

ВЕСТНИК
Красноярского
государственного
педагогического
университета
им. В.П. Астафьева

2006 (2)

Главный редактор:

Н.И. Дроздов

Редакционная коллегия:

В.Р. Майер, Я.М. Кофман, А.А. Баранов, А.М. Гендин, А.Ж. Жафяров,
А. И. Завьялов, Т.Г. Игнатъева, М.П. Лапчик, М.И. Лесовская, Н.И. Пак, В.Е. Пэшко,
Л.Г. Самотик, Н.Т. Селезнёва, А.Н. Фалалеев, О.В. Фельде, Т.В. Фуряева,
С.П. Царёв, В.П. Чеха, М.И. Шилова, Л.В. Шкерина,
С.П. Васильева (*ответственный секретарь*)

**Вестник Красноярского государственного педагогического университета
им. В.П. Астафьева. 2006(2) / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск,
2006. – 84 с.**

ISBN S-858981-150-0

© Красноярский
государственный
педагогический
университет
им. В.П. Астафьева, 2006

Содержание

БИОЛОГИЯ.....	5
Е.М. Антипова. НАСТОЯЩАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ СЕВЕРНЫХ ЛЕСОСТЕПЕЙ СРЕДНЕЙ СИБИРИ.....	5
Е.В. Зубарева, Е.М. Антипова. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОДТАЙГИ КАНСКОЙ КОТЛОВИНЫ.....	15
Н.В. Фокина, Н.А. Лигаева, Е.Б. Андреева, Н.П. Должкова. ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАПОВЕДНИКА «СТОЛБЫ».....	22
ХИМИЯ.....	29
Т.А. Ананьева, С.А. Ананьев. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА КЛАСТЕР-АНАЛИЗА ПРИ ПЕТРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ МЕТАСОМАТИТОВ.....	29
М.И. Лесовская. НАСКОЛЬКО ЗДОРОВ ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫЙ ЧЕЛОВЕК?.....	39
ФИЗИКА.....	46
С.И. Смирнов, С.В. Комогорцев. МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ НАМАГНИЧИВАНИЯ АНСАМБЛЕЙ НАНОЧАСТИЦ С КОМБИНИРОВАННОЙ СИММЕТРИЕЙ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ.....	46
МАТЕМАТИКА.....	55
А.Н. Руцкий. РАЗРЕШИМОСТЬ ПО ДОПУСТИМОСТИ МОДАЛЬНОЙ ЛОГИКИ $S_4.A_M, \Xi_p, Z_Q$	55
ДИСКУССИИ.....	60
А.И. Завьялов, Д.А. Завьялов, А.А. Завьялов. РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА (СЕРДЦЕ – ПЯТИКАМЕРНАЯ СИСТЕМА).....	60
МЕТОДИКА.....	73
Г.Ф. Зейберт, Г.И. Золотарева. МОДУЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ ПО БИОХИМИИ КАК СРЕДСТВО АКТИВИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.....	73
АННОТАЦИИ.....	ОШИБКА: ИСТОЧНИК ПЕРЕКРЕСТНОЙ ССЫЛКИ НЕ НАЙДЕН
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....	85

Introduction

BIOLOGY	5
Ye. M. Antipova. TRUE AQUATIC VEGETATION OF NORTHERN FOREST-STEPPE IN MID-SIBERIA.....	5
E.V. Zubareva, E.M. Antipova. BASIC UNDERTAIGA VEGETATION TYPES IN KANSK HOLLOW.....	15
N.V. Fokina, N.A. Ligaeva, Ye.B. Andreeva, N.P. Dolzhkovaya A STUDY OF CLIMATE SPECIFICS OF “STOLBY” RESERVE.....	22
CHEMISTRY	28
T.A. Ananyeva, S.A. Ananyev FEASIBILITY OF EMPLOYING CLUSTER ANALYSIS FOR PETROCHEMICAL STUDIES OF METASOMATITES.....	28
M.I. Lesovskaya. HOW HEALTHY IS A PRACTICALLY HEALTHY PERSON?.....	36
PHYSICS	43
S.I. Smirnov, S.V. Komogortsev. MAGNETIZATION CURVE OF ENSEMBLE OF NANOPARTICLES WITH COMBINED SYMMETRY OF MAGNETIC ANISOTROPY.....	43
MATHEMATICS	52
A.N. Rutsky. SOLVABILITY BY ADMISSIBILITY OF MODAL LOGICS $S4.A_M, \Xi_P, Z_Q$	52
DISCUSSIONS	57
A.I. Zavialov, D.A. Zavialov, A.A. Zavialov. DEVELOPMENT OF CARDIAC PERFORMANCE THEORY (HEART AS A FIVE-CHAMBER SYSTEM).....	57
METHODS	70
G.F. Zeibert, G.I. Zolotareva. MODULAR CURRICULUMS AS A MEANS TO INTENSIFY INDEPENDENT WORK OF BIOCHEMICAL STUDENTS.....	70
ABSTRACTS	77
CREDITS	82

БИОЛОГИЯ

Е.М. Антипова

НАСТОЯЩАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ СЕВЕРНЫХ ЛЕСОСТЕПЕЙ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Природа лесостепей Средней Сибири в течение прошлого столетия подвергалась интенсивной эксплуатации при активной разработке естественных природных ресурсов, строительстве промышленных комплексов (КАТЭК) и преобладающей экстенсивной форме развития сельского хозяйства. Поэтому изучению различных аспектов растительного покрова северных лесостепей Средней Сибири (Красноярской, Канской, Ачинской) уделялось значительное внимание [1–3]. Но работ, посвященных водной растительности этой территории, практически нет. Настоящая статья является продолжением публикации материалов по характеристике растительности северных лесостепей Средней Сибири [4], обобщает данные автора по современной водной растительности.

Район исследования и методика работ

Северные (по географическому положению) лесостепи Средней Сибири – Ачинская, Красноярская и Канская [5] – являются островными, расположенными изолированно среди сплошных лесных массивов. Подтайга, окружающая их, представляет собой различной ширины переходную полосу от лесостепной к лесной зоне и относится к подзоне травянистых мелколиственных и хвойных лесов [6], подтаежной подзоне [7], или циркумгемибореальной подзоне [8], бореальной зоны хвойных лесов. Территория рассматриваемых лесостепей находится близко к центру Азиатского материка на стыке трех структур: на западе – Западно-Сибирской низменности, на юге – Алтае-Саянской горной страны, на востоке – Среднесибирского плоскогорья. Граница лесостепей с юга проходит по предгорьям Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау, что определило их положение: наиболее северное – у Ачинской (южный предел $56^{\circ}12'$ с.ш.), наиболее южное – у Канской ($55^{\circ}28'$ с.ш.). Северная, крайняя западная и восточная границы не имеют орографических рубежей. Последние обусловлены здесь климатическими факторами и историей развития. Наибольшее смещение наблюдается в приенисейской полосе и достигает $57^{\circ}28'$ с.ш. По долготе лесостепи простираются от 89° до $96^{\circ}40'$ в.д. Между собою отдельные лесостепные острова разобщены Кемчугским плато на западе, отрогами Енисейского кряжа и Восточного Саяна на востоке, занимают полосу контакта равнинных и горных пространств. Общая площадь островов лесостепей составляет 27,5 тыс. кв. км, непрерывная полоса вместе с окружающей их подтайгой – 54,5 тыс. кв. км. В пределах Красноярской и Канской лесостепей почвенно-растительный покров, как и климат, характеризуется концентрической зональностью [3, 9].

Водная растительность выявлялась при изучении 26 локальных флор (ЛФ), заложенных на территории среднесибирских лесостепей с 1985 по 2006 гг. (рис.).

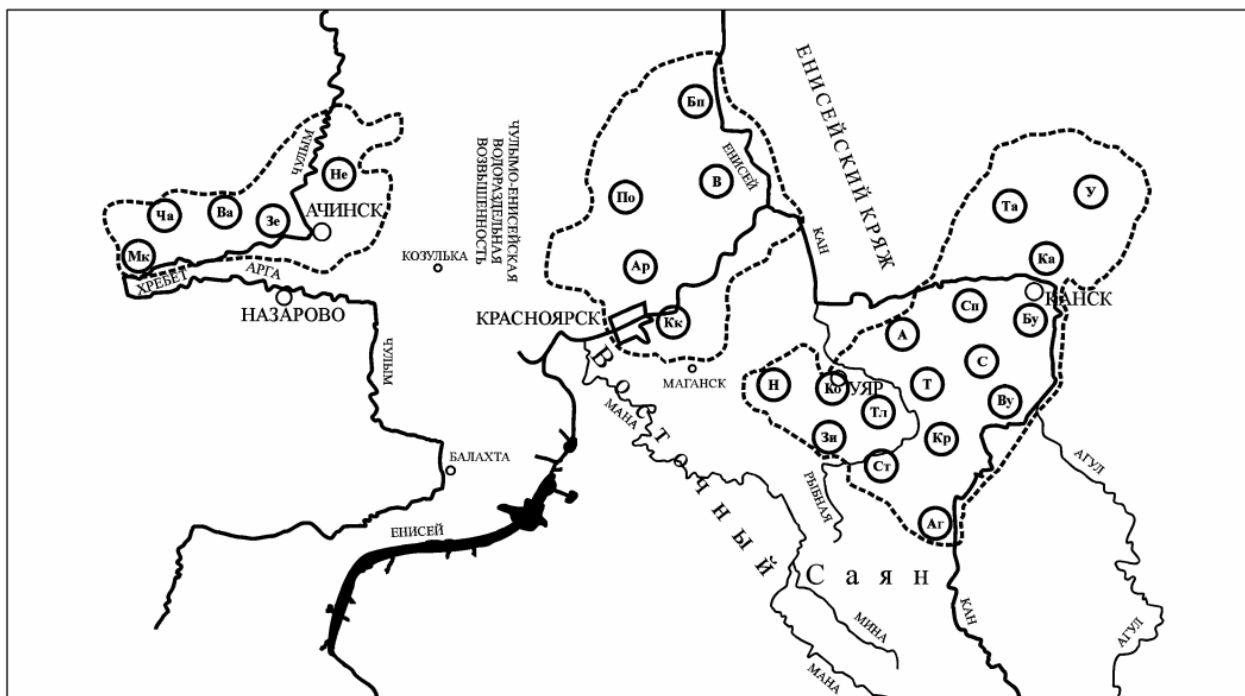


Рис. Схематическая карта размещения северных лесостепей Средней Сибири. Места детального обследования флоры:

1. Канская лесостепь: А – Александровка, Ст – Стойба, Н – Никольское, Ко – Круглое озеро, С – Солонечное, Ву – Верхняя Уря, Т – Татьянавка, Кр – Красногорьевка, Сп – Спасовка, Тл – Толстихино, Зи – Запасной Имбеж, У – Устьянск, Та – Тайна, Бу – Большая Уря, Ка – Канск, Аг – Агинское. 2. Красноярская лесостепь: Кк – Красноярск, Ар – Арей, По – Погорелка, В – Высотино, Бп – Береговая Подъемная. 3. Ачинская лесостепь: Ва – Вагино, Не – Новая Еловка, Зе – Зерцалы, Мк – Малый Косуль, Ча – Чайковский

По 5 ЛФ было исследовано в Ачинской и Красноярской лесостепях, 16 ЛФ – в Канской. Поскольку методика изучения ЛФ предполагает выявление всего разнообразия экотопов и полного списочного состава видов растений каждого типа экотопа [10], то была выявлена и описана в составе ЛФ и высшая водная растительность – обычные и редкие сообщества, изучены редкие виды для Красной книги Красноярского края. За периоды полевых работ в лесостепях был накоплен огромный фактический материал по растительному покрову (составлено около 1000 геоботанических описаний растительных сообществ, собрана гербарная коллекция около 25 тыс. листов), что явилось базой для классификации растительности, в том числе и водной. Классификация водных сообществ северных лесостепей Средней Сибири [4] основана на различиях жизненных форм высших водных растений [11, 12]. Синтаксоны выявлены в результате обработки геоботанических описаний автора. Флористическая коллекция вошла в состав Гербария им. Л.М. Черепнина кафедры ботаники Красноярского педагогического университета им. В.П. Астафьева.

Результаты и их обсуждение

В типе водной растительности мы выделяем два класса формаций: настоящие водные растения – гидрофиты, и воздушно-водные – гелофиты. Среди гидрофитной растительности выделено четыре группы формаций соответственно четырем основным группам жизненных форм водных растений [11, 12]: элодеидная растительность – погруженные укореняющиеся гидрофиты; планктически-лемнидная растительность – погруженные, свободно плавающие в толще воды гидрофиты; нимфеидная растительность – укореня-

ющиеся гидрофиты с плавающими листьями; нейстически-лемнидная растительность – гидрофиты, свободно плавающие на поверхности воды. Группы объединяют 35 формаций.

Тип растительности: водная растительность.

Класс формаций: настоящая водная или гидрофитная растительность.

Группа формаций: элодеидная растительность.

Формации: урутьевые (*Myriophyllum sibiricum*¹, *M. spicatum*, *M. verticillatum*), рдестовые (*Potamogeton perfoliatus*, *P. praelongus*, *P. friesii*, *P. chakassiensis*, *P. tenuifolius*, *P. pussillus*, *P. lucens*, *P. gramineus*), болотниковая (*Callitriche hermaphroditica*), шелковниковые (*Batrachium circinatum*, *B. eradicatum*, *B. trichophyllum*), элодейная (*Elodea canadensis*).

Группа формаций: планктически-лемнидная растительность.

Формации: роголистниковая (*Ceratophyllum demersum*), тройчаторясковая (*Lemna trisulca*), пузырчатковые (*Utricularia vulgaris*, *U. intermedia*, *U. minor*).

Группа формаций: нимфеидная растительность.

Формации: плавающестреловидная (*Sagittaria natans*), болотноцветниковая (*Nymphoides peltatum*), горцевая (*Persicaria amphibia*), кубышковые (*Nuphar lutea*, *N. pumila*), кувшинковые (*Nymphaea candida*, *N. tetragona*), щитовидно-шелковниковая (*Batrachium peltatum*), рдестовые (*Potamogeton gramineus*, *P. natans*).

Группа формаций: нейстически-лемнидная растительность.

Формации: рясковая (*Lemna minor*), водокрасовая (*Hydrocharis morsus-ranae*), многокоренниковая (*Spirodela polyrrhiza*), рогульниковая (*Trapa longicornis*).

Элодеидная растительность

Представлена большим количеством формаций (16), является господствующей во всех водоемах. Самыми распространенными, занимающими доминирующее положение в водоемах являются сообщества рдестов. Они отмечены в воде стариц, мелководных заливов, тихих заводей, озерков, запруд, проток и рукавов рек. К числу самых распространенных рдестовых ценозов северных лесостепей принадлежат сообщества *Potamogeton perfoliatus* и *P. pussillus*. Первый *P. perfoliatus* встречается в разных экологических условиях: в стоячих, проточных водоемах, мелководных заливах, в протоках с замедленным течением и заводях рек. В проточных водах чаще встречаются чистые заросли этого вида, а в мелких стоячих водоемах – разнотравно-рдестовые сообщества. Покрытие травостоем дна составляет 50–70 %, на поверхности воды – 80–90 %. Развивается на глубине 0,4–1,5 (до 3) м на илистых мягких и плотных грунтах. *P. pussillus* отмечен в мелких пресных озерах, прудах, старицах, иногда протоках рек, образует монодоминантные сообщества с общим проективным покрытием 100 % или смешанно-рдестовые, главным образом с *P. friesii*, который также предпочитает мелководную зону стариц и отмирающих речных рукавов, но встречается гораздо реже [13]. Редкими сообществами являются ценозы из *P. chakassiensis*, *P. praelongus*, *P. lucens*. В последнее десятилетие обнаружены заросли заносного американского вида *Elodea canadensis* – сначала в Канской лесостепи в Круглом озере, а затем в Красноярской – в Абаканской протоке у о. Отдыха [13]. Это свидетельствует о быстром его распространении в недалеком будущем, поскольку еще во «Флоре Сибири» [14] для этого вида отмечались единичные местонахождения в крае. Редкими в водоемах северных лесостепей являются урутьевые, шелковниковые и болотниковые сообщества. Смешанные с рдестами и пузырчаткой сообщества *Myriophyllum sibiricum* и *M. verticillatum* отмечены в Канской лесостепи. Чаще встречается *M. sibiricum*, предпочитающий сто-

1 Номенклатура видов дана по С.К. Черепанову (1995).

ячие воды тихих заводей, обмелевших протоков, приустьевых мелководий. Вид приурочен к глубинам 0,5–1,5 м, может произрастать и на больших глубинах в слабопроточных водах, развивается на мягких и плотных илистых грунтах. *M. verticillatum* найден однажды в долине р. Рыбной у с. Стойба (Канская лесостепь) в небольшом озере с вязким грунтом недалеко от родниковых ключей. Монодоминантные заросли *M. spicatum*, найденные в Абаканской протоке (Красноярская лесостепь), образуют выраженные пятна у берега и при замедленном течении реки на глубине до 1,3 м. Из сопутствующих видов отмечены *Elo-dea canadensis*, *Lemna trisulca*. Сообщества *Batrachium trichophyllum* характерны для хорошо прогреваемых водоемов с устойчивым уровнем воды и глубинами 0,3–0,7 м. Грунты илистые, темные. Обычно хорошо выражен первый подводный ярус, покрытие 80–100 %. *B. circinatum* собран однажды в пруду у д. М. Косуль (Ачинская лесостепь) недалеко от берега. *Callitriche hermaphroditica* встречается в прозрачной воде стариц по р. Рыбной (Канская лесостепь) и на Ладейских озерах (Красноярская лесостепь) на небольших участках, закрытых от волнения и хорошо прогреваемых, на глубинах 0,2–0,7 м. Грунты илистые, песчано-илистые. Общее проективное покрытие 45–60 %, обычно развит придонный ярус.

Планктически-лемнидная растительность

Представлена в водоемах роголистниковой (*Ceratophyllum demersum*), тройчаторясковой (*Lemna trisulca*), пузырчатковыми (*Utricularia vulgaris*, *U. intermedia*, *U. minor*) сообществами. Значительное распространение имеют сообщества роголистника погруженно-го, произрастающего в спокойных, лишенных течений и волнений, водах озер и прудов, мелководной зоне стариц и отмирающих речных рукавов. Они приурочены к хорошо прогреваемым участкам с глубиной 30–40 см, отличаются мощным развитием, чаще всего являются монодоминантными или с очень ограниченным участием других видов: *Lemna minor*, *Utricularia vulgaris*, *Myriophyllum sibiricum*, *Potamogeton pussillus*. Редко образуются пузырчатково-роголистниковые, урутьево-роголистниковые и рдестово-роголистниковые ассоциации. Небольшие по площади тройчаторясковые монодоминантные сообщества спорадически встречаются в стоячих водах небольших озерков, стариц, болот и канав. *Lemna trisulca* образует отдельные пышные скопления. Покрытие грунта растениями от 20 до 80 %. Довольно редкими сообществами являются ценозы из *Utricularia*: более обычны они в Канской (Н, Ву, Т, У, Бу, Ка, Аг) лесостепи, реже отмечаются в Красноярской (Кк, Ар, Бп) и Ачинской (Не, Зе, Мк). Пузырчатка образует чистые сообщества или с *Lemna trisulca* на глубинах 0,7–1,5 м. Проективное покрытие сильно варьирует. В сообществах могут встречаться *Batrachium eradatum*, *B. trichophyllum*, *Nuphar lutea*.

Нимфеидная растительность

Среди укореняющихся растений с плавающими листьями по озерам, старицам, заводям рек и местам с тихим течением наиболее распространены сообщества *Nuphar lutea* и *Persicaria amphibia*. Но занимаемая ими площадь невелика. *P. amphibia* произрастает на глубинах 1,1–1,3 м, тяготеет к мелководьям протоков, не заходит далеко в глубь дельты. В сообществах в незначительном количестве присутствуют *Potamogeton pussillus*, *Sagittaria sagittifolia*. В медленно текущих водах рр. Верхней Подъемной, Косули, Усолки, Рыбной, а также по неглубоким старицам отмечены сообщества из *Nymphaea candida* и *N. tetragona*. Чаще они встречаются в Канской лесостепи (Ко, Т, У, Ка и Бу, Ка), единичные находки – в Красноярской (Бп и Кк, Бп) и Ачинской (Мк) лесостепях [13]. Образуют чистые и сме-

шанные сообщества. Проективное покрытие 40–70 %. Произрастают на глубинах 1–1,5 м, развиваясь на илистых грунтах. В сообществах отмечаются *Potamogeton perfoliatus*, *Lemna minor*. Сообщества *Sagittaria natans* встречаются в прибрежной полосе до 1,5 м глубины, характерны для озер и рек, имеющих значительные площади мелководий с хорошим водообменом и колеблющимся водным уровнем в течение вегетационного периода. Такие условия больше характерны для Ачинской (Ва, Зе, Мк) лесостепи, реже встречаются в Красноярской (Кк, Бп). Вид произрастает часто совместно с водно-воздушными растениями *Eleocharis acicularis*, *E. palustris*, с малым обилием отмечаются *Lemna trisulca*, *Batrachium trichophyllum*. Очень редки заросли *Potamogeton gramineus*, *P. natans*, предпочитающих медленно текущие воды рр. Рыбной, Усолки, Чулыма, проток, заводей и рукавов, озер и стариц. *P. gramineus* отмечен в Ачинской (Зе) и Красноярской (Кк, Ар, В) лесостепях, *P. natans* – в Канской (Т) и Красноярской (Ар).

Нейстически-лемнидная растительность

Свободно плавающая на поверхности растительность представлена в водоемах северных лесостепей Средней Сибири четырьмя формациями: рясковой (*Lemna minor*), водокрасовой (*Hydrocharis morsus-ranae*), многокоренниковой (*Spirodela polyrrhiza*), рогульниковой (*Trapa longicornis*). Повсеместно распространены на поверхности различных водоемов коврики *L. minor*. Местами среди них отмечаются сообщества *S. polyrrhiza*. Они более характерны для Ачинской (Ва, Мк, Ча) лесостепи, где встречаются по поверхности озер, прудов, стариц, реже медленно текущих речек, иногда на обводненных болотах и в лужицах среди кустарниковых зарослей. Редкими являются сообщества *H. morsus-ranae*, отмеченные лишь в Ачинской и Канской лесостепях. Их редкость обусловлена близостью восточной границы ареала [14]. На территории лесостепей сообщества *Trapa longicornis* относятся к реликтовым, видимо, исчезнувшим. Попытки обнаружить их в новейшее время пока не увенчались успехом.

Среди редких водных растений северных среднесибирских лесостепей отмечены виды, которые внесены в Красную книгу Красноярского края [15–18]: по 1 виду – со статусом 1 (Е) и 2 (U), 2 вида – со статусом 3 (R).

РОГУЛЬНИК ПЛАВАЮЩИЙ (ВОДЯНОЙ ОРЕХ ПЛАВАЮЩИЙ, ИЛИ ЧИЛИМ) – *Trapa natans* L. s. l. (1753)

Находится под угрозой исчезновения, статус 1 (Е). Неморально-реликтовое растение третичного возраста. В Канском и Абанском районах, вероятно, исчезнувшее. Вид был известен ранее из изолированных местонахождений в Восточном Саяне, Минусинской котловине, в Канской лесостепи – в оз. Можарском, Варламовом, Малом Убинском, Арлама, Хабалык, Пескарном, Линево, у подножья белка «Кизя», сс. Ашкаульского, Малоуринского, прудов у с. Устьянского. Гербарные материалы собраны только из Большого Убинского озера. Выделены местонахождения в Курагинском, Канском и Абанском районах. В России широко распространен в Европе и на Дальнем Востоке, редок в Сибири. Ареал вида голарктический, микровидов – эндемичный.

Термофильный гидрофит. Образует заросли в спокойных водах хорошо прогреваемых стоячих или слабопроточных водоемов с илистыми грунтами – мелких озер, стариц, заводей, проток на расстоянии 15–50 м от берега. Образует в воде скопления по 20–30 розеток. Не выносит загрязнения и пересыхания водоемов. Цветет в конце июля, плодоносит в августе – сентябре. Механизм опыления не совсем ясен. Для прорастания семян нужен

период покоя 4–6 месяцев, а после – высокая температура воды (не ниже +10–12 град.). Размножается только семенами, сохраняющимися в иле до 10 (40) лет. Ежегодно прорастает только часть семян, что является причиной резкой пульсации численности по годам.

Повсеместно вымирающее растение под влиянием природных и антропогенных факторов. Низкая численность обусловлена реликтовой природой вида, ухудшением климата, изменением температурного режима водоемов. Ареал водяного ореха сократился в историческое время в результате уничтожения его человеком. Плоды съедобны, используются как пищевой продукт в сыром и вареном виде и на корм скоту. Плодами питаются некоторые млекопитающие и птицы. Массовый сбор их в начале XX века, возможно, стал одной из причин вымирания вида на территории Канского и Абанского районов. Катастрофически исчезают местонахождения из-за использования пойменных водоемов на полив, истребления растения скотом.

Вид внесен в Красную книгу СССР [19], список редких и исчезающих растений Сибири [20]. Требуется поиск растений в южных районах края (Курагинском) для установления статуса вида и учета всех местонахождений, последние гербарные сборы Л.М. Черепнина относятся к 1957 году. Позднее этот редкий вид на территории Красноярского края не отмечался. Необходимы запрет на сбор плодов на всем протяжении ареала вида, организация заказников на территории Курагинского района.

КУБЫШКА МАЛАЯ – *Nuphar pumila* (Timm) DC. (1821)

Уязвимый вид, сокращает число местонахождений, статус 2 (U). Большинство местонахождений в крае приурочено к южной части. Встречается редко в Минусинском степном (оз. Перово, по литературным данным указывался также для оз. Карасье и Карасим, окр. с. Каптерево), Канском (окр. г. Канска), Красноярском (окр. с. Березовки, в долине реки Бузим выше д. Воробьиной) и Ачинском (окр. д. Боготол) лесостепных районах, незначительно заходит в прилегающие к ним лесные и горнолесные области: окр. г. Енисейска, Можарское озеро, Тюхтятское болото. Встречается в Березовском, Сухобузимском, Енисейском, Канском, Боготольском, Курагинском и Шушенском районах. Вид с евросибирско-маньчжурским ареалом, распространен в Европе, Сибири, на юге Дальнего Востока, в Северо-Восточном Китае.

