



**ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА
И МЕДЛЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ:
НЕЛИНЕЙНЫЕ ФЕНОМЕНЫ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ**

А.Н. Флейшман

©Издательство НИИ КППЗ СО РАМН, 2005

©Флейшман А.Н., 2005

©Флейшман А.Н., 2009, 2-е изд., испр. и доп.

Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 194 с.

ISBN 978-5-7692-1079-2

В руководстве представлены современные данные по вариабельности ритма сердца, ее физиологическим нейровегетативным основам.

Систематически описаны нелинейные инструменты анализа, комплексная классификация ВРС и клинико-ВРС синдромов. Освещаются нелинейные аспекты анализа ВРС, принципы клинического использования. Руководство хорошо иллюстрировано (89 рисунков и 13 таблиц). Контрольные задания к главам и многочисленные литературные ссылки делают удобной работу с руководством. По сравнению с предыдущими изданиями настоящее руководство включает новые разделы, посвященные нелинейным феноменам (перемежаемость, предельные циклы, турбулентность, межсистемная синхронизация, проблемы устойчивости) и общим принципам клинического анализа ВРС.

Книга предназначена для врачей по программе физиологии сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы и функциональной диагностики вегетативных нарушений в неврологической и терапевтической клинике, а также для обучения студентов медицинских университетов.

Введение

Новые диагностические компьютерные технологии, отражающие метаболическое и нейровегетативное обеспечение организма, его резервы и устойчивость, в основе которых лежит анализ медленных волновых процессов кардиоритма и других показателей гемодинамики, становятся неотъемлемой частью врачебной практики и характеризуют интегративные тенденции в медицине.

Эти технологии помогают выбрать лекарство, прогнозируют течение и осложнения различных болезней и их возникновение в кардиологии, неврологии, эндокринологии, санаторно-курортной терапии, акушерстве, педиатрии, определяют последовательность анестезиологических пособий и т.д.

Информацию, которую мы получаем с помощью новой техники анализа вариабельности ритма сердца и других показателей гемодинамики, нельзя получить другим способом.

В международных рекомендациях по использованию показателей вариабельности ритма сердца для клинических целей изложены только отдельные примеры применения этих методов диагностики в терапии и кардиологии и отсутствуют какие-либо общие принципы их использования [Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use / Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Cardiology and Electrophysiology // *Circulation*. 1996. Vol. 95, № 5. P. 1043–1065].

В российских методических рекомендациях клинические аспекты вообще отсутствуют [Баевский Р.М. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации)// *Вестник аритмологии*. 2001. № 24. С. 65–86]. К настоящему времени опубликовано большое количество отдельных работ в кардиологии, неврологии, акушерстве, эндокринологии, где вариабельность ритма сердца используется для решения частных задач в диагностике и прогнозе.

В 1994 г. мы опубликовали общие методические принципы применения медленных колебаний гемодинамики и вариабельности ритма сердца для клинических целей. Эти принципы базируются на энергетической классификации ВРС, сопряженной с общими патофизиологическими закономерностями в организме, и основаны на нейроэндокринных и метаболических моделях анализа ВРС, а также на представлениях о клинико-медленноволновых синдромах [Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики: теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике. Новосибирск: Наука, СИФ РАН, 1999; Флейшман А.Н. Предельные циклы кардиоритма // *Инжиниринг в медицине. Колебательные процессы в гемодинамике: сб. научн. тр. III Всерос. симпоз. Челябинск, 2004. С. 160–172*].

В дальнейшем эти принципы были развиты на основе нелинейных динамических представлений о вариабельности физиологических процессов и функционирования организма. Эти исследования продолжаются в настоящее время и направлены на изучение межсистемных закономерностей, дальнейших клинических корреляций медленноволновых процессов, на совершенствование методики, в том числе на расширение частотного спектрального диапазона оценок.

В настоящем учебном руководстве по ВРС и МКТ в сжатом виде представлены основные современные концепции, включая разработанные и апробированные классификации ВРС (энергетическая, частотно-амплитудного профиля, нелинейной динамики), новая нейроэндокринно-метаболическая модель анализа ВРС, описаны устойчивые клинико-медленноволновые синдромы, феномены нелинейной динамики, новые подходы к выбору лекарственных средств, представлены алгоритмы работы врача, пользующегося новыми методами исследования.

