4.5. Модель Морриса–Лекара . . . . .	84
4.6. Модель Фитцхью–Нагумо . . . . .	87
4.7. Модель Хиндмарша–Роуза . . . . .	87
4.8. Модель integrate-and-fire . . . . .	88
4.9. Модель resonate-and-fire . . . . .	91
4.10. Модель Ижикевича . . . . .	91
4.11. Сопоставление моделей нейронов . . . . .	92
4.12. Библиография . . . . .	93
<b>Глава 5. Проблемы построения модели реальной нервной клетки (М.Т. Лазаревич)</b> . . . . .	<b>95</b>
5.1. Введение . . . . .	95
5.2. Кабельная и компартментная модели . . . . .	96
5.3. Кабельное уравнение . . . . .	97
5.4. Численные методы . . . . .	98
5.4.1. Явный метод Эйлера (98). 5.4.2. Неявный обратный метод Эйлера (98). 5.4.3. Неявный метод Кранка–Николсона (99). 5.4.4. Жесткость модели (99).	

5.5. Пирамидная клетка поля СА3 гиппокампа .....	99
5.6. Модель пирамидной клетки поля СА3 гиппокампа .....	100
5.7. Реализация модели .....	100
5.7.1. Источники погрешностей аппроксимации (100). 5.7.2. Непрерывная природа кабельного уравнения (101). 5.7.3. Ограничения программных средств моделирования (101). 5.7.4. Моделирование одного и того же объекта с применением разных пакетов программ (101).	
5.8. Подбор шага моделирования $\Delta t$ .....	102
5.8.1. Погрешности дискретизации и погрешности округлений (102). 5.8.2. Правило 1/2 (103). 5.8.3. Динамический подбор шага моделирования (103). 5.8.4. Автоматический подбор условий моделирования с помощью пакетов CVODE и DASPK (104). 5.8.5. Взаимодействие с нервной клеткой в процессе моделирования (104).	
5.9. Представление анатомических структур .....	105
5.9.1. Пространственная дискретизация — сегментирование (105). 5.9.2. Ветвь и сегмент декомпозиции (106). 5.9.3. Погрешности дискретизации и погрешности округлений (106). 5.9.4. Естественная компарментализация дендритного дерева (107). 5.9.5. Динамика свойств дендритного дерева (108). 5.9.6. Связь между временной и пространственной компонентами (109). 5.9.7. Оптимальная длина сегмента (109). 5.9.8. Пространственное критичное значение Найквиста (109). 5.9.9. Правило максимальной длины сегмента (109). 5.9.10. Подбор длины сегмента по правилу 1/3 (109). 5.9.11. Подбор длины пассивного сегмента по правилу $\lambda_{DC}$ при медленно изменяющемся сигнале (110). 5.9.12. Электротоническая длина $EL_{DC}$ (110). 5.9.13. Подбор длины пассивного сегмента по правилу $\lambda_f$ при быстро изменяющемся сигнале (111). 5.9.14. Электродинамическая длина $EL_f$ (111). 5.9.15. Пример распределения электротонической и электродинамической длины (111). 5.9.16. Активный случай (113). 5.9.17. Сегментирование по методу падения потенциала (113). 5.9.18. Продольная диффузия внутриклеточного кальция (114). 5.9.19. Динамическое сегментирование (114). 5.9.20. Интерференция шага моделирования с сегментацией (115). 5.9.21. Неоднородное распределение плотности ионных каналов (115). 5.9.22. Сопротивление и импеданс нервной клетки (115). 5.9.23. Сопротивление и импеданс как мера эффективности сегментирования (116). 5.9.24. Обратная задача — уменьшение количества сегментов (117).	
5.10. От реконструкции морфологии к модели электрофизиологии нервной клетки: инструменты и алгоритмы .....	117
5.10.1. Реконструкция морфологии реальной нервной клетки (117). 5.10.2. Компьютерное представление реконструированной морфологии нервной клетки: цилиндры и конусы (117). 5.10.3. Синтетические модели нервных клеток (119). 5.10.4. Стандарты описания морфологии дендритного дерева (119). 5.10.5. Доступные базы морфологических данных нервных клеток (119). 5.10.6. Визуализация и редактирование геометрии нервной клетки (120). 5.10.7. Статистический анализ морфологии нервной клетки (120).	