Гидрофит. Произрастает в воде неглубоких рек с тихим течением, на гальке, в лесных и луговых озерах, прудах, старицах. Не выносит высыхания водоемов, их загрязнения. Цветет в июле – августе. Размножается семенами и вегетативно. Плодоносит в августе – сентябре.

Основным лимитирующим фактором является гидрологический режим водоемов. Растение гибнет в результате естественного обмеления водоемов, в связи с их загрязнением происходит сокращение численности. К исчезновению вида приводит хозяйственная деятельность человека: механические повреждения, интенсивные вырывания зарослей как декоративного растения, заготовка в лекарственных целях.

Вид внесен в региональную сводку «Редкие и исчезающие виды флоры СССР» [21]. Необходимы выявление новых местонахождений вида в северных лесостепях, взятие их под контроль и организация наблюдений за состоянием популяций.

КУВШИНКА ЧИСТОБЕЛАЯ – *Nymphaea candida* J. et c. Presl. (1821)

Редкий вид, статус 3 (R). Встречается нечасто, преимущественно в северной части степной области и окружающей ее горнолесной, лесостепных районах и в прилегающей к ним южной тайге. Отмечен в Богучанском, Мотыгинском, Енисейском, Канском, Уярском, Рыбинском, Дзержинском, Ермаковском, Балахтинском, Партизанском, Абанском, Шары-

повском, Каратузском, Курагинском и Шушенском районах. Последние местонахождения вида обнаружены в Большемуртинском и Боготольском районах [13]. Вид с евросибирским ареалом, встречается по озерам Европы, Средней Азии, Западной и Восточной Сибири. В Предбайкалье проходит восточная граница его ареала.

Термофильный гидрофит. В воде хорошо прогреваемых озер, неглубоких стариц, заводей, речных рукавов, прудов и медленно текущих речек обычно глубиной 1–2 (4) м развивается в массе, образуя небольшие чистые заросли или растет вместе с другими водными растениями. Не выносит высыхания водоемов, их загрязнения, растет только там, где есть движение воды. В искусственных водоемах погибает от недостатка кислорода. Цветет со второй половины июня по август. Размножается семенами и вегетативно. Семена созревают в сентябре – октябре, не теряют всхожести даже в промерзшем иле, сохраняя способность к прорастанию в течение 5 лет. Культивируется в главном ботаническом саду (Москва), где дает самосев.

В массе гибнет в связи с естественным усыханием водоемов и их загрязнением. Угрозу популяциям представляет осушение заболоченных территорий в поймах рек. К исчезновению вида ведет вырывание корневищ для лекарственных и пищевых целей. Особенно активно уничтожается во время цветения из-за красивых белых цветков.

Включен в сводки «Редкие и исчезающие...» [20, 21]. Необходим запрет на сбор и продажу цветков и корневищ частным лицам. Целесообразно проводить мониторинг состояния популяций, охранять водоемы от загрязнения.

КУВШИНКА ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНАЯ (К. МАЛАЯ) – *Nymphaea tetragona* Georgi (1775)

Редкий вид, статус 3 (R). Встречается редко, преимущественно в лесостепных районах, заходит в прилегающие к ним районы степной и лесной областей. Оторванные местонахождения находятся на севере края. Встречается в Енисейском, Большемуртинском, Емельяновском, Боготольском, Туруханском, Курагинском, Назаровском, Балахтинском, Канском, Каратузском и Шушенском районах. В последние годы найден в Боготольском районе [13]. Ареал циркумбореальный. Распространен по озерам Северной Европы, Сибири, Дальнего Востока, Маньчжурии и Северной Америки.

Термофильный гидрофит. Произрастает в озерах, старицах, прудах, заводях и медленно текущих реках. Иногда образует небольшие заросли. Цветет с конца июня по август, плодоносит в августе – сентябре. Размножается семенами и вегетативно.

Растение гибнет в связи с загрязнением, спуском и естественным обмелением водоемов. Высокодекоративный вид, активно истребляется во время цветения. Заметно сокращает обилие, встречаемость и численность популяций. За последние 40 лет на территории края вид отмечен однажды [13].

Внесен в сводку «Редкие и исчезающие растения Сибири» [20]. В Красноярском крае не охраняется. Необходимы запрет на сбор цветущих растений, контроль за состоянием популяций и изучение биологии вида, поиск и восстановление вида в местах естественного произрастания.

Выводы

Система классификации водной растительности среднесибирских лесостепей основана на различиях жизненных форм высших водных растений, включает 2 класса формаций (гидрофитная и гелофитная растительность), 7 групп формаций, 66 формаций [4]. Насто-

ящая водная растительность включает 4 группы формаций, 35 формаций.

Из четырех групп формаций настоящей водной растительности наиболее полно представлена элодеидная. Нимфеидная и планктически-лемнидная растительность включают ограниченный набор формаций, а нейстически-лемнидная почти выпадает (1 формация – вымершая, 2 – редкие). Среди погруженной растительности более широкое распространение имеют сообщества узколистных рдестов и роголистника. В составе нимфеидной растительности обычны сообщества желтой кубышки и плавающего горца. Сообщества кувшинки белой и четырехугольной, рдеста плавающего, стрелолиста ограничены в своем распространении. О сообществах *Nymphoides peltatum*, *Nuphar pumila*, *Batrachium peltatum* известно по сохранившимся гербарным образцам. Обнаружить их на территории среднесибирских лесостепей повторно пока не удалось.

Библиографический список

1. Кашина, Л.И. Растительность сенокосов и пастбищ южной части Красноярской лесостепи / Л.И. Кашина // Ученые записки Красноярск. гос. пединститута. – 1957. – Т. 10. – С. 65–79.
2. Куминова, А.В. Характерные черты растительного покрова северной части Канской и Красноярской лесостепей / А.В. Куминова // Растительный покров Красноярского края. – Новосибирск: Наука, 1964. – Вып. 1. – С. 5–22.
3. Черепнин, Л.М. Растительный покров южной части Красноярского края и задачи его изучения / Л.М. Черепнин // Ученые записки Красноярск. педагогического института. – 1956. – Т. 5. – С. 3–43.
4. Антипова, Е.М. Классификация растительности северных лесостепей Средней Сибири / Е.М. Антипова // Ботанические исследования в Сибири. – Вып. 12. – Красноярск: Красноярск. отд. РБО РАН, 2004. – С. 8–13.
5. Тугаринов, А.Я. Географические ландшафты Приенисейского края (Издание Енисейского губернского земельного управления) / А.Я. Тугаринов. – Красноярск, 1925. – 111 с.
6. Любимова, Е.Л. Растительный покров. Зона травяных лесов и островной лесостепи / Е.Л. Любимова // Средняя Сибирь. – М.: Наука, 1964. – С. 249–263.
7. Сочава, В.Б. Географические аспекты сибирской тайги / В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука. СО, 1980. – 256 с.
8. Ермаков, Н.Б. Разнообразие бореальной растительности Северной Азии. Гемибореальные леса. Классификация и ординация / Н.Б. Ермаков. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 232 с.
9. Ревердатто, В.В. Растительность Сибирского края (Опыт дробного районирования) / В.В. Ревердатто // Изв. Росс. Геог. общ-ва. – 1931. – Т. 16. – Вып. 1. – С. 43–70.
10. Толмачёв, А.И. К методике сравнительно-флористических исследований. Понятие о флоре в сравнительной флористике / А.И. Толмачёв // Журн. Русс. бот. общ-ва. – 1931. – Т. 16. – № 1. – С. 111–124.
11. Дулепова, Б.И. Водная растительность / Б.И. Дулепова // Растительность Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 95–102.
12. Папченков, В.Г. О классификации макрофитов водоемов и водной растительности / В.Г. Папченков // Экология. – 1985. – № 6. – С. 8–13.
13. Антипова, Е.М. Флора северных лесостепей Средней Сибири / Е.М. Антипова // Конспект. – Красноярск: РИО КГПУ, 2003. – 464 с.
14. Тимохина, С.А. Семейство 32. *Hydrocharitaceae* – Водокрасовые / С.А. Тимохина // Флора Сибири. *Lycopodiaceae* – *Hydrocharitaceae*. – Новосибирск: Наука. СО, 1988. – С. 118–119.
15. Антипова, Е.М. Рогольник плавающий (Водяной орех плавающий, или чилим) – *Trapa natans* L. s. l. / Е.М. Антипова // Красная книга Красноярского края: Растения и грибы. – Красноярск: Поликом, 2005. – С. 201.

16. Антипова, Е.М. Кубышка малая – *Nuphar pumila* (Timm) DC. / Е.М. Антипова // Красная книга Красноярского края: Растения и грибы. – Красноярск: Поликом, 2005. – С. 121.
17. Антипова, Е.М. Кувшинка чистобелая – *Nymphaea candida* J. et c. Presl. / Е.М. Антипова // Красная книга Красноярского края: Растения и грибы. – Красноярск: Поликом, 2005. – С. 122.
18. Антипова, Е.М. Кувшинка четырехугольная (К. малая) – *Nymphaea tetragona* Georgi / Е.М. Антипова // Красная книга Красноярского края: Растения и грибы. – Красноярск: Поликом, 2005. – С. 123.
19. Красная книга СССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. – М.: Лесная промышленность, 1984. – Т.2. – 478 с.
20. Редкие и исчезающие растения Сибири. – Новосибирск: Наука, 1980. – 223 с.
21. Редкие и исчезающие виды флоры СССР. – Л.: Наука, 1981. – 262 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОДТАЙГИ КАНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Обращение к изучению растительности подтайги не случайно. Подтайга Канской котловины находится в пределах наиболее густонаселенной части Красноярского края с интенсивным развитием сельского хозяйства и промышленности. На протяжении многих лет территория подвергалась усиленному антропогенному воздействию, что привело к нежелательным последствиям с изменениями в растительном покрове. Выявление особенностей растительного покрова данной территории позволит изучить подтайгу Канской котловины как природный зональный и высотный комплекс. Работы в северной подтайге Канской котловины частично проводились геоботаниками ЦСБС СО РАН (Куминовой А.В., Красноборовым И.М., Пеньковской Е.Ф., Павловой Г.А., Вагиной Т.А., Лапшиной Е.И., Лацинским И.Н., Храмовым А.А., Маскаевым Ю.М., Зверевой Г.А., Валуцкой В.И. и др.), но обобщающей сводки для всего комплекса Канской котловины не составлялось. Имеющихся гербарных материалов и литературных сведений недостаточно для полного представления о составе формаций растительности изучаемого региона.

Целью данной работы является составление классификации основных типов растительности подтайги Канской котловины.

Методы и район исследования

Геоботанические исследования в подтайге Канской котловины проводились при изучении девяти локальных флор (ЛФ). Метод конкретных флор (КФ) предполагает подробные описания растительности всех фитоценозов и их неоднократное обследование в пределах ЛФ [7]. Это позволяет выявить полный видовой состав и провести их классификацию. Исследованы ЛФ (рис.) в Манском районе – окр. с. Новоникольск (Нн), в Дзержинском районе – окр. оз. Улюколь (У), в Тасеевском – окр. с. Хандала (Х), в Абанском – окр. оз. Святое (С), в Нижнеингашском – окр. с. Старая Пойма (Сп), в Иланском – окр. с. Ельники (Е), в Ирбейском – окр. д. Новомариновка (Нм), в Саянском – окр. д. Тугач (Т), в Партизанском – окр. ст. им. Лукашевича (Л). Классификация растительности подтайги Канской котловины выполнена на основе геоботанических классификационных систем, предложенных для Приенисейской Сибири [3; 5]. В основу классификации положены геоботанические описания авторов на базе обработанного гербария (12000 листов), собранного за период полевых работ в подтайге (2002–2006 гг.).

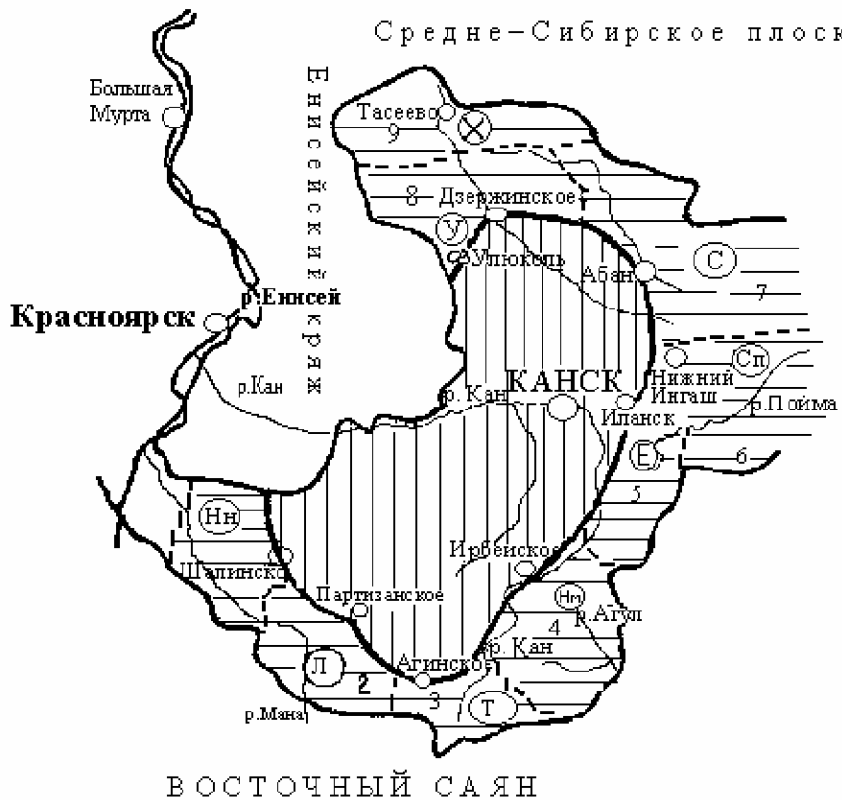


Рис. Места работы авторов в подтайге Канской котловины

Лучшему пониманию растительности подтайги Канской котловины способствовали работы Г.Г. Павловой [6] по растительности левобережья р. Усолки, Храмова [8] по классификации болотной растительности южной тайги Красноярского края и Е.М. Антиповой [1] по классификации растительности северных лесостепей Средней Сибири, а также работы, имеющие отношение к подтайге Канской котловины (Щербачев, 1961; Любимова, 1964; Пеньковская, 1965, 1971; Павлова, 1965, 1971; Гордеева, 1968; Сергеев, 1971; Кривчиков, Киреев, 1976; Лапшина, 1965, 1985; Папченков, 1985; Ермаков, 2003).

Подтайга Канской котловины опоясывает Канскую островную лесостепь и представляет собой переходную полосу от лесостепи к лесам [3] равнин на севере и горным лесам Восточного Саяна на юге. В последнее время [2] подтайгу относят к гемибореальным лесам, которым присуще поясно-зональное положение на юге бореального пояса и в нижней части лесного пояса в горах. Канская котловина входит в состав двух крупных геоморфологических единиц – юго-западной части Среднесибирского плоскогорья и Енисейско-Востоносаянской складчатой системы (Воскресенский, 1962; Спизарский, 1968 и др.), располагаясь в пределах Канско-Рыбинско-Усольской впадины. Хребты Восточного Саяна (Койское и Идарское белогорье) и их отроги полукольцом окружают Канско-Рыбинско-Усольскую впадину с юга и юго-востока. На западе впадина соприкасается с предгорьями Енисейского кряжа, на севере и востоке граничит с Чуно-Бирюсинским поднятием (Маскаев, 1964; Варламов и др., 1975). Ширина подтаежного пояса колеблется в зависимости от условий рельефа и степени воздействия человека. Природные условия неоднородны. Своеобразие подтайги проявляется в особенностях рельефа, климата, почвенного покрова и растительности. Для северной, более равнинной полосы подтайги, протянувшейся от Чуно-Бирюсинского поднятия к Канской котловине и предгорьям Восточного

Саяна, характерны слабая расчлененность, мягкие формы рельефа и небольшая высота водоразделов. Предгорная южная полоса подтайги, расположенная вдоль склонов Восточного Саяна, отличается более значительной расчлененностью, хорошей дренированностью, более высокими водоразделами и преобладанием холмисто-увалистого рельефа. Здесь формируется более холодный, влажный, чем в сухих степных котловинах, но более теплый по сравнению с тайгой климат. Наименьшая продолжительность безморозного периода (70–75 дней) – на севере подтайги. Южнее этот период увеличивается и достигает максимума (100–120 дней) на юге подтайги. Сумма положительных температур колеблется от 1500 на севере до 1850° на юге. Наибольшее количество осадков (425–500 мм) отмечается в подтайге по западным и северо-западным склонам, наименьшее (300–375 мм) – по южным и отчасти северным склонам в южной части подтайги, а также в северных районах (Крупкин, 2002). Снежный покров представляет собой основной источник весенних запасов влаги в почве и хороший термоизолятор, защищающий растения от низких температур, а почву от глубокого промерзания. Средняя продолжительность периода со снежным покровом колеблется от 160 до 190 дней. Наибольшая высота снежного покрова приходится всюду на конец февраля – начало марта. Таким образом, зима в подтаежной полосе достаточно многоснежная [2]. Для подтайги характерны два типа почвообразования: подзолистый и черноземный. Своеобразные слабоподзоленные почвы светлохвойных и лиственных лесов подтайги относят к серым лесным. Дерново-подзолистые и серые лесные почвы, покрытые лугами и негустыми травянистыми лесами, имеют хорошую структуру, глинистый или суглинистый механический состав и залегают на рыхлых породах. Они характеризуются большой подвижностью питательных элементов и богаты гумусом (Корсунов, 1988).

Классификация включает основные типы растительности подтайги Канской котловины.

Тип растительности – леса.

I. Класс формаций – хвойные леса.

1. Группа формаций – светлохвойные леса.

Формация: сосновая (*Pinus sylvestris*).

Основные ассоциации: сосновая коротконожково-вейниковая (*Pinus sylvestris* – *Calamagrostis arundinaceae* + *Brachypodium pinnatum*), сосновая таволгово-коротконожковая (*Pinus sylvestris* – *Spiraea media* – *Brachypodium pinnatum*), сосновая бруснично-зеленомошная (*Pinus sylvestris* – *Vaccinium vitis-idaea* – *Pleurozium schreberi*), сосновая разнотравно-черничная (*Pinus sylvestris* – *Vaccinium myrtillus* – *Veronica chamaedrys* + *Lathyrus humilis* + *Viola uniflora*), березово-сосновая орляково-злаковая (*Betula pendula* + *Pinus sylvestris* – *Calamagrostis arundinaceae* + *Brachypodium pinnatum* + *Pteridium aquilium*), березово-сосновая коротконожково-вейниковая (*Betula pendula* + *Pinus sylvestris* – *Calamagrostis arundinaceae* + *Brachypodium pinnatum*), березово-сосновая разнотравно-злаковая с подлеском (*Betula pendula* + *Pinus sylvestris* – *Rosa acicularis* – *Calamagrostis arundinaceae* + *Poa sibirica* + *heteroherba*), березово-сосновая брусничная (*Betula pendula* + *Pinus sylvestris* – *Vaccinium vitis-idaea*), лиственнично-березово-сосновая кустарничковая (*Larix sibirica* + *Betula pendula* + *Pinus sylvestris* – *Vaccinium vitis-idaea* + *V. myrtillus*).

Формация: лиственничная (*Larix sibirica*).

Основные ассоциации: сосново-березово-лиственничная разнотравная (*Pinus sylvestris* + *Betula pendula* + *Larix sibirica* – *Sanguisorba officinalis* + *Thalictrum simplex* + *Geranium sylvaticum*).

2. Группа формаций – темнохвойные долинные леса.

Формация: еловая (*Picea obovata*).

Основные ассоциации: еловая хвощово-осоковая (*Picea obovata* – *Carex caespitosa* + *Equisetum pratense* + *E. scirpoides*), еловая разнотравно-хвощово-вейниковая (*Picea obovata* – *Calamagrostis arundinaceae* + *C. obtusata* + *Equisetum pratense* + *Veratrum lobelianum* + *Paris quadrifolia*), сосново-березово-еловая и березово-еловая (с участием сосны, лиственницы, осины) хвощово-осоковая (*Pinus sylvestris* + *Betula pendula* + *Picea obovata* – *Carex caespitosa* + *Equisetum pratense*).

II. Класс формаций – лиственные леса.

1. Группа формаций – мелколиственные леса.

Формация: осиновая (*Populus tremula*).

Основные ассоциации: березово-осиновая коротконожково-хвощовая (*Betula pendula* + *Populus tremula* – *Equisetum pratense* + *Brachypodium pinnatum*), пихтово-осиновая кислично-вейниково-зеленомошная (*Abies sibirica* + *Populus tremula* – *Calamagrostis obtusata* – *Oxalis acetosella* – *Rhytidiadelphus triquetrus*).

Формация: березовая (*Betula pendula*).

Основные ассоциации: сосново-березовая вейниково-коротконожковая (*Pinus sylvestris* + *Betula pendula* – *Brachypodium pinnatum* + *Calamagrostis arundinaceae*), сосново-березовая разнотравно-злаковая с подлеском (*Pinus sylvestris* + *Betula pendula* – *Rosa acicularis* – *Calamagrostis arundinaceae* + *Poa sibirica* + *heteroherba*), парковая березовая разнотравно-коротконожково-злаковая (*Betula pendula* – *Calamagrostis arundinaceae* + *Festuca pratensis* + *Poa angustifolia* + *Brachypodium pinnatum* + *Vicia cracca* + *V. unijuga* + *Lathyrus pratensis* + *Rubus saxatilis* + *Pulmonaria mollis*).

Формация: березовая (*Betula pubescens*).

Основные ассоциации: березовая разнотравно-вейниковая (*Betula pubescens* – *Calamagrostis langsdorffii* + *Hieracium umbellatum* + *Galium uliginosum* + *Rubus saxatilis*).

Тип растительности – луга.

I. Класс формаций – суходольные луга.

1. Группа формаций – лесные суходольные луга.

Формация: коротконожково-вейниковые лесные луга (*Calamagrostis arundinaceae* + *Brachypodium pinnatum*).

Основные ассоциации: разнотравно-коротконожково-вейниковая (*Calamagrostis arundinaceae* + *Brachypodium pinnatum* – *Fragaria vesca* – *Ranunculus polyanthemos* + *Trifolium pratense* + *Lathyrus pratensis*), вейниково-коротконожково-злаковая (*Festuca pratensis* + *Poa angustifolia* + *Brachypodium pinnatum* + *Calamagrostis arundinaceae*), бобово-коротконожково-разнотравная (*Sanguisorba officinalis* + *Rubus saxatilis* + *Fragaria viridis* – *Brachypodium pinnatum* – *Vicia cracca* + *Trifolium pratense* + *Lathyrus pratensis*), осоково-вейниково-коротконожковая (*Brachypodium pinnatum* + *Calamagrostis arundinaceae* – *Carex macroura*).

Формация: ежовые лесные луга (*Dactylis glomerata*).

Основные ассоциации: овсяницево-ежовая (*Dactylis glomerata* – *Festuca pratensis*), высокотравно-ежовая (*Dactylis glomerata* + *Heracleum dissectum* – *Vupleurum aureum*).

2. Группа формаций – настоящие суходольные луга.

Формация: злаковые суходольные луга (*Festuca pratensis* + *Poa angustifolia* + *Phleum pratense*).

Основные ассоциации: бобово-злаковые (*Festuca pratensis* + *Poa angustifolia* + *Phleum*

pratense – *Trifolium pratense* + *Vicia cracca* + *Lathyrus pratensis*), разнотравно-злаковые (*Festuca pratensis* + *Poa angustifolia* + *Phleum pratense* – *Sanguisorba officinalis* – *Rubus saxatilis* + *Fragaria viridis*).

Формация: мятликовые суходольные луга (*Poa angustifolia*).

Основные ассоциации: разнотравно-мятликовая (*Poa angustifolia* – *Leucanthemum vulgare* + *Achillea millefolium* – *Fragaria viridis*), подорожничково-мятликовая (*Poa angustifolia* – *Plantago media*).

Формация: овсяницево-суходольные луга (*Festuca pratensis*).

Основные ассоциации: мятликово-овсяничево-клеверная (*Festuca pratensis* + *Poa pratensis*), клеверо-овсяничево-мятликовая (*Festuca pratensis* + *Trifolium pratense*), подорожничково-овсяничево-мятликовая (*Festuca pratensis* – *Plantago media*).

3. Группа формаций – остепненные суходольные луга.

Формация: вейниковые остепненные луга (*Calamagrostis epigeios*).

Основные ассоциации: разнотравно-вейниковые остепненные луга (*Calamagrostis epigeios* – *Artemisia commutata* + *Oxytropis pilosa* – *Potentilla bifurca*).

Формация: тимофеечные остепненные луга (*Phleum phleoides*).

Основные ассоциации: разнотравно-тимофеечные остепненные луга (*Phleum phleoides* + *Calamagrostis epigeios* – *Artemisia commutata* – *Iris ruthenica* + *Potentilla bifurca*).

II. Класс формаций – пойменные луга.

1. Группа формаций – настоящие мезофильные луга.

Формация: овсяницево-суходольные луга (*Festuca pratensis*).

Основные ассоциации: разнотравно-злаково-овсяничево-вейниковые луга (*Festuca pratensis* + *Agrostis gigantea* + *Poa pratensis* + *Calamagrostis arundinacea* – *Carum carvi* + *Stellaria graminea*), полевицево-овсяничево-вейниковые луга (*Festuca pratensis* + *Agrostis gigantea*).

Формация: мятликово-долинные луга (*Poa pratensis*).

Основные ассоциации: разнотравно-мятликово-осоковые луга (*Poa pratensis* – *Carum carvi* + *Equisetum arvense* + *Trifolium repens*).

2. Группа формаций – низинные луга.

Формация: осоковые заболоченные луга (*Carex cespitosa* + *C. acuta* + *C. appropinquata*).