Быстрое развитие прикладных направлений ВРС привело к необходимости создания учебных курсов для врачей. В частности, курс, который нами преподается на базе Новокузнецкого ГИУВа «Медленные колебания гемодинамики в клиниче-

ской медицине. Теоретические и клинические аспекты анализа variability ритма сердца», состоит из лекций и практических занятий от 60 до 200 часов. Отечественных учебных пособий для преподавания практически нет. Настоящее краткое иллюстрированное учебное пособие создано на материалах наших исследований за последние 7 лет и служит дополнением к имеющимся крупным научным работам, безусловно, не заменяя их [Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики: теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике. Новосибирск: Наука, СИФ РАН 1999; Медленные колебательные процессы в организме человека. Теоретические и прикладные аспекты нелинейной динамики в физиологии и медицине: Сб. научн. тр. V Всерос. симпоз. с междунар. участием и III Школы-семинара, 15–18 мая 2007 / Под ред. А.Н. Флейшмана. Новокузнецк, 2007 и др.].

Автор благодарит сотрудников лаборатории физиологии медленных волновых процессов и Центра диагностики и коррекции нейровегетативных нарушений НИИ КПППЗ СО РАМН за помощь в сборе материала и его обсуждении.

Содержание

Предисловие автора

Из предисловия автора к изданию 2008 г.

Из предисловия автора к изданию 2005 г.

Введение

Глава 1. Variability ритма сердца. Введение в нелинейно-динамические аспекты

- 1.1. Основные задачи и цели изучения нелинейных процессов в клинике (14).
- 1.2. Нелинейные феномены в физиологии и медицине (17).
- 1.3. Сравнительная оценка детерминистских и вероятностных подходов (18).
- 1.4. Новый взгляд на старые проблемы и традиционные показатели ВРС (20).

Глава 2. Определения. Природа медленных колебаний гемодинамики. Актуальность. Стандарты и рекомендации по анализу variability ритма сердца

- 2.1. Периоды колебаний в сосудистой системе (23).
- 2.2. Определения (24).
- 2.3. Природа медленных колебаний variability ритма сердца (24).
 - 2.3.1. Энергетический (метаболический) процесс (24).
 - 2.3.2. Нейровегетативная (автономная) регуляция (25).
 - 2.3.3. Процессы самоорганизации (26).
- 2.4. Актуальность исследований variability ритма сердца и других показателей гемодинамики (27).
- 2.5. Стандарты (27).

Глава 3. Методы регистрации и анализа variability ритма сердца

- 3.1. Методические аспекты анализа variability ритма сердца и variability реоэнцефалограмм (30).
 - 3.1.1. Методы анализа нелинейной динамики ВРС: физиологические аспекты (31).
 - 3.1.2. Методические ограничения в анализе ВРС (32).
 - 3.1.3. Фазовые портреты ВРС (33).
 - 3.1.4. Длительность записи ВРС (34).
 - 3.1.5. Детрентный флуктуационный анализ (35).
 - 3.1.6. Аппроксимированная энтропия (36).
 - 3.1.7. Алгоритм формирования реотахограммы из реосигналов (37).
- 3.2. Протоколы исследований (38).
- 3.3. Алгоритм анализа ВРС (40).
- 3.4. Математические методы получения первичных характеристик ВРС и медленных колебаний гемодинамики (42).

Глава 4. Физиологические основы анализа variability ритма сердца

4.1. Энергетические аспекты ВРС (45). 4.2. Частотные характеристики ВРС и МКГ. Физиологическая интерпретация (48). 4.2.1. Высокочастотные колебания кардиоритма – HF (0.16–0.4 Гц) (по международной классификации 1996 года) (48). 4.2.2. Медленные колебания – LF (0.05–0.15 Гц). 10-секундные ритмы Мейера (49). 4.2.3. Очень медленные колебания – VLF (0.003–0.03 Гц) (51). 4.2.4. Ультранизкочастотные колебания – ULF (менее 0.0033 Гц) (52).