5.11. Резюме .....	120
5.12. Библиография .....	121

<b>Глава 6. Модели элементов нервной системы в форме искусственных нейронных сетей (Р. Тадеусевич)</b> .....	124
6.1. Введение.....	124
6.2. Что привело к созданию искусственных нейронных сетей?.....	125
6.3. Практическое применение искусственных нейронных сетей.....	127
6.4. Нейронные сети как инструмент познания.....	127
6.4.1. Причины попыток использования нейронных сетей в качестве исследовательских моделей (127).	
6.4.2. Нейрокибернетические модели как инструменты синтеза знаний (129).	
6.4.3. Насколько обосновано применение нейронных сетей для выявления свойств мозга? (130).	
6.4.4. Биологические источники знаний, составляющих основу для построения моделей в форме нейронных сетей (131).	
6.4.5. Обилие частных сведений и проблемы их обобщения (132).	
6.5. Вычислительные эксперименты в нейрокибернетике.....	132
6.5.1. Эксперимент <i>in computo</i> как новый способ научных открытий (132).	
6.5.2. Построение и исследование модели (133).	
6.5.3. Опытная верификация гипотез, сформулированных по результатам моделирования (134).	
6.5.4. Польза моделирования (135).	
6.5.5. Вдохновляющие примеры из точных наук (136).	
6.5.6. Решающая роль эксперимента (136).	
6.5.7. Даже неудача может считаться успехом (137).	
6.6. Искусственные нейронные сети как модели нейрокибернетических систем.....	138
6.6.1. Красота простоты (138).	
6.6.2. Элементарный кирпичик нейроподобных структур — искусственный нейрон (139).	
6.7. Простейший пример: сеть, моделирующая явление условного рефлекса.....	140
6.7.1. Что называется условным рефлексом? (140).	
6.7.2. Простая сеть, моделирующая явление условного рефлекса (141).	
6.7.3. Выводы из нейросетевого моделирования условного рефлекса (143).	
6.8. Сеть, отражающая реальную архитектуру нейронных связей, — латеральное торможение.....	143
6.8.1. Общие замечания о выборе архитектуры искусственной нейронной сети (143).	
6.8.2. Выбор архитектуры искусственной нейронной сети, предназначенной для практического использования (144).	
6.8.3. Явление латерального торможения (146).	
6.8.4. Одномерная нейронная сеть, реализующая принцип латерального торможения (147).	
6.8.5. Функционирование нейронной сети, реализующей принцип латерального торможения (148).	
6.8.6. Какую информацию выделяет сеть с латеральным торможением? (150).	
6.8.7. Двухмерная сеть с латеральным торможением (151).	
6.9. Резюме.....	153
6.10. Библиография.....	154
<b>Глава 7. Модели пульсирующих нейронных сетей и их приложения (М. Стшелецкий)</b> .....	155
7.1. Введение.....	155
7.2. Модели осцилляторов и принципы функционирования пульсирующих сетей.....	156

7.3. Подбор значений весов .....	159
7.4. Сети осцилляторов для сегментации образов .....	160
7.5. Анализ осцилляторов в фазовом пространстве .....	160
7.6. Примеры использования — анализ биомедицинских образов .....	162
7.6.1. Локализация язвы (162). 7.6.2. Выделение внутрисердечных масс (163). 7.6.3. Анализ жировых клеток (163). 7.6.4. Сегментация срезов печени (165).	
7.7. Выводы .....	167
7.8. Библиография .....	168
<b>Глава 8. Популяционные модели (К. Блиновская, Я. Жигеревич)</b>	<b>170</b>
8.1. Введение .....	170
8.2. Иерархия и достоинства реалистичных моделей нервной системы	171
8.3. Теория Фримана .....	172
8.4. Модель Вильсона–Коуэна .....	174
8.5. Модель альфа-ритма Лопеса да Сильвы .....	177
8.6. Модель эффекта «Центр-периферия» .....	180
8.7. Модель изменений бета- и гамма-ритмов под влиянием раздражителей .....	183
8.8. Модель Янсена–Рита .....	185
8.9. Популяционные модели и характеристики EEG .....	187
8.10. Применение популяционных моделей для EEG-исследования патологической активности .....	189
8.10.1. Модель Вендлинга (189). 8.10.2. Модель Суффчиньского (190).	