Основные ассоциации: полевицево-осоковая (*Carex cespitosa* + *C. appropinquata* – *Agrostis gigantea*), разнотравно-осоковая (*Carex cespitosa* + *C. acuta* + *C. appropinquata* – *Ranunculus repens* + *Comarum palustre* + *Caltha palustris* + *Bistorta officinalis*).

Тип растительности – болота.

I. Класс формаций – евтрофные болота.

1. Группа формаций – травяные болота.

Формации: вейниковая (*Calamagrostis langsdorffii*), осоковые (*Carex cespitosa*, *C. vesicaria*, *C. appropinquata*), вахтовая (*Menyanthes trifoliata*), хвощовые (*Equisetum fluviatile*, *E. palustris*), рогозовая (*Typha latifolia*).

2. Группа формаций – гипновые болота.

Формации: глянцева-тодрепанокладусовая (*Drepanocladus vernicosus*), блестящетомен-гипновая (*Tomenthyllum nitens*).

II. Класс формаций – мезотрофные болота.

1. Группа формаций – сфагново-гипновые болота.

Формация: сфагновая (*Sphagnum obtusum*).

Тип растительности – степи.

I. Класс формаций – луговые степи.

1. Группа формаций – разнотравно-злаковые луговые степи.

Формация: разнотравно-злаковая луговая (*Koeleria cristata* + *Poa steppes* + *Phleum phleoides* + *Helictotrichon pubescens* + *Elytrigia repens* + *heteroherbae*).

II. Класс формаций – настоящие степи.

1. Группа формаций – мелкодерновинные степи.

Формация: осочковая мелкодерновинная степь (*Carex duriuscula*).

2. Группа формаций – крупнодерновинные степи.

Формация: перистоковыльная степь (*Stipa pennata*).

Тип растительности – кустарниковая растительность.

1. Группа формаций – лугово-лесные кустарниковые сообщества.

Формации: ивовые (*Salix bebbiana*, *S. caprea*, *S. viminalis*), таволговая (*Spiraea media*), шиповниковая (*Rosa acicularis*), малиновая (*Rubus idaeus*), смородиновые (*Ribes nigrum*, *R. hispidulum*).

2. Группа формаций – торфянистые кустарниковые сообщества.

Формация: иволестнотаволговая (*Spiraea salicifolia*).

3. Группа формаций – болотистые кустарниковые сообщества.

Формация: смешанно-ивовая (*Salix viminalis* + *S. dasyclados* + *S. caprea*), смородиновая (*Ribes nigrum* + *R. hispidulum*).

Выводы

Основные типы растительности подтайги Канской котловины составляют леса, луга и болота, представленные 6 классами формаций, 11 группами формаций, 25 формациями, 39 основными ассоциациями. Степи, кустарниковые заросли, представленные 2 классами формаций, 6 группами формаций и 11 формациями, дополняют фитоценоотическое разнообразие региона.

Библиографический список

22. Антипова, Е.М. Классификация растительности северных лесостепей Средней Сибири / Е.М. Антипова // Ботанические исследования в Сибири. – Красноярск: РБО РАН, 2004. – Вып. 12. – С. 8–13.
23. Ермаков, Н.Б. Разнообразие бореальной растительности Северной Азии. Гемибореальные леса. Классификация и ординация / Н.Б. Ермаков. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2003. – 232 с.
24. Кумина, А.В. Основные итоги изучения растительного покрова правобережья Енисея / А.В. Кумина // Растительность правобережья Енисея южной части Красноярского края. – Новосибирск: Наука, 1971. – С. 2–12.
25. Лапшина, Е.И. Подтаежные и лесостепные сосновые леса и производные сообщества на их месте / Е.И. Лапшина // Растительный покров Западно-Сибирской равнины. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 120–125.
26. Маскаев, Ю.М. Геоботаническое районирование Абанского района Красноярского края / Ю.М. Маскаев // Растительный покров Красноярского края. – Новосибирск: Наука, 1964. – Вып. 1. – С. 30–47.
27. Павлова, Г.Г. Растительность левобережья р. Усолки / Г.Г. Павлова // Растительный покров

- Красноярского края. – Новосибирск: Наука, 1965. – Вып. 2. – С. 131–164.
28. Толмачев, А.И. К методике сравнительно-флористических исследований. Понятие о флоре в сравнительной флористике / А.И. Толмачев // Журн. Русс. бот. общ-ва. – 1931. – Т. 16. – № 1. – С. 111–124.
29. Храмов, А.А. Классификация болотной растительности южной тайги Красноярского края / А.А. Храмов // Растительный покров Хакасии. – Новосибирск: Наука, 1976. – С. 327–335.

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАПОВЕДНИКА «СТОЛБЫ»

Заповедник «Столбы» – одно из красивейших мест Красноярского края. Он является единственным заповедником в стране, имеющим туристский экскурсионный район. Уникальные природные условия открывают возможности для рекреации – от альпинизма и туризма до простого отдыха горожан. Но прежде всего – это эталон природы, по которому можно контролировать величайший эксперимент, каким оказалась хозяйственная деятельность человека.

Близость миллионного города, а также создание Красноярского водохранилища, конечно, оказывают влияние на природные условия заповедника. В перспективе его развития вытекает необходимость дальнейшего исследования и учета климатических ресурсов для наиболее рационального и эффективного использования. При этом важна степень изученности климатических показателей. Обычно их рассматривают в течение коротких промежутков времени (год, 5, 10, 15 лет и т. д.). В наших исследованиях рассматриваются данные метеонаблюдений заповедника «Столбы», включающие средние, максимальные и минимальные температуры, количество осадков, высоту снежного покрова и их изменение за 75 лет.

Систематические метеорологические наблюдения в заповеднике «Столбы» ведутся с 1927 г., причем до 1934 г. они были трехсрочными (7,13,21 ч), а первого и пятнадцатого числа каждого месяца – ежечасными.

С 1935 г. стали фиксироваться данные четырех сроков наблюдения.

В настоящей работе рассматривается изменение ряда метеозлементов за период, предшествующий созданию Красноярского водохранилища и после его заполнения. Красноярская ГЭС была построена в 40 км выше Красноярска. Наполнение ложа будущего водохранилища началось в феврале 1967 г., закончилось в августе 1970 г. Протяженность его 331 км, объем – 73,3 км, площадь – 2100 км. Несомненно, грандиозные размеры водохранилища оказывают влияние на климатические условия заповедника «Столбы» и г. Красноярска. Об этом свидетельствует сравнительный анализ изменения термического режима по данным метеостанций первых трех лет после создания водохранилища. Рассматривался ход среднемесячных, среднемесячных максимальных и среднемесячных минимальных температур воздуха до и после создания водохранилища.

Так, среднемесячная температура воздуха заметно понизилась с января по март как в Красноярске, так и в заповеднике примерно на 2,8 – 5,4°C. Несколько ниже стали температуры воздуха и с августа по октябрь (рис. 1, 2).

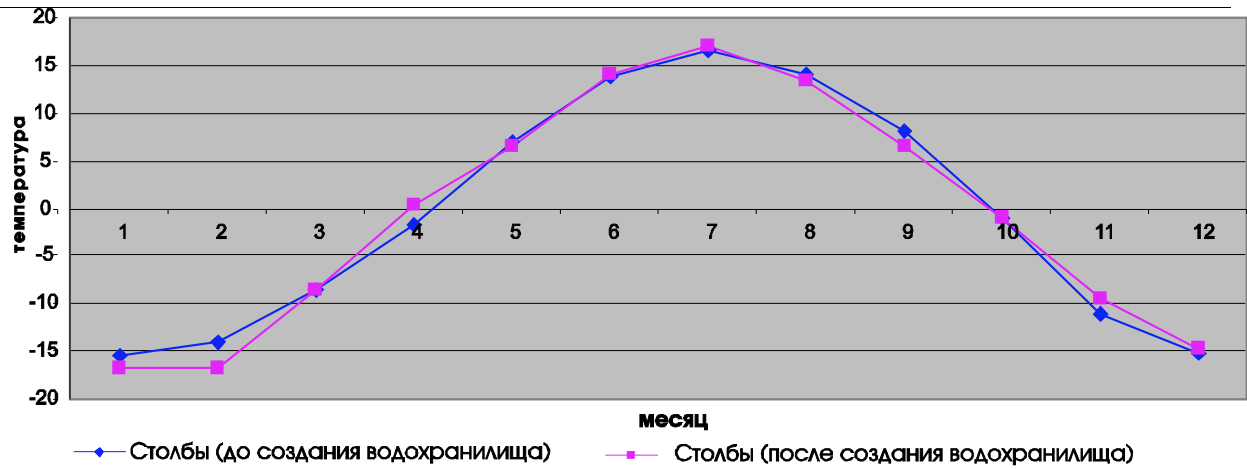


Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха заповедника «Столбы» до и после создания водохранилища (по данным заповедника «Столбы»)

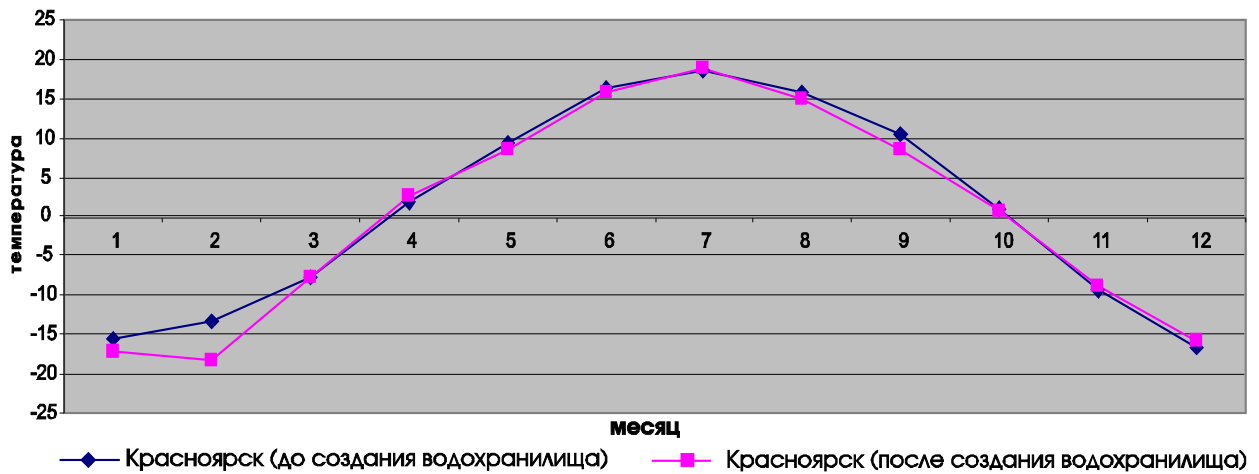


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха Красноярска до и после создания водохранилища (по данным Красноярской метеостанции)

Причем наиболее четко выражены данные изменения в Красноярске. В теплый период особых изменений термического режима в первые годы после создания водохранилища не обнаружено. Сравнивая климатические параметры заповедника «Столбы» и г. Красноярска, необходимо учитывать, что 91,9 % территории заповедника приходится на среднегорную часть и соответствует абсолютным отметкам 500–800 м. Климат среднегорной таежной части значительно отличается от климата соседней Красноярской котловины. Суровость климата характеризуется отрицательной средней температурой года для среднегорного пояса -12°C , для низкогорий $-0,8^{\circ}\text{C}$ в отличие от лесостепной зоны $0,3^{\circ}\text{C}$ и степной ($0,8^{\circ}\text{C}$). В то же время из-за зимней инверсии температур в среднегорном поясе зима гораздо теплее, это подтверждает годовая амплитуда $33,8^{\circ}\text{C}$, которая в климатических условиях низкогорья составляет $34,8^{\circ}\text{C}$, а в красноярской лесостепи – $37,3^{\circ}\text{C}$.

В последние десятилетия в масштабах всей планеты отмечается существенное изменение глобального климата с повышением приземной температуры воздуха. Многие авторы отмечают, что среднегодовая температура возросла на $0,6-0,7^{\circ}\text{C}$ за период инструментальных наблюдений с 1850 по 2000 гг. Аналогичны результаты расчетов на глобальных климатических моделях, участвующих в программе сравнения сценариев глобального климатического потепления, осуществляемой межправительственной группой экспертов по изменению климата (IPCC) и в международной программе сравнения результатов модельных реконструкций палеоклимата. Анализ среднегодовой и среднемноголетней температуры воздуха, по данным метеостанции заповедника «Столбы», представленный на рис. 3 и 4, отчетливо показывает тенденцию роста температуры, что свидетельствует о потеплении климата.

Минимальные значения среднегодовой температуры воздуха, по данным метеостанции «Столбы» за 75 лет, наблюдались в 1937 г. и соответствовали $-2,7^{\circ}\text{C}$, а максимальные – в 1997 г. – до $+2,8^{\circ}\text{C}$. Самое большое потепление за данный период зафиксировано в последнее десятилетие с 1993 по 2003 гг., когда среднегодовая температура изменилась от $0,3$ до $0,9^{\circ}\text{C}$.

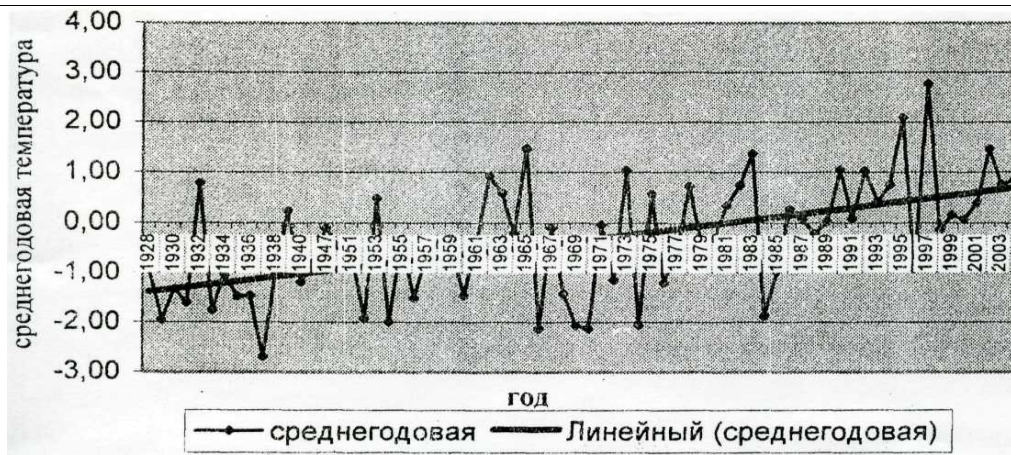


Рис. 3. Тренд среднегодовых температур

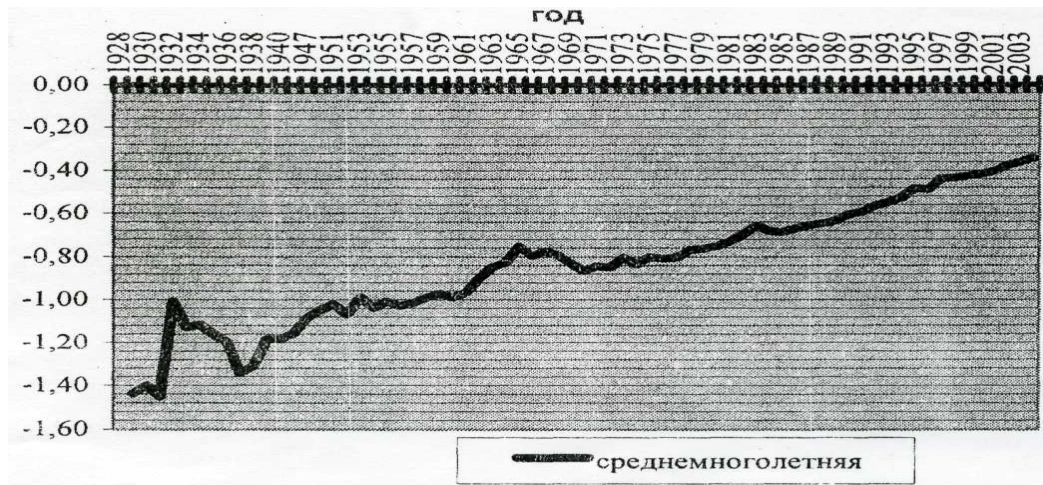


Рис. 4. Тренд средней многолетней температуры

Годовая амплитуда средних температур самого холодного (январь) и самого жаркого месяца (июль) в среднем составляет $32,9^{\circ}\text{C}$ и колеблется от $23,8^{\circ}\text{C}$ до $39,6^{\circ}\text{C}$. Разница между самой низкой средней температурой января за весь ряд наблюдений и самой высокой (июля) равна $69,9^{\circ}\text{C}$. Максимальная температура ($40,0^{\circ}\text{C}$) отмечена 19.06.1970, самое минимальное значение ($-45,0^{\circ}\text{C}$) термометр показал 05.01.2001. Суточные амплитуды температуры воздуха имели размах $31,4^{\circ}\text{C}$: от $31,6^{\circ}\text{C}$ (09.12.1972) до $0,2^{\circ}\text{C}$ (17.01.1939) при среднем значении $8,3^{\circ}\text{C}$. Среднемесячные температуры колеблются в среднем в течение года от $-18,5^{\circ}\text{C}$ до $+16,9^{\circ}\text{C}$. При анализе хода среднемесячных температур выяснилось, что наибольшая амплитуда присуща зимним месяцам: в январе она составила $17,7^{\circ}\text{C}$, в феврале $-17,6^{\circ}\text{C}$, в ноябре $-16,2^{\circ}\text{C}$, в декабре $-14,6^{\circ}\text{C}$. Для летних и осенних месяцев характерна меньшая вариабельность: $7,31^{\circ}\text{C}$ – в июле, $6,86^{\circ}\text{C}$ – в августе, $8,46^{\circ}\text{C}$ – в сентябре, $8,47^{\circ}\text{C}$ – в октябре. Это говорит о том, что изменение среднемультилетней температуры в меньшей степени происходит за счет летних месяцев и начала осени.

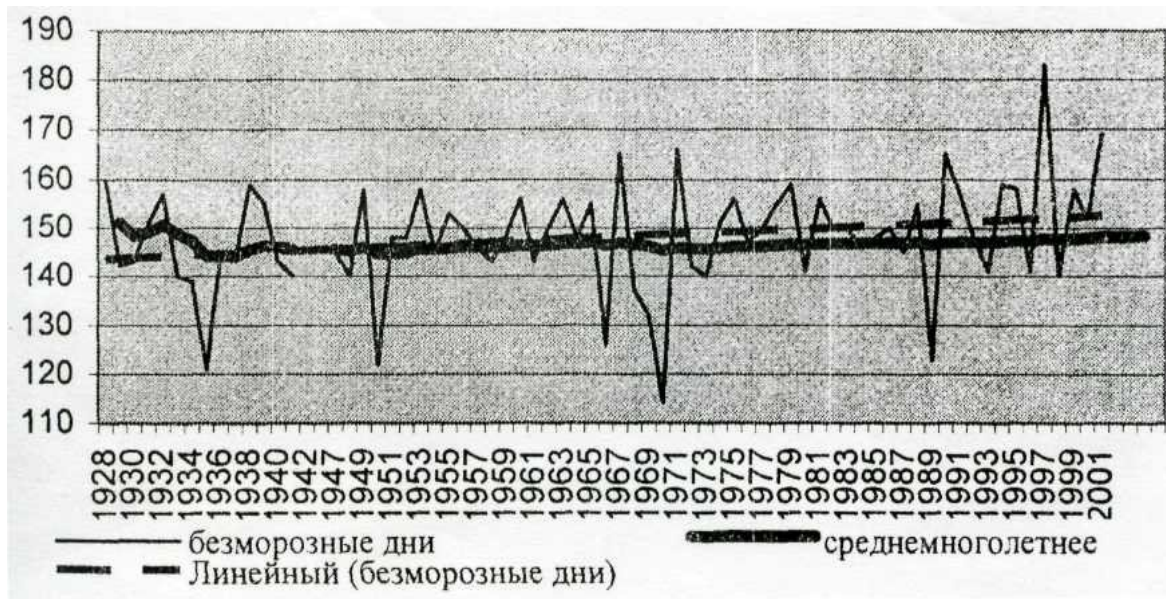


Рис. 5. Число бездморозных дней по годам

Бездморозный период составляет в среднем 145 дней и колеблется от 114 в 1970 г. до 183 – в 1990 г. Наблюдается тенденция увеличения числа бездморозных дней (рис. 5).

Ряд наблюдений за осадками начинается с 1947 г., так как данные раннего периода могут быть недостоверными в силу разницы методик сбора информации. Количество осадков по годам колеблется в пределах 545,9 мм, составляя в среднем 679,5 мм. Более всего осадков выпало в 1972 г. – 903,9 мм, самым сухим был 1989 г. – всего 358 мм. За указанный ряд лет какая-либо тенденция изменения годового количества осадков четко не просматривается. Тренд распределения осадков по годам представлен на рис. 6.



Рис. 6. Тренд количества годовых осадков

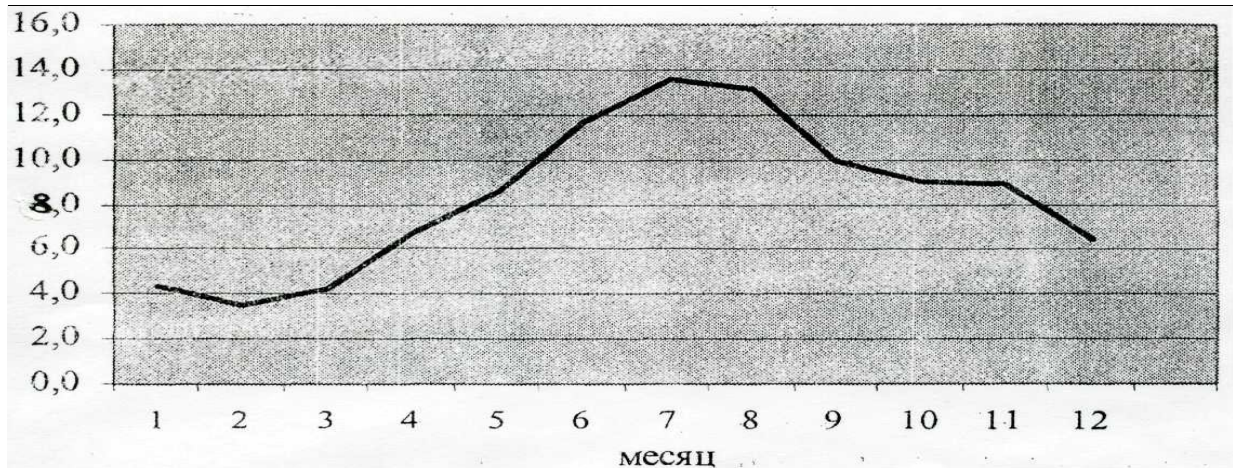


Рис. 7. Распределение осадков по месяцам за 1927–2004 гг.

В течение года осадки распределяются неравномерно. Летом выпадает более трети годового количества. Большинство выпадает в июле и августе (в среднем 27 %). Картину распределения осадков в течение года в среднем за весь ряд наблюдений можно увидеть на рис. 7. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова в среднем составляет 200 дней. Меньше всего (165 дней) постоянный снежный покров держался в 2002 г., а дольше всего – в 1941 г. (227 дней). Максимальная высота снега – 140 см – была отмечена 12.04.1966, самая малоснежная зима – в 1932–1933 гг., когда эта величина не превышала 54 см. Преобладают зимы со снежным покровом высотой 85–105 см.

Таким образом, многолетний ряд наблюдений характеризует климат заповедника как менее континентальный по сравнению с Красноярском, о чем свидетельствуют меньшая амплитуда годовых температур, более высокая средняя температура января и более низкая – июля (табл.).

Таблица

Сравнительная характеристика некоторых климатических показателей заповедника «Столбы» и г. Красноярск

Показатели	Заповедник «Столбы»	г. Красноярск
Годовая амплитуда средних температур	32,9°С	38°С
Средняя годовая температура воздуха	-0,34 °С	0,5°С
Средняя температура января	-16,2	-18,3
Средняя температура июля	16,8	19,4
Годовая сумма осадков	679,5 мм	316 мм

Выводы

1. Анализ среднегодовой и среднемноголетней температуры воздуха за 75 лет (с 1928 по 2003 гг.) показал рост температуры, что свидетельствует о потеплении климата. Максимальный рост наблюдался в последнее десятилетие, когда температура воздуха повысилась с 0,3°С до 0,9°С. Минимальное значение среднегодовой температуры воздуха наблюдалось в 1937г. (-2,7°С), а максимальная – в 1997 году (2,8°С).
2. Наблюдается увеличение числа безморозных дней с особо выраженной тенденцией в

последнее десятилетие: среднее количество –145, максимальная в 1990 году – 183 дня в году.

3. За указанный период не выявлено четкой тенденции изменения годового количества осадков. Среднее количество их составляет 679,5 мм и колеблется от максимальной величины 903,9 мм (1972 г.) до минимальной 358 мм (1989 г.).
4. Создание водохранилища и работа Красноярской ГЭС изменили режим реки Енисей, что сказалось на микроклимате заповедника «Столбы» и города Красноярска, главным образом на климате города из-за большей его континентальности:
 - 1) среднегодовая температура в городе повысилась на 0,2–0,9°C, в центре – на 1,5–1,7°C;
 - 2) в холодный период года среднемесячная температура повысилась на 2–3,8°C, а в центре – на 2,3–2,6°C. В теплый период наблюдается охлаждающее влияние реки – среднемесячная температура воздуха – на 0,2–1,5°C;
 - 3) переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C наблюдается весной на 8–9 дней раньше, чем до создания водохранилища;
 - 4) число дней с туманом увеличилось в 2–3 раза.

Библиографический список

30. Буторина, Т.Н. О корреляции некоторых феноиндикаторов с температурой / Т.Н. Буторина, Е.А. Крутовская // Труды государственного заповедника «Столбы». – Вып. II. – 1958. – С. 70–101.
31. Климат Красноярска. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 232 с.