Глава 5. Классификация variability ритма сердца

5.1. Введение (54). 5.2. Теоретические аспекты энергетической классификации (54).

Глава 6. Модели анализа variability ритма сердца

6.1. Нейрогенные модели регуляции variability ритма сердца (59). 6.1.1. Нейрогенная многоуровневая модель регуляции variability ритма сердца (59). 6.1.2. Барорецепторные интегративные центры (62). 6.1.3. Праволеполошарные модели влияния ЦНС на кардиодинамику (64). 6.1. Метаболическая (нейроэндокринно-метаболическая) модель регуляции ВРС (68). 6.2.1. Метаболизм, лептины и variability ритма сердца (69). 6.2.2. Метаболическая модель – обоснование (70). 6.3. Онтогенетическая модель изменений variability ритма сердца (70). 6.3.1. Изменения медленных колебаний кардиоритма от периода новорожденности до 20 лет (71). 6.3.2. Старость и утрата сложности. Динамика от 50 до 90 лет (73).

Глава 7. Клинико-медленноволновые кардиодинамические синдромы

7.1. Синдромы (76). 7.1.1 Клинико-медленноволновые комплексы взаимосвязанных признаков состояния организма и ВРС (76). 7.1.2. Энергодефицитный синдром: два типа медленноволновых процессов (77). 7.1.2.1. Энергетический волновой коллапс и энергодефицитные состояния (77). 7.1.3. Гиперадаптивный синдром (78). 7.1.4. Барорецепторный синдром (79). 7.1.4.1. Барорецепторная регуляция variability ритма сердца: генетические аспекты (81). 7.1.5. Синдром устойчивой парасимпатической направленности. Доминирование HF-диапазона ВРС (83). 7.1.6. Синдром устойчивой цикличности ВРС (84).

Глава 8. Генетические аспекты variability ритма сердца

8.1. Генные сети регуляции ВРС (86).

Глава 9. Нелинейная динамика variability ритма сердца

9.1. Медицинские аспекты (93). 9.2. Вейвлет-анализ variability ритма сердца и медленных колебаний гемодинамики (93). 9.3. Хаотическая динамика variability ритма сердца (97). 9.4. Феномены нелинейной динамики сложных систем регуляции ВРС (98). 9.4.1. Хаотический тип фазовых портретов. Непрерывное вейвлет-преобразование вейвлетом Морле (спектральный анализ) (99). 9.4.2. Порядок. Предельные циклы. Непрерывное вейвлет-преобразование вейвлетом Морле (спектральный анализ) (99). 9.4.3. Методика анализа фазовых портретов variability ритма сердца в трехмерном пространстве (100). 9.4.4. Последовательный анализ структуры фазового портрета ВРС смешанного циклически-хаотического типа в трехмерном пространстве (100).

9.4.5. Сложность как мера здоровья, адаптивных свойств организма (101). 9.4.6. Упрощение как признак тяжести состояния и снижения адаптивных свойств и мера метаболического энергодефицита организма (102). 9.4.7. Одновременное сочетание хаоса и порядка на фазовых портретах ВРС как единство этих процессов (102). 9.4.8. Самоорганизация ВРС отражает общие положительные адаптивные закономерности в организме человека (103). 9.5. Предельные циклы в нелинейной динамике variability ритма сердца (103). 9.5.1. Нейрокардиальные механизмы образования предельных циклов (107). 9.5.2. Предрасполагающие свойства или условия образования предельных циклов ВРС (108). 9.5.3. Условия образования предельных циклов ВРС и их прогностическая значимость (108). 9.6. Феномен межсистемной синхронизации кардиоритма и дыхания (109). 9.6.1. Модель кардиореспираторной синхронизации (109). 9.7. Феномены перемежаемости и турбулентности (110). 9.7.1. Феномены турбулентности (110). 9.7.2. Феномен перемежаемости ВРС (112).

Глава 10. Проблема устойчивости и нелинейные феномены variability ритма сердца

10.1. Физиологическая и клиническая интерпретация (124). 10.2. Воспроизводимость и устойчивость (127).