8.11. Глобальные модели .....	192
8.12. Резюме .....	194
8.13. Библиография .....	194
<b>Глава 9. Жидкостные вычисления в моделировании мозга (Г.М. Вуйчик)</b>	<b>196</b>
9.1. Введение .....	196
9.2. Гиперколонны как компоненты коры мозга .....	196
9.3. Концептуальные основы жидкостного моделирования .....	198
9.4. Структурные компоненты жидкостной модели .....	199
9.5. Функционирование жидкостной модели .....	199
9.6. Математическое описание жидкостной модели .....	200
9.7. Свойства жидкостной модели .....	201
9.8. Роль считывающего слоя .....	202
9.9. Концепция эхо-машин .....	203
9.10. Компьютерная реализация жидкостной модели .....	205
9.11. Прочие технологии исследования жидкостной модели .....	206
9.12. Исследование жидкостной модели большой размерности .....	208
9.13. Резюме .....	210
9.14. Библиография .....	210

<b>Глава 10. Модели малых патологических изменений головного мозга, используемые в нейродиагностике (А. Пшеласковский, К. Склинда, Б. Чижек)</b> .....	212
10.1. Введение .....	212
10.2. Компьютерная поддержка диагностирования .....	213
10.2.1. Семантические методы обработки изображений (213). 10.2.2. Структура эффективных методов компьютерной поддержки (215).	
10.3. Малые радиологические изменения в головном мозге .....	217
10.3.1. Описание задачи исследования (217). 10.3.2. Характеристика острой фазы ишемического инсульта (219). 10.3.3. Ограничения диагностики малых изменений плотности (224). 10.3.4. Методы выделения малых гиподенсивных изменений (228).	
10.4. Вейвлет-модели малой гиподенсивности .....	232
10.4.1. Многомерные представления сигналов (234). 10.4.2. Вейвлеты (238). 10.4.3. Методы аппроксимации сигналов (242). 10.4.4. Совершенствование базисов аппроксимации сигналов (247). 10.4.5. Многомасштабное моделирование (258).	
10.5. Выделение малых гиподенсивных изменений .....	262
10.6. Эффекты выделения .....	264
10.7. Библиография .....	267
<b>Глава 11. Физические методы молекулярного исследования механизмов функционирования мозга (А. Гурецкий, М. Дзедзицкая-Василевская)</b> .....	269
11.1. Межнейронное взаимодействие .....	269
11.2. Нейромедиаторы .....	269
11.3. Рецепторы .....	270
11.4. Лиганды агонисты и антагонисты .....	271
11.5. Динамика связывания и высвобождения лигандов .....	271
11.6. Исследовательские технологии с использованием радиоактивно меченых лигандов .....	272
11.7. Проблемы исследования и способы их разрешения .....	274
11.8. Авторадиографические технологии .....	275
11.9. Гибридизация <i>in situ</i> .....	275
11.10. Избранные технологии исследования активности рецепторных белков .....	277
11.10.1. Технология RET (278). 11.10.2. Микроскопические замеры RET (280).	
11.11. Значение исследований явления димеризации рецепторов .....	282
11.12. Глобальный анализ генов и белков мозга .....	282
11.13. Исследования протеома .....	284
11.14. Структурные исследования белков .....	285
11.15. Круговой дихроизм .....	287
11.16. Библиография .....	288

<b>Глава 12. Исследование функций мозга с применением электроэнцефалографии (П. Дурка)</b> .....	289
12.1. Введение .....	289
12.2. Электрический след мысли .....	290
12.2.1. Свойства сигнала ЭЭГ (290). 12.2.2. ЭЭГ и МЭГ, т.е. электро- и магнитоэнцефалография (294).	