ХИМИЯ

Т.А. Ананьева, С.А. Ананьев (ГУЦМиЗ)

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА КЛАСТЕР-АНАЛИЗА ПРИ ПЕТРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ МЕТАСОМАТИТОВ

Область восточных склонов Кузнецкого Алатау, включающая в себя исследуемый Саралинский золоторудный район, существовала как подвижная зона в течение всего верхнего протерозоя, нижнего и начала среднего кембрия. В общей структурно-формационной схеме Кузнецкого Алатау Саралинское рудное поле является составной частью Мартайгинско-Верхнелебедской зоны.

В рудных зонах, представленных золотой минерализацией, эффузивные толщи, в которых ведущее положение занимают стратифицированные тела миндалекаменных метабазалтов, наблюдаются интенсивные метаморфические процессы. Они проявляются в виде динамометаморфизма и метасоматоза [2].

В зонах динамометаморфизма на первое место выходят процессы механического расщепления фельзит-порфиоров, превращающих последние в милониты и брекчии.

Метасоматические процессы интенсивно проявляются в околорудном пространстве. Выделение петрохимических типов околожильных метасоматитов основано на кластер-анализе их химического состава. Факторный анализ по программе «Кластер» предусматривает кластирование переменных (составов) – R-тип и отдельных объектов (проб) – Q-тип. Последнее позволяет выявить новые, не предполагаемые группы изучаемых объектов. При анализе Q-типа нами осуществлялась группировка изучаемых проб в отдельные выборки, отвечающие определенным петрохимическим типам околожильных метасоматитов. В кластере R-типа выделенные выборки анализировались по набору породообразующих оксидов.

Кластер-методом было проанализировано 120 силикатных анализов. Для них получена дендрограмма сходства – кластер Q-типа (рис.1). В ней сила связи (идентичности) между пробами убывает от 0,0 до 1,0. Изучение дендрограммы позволило выделить 4 группы проб, различающихся между собой и соответствующих определенным типам метасоматитов. Остальные пробы в этом кластере объединились либо в малочисленные группы, либо в группы с низким уровнем корреляционных связей.

Изучение разброса и средних содержаний породообразующих оксидов в выделенных группах, а также петрографическое исследование данных типов пород с учетом их положения в конкретных разрезах позволили составить обобщенную метасоматическую ко-

лонку. В ней по направлению от рудных зон к вмещающим породам выделяются углеродистые окварцованные метасоматиты. Они слагают непосредственно экзоконтактовые зоны рудных тел и характеризуются высокой степенью окварцевания (содержание SiO_2 может достигать почти 97 %). Следующий петрохимический тип метасоматитов назван нами углеродистыми карбонатизированными порфиритоидами. Эти образования претерпели интенсивную милонитизацию и интенсивно обуглерожены. Третий тип отнесен к углеродизированным серицит-карбонатным метасоматитам. Эти породы часто рассланцованы и внешне напоминают черные сланцы. Завершают метасоматическую колонку интенсивно пропилитизированные метабазалты.

Кластер R-типа (рис. 2) отражает общие черты, характерные для всех типов метасоматитов. В кластере все компоненты разделились на две обособленные группы, связь между которыми отсутствует, равна нулю. В первую группу обособились $\text{TiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{FeO} - \text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}$; вторая объединила в себе $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{MnO} - \text{MgO} - \text{CaO} - \text{п.п.п.}$ (потери после прокаливания). К этим двум группам с сильной отрицательной связью примыкает SiO_2 (-0,85).

Каждая из выделенных групп имеет определенный генетический смысл. Так, в первой группе оксидов тесно связаны между собой TiO_2 и P_2O_5 (+0,86), к которым примыкает FeO (+0,71). Данная группировка породообразующих оксидов отражает первичный состав пород, а вернее, наличие в них акцессорных минералов – апатита, сфена, ильменита, магнетита. Нашли отражение в кластере и широко развитые в толщах процессы альбитизации (теснота связи Na_2O с предыдущей группировкой оксидов составляет +0,47) и серицитизации (мусковитизации) в виде сильной положительной связи между Al_2O_3 и K_2O . В целом эта группа оксидов наряду с тем, что отражает акцессорную минерализацию, свидетельствует о наиболее ранней альбитизации и серицитизации минералов эффузивов основного состава еще в стадию зеленокаменного изменения. Хотя, без сомнения, эти процессы возобновлялись и в период гидротермального изменения пород.

Вторая группа оксидов указывает на широкое проявление в рудовмещающих породах процессов карбонатизации и частично хлоритизации. Об этом свидетельствует тесная связь оксидов Mn , Mg , Ca с п.п.п. Положение двухвалентного и трехвалентного железа в разных группах, хотя связь между ними равна нулю, позволяет предполагать возможность изменения валентности этого металла при восстановительно-окислительных реакциях.

Кремнезем обособился от всех породообразующих оксидов и имеет с ними сильную отрицательную связь ($r = -0,85$). Такое положение оксида кремния в кластере свидетельствует о процессе интенсивного окварцевания всех околожильных пород. Причем этот процесс проявляется независимо от первичного состава пород, отличаясь лишь интенсивностью.

Рис. 1. Кластер Q-типа химических анализов рудовмещающих толщ:

1 – углеродистые окварцованные метасоматиты; 2 – углеродистые карбонатизированные порфиритовиды; 3 – углеродизированные серицит-карбонатные метасоматиты; 4 – измененные metabазальты

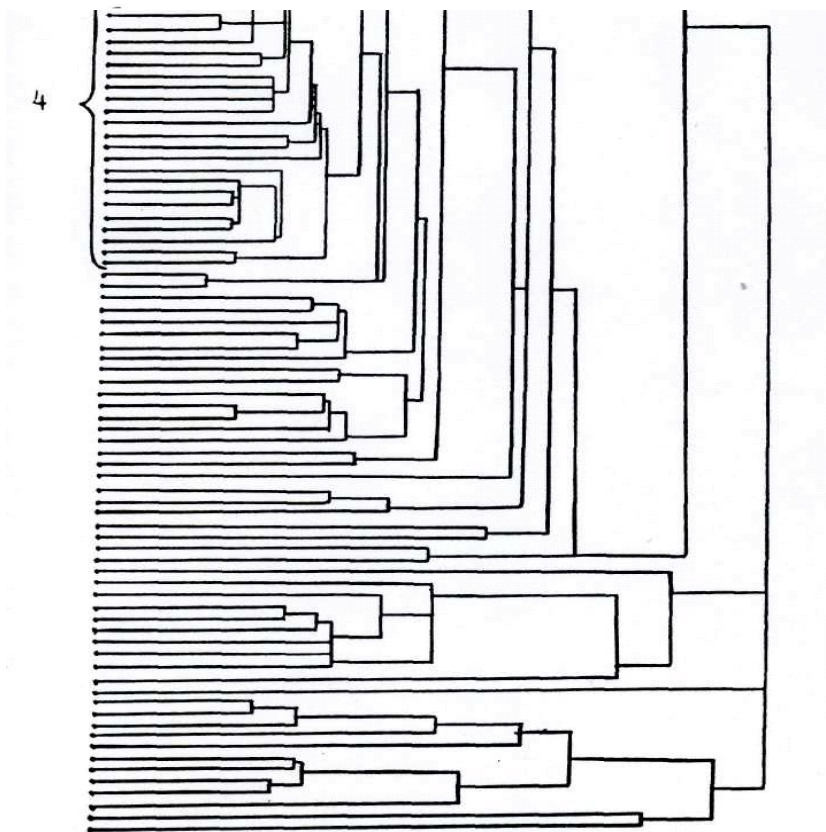
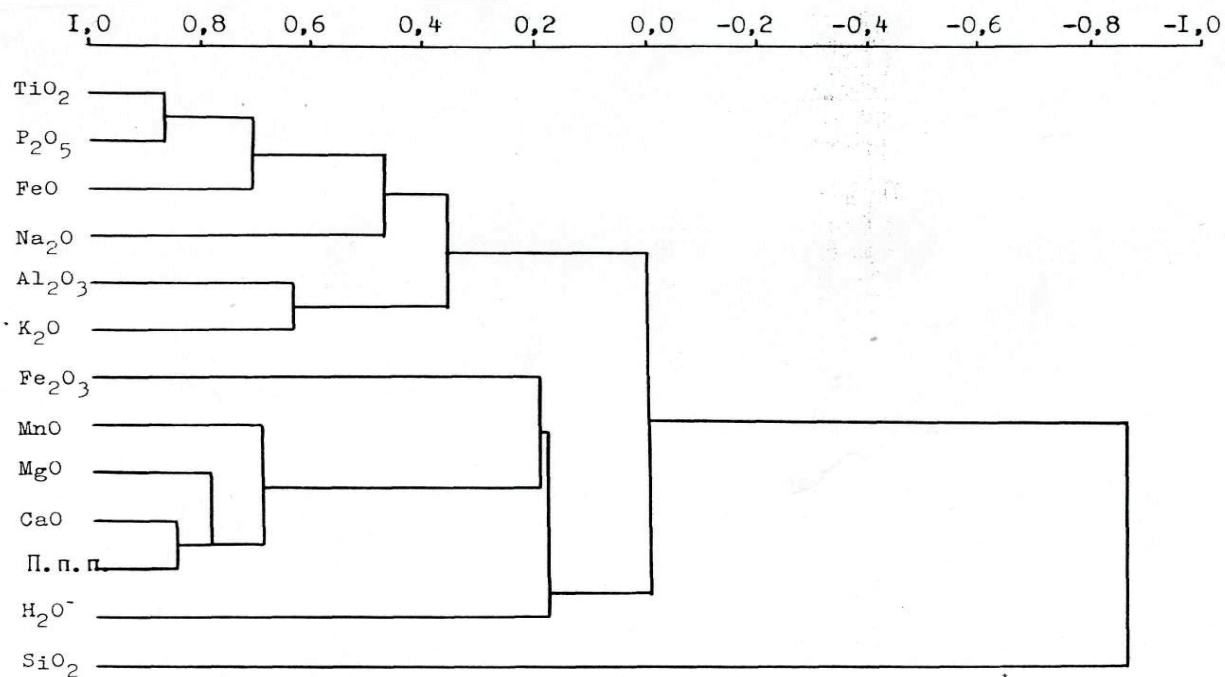


Рис. 2.
клас-
(R-
кого
около-

тасоматитов

Результаты
тер-анализа
тип) химичес-
состава
жильных ме-

Таким образом, кластер-анализ химического состава всех типов метасоматически измененных пород позволяет выделить три основных процесса, наложенных на исходные породы. Это процессы серицитизации и сопряженной с ней альбитизации, наложенной кар-

бонатизации и окварцевания. Вызваны они преимущественно гидротермальными изменениями метабазальтов при рудообразовании и отвечают процессам березитизации и пропицитизации, описываемым предыдущими исследователями. Каждому из этих процессов соответствует определенный тип пород, определенная зона метасоматической колонки. В идеальных условиях мы должны наблюдать последовательную смену зоны окварцевания зоной карбонатизации и далее через зону серицитизации наблюдать переход к неизменным породам. В реальных условиях эти зоны нечетки, неявны, может наблюдаться ритмичное чередование этих зон либо выпадение некоторых из них из разреза [1].

Анализ химического состава (рис. 3) позволяет дать петрохимическую характеристику выделенным 4 типам околожильных метасоматитов. По отношению к исходным метабазальтам наиболее сильные изменения химического состава устанавливаются в первой и второй зонах. Если первая зона, прилегающая непосредственно к кварцевой жиле и частично захватывающая ее, характеризуется сильным окварцеванием с вытеснением всех других элементов, то соседняя отвечает зоне выноса кремнезема с накоплением СаО и частично MgO, Fe₂O₃, FeO.

Зоны 3 и 4 характеризуются большим сходством между собой. Однако петрохимические различия очевидны. В измененных метабазальтах по сравнению с другими типами метасоматитов резко возрастает содержание Na₂O, указывающее на альбитизацию этих пород. В соседней гидротермально измененной зоне 3 содержание Na₂O резко падает. Для всех других компонентов наблюдается некоторый рост содержаний за исключением SiO₂ и Al₂O₃. Последний является единственным оксидом, содержание которого закономерно возрастает от первой зоны к четвертой.

Хотя различия в химическом составе между зонами 2 и 3 очень сильны, породы, их слагающие, внешне могут быть похожими, напоминая черные сланцы.

Анализ кластер-методом химического состава каждого из четырех выделенных типов метасоматитов в сочетании с петрографической характеристикой позволяет глубже понять особенности их химизма в связи с минеральным составом. Группа пород из первой зоны метасоматической колонки (углеродистые окварцованные метасоматиты) примыкает к кварцевой жиле или является контактовыми ее частями. По внешнему облику – это интенсивно окварцованные сланцевые породы. Характер окварцевания разнообразен. Он может проявляться в тонкозернистом пропитывании всей массы породы, вплоть до образования кварц-халцедоновых зон, а также в появлении отдельных более крупных метакристаллов кварца. Неоднократные тектонические подвижки приводили к дроблению самой жилы и ее экзоконтактовых зон. Трещины, как правило, выполняются кварцевыми прожилками.

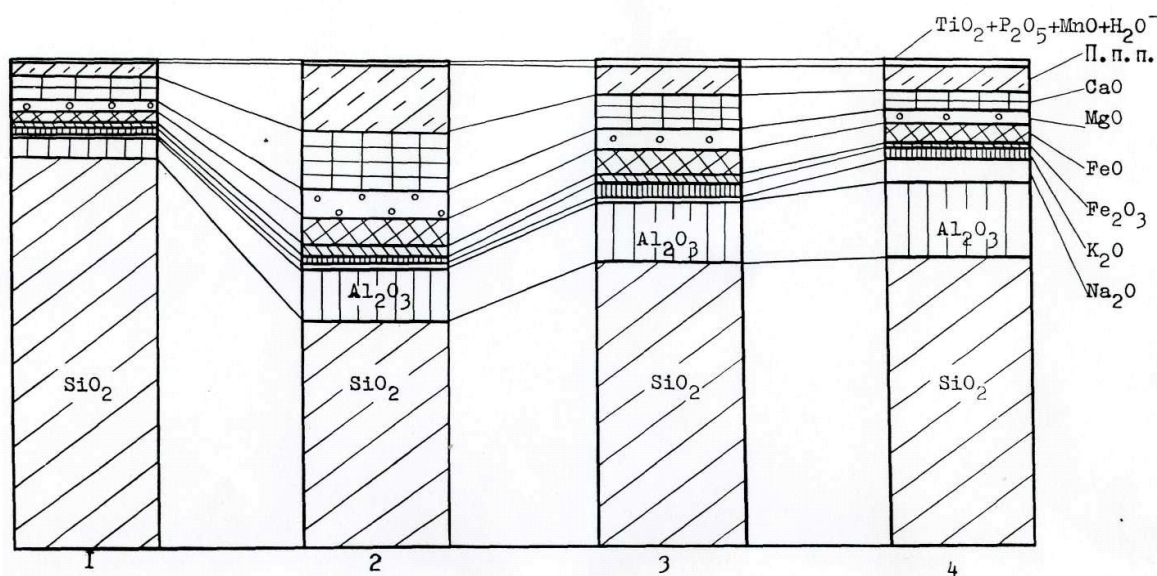


Рис. 3. Диаграмма изменения весовых содержаний породообразующих оксидов в метасоматической колонке (кварцевая жила – вмещающие породы)

Наглядное представление о характере взаимосвязи петрогенных компонентов в данном типе пород дает анализ кластера R_1 (рис. 4). Главной особенностью строения кластера является сильная отрицательная связь кремнезема со всеми остальными оксидами, что свидетельствует о вытеснении последних в процессе окварцевания. Оксиды, подвергающиеся выносу, на долю которых приходится от 3 до 35 весовых %, объединяются в кластере положительными связями ступенчатого характера. Наиболее сильно связанные группы оксидов $TiO_2 - Al_2O_3 - FeO - MgO - K_2O - MnO - CaO - \text{п.п.п.}$ соответствуют слюдисто-карбонатной минерализации данных пород.

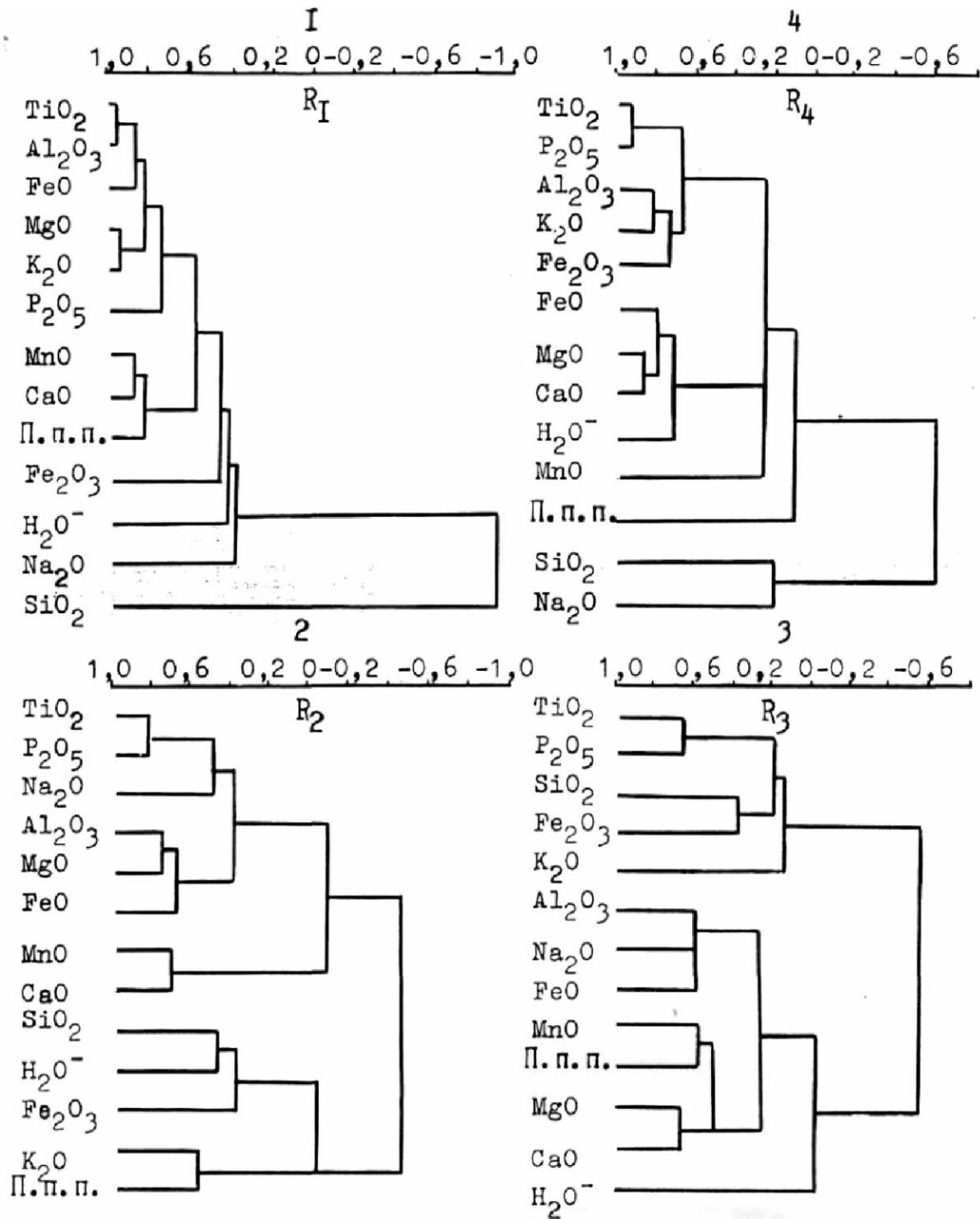


Рис. 4. Результаты кластер-анализа (R-тип) химического состава различных типов около-жильных метасоматитов:

1 – углеродистые окварцованные метасоматиты; 2 – углеродистые карбонатизированные порфиритоиды; 3 – углеродизированные серицит-карбонатные метасоматиты; 4 – измененные metabазальты

Породы второй и третьей зон рассматриваются нами как измененные в различной степени metabазальты. Наиболее интенсивное химическое преобразование претерпела вторая зона. Она отвечает зоне выноса SiO_2 и относительного накопления оксидов Ca, Mg, Fe. Сильному изменению пород способствовала их милонитизация, сопровождающаяся интенсивной углеродизацией.

Структура кластера углеродистых карбонатизированных порфиритоидов достаточно сложна (рис. 4, кластер R_2). Оксиды объединяются в многочисленные группы, связь между которыми ослаблена и приближается к нулю. Это является следствием существенной неоднородности данных пород, вызванной их тектонической переработкой. В этом типе пород наиболее тесно связанной является группа $\text{TiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5$. Она отвечает аксессуарной

минерализации и наследуется из исходных пород. Данная группа устанавливается во всех последующих зонах метасоматической колонки (кластеры R_3 и R_4). Сильными положительными связями объединены оксиды $Al_2O_3 - MgO - FeO$ и $MnO - CaO$, причем связь между этими группами практически отсутствует. К ним с достаточно сильной отрицательной связью (-0,5) примыкают SiO_2 , Fe_2O_3 , K_2O , п.п.п. Это находит объяснение в химических особенностях метасоматоза в данной зоне (рис. 3). Она характеризуется привносом Ca, Mg, Fe и сильным выносом SiO_2 . Выносу подвержен также и K. Отрицательную связь между CaO и п.п.п. можно объяснить разложением карбонатов при милонитизации и переводом части углекислого газа в углеродистое вещество. Несмотря на то что в этой зоне возрастает содержание суммарного железа, смена окислительно-восстановительного режима приводит к его восстановлению, поэтому кластер фиксирует отрицательную корреляционную связь между FeO и Fe_2O_3 .

Породы третьей метасоматической колонки (рис. 3) по внешнему виду часто напоминают черные сланцы и очень похожи на породы второй зоны. Это связано с их частичным рассланцеванием и наложенной углеродизацией. Однако по химическому составу они ближе всего к метабазальтам и являются своеобразной промежуточной зоной между второй и четвертой. Данные породы получили общее название – углеродизированные серицит-карбонатные метасоматиты.

Кластер R_3 (рис. 4), характеризующий породы данной зоны метасоматической колонки, во многом наследует черты кластера R_2 . Сохраняется отрицательная корреляционная связь (-0,6) между SiO_2 , Fe_2O_3 , K_2O и остальными главными породообразующими оксидами. Структура кластера отражает те же процессы, которые охарактеризованы нами для предыдущей зоны. Только лишь обособление тесно связанных оксидов $MnO - п.п.п. - CaO$ свидетельствует об устойчивости карбонатных минералов, что, вероятно, является следствием снижения уровня тектонической проработки пород этой зоны. Кроме этого, можно отметить, что совместное нахождение SiO_2 и K_2O в единой группе отвечает процессам окварцевания и серицитизации, протекающим обычно одновременно. Группировка $Al_2O_3 - Na_2O - FeO$ отражает протекающие в породе процессы альбитизации и хлоритизации.

Петрохимические особенности внешней зоны, представленной в различной степени измененными метабазальтами, нашли отражение в кластере R_4 (рис. 4). По химическому составу эти породы выделяются высоким содержанием Al_2O_3 (15,26 %) и Na_2O (3,62 %). Для них характерны минимальное по сравнению с другими породами содержание окисного железа и очень низкое, приближающееся к нулю отношение окисного железа к сумме окисного и закисного, что свидетельствует о преимущественно силикатной форме железа.

Кластер выявляет наиболее тесную связь между TiO_2 и P_2O_5 (+0,95). Группировка этих двух компонентов, сохраняющаяся в двух предыдущих зонах метасоматической колонки, указывает на высокую устойчивость аксессуарных минералов: апатита, сфена, ильменита при околорудном метасоматозе. Объединение в следующей группе оксидов $Al_2O_3 - K_2O - Fe_2O_3$ отражает накопление их в сериците и реже в биотите. Появление группы $FeO - MgO - CaO$ может служить свидетельством разных процессов – эпидотизации, хлоритизации, карбонатизации. Главной особенностью кластера является четкая отрицательная связь с этими оксидами группы $SiO_2 - Na_2O$. Эта связь указывает на процессы привноса данных компонентов в метабазальты, которые могли предшествовать рудообразованию, но, безусловно, активизировались последним. По всей видимости, альбитизация, вызван-

ная привносом натрия, носила региональный характер, а привнос кремнезема, вызывающий в некоторых случаях окварцевание metabasalts, в большей степени связан с этапом формирования жил.

Таким образом, использование кластер-метода при анализе химического состава околорудных метасоматитов в сочетании петрографическими и петрохимическими исследованиями позволило выделить их типы и проанализировать положение в ряду метасоматической зональности. Устойчивые минеральные парагенезисы в различных зонах метасоматической колонки «жила – вмещающие metabasalts» нашли отражение в структуре корреляционных связей соответствующих кластеров.

Библиографический список

32. Ананьева, Т.А. Палеотектонический режим и отражение его в магматизме Саралинского рудного поля / Т.А. Ананьева, С.А. Ананьев // Производительные силы Красноярского края в современных социально-экономических условиях. – Красноярск, 1999. – С. 45–46.
33. Геология Саралинского рудного района: монография / А.М. Сазонов, Р.А. Цыкин, Т.А. Ананьева и др.; ГАЦМиЗ. – Красноярск, 1997. – 144 с.

НАСКОЛЬКО ЗДОРОВ ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫЙ ЧЕЛОВЕК?

Введение

Экологически обусловленное ухудшение здоровья занимает ведущее положение в иерархии глобальных проблем современности. В условиях мегаполиса острее проявляются социально значимые и профессионально обусловленные дефекты здоровья населения: дизадаптивные синдромы, социально-экологическое переутомление, стрессогенные заболевания. Механизмы адаптации к изменению социальной и экологической среды высоко уязвимы в условиях острого и хронического напряжения вследствие воздействия физических, химических и социальных факторов внешней среды.

В соответствии с Концепцией охраны «здоровья здоровых» в Российской Федерации (2002) и отраслевой Программой «Охрана и укрепление “здоровья здоровых” на 2003–2010 гг.» (2003) субъектом восстановительной и профилактической медицины становится преимущественно не больной, а здоровый человек. При снижении функциональных резервов организма приоритетное значение приобретает ранняя диагностика нарушений гомеостаза, необходимая для комплексного и эффективного оздоровления внутренней среды организма.