Глава 11. Профилактические аспекты использования ВРС-анализа

11.1. Репродуктивное здоровье: эффективность внедрения методов анализа ВРС в практику женской консультации (133)

Глава 12. Фармакология. Медленноволновые аспекты

12.1. Диагностические задачи в неврологической клинике (135). 12.2. Фармакология. Переход от упрощенных фазовых портретов в состоянии возбуждения к циклическим процессам и улучшению состояния (137). 12.3. Фармакология. Влияние на фрактальную структуру движений в период торможения и возбуждения (137). 12.4. Фармакология. Действие гормонов на ВРС (138). 12.5. Фармакология. Действие гормонов, блокирующих функции яичников (139).

Глава 13. Общие принципы клинического анализа variability ритма сердца для диагностики вегетативных нарушений и тактики лечения

13.1. Этапы диагностики вегетативных нарушений и действий врача на основе анализа ВРС (141). 13.2. Основные принципы анализа variability ритма сердца (141). 13.3. Трехкомпонентная схема анализа ВРС-синдромов (145). 13.4. Показания к исследованию variability ритма сердца в клинике (148). 13.5. Основания для направления в лабораторию (148).

Заключение

Список литературы

Словарь определений некоторых терминов и понятий нелинейной динамики, использованных в руководстве

Об авторе и лаборатории

Лаборатория физиологии медленных волновых процессов НИИ КППЗ СО РАМН

Приложение А. Оглавление ранее изданной монографии, статей, симпозиумов и школ 1999–2007 гг.

Приложение Б. Контрольные задания к главам

Список сокращений

РЕЦЕНЗИИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКЕ

Сердечный ритм как полигон нелинейной динамики

На сегодняшний день, ввиду чрезвычайной сложности процессов, протекающих в организме человека, и несмотря на бурное развитие прикладных наук (математики, физики, биологии, химии, компьютерных методов и др.), отсутствует сколь угодно адекватная модель кардиодинамических процессов, способная в какой-либо степени помочь в постановке диагноза и/или дать прогноз развития болезни. Именно поэтому большинство клинических исследований в этой области основаны на анализе электрокардиограмм (ЭКГ) и изучении ряда других регистрируемых сигналов. К числу несомненных преимуществ такого подхода можно отнести относительную простоту, доступность, неинвазивность и высокую информативность.

Изучение нарушений работы нормального сердечного ритма, основанные на анализе ЭКГ, ведутся уже не один десяток лет. Но, к сожалению, до сих пор в обычной клинической практике ограничиваются лишь самыми элементарными методами. В то же время имеется целый ряд методик, которые могут помочь при исследовании состояния пациента, основанного на анализе его кардиодинамики. Были получены новые результаты, в основном, в области, называемой теорией динамических систем, которая относится к математике. Однако успехи этой теории в прикладном аспекте позволяют надеяться, что полученные здесь результаты будут очень полезны как в прогностическом плане, так и при постановке первичного диагноза.

Существует большое число функционально важных систем, участвующих в регуляции кардиодинамики, для которых пока отсутствуют адекватные модели, но в то же время необходим анализ и прогноз их состояний. Это привело исследователей к разработке большого числа разнообразных подходов. Исходя из цели идентификации состояний пациентов с различными патологическими процессами, в монографии А.Н. Флейшмана описаны новые методы исследования вариабельности ритма сердца (BPC).

Международные рекомендации, посвященные анализу BPC (см., например, *Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use / Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Circulation. – 1996*), основаны преимущественно на простых статистических исследованиях и поэтому они дают ограниченную информацию о функциональном состоянии человека и не отвечают на многие вопросы практической работы. С другой стороны, медицина и физиология нуждаются в новых общеметодических подходах для решения фундаментальных проблем регуляции необычайно сложного функционирования организма, его взаимоотношения с окружающей средой. Такие принципиально новые подходы сегодня содержатся в современных теориях сложных систем нелинейной динамики, синергетики, проблемах хаоса и порядка.

Рецензируемая книга посвящена феноменам нелинейной динамики BPC и ее практическим приложениям. По существу, это одна из немногих в нашей стране книг подобного рода, где большинство нелинейных феноменов представлено не только в виде математических формул, но также в форме конкретных приложений, имеющих медицинское и физиологическое содержание.