12.3. Вызванные потенциалы .....	295
12.4. Десинхронизация и синхронизация ЭЭГ, связанная с раздражителем (ERD/ERS) .....	297
12.5. Активный независимый ток и традиция визуального анализа .....	299
12.6. Обратная задача электроэнцефалографии .....	300
12.7. Библиография .....	303
<b>Глава 13. Биохимические основы заболеваний мозга (М. Дзедзицкая-Василевская)</b> .....	305
13.1. Введение .....	305
13.2. Патологии мозга и их биохимия .....	306
13.3. Депрессия .....	307
13.3.1. Вводные замечания (307). 13.3.2. Лечение депрессии (308). 13.3.3. Теория патомеханизма и лечения депрессии (309). 13.3.4. Развитие теории (310). 13.3.5. Роль гиппокампа (311).	
13.4. Шизофрения .....	313
13.4.1. Разные подтипы под одним названием (313). 13.4.2. Генетический фон шизофрении (313). 13.4.3. Патогенез и патомеханизм шизофрении (314). 13.4.4. Механизм наследования шизофрении (315). 13.4.5. Новейшие открытия (316).	
13.5. Хорея Хантингтона .....	316
13.5.1. Сущность заболевания и его биохимический фон (316). 13.5.2. Проблемы терапии (317). 13.5.3. Селективная дегенерация (318).	
13.6. Болезнь Паркинсона .....	319
13.6.1. Симптомы заболевания и роль дофамина (319). 13.6.2. Прямая и косвенная терапия (320). 13.6.3. Причины заболевания (321).	
13.7. Болезнь Альцгеймера .....	322
13.7.1. Биохимический фон заболевания (322). 13.7.2. Роль генов в болезни Альцгеймера (323). 13.7.3. Новые открытия в исследованиях болезни Альцгеймера (324).	
13.8. Резюме .....	325
13.9. Библиография .....	325
<b>Глава 14. Когнитивные архитектуры, или как построить искусственный интеллект (В. Дух)</b> .....	327
14.1. Введение .....	327
14.2. Концепция нейрокогнитивной информатики .....	328
14.3. Высшие и низшие психические функции .....	328
14.4. Нерешенные задачи .....	329

14.4.1. Попытки создания универсального интеллекта (329).	14.4.2. Диалог на естественном языке (330).	14.4.3. Экспертные системы нового поколения (331).	14.4.4. Способ оценивания систем искусственного интеллекта (332).	14.4.5. Искусственный интеллект и люди (333).	
14.5. Когнитивные архитектуры					334
14.5.1. Необходимость создания когнитивных моделей (334).	14.5.2. Критерии оценивания когнитивных архитектур (334).				
14.6. Символьные архитектуры					335
14.6.1. Обзор символьных архитектур (335).	14.6.2. Архитектура SOAR (336).	14.6.3. Архитектура EPIC (338).	14.6.4. Архитектура SNePS (338).	14.6.5. Архитектура NARS (339).	14.6.6. Архитектура ICARUS (340).
14.7. Эмерджентные архитектуры					340
14.7.1. Общая характеристика эмерджентных архитектур (340).	14.7.2. Методы обучения эмерджентных архитектур (342).	14.7.3. Характеристика эмерджентных архитектур (342).	14.7.4. Архитектура IBCA (342).	14.7.5. Архитектура NOMAD (344).	14.7.6. Архитектура NuPIC (346).
14.7.7. Архитектура конфабуляции (346).	14.7.8. Прочие эмерджентные архитектуры (347).				
14.8. Гибридные архитектуры					348
14.8.1. Предпосылки гибридизации (348).	14.8.2. Классификация гибридных систем (348).	14.8.3. Архитектура ACT-R (349).	14.8.4. Архитектура CLARION (350).	14.8.5. Архитектура DUAL (351).	14.8.6. Архитектура LIDA (351).
14.8.7. Архитектура Polyscheme (352).	14.8.8. Архитектура 4CAPS (353).	14.8.9. Архитектура Novamente AI Engine (353).	14.8.10. Архитектура Shruti (354).		
14.9. Перспективы					354
14.9.1. Как это оценивать? (355).	14.9.2. Тенденции развития и новые идеи (356).				
14.10. Библиография					359