Метаболической основой резистентности является кислородный гомеостаз. Его устойчивость имеет исключительное значение для функционирования клеточного звена неспецифического иммунитета, статусметрия которого при патологических состояниях обеспечивается с помощью экспрессного и информативного хемилюминесцентного (ХЛ) анализа крови [1; 2; 7].

Однако информативные возможности этого метода для получения данных об адапционном резерве функционально-метаболических процессов резистентности организма здорового человека не были раскрыты и ХЛ-анализ крови не использовался ранее при мониторинге экологического здоровья организма под влиянием ряда контролируемых и неконтролируемых факторов окружающей среды. Традиционные методы диагностики не позволяют оценить, насколько здоров «практически здоровый» человек. Однако именно это необходимо для повышения эффективности профилактики стрессогенных нарушений здоровья как важнейшего компонента качества жизни.

Одним из интегральных критериев адаптационного потенциала организма может служить функциональный резерв клеточного звена неспецифической резистентности, оцениваемый по кинетике и уровню продукции активных форм кислорода фагоцитами крови с помощью хемилюминесцентного (ХЛ) метода по *Топо-Ока et al.* (1983) в модификации Земскова В.М. с соавт. (1988). Целью работы было исследование функционально-метаболических процессов резистентности организма в условиях природных и техногенных воздействий. Работа проведена в составе межведомственной группы исследователей, включавшей сотрудников Красноярской медицинской академии и Красноярского паучного центра СО РАН при грантовой поддержке Министерства образования Российской Федерации (№ 004.01.03.12, 2000 г.), Российского гуманитарного научного фонда (№ 01–06–66004а/Т,

2001–2003 гг.), ГОУ ВПО «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева» (№ 25031ФМ и № 26032 ИМ, 2003 г.; № 50–04–1/ФМ, 2004 г.).

Материалы и методы исследования

Контрольная группа включала 106 взрослых абсолютно здоровых людей обоего пола 18–65 лет и 78 детей 9–16 лет, чей физиологический статус был подтвержден результатами клинических и биохимических исследований в ходе углубленных медицинских осмотров. В числе практически здоровых обследованных были 678 женщин (в том числе 22 с неосложненной беременностью) и 390 мужчин 18–66 лет. Для определения функционального диапазона клеточных эффекторов от нормы до патологии проанализированы кинетограммы образцов крови 577 взрослых и 128 детей с заболеваниями, сопровождающимися нарушениями окислительного гомеостаза различной степени выраженности (ревматоидный артрит, аллергия, острая респираторная вирусная инфекция (ОРВИ), диабет, гипертония, остеохондроз и др.).

Баланс прооксидантных и антиоксидантных процессов определяли с помощью ХЛ-анализа крови на базе лицензированной лаборатории сектора иммунологии при Президиуме КНЦ СО РАН с применением микрометода люминолзависимой латекс-стимулированной хемилюминесценции по *Tono-Oka e.a.* (1983) в модификациях [3; 4]. В работе использовали 36-канальный хемилюминометр «CL – 3604». В качестве информативных параметров ХЛ-реакции использовали амплитуду (I_{max}), время достижения максимума (T_{max}), светосумму за время наблюдения (S), время высвечивания 50 %-ного количества квантов (T_c).

Статистическая обработка результатов включала сравнение генеральных дисперсий выборочных данных и проверку их соответствия закону нормального распределения для применения параметрических (t -критерий Стьюдента) и непараметрических (U -критерий Манна-Уитни, W -критерий Вилкоксона) критериев оценки межвыборочных различий. В работе использовали пакеты программ *Lgraf.exe* (для накопления массивов данных, графического и цифрового выражения ХЛ-реакции, группировки и статистического анализа экспериментальных данных) и *STATGRAPHICS 6,0 for Windows* (для определения критериев Колмогорова-Смирнова, Вилкоксона, Манна-Уитни); коэффициенты корреляции и параметры распределения (средние значения, дисперсии, ошибки средних, коэффициент вариации) рассчитывали с помощью системы *Microsoft Excel*.

Результаты и обсуждение

Результаты сравнения параметров ХЛ-реактивности фагоцитирующих клеток крови у абсолютно здоровых и практически здоровых, т.е. не предъявляющих жалоб на здоровье, взрослых людей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры кинетики ХЛ-ответа фагоцитов у здоровых людей

Показатели	Абсолютно здоровые ¹		Практически здоровые ²	
	ХЛ-а	ХЛ-б	ХЛ-а	ХЛ-б
I_{max} , имп/с	2904	1526	4114	2318
T_{max} , мин	39,4	69,6	60,2*	71,2
T_c , мин	44	62,7	54*	63

S , млн.имп.	8,4	2,8	13,6	7,8
$Smtr$	0,89	1,10	0,96	1,12
ОИ, отн. ед.	0 – 33	0 – 35	29	7
PK_I	10	–	1,6*	–
PK_S	3,8	–	1,74*	–

Примечания

¹ Объективный статус здоровья подтвержден клиническими и лабораторными исследованиями ($n=106$).

² Не предъявляли жалоб на здоровье ($n= 1068$).

* Статистически значимые различия между группами по U -критерию Манна-Уитни (уровень значимости 99 %).

Из представленных данных следует, что симметрия кинетограмм (T_{max} , T_c) и резервная мощность (РК) фагоцитов достоверно отличались от нормы, а оценочный индекс (ОИ) прооксидантного сдвига был близок к критическому пределу. В обследованной выборке экстремумы амплитуды и светосуммы ХЛ-ответа различались в 10 раз, составляя от 30 – 50 до 300 % и более относительно абсолютной нормы, при этом максимальный функциональный резерв клеточных эффекторов, «оплаченный» 4-кратным возрастанием ОИ, наблюдался при эустрессе (физиологическая беременность). Поэтому были выделены три категории иммунореактивности фагоцитов (гипо- нормо-, гиперреактивный типы), частота встречаемости которых в выборке составила 6, 48 и 46 % соответственно. Эти результаты согласуются с данными о высокой подверженности населения города респираторным (в том числе вирусным) и онкологическим заболеваниям [5].

С помощью двухфакторного дисперсионного анализа было установлено, что максимум выработки АФК фагоцитами зависел от возраста, но не от пола. В то же время интенсивность процессов прооксидантной фазы вне зависимости от возраста у женщин находилась под жестким гомеостатическим контролем, а у мужчин была лабильной. Это указывало на относительную независимость механизмов окислительного гомеостаза функционально-метаболических процессов резистентности: первый определяется скоростью элиминации свободных радикалов за счет АОС организма, второй обеспечивает их продукцию.

Для выяснения функционального диапазона метаболические процессы резистентности были исследованы в условиях окислительного дистресса при патологии. Энергетически затратный и неэффективный характер протекающих приспособительных реакций проявлялся в гиперреактивном ответе клеток при резком сужении функционального диапазона фагоцитов. Так, значения PK_S располагались в диапазоне 0,5–2,5 (норма 3,8); PK_I 0,5–2,5 (норма 10), ОИ 10–60 (норма 0–33). При этом PK_I снижался относительно нормы при воспалительных заболеваниях в 10–20 раз, а при невоспалительных – в 3 раза. На этом фоне снижение данного показателя у практически здоровых людей в среднем в 2 раза означало приближение к критической границе с патологией.

На основе определения кинетических параметров ХЛ-ответа фагоцитов у человека для нормы, предболезни и патологии были рассчитаны градации для критериев оценки функционального потенциала клеточной неспецифической защиты: резервные коэффициенты PK_S , PK_I и оценочный индекс прооксидантного сдвига (табл. 2).

**Уровни критериев функционального резерва клеточного звена
неспецифической защиты при различных состояниях организма**

Состояние	Критерий функционального резерва фагоцитов		
	PK _s , отн.ед.	PK _l , отн.ед.	ОИ, отн. ед.
Здоровье	≥ 3,8	≥ 10	0
Предболезнь	1,5 < PK _s < 3,8	2 < PK _l < 10	0 < ОИ < 33
Патология	≤ 1,5	≥ 2	> 33

Функциональный ответ фагоцитов при патологии характеризуется выровненным или инвертированным соотношением активированной и базальной продукции свободных радикалов и снижением резервного коэффициента PK_l в 30 раз при воспалительных, в 3 раза – при невоспалительных заболеваниях и в 2 раза – на стадии предболезни. Резервные коэффициенты PK_s, PK_l и оценочный индекс прооксидантного сдвига, рассчитанные по параметрам кинетики «дыхательного взрыва» фагоцитов, могут служить критериями адаптационного потенциала неспецифической резистентности организма. Норма характеризуется значениями PK_s ≥ 3,8; PK_l ≥ 10; ОИ = 0 %; болезнь – PK_s ≤ 1,5; PK_l ≤ 2; ОИ > 33 %, предболезнь – 1,5 < PK_s < 3,8; 2 < PK_l < 10; 0 % < ОИ < 33 %. У 80 % клинически асимптомных взрослых людей обоего пола трудоспособного возраста клеточное звено неспецифической резистентности функционирует в условиях оксидативного стресса. Прооксидантный сдвиг превысил уровень нормы в 1,2 раза, эндогенный свободнорадикальный фон – в 3,6 раза. О достижении предела толерантности свидетельствуют снижение функционального резерва клеточного звена неспецифического иммунитета в среднем в 1,7 раза и обнаруженный у 6 % выборки «функциональный паралич» фагоцитов.

Анализ степени снижения функционального резерва клеточного звена неспецифической резистентности организма человека с учетом природных и техногенных воздействий среды показал, что динамика функциональной активности фагоцитирующих лейкоцитов крови имела сезонный характер и не зависела от объема лейкоцитарного пула. В весенне-летний период при нормальном содержании фагоцитов в кровяном русле их свободнорадикальная продукция в 3 и более раз превышала норму, тогда как в осенне-зимний период снижалась до 30–45 % от нормы при нарастании прооксидантного сдвига, особенно в условиях пищевых дисбалансов. Наблюдаемое при этом увеличение лейкоцитов и фагоцитов в гемоциркуляции не компенсировало ослабления одной из наиболее энергозатратных функций клеточного иммунитета в период максимальных теплопотерь и отражало повышение адаптационного напряжения, а не резистентности.

Под влиянием перехода на «зимнее» и «летнее» время найденные нарушения окислительного гомеостаза усиливались преимущественно у молодых людей 18–30 лет. Синергизм зимнего сдвига времени (тайм-шифта) и сезонного угнетения «дыхательного взрыва» фагоцитов обуславливал резкое ослабление защитной функции фагоцитов – резервный коэффициент снижался в 2 раза, а прооксидантный сдвиг увеличивался в 3 раза. Напротив, в ходе летнего тайм-шифта мощное сезонное нарастание активности функционально-метаболических процессов резистентности сглаживало сбой клеточной реактивности до уровня тенденции, что согласуется с данными о стимулирующем влиянии физиологических доз УФ-облучения на активность нейтрофилов крови [6]. Под влиянием эмоционального стресса функциональный резерв фагоцитов крови изменялся в зависимости

от сезонного фона и пола. В зимний период величина резервного коэффициента (РК) у женщин и мужчин снижалась до 42 и 30 % от нормы соответственно, в летний – приближалась к референтным значениям (76 и 95 % от нормы соответственно). Изменения клеточной реактивности у мужчин были более мобильными, происходили на фоне снижения базальной генерации АФК фагоцитами и сопровождалась менее выраженным нарастанием прооксидантного сдвига, чем у женщин.

Установлено, что производственные нагрузки у работающего населения также сопряжены с риском дизадаптации клеточного механизма неспецифического иммунитета (табл. 3). При этом нарушения редокс-гомеостаза у практически здоровых людей отражали не только контрастность физической и умственной работы, но и специфику интеллектуальных нагрузок.

У детей в условиях постоянного химического загрязнения урбанизированной среды реализуется экстремальный механизм адаптации с еще более высоким, чем у взрослых, овершутом (прооксидантный сдвиг в 1,6 раз, а эндогенная продукция свободных радикалов в 4,2 раза превышают физиологические пределы, уровень МДА выше нормы на 30 %, $p < 0,05$), дисбалансом минерального статуса и редукцией защитных механизмов (функциональный резерв фагоцитов снижен в 2,1 раза, содержание компонентов АОС ниже нормы на 10–40 %, $p < 0,05$).

Таблица 3

Функциональный потенциал клеточной неспецифической резистентности при умственном и физическом труде

Вид труда	Профессиональные группы, число измерений (<i>n</i>)		ОИ, отн. ед.	РК _{ср} , отн. ед.
	профиль	специальность		
Умственный	естественнонаучный	Лекторы-химики (<i>n</i> = 14)	17	1,97
		Лекторы-биологи (<i>n</i> = 12)	18	3,45
		Лаборанты-биологи (<i>n</i> = 11)	21	4,31
		Лаборанты-химики (<i>n</i> = 10)	22	2,18
		Лекторы-экспериментаторы (химики) (<i>n</i> = 15)	40*	2,40
		Лекторы-экспериментаторы (биологи) (<i>n</i> = 15)	19	2,63
	гуманитарный	Лекторы-гуманитарии (<i>n</i> = 25)	19	3,19
	администраторы	Секретари (<i>n</i> = 19)	15	2,14
	Администраторы (<i>n</i> = 16)	27	2,32	
	Операторы ПЭВМ (<i>n</i> = 28)	12	1,87*	
Физический	рабочие	Строители (<i>n</i> = 14)	68*	3,60
	рабочие	Электротехники (<i>n</i> = 14)	18	1,64*
Норма (<i>n</i> = 106)			0–33	3,82

Примечание

* Статистические различия достоверны при уровне значимости 99 % (под контролем *U*-критерия Манна-Уитни).

У 62 % женщин с неосложненной беременностью в первом триместре функциональный потенциал фагоцитов снижается в 2,3 раза, прооксидантный сдвиг в 1,3 раза превышает физиологический предел. У 38 % беременных женщин обнаружено двукратное повышение резервной мощности клеточной иммунореактивности, «оплаченное» трехкратным усилением прооксидантного сдвига и восьмикратным возрастанием эндогенной свободнорадикальной агрессии.

Выводы

Получены системные критерии с высокой диагностической значимостью, позволяющие отделить норму от патологии и оценить защитно-приспособительные ресурсы организма человека задолго до их исчерпания.

У практически здоровых людей ($n = 1168$) в 80 % случаев наблюдаются ранние признаки оксидативного стресса, а в 6 % случаев – гипопродукция свободных радикалов и истощение функционального резерва фагоцитов, свидетельствующие об опасности срыва защитно-приспособительных механизмов, в первую очередь у детей, а также у женщин в период беременности. Таким образом, действительно здоровыми являются лишь 14 % из категории «практически здоровых» (т. е. не больных) людей.

Библиографический список

34. Клебанов, Г.И. Клеточные механизмы прайминга и активации фагоцитов / Г.И. Клебанов, Ю.А. Владимиров // Успехи совр. биол. – 1999. – Т. 119. – № 5. – С. 462 – 475.
35. Яровая, Г.А. Контактная система. Новые представления о механизмах активации и биорегулирующих функциях / Г.А. Яровая, Т.Б. Блохина, Е.А. Нешкова // Биохимия. – 2002. – Т. 67. – Вып. 1. – С. 16 – 30.
36. Земсков, В.М. Изучение функционального состояния фагоцитов человека (кислородный метаболизм и подвижность клеток) / В.М. Земсков, А.А. Барсуков, С.А. Безносенко и др. – М.: Ин-т иммунологии, 1988. – С. 18.
37. Пухова, Я.И. Исследование молекулярных механизмов кооперативных взаимодействий при хемилюминесценции иммунокомпетентных клеток в системе цельной крови / Я.И. Пухова, К.И. Пухов; Препринт ИН СО АН СССР № 208Б. – Красноярск, 1993. – 12 с.
38. Климацкая, Л.Г. Особенности среды обитания и здоровья населения Красноярского края / Л.Г. Климацкая, С.В. Куркатов. – Красноярск: Изд-во КрасГМА, 2002. – 124 с.
39. Хомякова, Н.Ф. Влияние УФ-излучения на нейтрофилы больных атопическим дерматитом / Н.Ф. Хомякова, В.Б. Туровецкий, Н.А. Константинова, О.В. Грабовская // Врачебный журнал. – 2000. – № 1. – С. 50 – 51.
40. Mahr, U. Synthesis and characterization of porous polymer membranes produced by interparticle crosslinking / Mahr U., Purnama H., Kempin E. et al. // Journal of Membrane Science. – 2000. – 171 (2). – P. 285–291.
41. Tono-Oka, T. Chemiluminescence of whole blood: A simple method for estimation of phagocytic of granulocytes and opsonic activity whole blood / Tono-Oka T., Norihito U., Takohido M. E., et al. // Clin. Immun., Immunopathol. – 1983. – Vol. 26. – № 1. – P. 66–75.

ФИЗИКА

С.И. Смирнов, С.В. Комогорцев

???. .
???????????? ??????? ???? ????????????? ?????????? ???? ? ?????????? ????????????????

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ НАМАГНИЧИВАНИЯ АНСАМБЛЕЙ НАНОЧАСТИЦ С КОМБИНИРОВАННОЙ СИММЕТРИЕЙ МАГ- НИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ

Введение

Термины «нанонаука», «нанотехнология», «наноструктурированные» (материалы и объекты) сегодня уже прочно вошли в повседневную жизнь, ими обозначают приоритетные направления научно-технической политики в развитых странах [1]. Так, в США действует программа «Национальная нанотехнологическая инициатива», Евросоюз недавно принял шестую рамочную программу развития науки, в которой нанотехнологии занимают главенствующие позиции. Минпромнауки РФ и РАН также имеют перечни приоритетных, прорывных технологий с приставкой «нано». По оценкам специалистов в области стратегического планирования, сложившаяся сейчас ситуация во многом аналогична той, что предшествовала тотальной компьютерной революции, однако последствия нанотехнологической революции будут еще обширнее и глубже.

В настоящее время внимание большого числа исследователей наноматериалов обращено к магнитным наночастицам. Такие частицы в магнитном отношении делятся на два класса: суперпарамагнитные (обычно с размерами 1–10 нм) и ферромагнитные (10–50 нм). Последний класс представляет наибольший интерес для практических применений наночастиц [2]. Ему и посвящена эта работа. Ферромагнитные наночастицы с размерами 10–50 нм находятся в однодоменном состоянии. Ансамбли таких наночастиц, как правило, образуют системы со случайно ориентированной магнитной анизотропией. Описание кривых намагничивания ансамблей наночастиц строится на основе классической модели Стонера – Вольфарта (СВ) [3; 4]. Теоретические кривые намагничивания, полученные в модели СВ для частиц с одноосной и кубической анизотропией, хорошо известны исследователям. При интерпретации экспериментальных кривых намагничивания ансамблей наночастиц с трехосной кристаллографической магнитной анизотропией (ОЦК Fe, ГЦК Co и Ni и т. д.) реализуется более сложная ситуация. Так, например, наночастицы никеля обладают ГЦК кристаллической решеткой и характеризуются кубической магнитной анизотропией. В то же время, будучи подвергнуты одноосному растягивающему либо сжимающему напряжению, за счет магнитоупругого эффекта энергия магнитной анизот-

ропии частицы будет иметь и одноосный (магнитоупругий) вклад. К такому же результату приведет и анизотропия формы частицы, индуцирующая соответствующую магнитную анизотропию. В этом случае результирующая симметрия магнитной анизотропии изменяется, что приводит к необходимости обобщения модели СВ [5; 6]. Необходимость такого обобщения проявилась при попытке интерпретировать результаты недавних экспериментов по перемагничиванию одной ферромагнитной наночастицы, полученные с помощью SQUID [5; 6]. Такое обобщение предпринималось в работах [7; 8], где было изучено влияние комбинированной магнитной анизотропии на перемагничивание одной частицы (астроиду перемагничивания).

Задача этой работы состояла в изучении кривых намагничивания ансамблей наночастиц, полученных в композиционном варианте модели СВ, когда каждая наночастица одновременно подвержена влиянию кубической кристаллографической магнитной анизотропии и случайно ориентированной одноосной магнитной анизотропии, связанной, например, со случайной ориентацией анизотропных по форме частиц.

Метод и модель

В нашей модели рассматривается ансамбль невзаимодействующих монодоменных частиц, имеющих кубическую анизотропию. Распределение ориентаций легких осей намагничивания (ЛОН) случайно для каждой частицы. Если для конкретной частицы с кубической анизотропией выбрать направление осей системы координат вдоль ЛОН (рис. 1), то направление локальной намагниченности частицы \vec{m} и напряженности внешнего магнитного поля \vec{H} можно описать углами (J, J') и (J_0, J'_0) либо направляющими косинусами (a_1, a_2, a_3) и (b_1, b_2, b_3) . При одноосной анизотропии вдоль ЛОН направляем ось Oz .

Полная энергия частицы для случая одноосной магнитной анизотропии будет иметь вид [3; 4]:

$$E_u = K_u a_3^2 m_s H a_1 b_1 a_2 b_2 a_3 b_3, \quad (1)$$

а для случая кубической магнитной анизотропии:

$$E_c = K_1 a_1^2 a_2^2 a_3^2 a_1^2 a_2^2 a_3^2 m_s H a_1 b_1 a_2 b_2 a_3 b_3, \quad (2)$$

где m_s – намагниченность насыщения одной частицы; H – внешнее магнитное поле; K_u и K_1 – константы одноосной и кубической магнитной анизотропии частицы; a_1, a_2, a_3 – направляющие косинусы орта локальной намагниченности \vec{m} ; b_1, b_2, b_3 – направляющие косинусы вектора внешнего магнитного поля \vec{H} .

Расчет кривых намагничивания в данной работе осуществлялся следующим образом. Из полностью размагниченного состояния (случайное направление вектора \vec{m} и $\vec{H} = 0$) с малым шагом dH начинаем изменять внешнее магнитное поле. Для каждого нового значения поля методом градиентного спуска [9] определяем направление вектора локальной намагниченности, соответствующее минимуму энергии частицы. Поиск нового устойчивого направления \vec{m} каждый раз проводился из предыдущего равновесного состояния. Движение намагниченности частицы при таком подходе оказывается необратимым, что и приводит к возникновению магнитного гистерезиса. Кривые намагничивания ансамбля случайно ориентированных частиц в классической модели СВ получаются усреднением равновесных кривых намагничивания индивидуальных частиц.

Полученные с использованием энергии системы в форме (1) и (2) кривые намагничивания приведены на рис. 2. Намагниченность нормировалась к намагниченности насыщения M_s ансамбля частиц. На вставке к рисунку показаны изоэнергетические поверхности для энергии анизотропии, отображающие ее пространственную симметрию.