В основе книги – результаты многолетних исследований руководимого автором междисциплинарного коллектива, где наряду с врачами, физиологами работают программисты, физики, математики.

Книга состоит из Введения, 13 глав и Заключения, написана преимущественно на материале собственных исследований, которые включают более 5 тыс. наблюдений. При этом почти каждая глава содержит новые данные. В методике анализа сложных физиологических процессов ВРС автор использует как традиционные, рекомендованные ранее показатели (временные, частотно-спектральные показатели, Фурье анализ), а также современные нелинейные инструменты анализа: фазовые портреты ВРС, детрентно-флуктуационный анализ, энтропия, непрерывный вейвлет-анализ, а также нелинейные физиологические модели поведения ВРС – энергетические, нейрогенные, онтогенетические и другие. Заслугой автора является новая комбинативная классификация ВРС, сочетающая классификации изменений энергетики колебательных процессов, спектрального профиля и фазовых портретов. Также впервые описана классификация клинико-медленноволновых синдромов.

Большое значение в монографии придается изменениям энергетики колебательных процессов. Был выделен экспериментально нормированный «коридор» изменений мощности околominутных ритмов колебаний ВРС при спокойном бодрствующем состоянии и нагрузок малой интенсивности (углубленное дыхание, счет в уме) в который стремятся возвратиться колебания ВРС после нагрузочных тестов. Колебания ВРС ниже нормированного энергетического «коридора» и выше было подчинено нелинейным закономерностям. Нарушение медленноволнового гомеостаза ВРС влекло за собой усиление взаимоотношений между макроколебаниями ВРС и процессами, протекающими на клеточном уровне (обменными, дыхательными и т.д.). Положенная в основу анализа функционального состояния человека нелинейная энергетическая классификация ВРС и ее взаимоотношение с обменными и иммунными процессами привела к развитию понимания энергодефицитных состояний и их коррекции. Разработанная классификация ВРС нашла хорошее клиническое применение и успешно используется в течение многих лет. Классификация стала обязательным первым этапом последовательных шагов анализа ВРС в клинике.

В I главе рассматриваются основные задачи и цели изучения нелинейных процессов в клинике. Дается сравнительная оценка детерминистских и вероятностных подходов. Эта глава вводит в курс динамических аспектов ВРС. Популярно рассмотрены некоторые показатели, используемые в нелинейной динамике, а также их особенности. Сравняются традиционные детерминистические подходы к анализу ВРС и современные представления об особенностях нелинейных динамических регуляций волновых процессов. Описывается, что дают дополнительные характеристики ВРС для клинической практики.

Во II главе даны определения медленных колебаний гемодинамики и ВРС, обсуждается природа медленных колебаний ВРС: энергетические процессы, нейровегетативная регуляция и процессы самоорганизации, актуальность ВРС в клинических исследованиях, недостатки международных стандартов и рекомендации ранее опубликованных рекомендаций.

В III главе представлены методы регистрации и алгоритмы анализа ВРС. Здесь описываются методические аспекты анализа ВРС и реоэнцефалограмм. Подчеркиваются достоинства анализа фазовых портретов ВРС, теория детрентного флуктуационного анализа и аппроксимированной энтропии. Представлены протоколы исследования, алгоритмы анализа и математические методы получения первичных характеристик ВРС.

В IV главе подробно излагаются физиологические основы анализа ВРС, многофакторный вклад в регуляцию ВРС различных систем организма, описываются энергетические аспекты ВРС, с том числе показатель Херста (Hurst). Кроме того, дается определение медленно волнового гомеостаза и физиологическая интерпретация частотных характеристик. Описана также сложная двухкомпонентная структура очень медленных колебаний (VLF) и схема фрактальной повторяемости свойств колебательных процессов в организме.

V глава посвящена важнейшей проблеме комплексной классификации ВРС – описанию различных типов энергоизмененных состояний, вегетативного профиля и фазовых портретов.