В комбинированной модели, рассматриваемой нами, каждая наночастица одновременно подвержена влиянию кубической кристаллографической магнитной анизотропии и случайно ориентированной одноосной магнитной анизотропии. В этом случае полная магнитная энергия одной частицы запишется в виде:

$$E = \tilde{K}_u a_3^2 - K_1 a_1^2 a_2^2 - a_2^2 a_3^2 - a_3^2 a_1^2 - m_s H \cdot a_1 b_1 - a_2 b_2 - a_3 b_3. \quad (3)$$

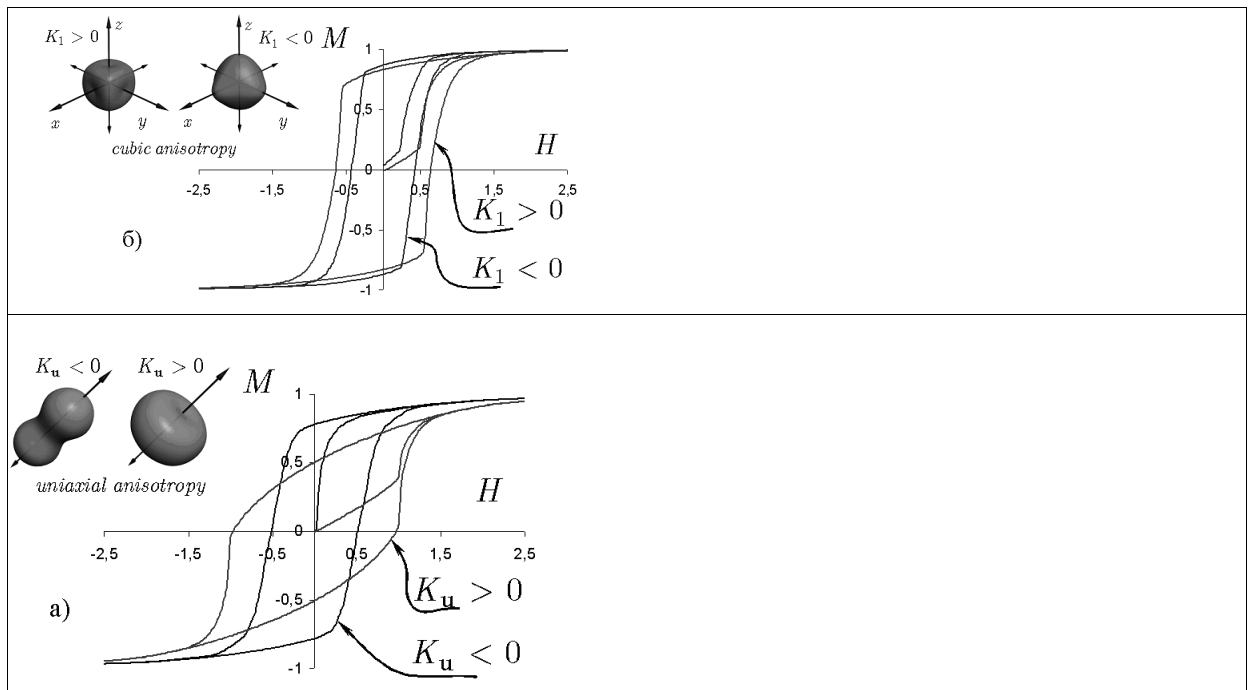


Рис. 8. Кривые намагничивания и изоэнергетические поверхности для:
 а) одноосной магнитной анизотропии; б) кубической магнитной анизотропии

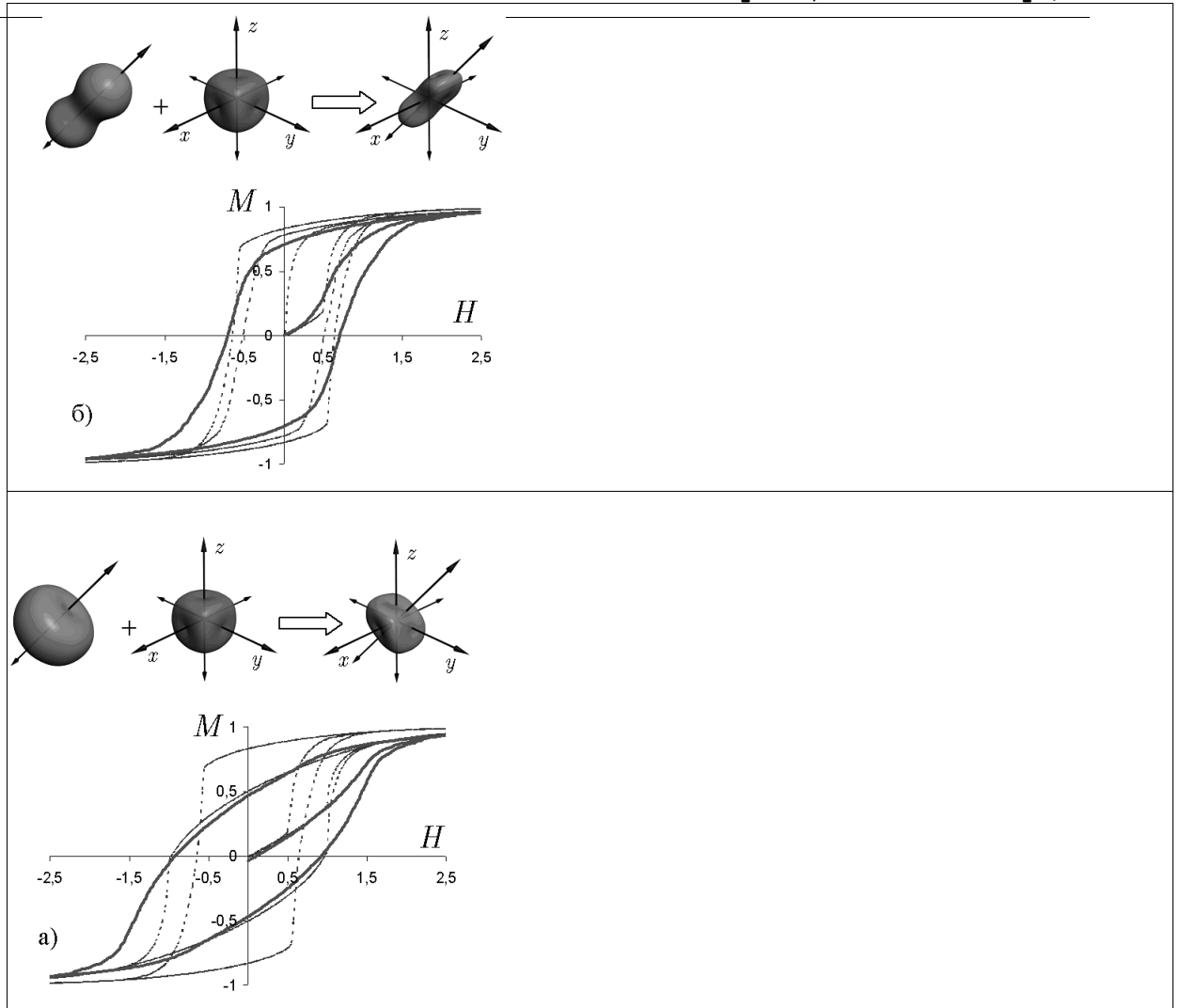


Рис. 8. Изменение вида петель гистерезиса в комбинированной модели поля анизотропии

Примеры кривых намагничивания, полученные с использованием энергии в форме (3), приведены на рис. 3. Изоэнергетические поверхности для энергии анизотропии в этом случае (на вставке к рисунку 3) имеют более сложную симметрию, что в результате и приводит к изменению формы кривой намагничивания.

Результаты и обсуждение

В общем случае энергия кубической и одноосной магнитной анизотропии может быть как положительной, так и отрицательной. Поэтому нами были рассчитаны четыре набора кривых намагничивания, соответствующие промежуточному (композиционному) варианту модели СВ с различными вкладами одноосной и кубической анизотропии: $(K_u < 0; K_1 < 0)$, $(K_u > 0; K_1 < 0)$, $(K_u < 0; K_1 > 0)$, $(K_u > 0; K_1 > 0)$. Мы исследовали зависимость магнитных величин от процентного вклада k_u энергии одноосной анизотропии в полную энергию магнитной анизотропии. При $k_u = 0$ и 100% мы получаем классические кривые модели СВ, характеризующиеся хорошо известными параметрами. Обсудим параметры кривых намагничивания, полученных в композиционной модели СВ.

На рис. 4 представлена зависимость приведенной остаточной намагниченности от процентного вклада k_u энергии одноосной анизотропии в суммарную энергию магнитной анизотропии. Видно, что в чистых состояниях при $k_u = 0\%$ и $k_u = 100\%$ мы получаем известные ранее из классической модели СВ величины M_r . Переход же между $k_u = 0\%$ и 100% оказался немонотонным. Для $K_u < 0$ этот переход характеризуется неизменностью M_r в интервале k_u от 0 до 10–30%, далее следует уменьшение M_r в интервале k_u от 10–30% до 30–40%, при этом M_r уменьшается до величины 0,7. В интервале k_u от 30–40% до 90% следует плато, после чего при переходе к чистой одноосной анизотропии $k_u = 100\%$ происходит рост M_r до величины 0,8 (соответствующей случаю отри-

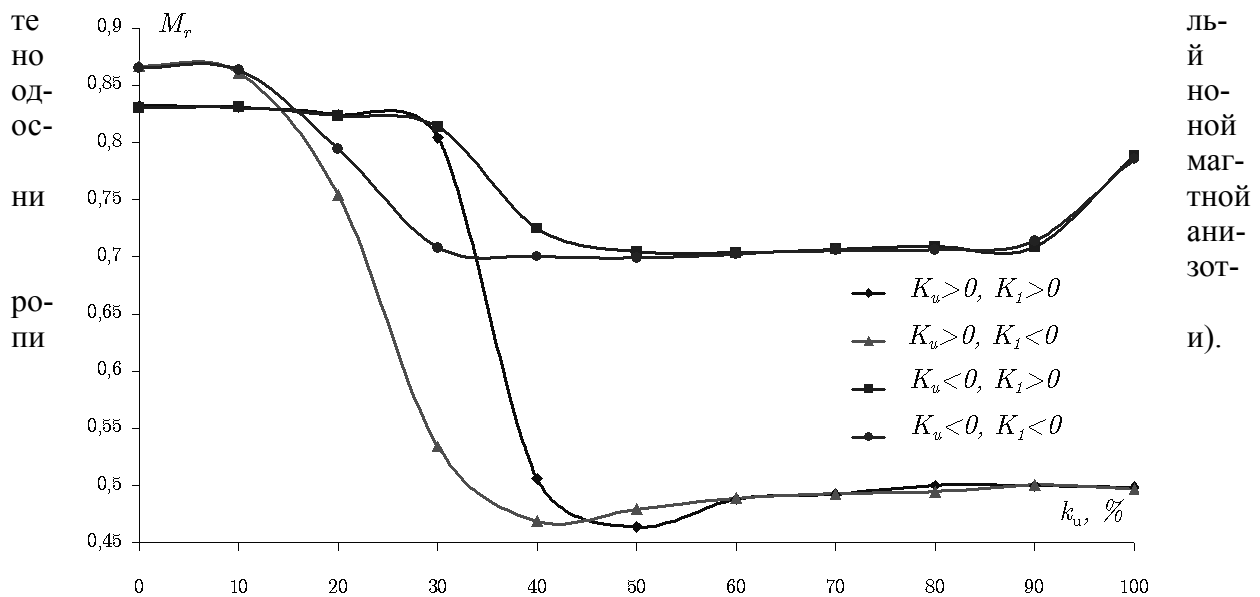


Рис. 8. Зависимость приведенной остаточной намагниченности M_r от вклада в результирующую анизотропию одноосной фазы

Для случая $K_u > 0$ остаточная намагниченность M_r при непрерывном переходе от состояния с кубической анизотропией ($k_u = 0\%$) к состоянию с одноосной анизотропией ($k_u = 100\%$) также изменяется немонотонно. При увеличении вклада одноосности от 0 до 10–30% остаточная намагниченность M_r практически не изменяется. Далее происходит ее резкое уменьшение до значения $M_r \approx 0,46$ при 40 и 50 %-м присутствии одноосной фазы.

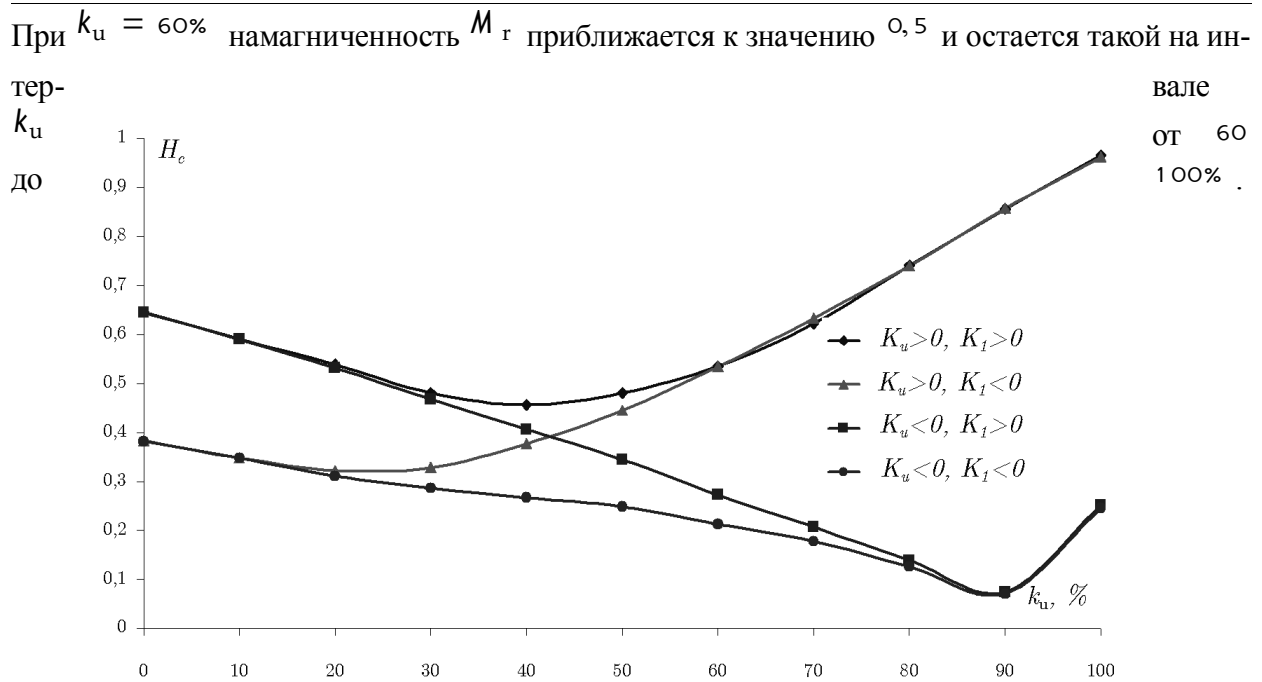


Рис. 8. Зависимость коэрцитивной силы H_c от вклада в результирующую анизотропию одноосной фазы

На рис. 5 представлена зависимость коэрцитивной силы H_c от процентного вклада энергии одноосной анизотропии в суммарную энергию магнитной анизотропии. В процессе перехода от системы с одноосной анизотропией к системе с кубической магнитной анизотропией коэрцитивная сила монотонно убывает до своего минимального значения при некотором значении $k_{u \min}$, а затем происходит ее увеличение на интервале от $k_{u \min}$ до 100% . При переходе от системы с отрицательной одноосной к системе с кубической анизотропией $k_{u \min} \gg 90\%$. При переходе от системы с положительной энергией одноосной анизотропии к системе с кубической магнитной анизотропией $k_{u \min} \sim 30\% \square 40\%$.

На рис. 6 и 7 представлены зависимости начальной и максимальной восприимчивостей для рассматриваемой нами комбинированной модели СВ. Начальная восприимчивость C_0 несколько увеличивается в диапазоне $20-40\%$ и резко возрастает для случая $K_u < 0$ от 80% до 100% . Максимальная восприимчивость C_{\max} в общих чертах повторяет ход начальной восприимчивости. Отличие здесь проявляется в том, что в чистых состояниях $k_u = 0$ и $k_u = 100\%$ максимальная восприимчивость всегда оказывается несколько большей, чем в соседних состояниях со смешанной анизотропией.

Величины площади петель гистерезиса S (нормированные к площади петли при $k_u = 0\%$), отражающие энергетические потери за цикл перемагничивания, приведены на рис. 8. Из этого рисунка видно, что поведение величины S при изменении k_u качественно повторяет зависимость H_c k_u . (рис. 5). Здесь при переходе системы от $K_u < 0$ к $K_1 < 0$ и от $K_u < 0$ к $K_1 > 0$ минимальное значение площади наблюдается при

$k_u = 90\%$. При переходе от $K_u > 0, K_1 > 0$ к $K_u > 0, K_1 < 0$ $k_{u \min} \approx 30\%$, а при переходе от $K_u > 0, K_1 < 0$ к $K_u < 0, K_1 < 0$ $k_{u \min} \approx 50\%$.

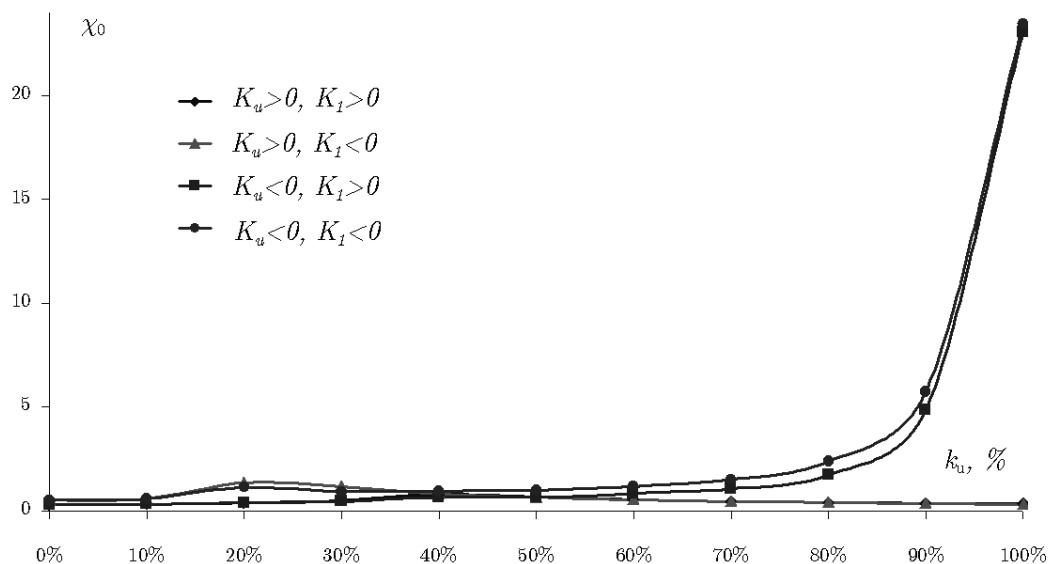


Рис. 8. Зависимость начальной восприимчивости χ_0 магнетика от вклада в результирующую анизотропию одноосной фазы

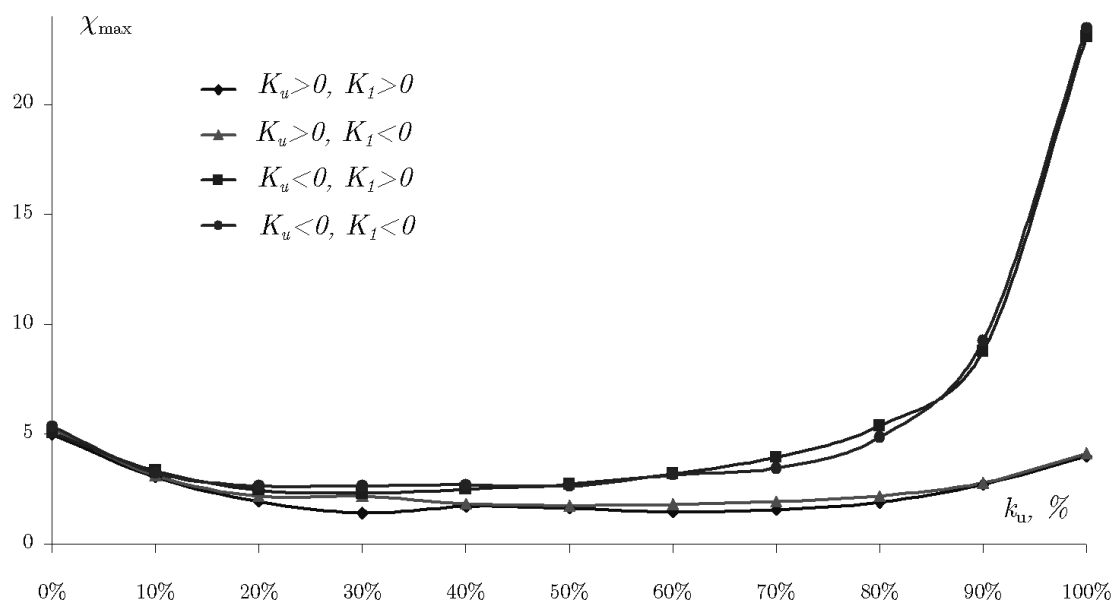


Рис. 8. Зависимость максимальной восприимчивости χ_{\max} от вклада в результирующую анизотропию одноосной фазы

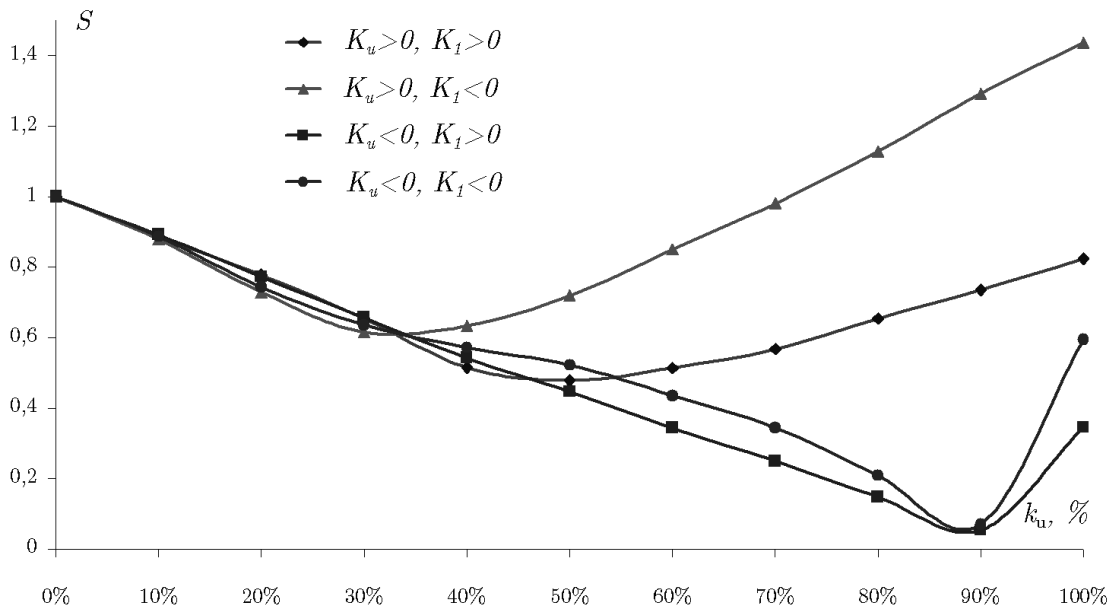


Рис. 8. Зависимость площади петли гистерезиса от вклада в результирующую анизотропию одноосной фазы

Обнаруженная немонотонность магнитных свойств при непрерывном переходе от ансамбля наночастиц с кубической анизотропией к ансамблю наночастиц с одноосной анизотропией, с нашей точки зрения, значительно повышает практическую значимость результатов, представленных на рис. 4–8. Дело в том, что ансамбли однодоменных ферромагнитных наночастиц широко применяются на практике в качестве материалов для постоянных магнитов. При этом значительные усилия направляются на оптимизацию таких магнитных свойств, как остаточная намагниченность M_r , коэрцитивная сила H_c и площадь петли гистерезиса S . Неприменимость линейных правил при непрерывном переходе от ансамбля наночастиц с кубической анизотропией к ансамблю наночастиц с одноосной анизотропией означает, что правильно оптимизацию перечисленных параметров можно осуществить лишь на основе результатов, представленных на рис. 4–8.

Отметим, что сравнение полученных в этой работе модельных кривых намагничивания и экспериментальных кривых для наночастиц может быть использовано для получения дополнительной информации об их магнитных константах. Например, в работе [10] авторы обращают внимание на расхождение экспериментальных кривых ансамбля наночастиц с трехосной кристаллической магнитной анизотропией (среда для магнитной записи Maxwell MF2-HD) и теоретических кривых, полученных в модели СВ. Качественно для полей $H < H_c$ авторы [10] объясняют это расхождение неоднородностью величины поля анизотропии, однако такой подход совершенно не способен объяснить расхождение экспериментальных и теоретических кривых намагничивания в области остаточной намагниченности. В то же время результаты, полученные в нашей работе (см. рис. 4), не только объясняют это расхождение, но и позволяют численно оценить отношение энергии одноосной и кубической анизотропии в этом материале, приготовленном на основе магнитных наночастиц.

В заключение отметим, что новейшие практические приложения магнитных наночастиц на сегодняшний день исключительно обширны: от медицинской диагностики и транспорта лекарств до нанозондов, наноманипуляторов и современных компьютеров. Ферромагнитные наночастицы в предшествующие десятилетия сыграли центральную роль в беспрецедентном росте индустрии записи и хранения информации и, как ожидается, сохранят этот свой статус в ближайшем будущем. Результаты по кривым намагничивания ансамблей наночастиц с комбинированной симметрией магнитной анизотропии, полученные в этой работе, с нашей точки зрения, важны при экспериментальном изучении и разработке новых магнитных материалов на основе наночастиц.

Библиографический список

42. Головин, Ю.И. Нанотехнологическая революция стартовала / Ю.И. Головин // Природа. – №1. – 2004. – С. 25.
43. Koltsov, D.K. Magnets and nanometres: mutual attraction / D.K. Koltsov, M.A. Perry // PhysicsWorld July. – 2004. – P. 31–35.
44. Stoner, E.C. A mechanism of magnetic hysteresis in heterogeneous alloys / E.C. Stoner, E.P. Wohlfarth // Phil. Trans. Roy. Soc. – A 240. – 1948. – P. 599.
45. Тикадзуми, С. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения / С. Тикадзуми. – М.: Мир. – 1987.
46. Jamet, M. Magnetic anisotropy in single clusters / M. Jamet, W. Wernsdorfer, C. Thirion, V. Dupuis, P. Mélinon, A. Pérez, D. Maillly // Phys. Rev. B 69. – 2004. – P. 024401.
47. Wernsdorfer, W. Magnetisation reversal by uniform rotation (Stoner–Wohlfarth model) in FCC cobalt nanoparticles / W. Wernsdorfer, C. Thirion, N. Demoncy, H. Pascard, D. Maillly // J. Magn. Magn. Mater. 242–245. – 2002. – P. 132–138.
48. Thiaville, A. Extensions of the geometric solution of two dimensional coherent magnetization rotation model / A. Thiaville // J. Magn. Magn. Mater. – 182. – 1998. – P. 5.
49. Thiaville A. Coherent rotation of magnetization in three dimensions: A geometrical approach / A. Thiaville // Phys. Rev. B 61. – 2000. – P. 12221.
50. Мудров, А.Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль / А.Е. Мудров. – Томск: Раско, 1992.
51. Obaidat I.M. [Stoner–Wohlfarth model applied to ferromagnetic particle aggregates rotated in fixed magnetic fields](#) / I.M. Obaidat, J.S. Kouvel, Y. Huang, G. Friedman // J. Magn. Magn. Mater. – 223. – 2001. – P. 88–96.

МАТЕМАТИКА

А.Н. Руцкий

РАЗРЕШИМОСТЬ ПО ДОПУСТИМОСТИ МОДАЛЬНОЙ ЛОГИКИ $S4 . A_m . E_p . Z_q$

Допустимые правила вывода были введены в 50-х гг. К. Лоренцем как правила, применение которых не расширяет множество теорем. Традиционно исследования допустимых правил вывода имеют много аспектов – проверка разрешимости по допустимости, определения базиса допустимых правил вывода, решения логических уравнений с мета-переменными, проверка истинности квазитожеств на свободных алгебрах квазимногообразий, исследование уравнений в свободных алгебрах [1; 3; 7] и др. В последние годы изучение разрешимости для допустимых правил вывода проводится также и в связи с исследованиями свойств наследственности и строгой разрешимости ряда общих свойств для различных формальных исчислений.

В статьях Л.Л. Максимовой сформулирован ряд предположений о разрешимости по допустимости некоторых логик [2; 5]. Их подтверждение позволяет провести доказательство строгой разрешимости интерполяционного свойства модальных логик над $S4$ и ряда других свойств. В настоящей статье приведено доказательство разрешимости для допустимых правил вывода комбинацией части перечисленных в [2] логик, а именно $S4 . \alpha_m . \xi_p . \zeta_q$, финитно аппроксимируемой классом транзитивных и рефлексивных фреймов. При этом внутренние сгустки этих фреймов имеют не более q элементов, максимальные сгустки имеют не более p элементов, а их число ограничено значением m . Варьируя параметры p , m и q , мы можем получить критерии допустимости правил вывода для многих проблемных логик. Это позволяет провести доказательство строгой разрешимости интерполяционного свойства модальных логик над $S4$ и ряда других свойств.

Ранее для распознавания допустимости правил вывода применялись известные алгоритмические и семантические критерии допустимости [3; 7]. Эти критерии можно было использовать в модальных и суперинтуиционистских транзитивных логиках, финитно аппроксимируемых по Крипке, обладающих свойствами ветвления ниже k -го слоя и опускания элементов ниже k -го слоя. Решение задачи распознавания допустимости правил вывода для логики $S4 . \alpha_m . \xi_p . \zeta_q$ осложняется тем, что данная логика не обладает свойством ветвления ниже какого-либо слоя. Однако эффективным свойством опускания элементов ниже первого слоя [7] логика $S4 . \alpha_m . \xi_p . \zeta_q$ обладает – доказательство этого факта полностью аналогично доказательству этого свойства для $S4 . \alpha_m$ [6]. Поэтому, как и прежде, нужно

модернизировать алгоритмический критерий допустимости правил вывода, избегая использования в нем свойства ветвления.

Пусть модель \mathbf{K} основана на рефлексивном и транзитивном фрейме и не имеет бесконечно возрастающих цепей. Применяв технику сжатия, изложенную, например, в [6], получим p -морфную ей модель \mathbf{M} , в любом сгустке которой нет элементов с одинаковым означиванием, а все сгустки верхнего слоя неизоморфны как подмодели. В работах [6; 3] был введен конечный и эффективно конструируемый класс формул $\Omega(\mathbf{M}) = \{\varphi(C_1, \dots, C_r) \mid C_k \in S_{1_k}(\mathbf{M})\}$, обладающий свойством распознавания сгустков верхнего слоя модели:

$$\forall a \in \mathbf{M} \mid a \Vdash_{\mathbf{M}} \varphi(C_1, \dots, C_r) \Leftrightarrow \{C_1, \dots, C_r\} = S_1(C(a)^{R_{\leq}}).$$

С помощью класса $\Omega(\mathbf{M})$ выведен следующий критерий.

Теорема 1. Правило вывода

$$r = \alpha_1(x_1, \dots, x_n), \dots, \alpha_l(x_1, \dots, x_n) / \beta(x_1, \dots, x_n)$$

не является допустимым в модальной логике $S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q$ тогда и только тогда, когда суще-

ствует модель Крипке $\mathbf{M} = \langle W, R, S \rangle = \bigwedge_j \mathbf{M}_j$ с означиванием S для переменных правила вывода r , удовлетворяющая следующим свойствам:

(a) модель \mathbf{M} является $(S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q)$ -моделью, модель $S_1(\mathbf{M})$ – изоморфна модели $S_1(\text{Ch}_{S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q}(k))$;

(b) модель \mathbf{M} содержит не более $g(w, t)2^c$ элементов, здесь $c = 2^n$, $w = S_1(\text{Ch}_{k_4}(n))$, $t = |\text{Sub}(r)|$, где $g(w, t)$ – функция, определяемая формулой (1) в [4; 6], $\text{Sub}(r)$ – множество подформул правила вывода r , замкнутое по отрицанию;

(c) модель \mathbf{M} обладает свойством обозрения ниже первого слоя [7] для множеств $Y = \text{Sub}(r) \cup \Omega(\mathbf{M})$, т. е. для любой антицепи E сгустков модели \mathbf{M}_j , фрейм E^{\leq} которой имеет не более m максимальных сгустков, существует элемент X_E из \mathbf{M}_j такой, что $\diamond(X_E, Y) = \{\diamond(y, Y) \mid y \in E\} \cup S(X_E, Y)$;

(d) каждая модель \mathbf{M}_j – открытая подмодель модели $\text{Ch}_{S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q}(n)$;

(e) модель \mathbf{M} также опровергает правило вывода r .

Доказательство

Необходимость. Если правило r недопустимо в логике $S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q$, то по теореме 3.4.2 [7] для фрейма j -характеристической модели $\text{Ch}_{S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q}(i)$ существует опровергающее правило r означивание W , формульное для переменных x_1, \dots, x_n . Тогда по лемме 2.4 на фрейме модели $\text{Ch}_{S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q}(n)$ найдется означивание W_2 с теми же свойствами. Следуя [6], n -характеристическая модель может быть представлена в

виде $\text{Ch}_{S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q}(n) = \bigwedge_{j \in J} \mathbf{H}_j$, где $J \leq 2^c$. В каждой компоненте \mathbf{H}_j выделим для каждого подмножества $Z \subseteq \text{Sub}(r) \cup \Omega(\mathbf{H}_j)$ не лежащий в максимальном сгустке элемент x_Z так, чтобы $S(x_Z, \text{Sub}(r) \cup \Omega(\mathbf{H}_j)) = Z$ (если такой элемент в модели \mathbf{H}_j найдется). Тогда модель $\mathbf{K}_j =$

$\prod_{Z \subseteq \text{Sub}(r) \cup \Omega(\mathbf{H}_j)} x_Z^{R_{\leq}}$ будет открытой конечной подмоделью \mathbf{H}_j . На модели $\mathbf{K} = \bigwedge_{j \in J} \mathbf{K}_j$, также основанной на $(S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q)$ -фрейме, правило r будет ложным. По лемме 3.4.1 [7] для каждой

компоненты \mathbf{K}_j можно построить сжимающий p -морфизм f_j из \mathbf{K}_j в конечную $(S4.\alpha_m, \xi_p, \zeta_q)$ -

модель \mathbf{M}_j , тогда модель $\mathbf{M} = \bigwedge^j \mathbf{M}_j$ будет удовлетворять свойствам (b) и (d). При этом верхний слой этих моделей сохраняется: $S_1(\mathbf{M}) = S_1(\text{Ch}_{S4.\alpha_m, \xi_p, \zeta_q}(n))$, как и ограничение на количество элементов в сгустках верхнего слоя. Поэтому свойство (a) для модели \mathbf{M} справедливо, откуда $\Omega(\mathbf{M}) = \Omega(\mathbf{K}) = \Omega(\text{Ch}_{S4.\alpha_m, \xi_p, \zeta_q}(n))$. Поскольку при p -морфном отображении истинность формул на моделях сохраняется, то модель \mathbf{M} свойству (e) также удовлетворяет.

Покажем, что модель \mathbf{M} обладает полным свойством обозрения ниже верхнего слоя для множеств $Y \subseteq \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M})$. Пусть E – конечная антицепь сгустков из модели \mathbf{M}_j и количество максимальных сгустков модели $E^{R^{\leq}}$ не превосходит m . Обозначим через U множество представителей $z \in C_E$ сгустков антицепи E . В модели \mathbf{K}_j выделим $f_j^{-1}(U)$ множество прообразов множества U и обозначим через $U(f_j^{-1})$ множество сгустков, содержащих элементы $f_j^{-1}(U)$. В совокупности миры множества $U(f_j^{-1})$ «видят» не более m максимальных сгустков в модели \mathbf{H}_j . Действительно, пусть $S_1(E^{R^{\leq}}) = \{C_1, \dots, C_b\}$, $b \leq m$, тогда по свойству класса формул $\Omega(\mathbf{M})$ [6; 3] для любого $x \in E$ имеем $x \Vdash_s (\bigwedge_{C_j \in \{C_1, \dots, C_b\}} \neg \rho(C_j))$. По выбору элемента X_z и определению p -морфизма тогда для каждого $y \in U(f_j^{-1})$ получим $y \Vdash_v (\bigwedge_{C_j \in \{C_1, \dots, C_b\}} \neg \rho(C_j))$, что влечет $\{C_1, \dots, C_b\} \subseteq S_1(U(f_j^{-1})^{R^{\leq}})$, $b \leq m$. Обозначим через $E(f_j^{-1})^{R^{\leq}}$ множество минимальных сгустков подмодели $U(f_j^{-1})^{R^{\leq}}$, и тогда

$$\bigcap_{y \in E(f_j^{-1})} \diamond(y, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M})) = \bigcap_{y \in U(f_j^{-1})} \diamond(y, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M})).$$

По построению в модели \mathbf{H}_j найдется элемент X_E некоторого сгустка конакрытия (содержащего не более q элементов) для антицепи $f_j^{-1}(U)$, которая видит в совокупности не более m максимальных сгустков. По построению модели \mathbf{K}_j в ней найдется элемент Y_E глубиной больше 1, такой, что $S(X_E, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M})) = S(Y_E, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M}))$. Поскольку p -морфизм f_j сохраняет истинность формул, в мире $f_j(Y_E)$ модели \mathbf{M}_j будет справедливо:

$$\begin{aligned} \diamond(f_j(Y_E), \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M})) &= \diamond(Y_E, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M})) = \\ &= \diamond(X_E, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M})) \text{US} (f_j(Y_E), \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M})) = \\ &= \bigcap_{y \in U(f_j^{-1})} \diamond(y, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M})) \text{US} (X_E, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M})). \end{aligned}$$

Таким образом, свойство (c) также выполняется.

Достаточность. Рассмотрим модель $\text{Ch}_{S4.\alpha_m, \xi_p, \zeta_q}(n) = \bigwedge^{j \in J} \mathbf{H}_j$. Согласно свойствам (a) и (d) каждая модель \mathbf{M}_j является открытой подмоделью \mathbf{H}_j и фреймы, образованные подмоделями $S_1(\mathbf{H}_j)$ и $S_1(\mathbf{M}_j)$, изоморфны. Поэтому мы можем рассматривать все элементы модели \mathbf{M} как некоторые элементы модели $\text{Ch}_{S4.\alpha_m, \xi_p, \zeta_q}(n)$. По теореме 3.3.7 [7], каждый элемент модели $\text{Ch}_{S4.\alpha_m, \xi_p, \zeta_q}(n)$ является формульным. Поэтому на фрейме модели \mathbf{M} , как на подфрейме фрейма модели $\text{Ch}_{S4.\alpha_m, \xi_p, \zeta_q}(n)$, можно построить означивание V для переменных правила r , которое будет совпадать с означиванием S модели \mathbf{M} . В дальнейшем будем

подразумевать под $\mathbf{M}^{\text{ch}} = \langle W, R, V \rangle = \bigwedge_{j \in J} \mathbf{M}_j^{\text{ch}}$ именно такую подмодель модели $\text{Ch}_{\text{S4}, \text{om}, \xi\text{p}, \zeta\text{q}}(n)$, полагая $|\mathbf{M}^{\text{ch}}| \subseteq |\text{Ch}_{\text{S4}, \text{om}, \xi\text{p}, \zeta\text{q}}(n)|$.

Доопределим означивание V на весь фрейм модели $\text{Ch}_{\text{S4}, \text{om}, \xi\text{p}, \zeta\text{q}}(n)$, для чего на каждом компоненте \mathbf{H}_j построим последовательность возрастающих подмножеств $\Sigma(x, t)$ для $\forall x \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|$, $\forall t: 0 \leq t \leq m_1$, где m_1 – количество миров в модели \mathbf{M}_j^{ch} .

Последовательность будет удовлетворять следующим свойствам:

$$(a1) \forall x \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|, \Sigma(x, t) \subseteq \Sigma(x, t+1),$$

причем $\forall x_i, x_k \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|, x_i \neq x_k \Rightarrow \Sigma(x_i, t) \cap \Sigma(x_k, t) = \emptyset$

(b1) каждое подмножество $\Sigma(x, t)$ формульно при означивании V в модели \mathbf{H}_j , т. е. $\forall x \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|, \forall t 0 \leq t \leq m_1$, найдется формула $\alpha(x, t)$ такая, что $\forall y \in |\mathbf{H}_j| y \Vdash_{\mathbf{V}} \alpha(x, t) \Leftrightarrow y \in \Sigma(x, t)$;

□

(c1) $\forall t 0 \leq t \leq m_1$, фрейм ${}^{x_i \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|} \Sigma(x_i, t)$ образует открытый подфрейм фрейма модели \mathbf{H}_j ;

□

(d1) если означивание V для переменных правила вывода r на фрейме ${}^{x_i \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|} \Sigma(x_i, t)$ бу-

□

дет таким, что $\forall p \in \text{Var}(r) V(p) = {}^{x_i \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|} \{\Sigma(x_i, t) \mid x_i \Vdash_{\mathbf{V}} p\}$, тогда $\forall \beta \in \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M}_j), \forall x \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|, \forall a \in \Sigma(x, t) a \Vdash_{\mathbf{V}} \beta \Leftrightarrow x \Vdash_{\mathbf{V}} \beta$;

□

(e1) $\forall t 0 \leq t \leq m_1 \forall y \in |\mathbf{H}_j^{\text{ch}}|$, если $y \notin V(p) = {}^{x_i \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|} \{\Sigma(x_i, t) \mid x_i \Vdash_{\mathbf{V}} p\}$, то найдется подмно-

жество W : такое, что $|W| = t+1$, $W \sqsubseteq |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|$ и $\forall x \in W y^{R^c} \cap \Sigma(x, t) \neq \emptyset$.

Конструкцию последовательности подмножеств $\Sigma(x, t)$ опишем индукцией по значению параметра t . Подмножество $\Sigma(x, 0)$ определим так: $\forall x \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}| \Sigma(x, 0) = \{x\}$. Пусть для элемента $\forall x \in |\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|$ построены подмножества $\Sigma(x, g)$ для $g \leq t$. Возьмем произвольное $t+1$ элементное подмножество D элементов модели $|\mathbf{M}_j^{\text{ch}}|$, такое, что фрейм $[D]^{R^c}$ имеет не более m максимальных сгустков. Пусть E_D – множество представителей всех минимальных сгустков для подфрейма $[D]^{R^c}$ модели \mathbf{M}_j^{ch} (по одному представителю от каждого сгустка), тогда очевидно:

$$\bigcap_{y \in E_D} \diamond(y, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M}_j)) = \bigcap_{y \in D} \diamond(y, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M}_j)).$$

Для антицепи E_D фиксируем элемент X_{E_D} , удовлетворяющий свойству (с):

□

$$\diamond(X_{E_D}, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M}_j)) = \bigcap_{y \in E_D} \diamond(y, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M}_j)) \text{US} (X_{E_D}, \text{Sub}(r) U\Omega(\mathbf{M}_j)).$$

Для такого элемента X_E построим формулы $q(D)$ и $\chi(D)$:

$$q(D) = \prod_{x \in D} \diamond \mathbf{a}(x, t) \wedge \prod_{x \in M_j^{\text{ch}}} \neg \diamond \mathbf{a}(x, t) \wedge \prod_{x \in M_j^{\text{ch}}} \mathbf{a}(x, t),$$

$$\chi(D) = q(D) \wedge \square \left(\prod_{x \in M_j^{\text{ch}}} \neg \mathbf{a}(x, t) \rightarrow \diamond q(D) \right) \wedge \left(\prod_{x \in D} \mathbf{a}(x, t) \vee q(D) \right).$$

где $\mathbf{a}(x, t)$ – формулы для множеств $\Sigma(x, t)$, удовлетворяющие свойству (b1). Тогда множество $\Sigma(x, t+1)$ строим следующим образом:

$$\Sigma(x, t+1) = \Sigma(x, t) \cup \left(\bigcup_{X_E = x} \vee (\chi(D)) \right),$$

Нетрудно убедиться, что $\prod_{\substack{x_i \in M_j^{\text{ch}}, \\ 0 \leq t \leq m_1}} \Sigma(x, t) = \mathbf{H}_j$. При таком расширении означивания \vee из модели \mathbf{M}^{ch} на весь фрейм модели $\text{Ch}_{S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q}(n)$ получим, что на полученной модели формулы из посылки $\alpha_1(x_1, \dots, x_n), \dots, \alpha_l(x_1, \dots, x_n)$ правила r будут истинны. С другой стороны, формула $\beta(x_1, \dots, x_n)$ будет ложной в некотором элементе $h \in |M_j^{\text{ch}}| \subseteq |\text{Ch}_{S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q}(n)|$. Таким образом, при построенном означивании \vee фрейма модели $\text{Ch}_{S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q}(n)$ правило вывода r опровергается также. \square

Следствие 1. Модальная логика $S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q$ разрешима по допустимости.

Библиографический список

52. Бабенышев, С.В. Базисы допустимых правил вывода модальных логик $S4.2$ и $S4.2Grz$ / С.В. Бабенышев // Алгебра и логика. – 1993. – Т.32. – № 2. – С. 117–130.
53. Максимова, Л.Л. Разрешимость проективного свойства Бета в многообразиях гейтинговых алгебр / Л.Л. Максимова // Алгебра и логика. – 2001. – Т. 40. – № 3. – С. 290–301.
54. Руцкий, А.Н. Критерий допустимости правил вывода с метAPERЕМЕННЫМИ в модальной логике $S4.\alpha_m$ // Сибирский математический журнал. – 2006. – Т. 47.
55. Рыбаков, В.В. Критерий для допустимых правил вывода модальной системы $S4$ и интуиционистской логики / В.В. Рыбаков // Алгебра и логика. – 1984. – Т. 23. – № 5. – С. 369–384 (в печати).
56. Maksimova, L.L. Strongly Decidable Properties of Modal and Intuitionistic Calculi // Logic Journal of IGPL. – 2000. – V.8. – № 6. – P. 797–819.
57. Rutskiy, A.N. Decidability of Modal Logics $S4 \oplus \alpha_n, S4 \oplus \xi_n$, w.r.t. Admissible Inference Rules // Bulletin of the Section of Logic. – 2001. – V. 30. – № 4. – P. 181–189.
58. Rybakov, V.V. Admissibility of logical inference rules // V.V. Rybakov. – Elsevier Sci. Publ., North-Holland. – New-York–Amsterdam, 1997.

ДИСКУССИИ

А.И. Завьялов, Д.А. Завьялов, А.А. Завьялов

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА (СЕРДЦЕ – ПЯТИКАМЕРНАЯ СИСТЕМА)

1. Состояние современной теории сердца

Разработка теории деятельности сердца человека шло сложным путем – от полного отрицания роли сердца в перемещении крови (Эрасистрат, III в. до н.э.; Гален, 130 г.) до признания сердца как главного насоса для ее перемещения (W. Harvey, 1628 г.) [4].

Исследование внутрижелудочкового давления сердца Е. Marey (1863 г.) ввело в заблуждение человечество недоверием измерений давления в желудочках сердца во время диастолы (около нуля?) [14]. Последнее связано с низким уровнем технических возможностей середины XIX в. Эти результаты взяты за основу, потому что исследования Е. Marey принято считать «классическими», их повторение на человеке и в настоящее время представляет большие технические и особенно юридические трудности, так как ошибка при проведении подобных исследований может стоить пациенту жизни.

Вышесказанное повлияло на ход дальнейших исследований, и при изучении деятельности сердца внимание исследователей сконцентрировалось главным образом на детальной разработке фазы систолы (функция изгнания), которая расценивалась как активная фаза сердечного цикла. Меньше внимания обращалось на изучение фазы диастолы, так как она стала считаться пассивной фазой [1: 4].

Функция изгнания крови из сердца осуществляется двумя камерами – правым и левым желудочками сердца. В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения: миокард желудочков сокращается, уменьшая объем этих камер, и кровь изгоняется из сердца в сосудистую систему.

Нагнетательная внутрисердечная функция осуществляется двумя другими камерами – правым и левым предсердиями – во время систолы предсердий («нагнести», «нагнетать», «нагнетание» – давлением сосредоточить что-то в замкнутом пространстве [10: 301]). Внутрисердечная нагнетающая функция обеспечивает внутрисердечное перемещение крови, но не осуществляет его наполнение. Наполнение сердца может обеспечиваться только двумя путями – нагнетанием извне или механизмом собственного всасывания.

Современная теория кровенаполнения полостей сердца во время диастолы рассматривает три фактора, обеспечивающих этот процесс: 1) наполнение за счет «остатка движу-

шей силы, вызванной предыдущим сокращением сердца». 2) «присасывание крови грудной клеткой, особенно во время вдоха»; 3) «сокращение скелетных мышц конечностей и туловища» [12: 251].

Первый и третий факторы должны обеспечивать внешнюю нагнетающую функцию. Это может быть осуществлено только градиентом (разницей) давлений, при этом перемещение или наполнение сердца кровью возможно только тогда, когда внешнее (венозно-сосудистое) давление будет превышать давление в предсердиях и желудочках.

Рассмотрим первый фактор. «Во время диастолы предсердий и желудочков давление в камерах сердца падает до нуля» [12: 251]. «Благодаря так называемому отрицательному (ниже атмосферного) давлению в грудной полости, равному от -4 до -7 см вод. ст., создается умеренно отрицательное внутрисосудистое давление в грудной полости (-4 или -7 см вод. ст.)» [13: 125]. Теперь нужно быть предельно внимательными: ноль больше, чем -4 и -7 см вод. ст.» [$-4-7 < 0$]. Но жидкость может перемещаться только от большего давления к меньшему, то есть в полых венах во время диастолы давление меньше ($-4-7$ см вод. ст.), чем в предсердиях и желудочках (0) [$-4-7 < 0$].

Получается, внешнее (венозно-сосудистое) давление меньше давления в предсердиях и желудочках. Это значит, что в данном случае возможен только **обратный кровоток** [полые вены ← предсердия, желудочки]. Следовательно, если остаток движущей силы, вызванной предыдущим сокращением сердца, и существует, то он настолько мал, что не может обеспечить внешней для сердца нагнетательной функции. Это значит, что работа скелетных мышц и присасывание крови грудной клеткой не увеличивают венозное давление в грудной полости (полые вены) для реализации нагнетательной функции в сердце, а выполняют вспомогательную роль притока крови к грудной клетке, но, что очень важно, не в сердце.

В связи с исследованием деятельности сердца в экстремальных условиях высоких физических нагрузок мы обратили внимание на перикард и перикардальную полость. В этих условиях сердце эффективно справляется со своими задачами, обеспечивая высокую производительность по перекачиванию крови (до 40 л (!) в мин с частотой сокращений до 200 в мин (!) и с выбросом крови за одно сокращение до 200 мл (!)). **С помощью существующей теории это объяснить невозможно.**

Сущность настоящего открытия состоит в том, что впервые было обнаружено неизвестное ранее явление функционирования сердца человека как 5-камерной системы (правое и левое предсердия, правый и левый желудочки, перикардальная полость), обеспечивающей три главных функции деятельности сердца – нагнетательную (перемещение крови из предсердий в желудочки), изгнания (перемещение крови в сосудистую систему желудочками) и всасывающую (наполнение предсердий и желудочков кровью в течение всего сердечного цикла за счет давления ниже атмосферного в герметичной перикардальной полости).

Это открытие вносит глобальные изменения в теорию сердечной деятельности, открывая возможности для более эффективного диагностирования, лечения, хирургического вмешательства, профилактики заболеваний сердца и управления спортивной тренировкой. Оно очень важно для спорта, так как сердце лимитирует физическую работу здорового человека и ограничивает или расширяет возможности спортсмена.

2. Перикард и его взаимодействие с окружающими образованиями

Врожденные дефекты развития перикарда являются слабо изученной аномалией разви-

Дискуссии

тия этого органа. В мировой литературе описано всего 188 подобных случаев, из них только 9 % с полным отсутствием перикарда. Полагают, что первое описание врожденного порока перикарда сделано М. Realdus Columbus (1559 г.). Полное отсутствие перикарда – очень редкий порок [7]. Ввиду малой врачебной практики перикардиальная полость выпала из внимания исследователей теории сердца.

Главным образованием переднего средостения является перикард, внутри которого находится сердце. Через перикард можно скорее только догадываться о форме сердца (рис. 1). Он закрывает его, по образному выражению Денеша Надь и Илоны Каласи [9], так, как мокрое полотенце закрывает статуэтку. Это говорит о том, что давление в перикардиальной полости отрицательное. Такое условие является обязательным для прижатия эпикардиальной (внешней) стенки сердца к серозно-перикардиальной (внутренней) поверхности перикардиальной оболочки в конечно-диастолическом положении до виртуальной щели (рис. 2 А).