В VI главе представлены результаты исследований медленно волновых кардиодинамических синдромов и дана их классификация. Подчеркивается, что это интегральные понятия, на основе которых базируется патогенетическая терапия и прогноз в клинических исследованиях. Выделено 7 синдромов: энергодефицитные, гиперадаптивные, барорецепторные, синдром устойчивой парасимпатикотонии, нелинейные, циклические, нормативные. Протоколы исследования включают графическое представление информации со сводной таблицей показателей в цифровом виде как линейных, так и нелинейных, а также график динамики изменений трехкомпонентного спектра ВРС в 5 этапах исследования.

В VII главе подробно излагаются генетические аспекты ВРС, которые получены на основе литературных данных зарубежных и отечественных исследований, а также собственных наблюдений.

В VIII главе описываются медицинские аспекты нелинейной динамики ВРС. Феномены нелинейной динамики сведены в таблицу и подробно проиллюстрированы на собственном материале. Дается понятие сложности фазового портрета, исследуются процессы самоорганизации, феномены перемежаемости, типы предельных циклов и модели их формирования.

IX глава представляет собой сжатое описание вейвлет-анализа ВРС и модели кардио-респираторной синхронизации.

X глава посвящена проблемам устойчивости ВРС с точки зрения физиологической и медицинской интерпретации.

В XI главе излагаются профилактические аспекты использования анализа ВРС, в частности в области физиологии труда, процессах утомления, а также репродуктивного здоровья.

XII глава посвящена новым медленно волновым аспектам фармакологии и выбору медикаментозной терапии.

В главе XIII приведены результаты исследования значений анализа ВРС в диагностике и патогенетической терапии. Подводятся итоги основных достижений нелинейно-динамических подходов. Предлагаются алгоритмы диагностики и тактики врачебной деятельности на основе ранее найденных нелинейных закономерностей и классификации ВРС. Обсуждаются актуальные синдромологические подходы в диагностике и лечении. Предлагается схема рассмотрения основных клинко-медленноволновых синдромов в трех направлениях:

1. Описание признаков ВРС совместно с клиническими проявлениями болезни и физиологической их интерпретацией.
2. Выявление источников и причин этих изменений.

3. Планирование или стратегия патогенетической терапии на основе комплексного клинико-физиологического обследования.

В Заключении рассматриваются перспективы дальнейшего совершенствования методов анализа ВРС, в том числе влияния шума и психологических факторов на вегетативную регуляцию и особенности поведения ВРС при положительных и отрицательных эмоциях. Приводятся классификации нарушений вегетативной нервной системы, при которых анализ ВРС может быть эффективно использован.

В конце пособия представлен список литературы, содержащий 245 источников, и дан словарь определений и терминов нелинейной динамики, используемых в руководстве.

Монография хорошо иллюстрирована (67 рисунков, 10 таблиц) и написана вполне доступным для врача языком. Она окажется полезной специалистам, интересующимся данной проблемой, студентам и аспирантам медицинских вузов. Кроме того, книга является хорошим пособием для дальнейшего углубления знаний в области прикладной нелинейной динамики и поэтому может быть рекомендована для издания в качестве методического руководства по современному анализу ВРС в клинической практике.

А.Ю. Лоскутов, профессор МГУ

...Нелинейная динамика продолжает завоевывать позиции научного направления, формирующего базу для важнейших приложений. Изучение живых систем, решение задач физиологии, медицинской диагностики, экономики, климатологии в настоящее время проводится с использованием методов, многие десятилетия развиваемых математиками, радиофизиками, исследователями течений. Ярким примером тому является книга «Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики (нелинейные феномены в клинической практике)» доктора медицинских наук А.Н. Флейшмана, в сферу научных интересов которого входят неврология, клиническая патофизиология, функциональная диагностика психосоматических нарушений, заболеваний и повреждений нервной системы...

Книга должна вызвать интерес широкого круга читателей нашего журнала примерами специфического использования многих известных им методов представления информации и обработки сложных сигналов – от построения фазовых портретов и анализа бифуркаций до вейвлет-анализа записей временных рядов. В структуре книги проявился и богатый педагогический опыт автора – в ней несколько информативных приложений, словарь определений, богатая библиография.

Б.П. Безручко, профессор СГУ