Рис. 1. Крепление перикардиальной полости (целостного сердца) в грудной полости (А – слева, Б – справа):

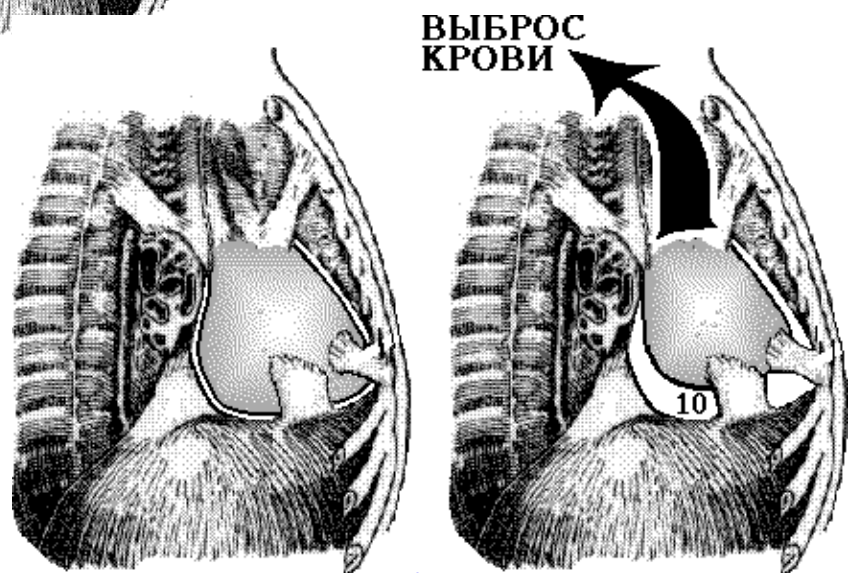
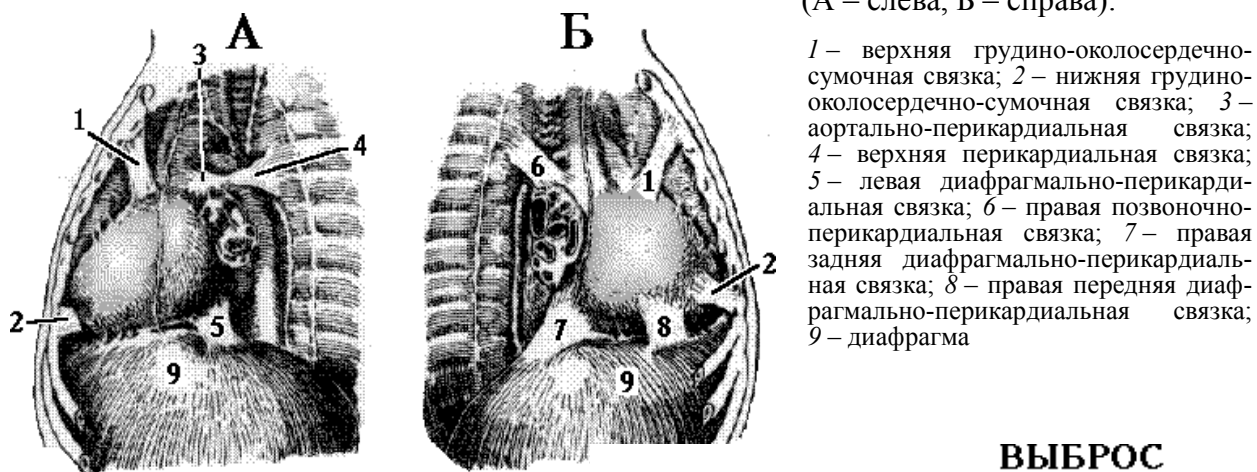


Рис. 2. Сердце в перикардиальной полости в положении диастолы (А) образует виртуальную щель, и во время систолы (Б) перикардиальная полость (10Б) увеличивается в результате систолического уменьшения желудочков сердца

Перикард сращен с окружающими образованиями и находится с ними в тесной соединительнотканной связи (рис. 1). Наиболее прочно перикард закреплен с диафрагмальным (рис. 1, 9А,Б) сухожильным центром. Вверху, с боков и сзади париетальный листок перикарда фиксирован на крупных сосудах сердца, а также отдельными соединительнотканными тяжами (рис. 1, 3, 5, 7, 8). Перикард связан спереди с грудиной двумя связками. Эти связки отходят от середины свободного от плевры участка переднего листка перикарда. Верхняя грудино-перикардиальная связка (рис. 1, 1) прикрепляется к задней поверхности рукоятки грудины и к первым реберным хрящам. Нижняя грудино-перикардиальная связка (рис. 1, 2) прикреплена к мечевидному отростку. От боковой поверхности тела грудных позвонков к боковому листку перикарда идут позвоночно-перикардиальные связки (рис. 1, 4, 6), являющиеся, собственно говоря, образованиями внутригрудной фасции [9]. Нельзя сбрасывать со счетов и рыхлотканые соединения (рис. 4), которые, охватывая большие площади крепления к окружающим образованиям, представляют собой серьезное сопротивление систолическим смещениям сердца и вместе с отдельными связками не уступают по мощности диафрагмальным соединениям. С диафрагмой перикард связан жестко в области сухожильного центра и мышечной части левого свода диафрагмы.

3. Развитие перикардиальной полости сердца

Все авторы рассуждают о наличии, развитии или патологии перикарда – тонкой тканевой оболочке толщиной не более 1 мм. Но перикард, окружая сердце (рис. 2), образует вокруг него динамичную воздушно-разреженную (с давлением ниже атмосферного) оболочку – перикардиальную полость (*lamina visceralis*) – различной толщины в зависимости от динамики сердечного цикла, являясь неотъемлемой частью сердца и его деятельности. Не случайно перикардиальная ткань рассчитана на высокие напряжения, она способна выдержать давление до 2 атмосфер [3], т. е. 1520 (!) мм рт.ст. (1 атм.=760 мм рт.ст.).

Сердце и перикардиальная полость развиваются одновременно. Образование перикардиальной полости начинается на 3–4 неделе эмбрионального развития. Расположенные в шейном отделе зачатки сердца в виде двух сердечных трубочек-пузырьков (рис. 3 А) постепенно сближаются и, срастаясь, формируют сердечную трубку (рис. 3 Б) с дорсальной и вентральной брыжейками. Висцеральная мезодерма, покрывающая сердечную трубку, при переходе в париетальную мезодерму образует брыжейки сердечной трубки (*mesocardia*), которые вместе с пластинками мезодермы ограничивают две первичные околосердечные полости. Париетальная мезодерма дает начало собственно перикарду. Эпикард развивается из участка висцеральной мезодермы, входящего в состав миоэпикардиальной пластинки сердца. У эмбриона длиной 7 мм (рис. 3 Б) вентральная брыжейка редуцируется, вследствие чего возникает единая вторичная плевроперикардиальная полость. Затем сердечная трубка смещается вниз в грудную клетку, образуются поперечная перегородка и плевроперикардиальная пластинка, которые разделяют общую полость тела на грудную и брюшную, а плевроперикардиальную полость на перикардиальную и плевральную полости [7].

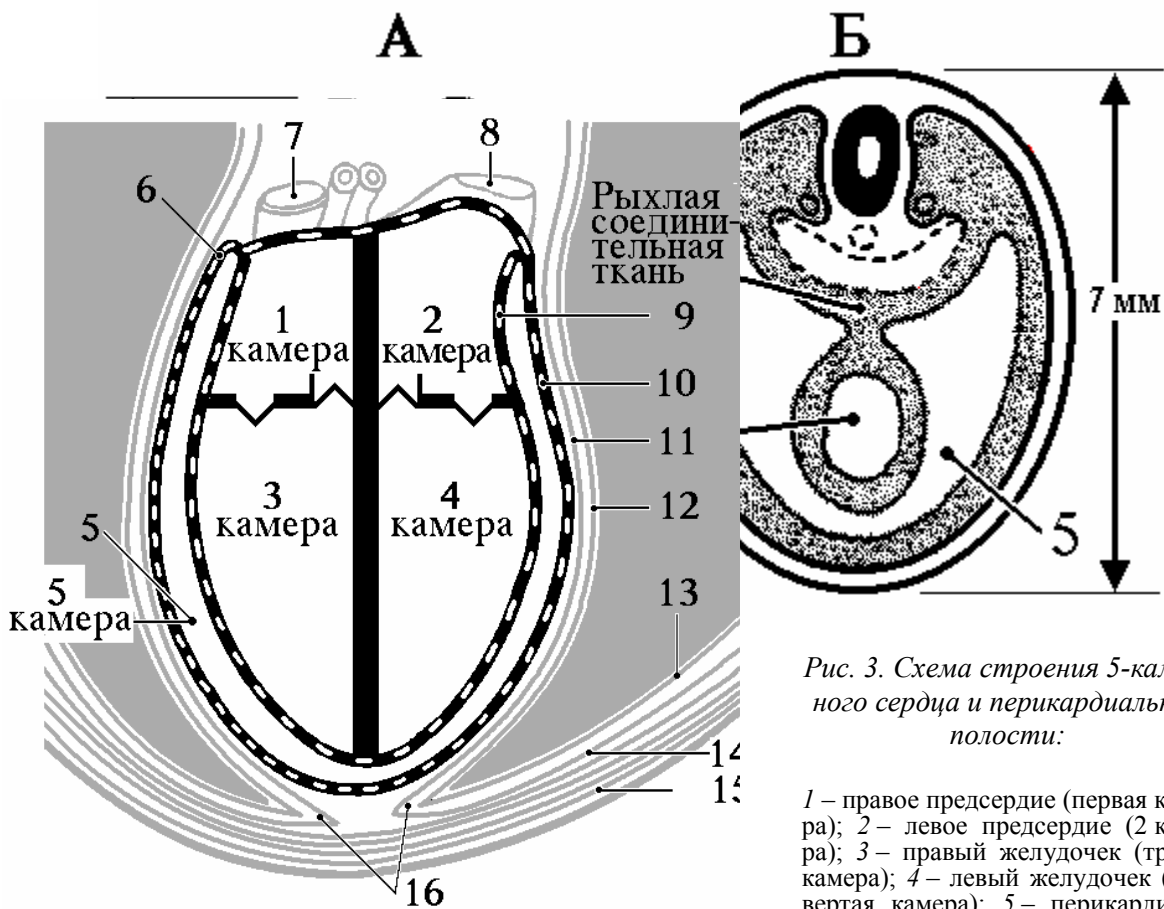


Рис. 3. Схема строения 5-камерного сердца и перикардиальной полости:

1 – правое предсердие (первая камера); 2 – левое предсердие (2 камера); 3 – правый желудочек (третья камера); 4 – левый желудочек (четвертая камера); 5 – перикардиальная полость (пятая камера); 6 – переход париетального листка перикарда в эпикард; 7 – полая вена; 8 – аорта; 9 – эпикард; 10 – серозный перикард; 11 – фиброзный перикард; 12 – перикардиальная плевра; 13 – реберная плевра; 14 – внутригрудная фасция; 15 – грудная стенка; 16 – грудино-перикардиальная связка

Рис. 4. Схематическое изображение развития перикарда по Brotan:

А – поперечное сечение эмбриона длиной

64

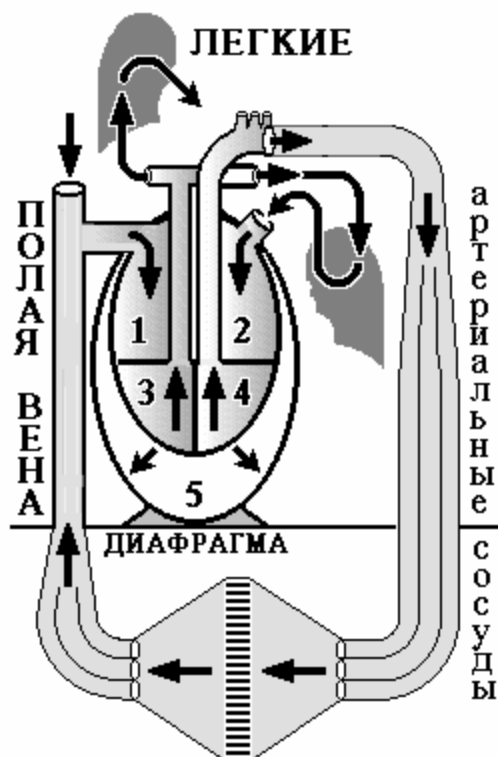
3 мм: 1 – сердечные пузырьки; 2 – ventральная брыжейка сердца; Б – поперечное сечение эмбриона длиной 7 мм; 3 – дорсальная брыжейка сердца; 4 – сердечная трубка; 5 – плевроперикардиальная полость

Дальнейшее развитие как пятикамерную сифункционирующую в различных условиях, включая 4). Пятой, равноценной камерой является полость.

Перикард – фиброзно-серозные листки ко внутренней поверхности узкую щелеобразную перикардиальную полость в конечном положении, кольцо капле (смазочной жидкости для толчковых и диастолических [9].

Серозные листки переходят один в другой, образуя герметичную перикардиальную полость (рис. 4). Таким образом, сердце, закрепленное только основанием на уровне входящих и выходящих из него сосудов в герметичном мешке – перикарде, имеет свободу перемещения в полости перикарда.

Изначально и в процессе развития сердечно-сосудистой системы перикардиальная полость становится конструктивно-функциональной камерой сердца. Это наглядно видно на схеме сердечно-сосудистой системы во время систолы желудочков (рис. 5). Эта фаза деятельности сердца позволяет увидеть в действии все 5 камер сердца.



те формирует сердечную стему, обеспечивающую организм человека в различных экстремальных (рис. ной с желудочками серперикардиальная по-

розно-серозный мешок, торого образуют между хностью перикарда и серразную (виртуальную) лость в конечно-диастов которой находится неска) серозной перикарди- гладкого сдвига при систических движениях сер-

непосредственно переходят

Рис. 5. Схема сердечно-сосудистой системы во время систолы желудочков:

1 – первая камера сердца (правое предсердие); 2 – вторая камера сердца (левое предсердие); 3 – третья камера сердца (правый желудочек); 4 – четвертая камера сердца (левый желудочек); 5 – пятая камера сердца (перикардиальная полость)

Во время систолы желудочки (3 и 4 камеры) уменьшаются на величину сердечного выброса (функция изгнания) и все сердце уменьшается в объеме. Это влечет за собой увеличение перикардиальной полости (5 камера) и возрастание отрицательного давления в ней, которое пытается с возрастающей силой вернуть их в исходное положение. Противодействие миокарда желудочков и отрицательного давления в перикардиальной полости приводит к растяжению и увеличению объема предсердий, в которых нарастает отрицательное давление, присасывающее венозную кровь (всасывающая функция). Всасывающая функция сердца во время систолы желудочков не может осуществляться без перикардиальной полости – 5-й камеры сердца, в основе деятельности которой лежат герметичность, отрицательное давление (ниже атмосферного) в ней и закон Бойля–Мариота [2; 11] – зависимость давления и объема в герметически замкнутых пространствах.

4. Взаимодействие камер в сердечном цикле

Рассмотрим взаимодействие сердечных камер во время сердечного цикла. На рис. 6 представлена схема обозначений, соответствующих фазам сердечной деятельности (рис. 7).

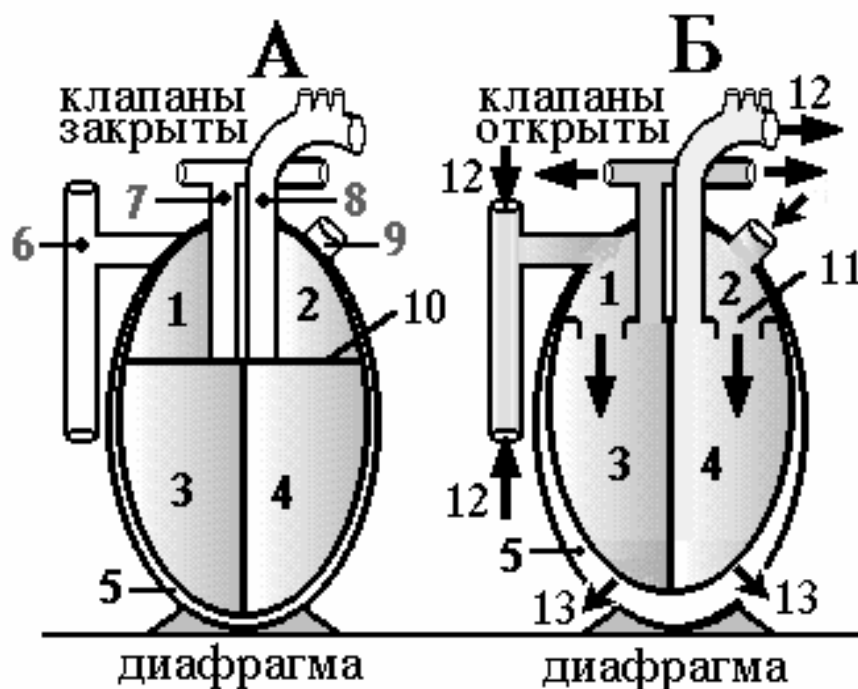


Рис. 6. Схема 5-камерного сердца с закрытыми (А) и открытыми (Б) клапанами:

1 – правое предсердие (1 камера); 2 – левое предсердие (2 камера); 3 – правый желудочек (3 камера); 4 – левый желудочек (4 камера); 5 – перикардиальная полость (5 камера); 6 – полая вена; 7 – легочный ствол; 8 – аорта; 9 – легочные вены; 10 – предсердно-желудочковая перегородка; 11 – предсердно-желудочковые отверстия; 12 – направление тока крови; 13 – направление силы, прижимающей наружные стенки желудочков к перикарду за счет отрицательного давления в перикардиальной полости

На позиции 1 (рис. 7) сердце в покое. Предсердия и желудочки наполнены кровью, клапаны закрыты, перикардиальная полость образует виртуальную щель, тока крови нет. Начинает работать сердце с систолы предсердий (рис. 7, 2, нагнетательная функция). Сокращение миокарда предсердий уменьшает их объем и вызывает перемещение вверх предсердно-желудочковой перегородки, пытаясь поднять и желудочки. Движению вверх желудочкам препятствует отрицательное давление в перикардиальной полости, в которой по мере сокращения предсердий возрастает отрицательное давление в соответствии с законом Бойля–Мариотта [2; 11].

Пятая камера сердца – перикардиальная полость – в этой фазе (рис. 7, 2) выполняет присасывающую функцию. Желудочки растягиваются в разные стороны двумя противоположно направленными силами, которые создаются сокращением миокарда предсердий и отрицательным давлением в перикардиальной полости по всей внутрисполостной поверхности эпикарда (внешняя оболочка сердца), засасывая кровь из предсердий. Предсердия, в свою очередь, выполнили нагнетательную функцию: давлением сосредоточили больший объем крови в замкнутом пространстве желудочков.

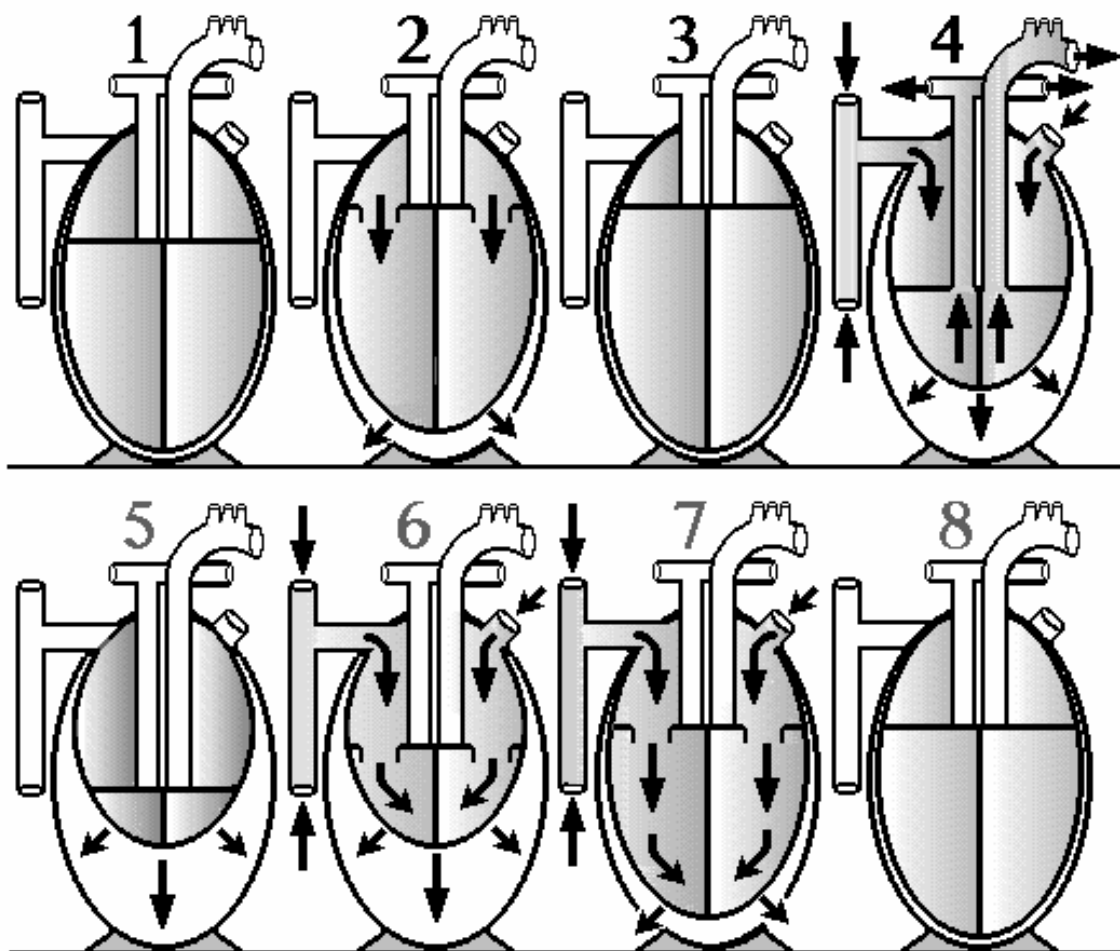


Рис. 7. Фазы работы 5-камерного сердца (обозначения на рис. 6):

1 – сердце в покое: предсердия и желудочки наполнены кровью, клапаны закрыты, перикардиальная полость образует виртуальную щель; 2 – систола предсердий (нагнетательная функция): объем предсердий уменьшается, предсердно-желудочковая перегородка перемещается вверх, желудочки растягиваются предсердиями и отрицательным давлением в перикардиальной полости; 3 – покой, но желудочки увеличились в объеме, а предсердия уменьшились; 4 – систола желудочков: уменьшается объем желудочков, увеличивая объем перикардиальной полости, в которой возрастает отрицательное давление, стремящееся прижать стенки желудочков к стенкам перикарда, предсердия растягиваются, кровь устремляется из желудочков, а предсердия наполняются; 5 – конец систолы желудочков: сила инерции движения крови равняется возвратной в исходное положение силе отрицательного давления в перикардиальной полости, кровоток отсутствует; 6, 7 – диастола сердца: всасывания за счет отрицательного давления в пятой камере сердца – перикардиальной полости; 8 – окончание диастолы: сердце в покое, предсердия и желудочки наполнены кровью, клапаны закрыты, перикардиальная полость образует виртуальную щель, кровоток отсутствует

На поз. 3 (рис. 7) сердце вновь в покое, но соотношение объемов крови в 4 камерах (правое и левое предсердия, правый и левый желудочки) изменилось: желудочки значительно увеличились в объеме, а предсердия уменьшились. Миокард желудочков растянут и готов к эффективному сокращению (вступает в силу закон Франка–Старлинга).

На поз. 4 (рис. 7) отражено начало систолы желудочков. В этой фазе деятельности сердца проявляются сразу две основных функции сердца как насоса – выброса крови из сердечной системы в сосудистую систему за счет сокращения миокарда желудочков и всасы-

вания крови в предсердия, которые растягиваются за счет нарастающего отрицательного давления в пятой камере сердца – перикардиальной полости.

Уменьшение объема желудочков и выброс крови из сердечной системы увеличивает объем перикардиальной полости в которой, по закону Бойля–Мариотта [2; 11], возрастает отрицательное давление, стремящееся прижать стенки желудочков к стенкам перикарда. Это, в свою очередь, приводит к растяжению и увеличению расслабленных предсердий, создавая в них тоже отрицательное давление, способствующее стремительному их наполнению венозной кровью (правое предсердие) и насыщенной кислородом кровью из легких (левое предсердие).

На поз. 5 (рис. 7) – конец систолы желудочков. Это трудноуловимая переходная от систолы к диастоле фаза, когда сила инерции движения крови равняется возвратной в исходное положение силе отрицательного давления в перикардиальной полости. При этом поток крови через сердце останавливается, чтобы продолжить движение через предсердия в желудочки в диастолической фазе.

Поз. 5 и 6 (рис. 7) отражают последовательно фазу диастолы сердца, в которой выполняется только одна функция – всасывания за счет отрицательного давления в 5-й камере сердца – перикардиальной полости.

Окончание диастолы представлено на поз. 8 (рис. 7). Из-за изначально отрицательного давления в перикардиальной полости, которое создается в грудной клетке (от -4 до -7 см вод. ст.), внешние стенки четырех камер сердца (2-х предсердий и 2-х желудочков) плотно прижаты к стенкам перикарда, создают виртуальную щель в 5-й камере – перикардиальной полости.

Таким образом, сердце – пятикамерная система, а перикардиальная полость – пятая камера сердца – функционально-диастолическая структура, обеспечивающая присасывающую функцию сердечной деятельности. Значение 5-й камеры огромно. Ее действие проявляется во всех активных фазах работы сердца.

Можно условно подсчитать значимость каждой камеры в процентах (табл.). Сердце осуществляет в процессе работы 3 функции: 1) нагнетательную (33,3...%); 2) изгнания (33,3...%) и 3) всасывания (33,3...%). Вместе это составит 100 %. Доля каждой камеры (правое и левое предсердия, правый и левый желудочки, перикардиальная полость) при реализации основной для нее функции распределяется поровну по количеству активных участников. Процент участия каждой камеры при реализации соответствующей функции отмечен построчно, а общая сумма подсчитывается по вертикали.

Значимость активного участия камер сердца в сердечном цикле (%)

Функции	Камеры сердца (1–5)				
	предсердия		желудочки		5 перикардиальная полость
	1 правое	2 левое	3 правый	4 левый	
Нагнетания (33,3 % цикла)	11,1 % систола	11,1 % систола			11,1 % всасывание в желудочки
Изгнания (33,3 % цикла)			11,1 % систола	11,1 % систола	11,1 % всасывание в предсердия
Всасывания (33,3 % цикла)					33,3 % всасывание, диастола желуд.
% участия в сердеч. цикле	11,1 %	11,1 %	11,1 %	11,1 %	55,5 %

Перикардиальная полость активно участвует при систоле предсердий, растягивая желудочки, осуществляя всасывающую функцию при реализации предсердиями нагнетательной функции (11,1...%). Перикардиальная полость принимает участие во время систолы желудочков (функция изгнания), растягивая предсердия и создавая в них отрицательное присасывающее давление (11,1...%), и самостоятельно выполняет всасывающую функцию во время диастолической фазы сердечной работы при наполнении желудочков (33,3...%). Всего 55,5 %. Это в 5 раз больше, чем любая другая полость. **Эффективная работа сердца без перикардиальной полости невозможна!**

Но есть люди (правда, редко) у которых отсутствует перикард (удален из-за болезни или врожденный порок). Они живут, их сердце все равно располагается в герметичной полости, которая находится вокруг него, но в худших, не очень приспособленных условиях. Это обусловлено отрицательным давлением в грудной клетке, а оно может сохраняться только в герметичных полостях, и для работы сердца необходимо какое-то пространство. Сердце и в этих аномальных условиях (врожденный порок) образует необходимое герметичное пространство для своей деятельности.

При удалении перикарда герметичная полость остается и увеличивается в диаметре не более чем на 2 мм. При этом диастолический объем сердца компенсаторно увеличивается, способствуя более эффективному сокращению миокарда (закон Франка–Старлинга).

Выводы

1. Практическое значение открытого явления заключается в том, что значительно расширяет диагностические возможности здоровых людей при выполнении тяжелых физических работ, при патологиях повышает эффективность хирургических вмешательств. Такое радикальное лечение, как хирургическое вмешательство, не могло раскрыть присасывающую функцию перикардиальной полости в целостном организме, потому что вскрытие грудной клетки и перикарда полностью нарушают механизм его действия, а «пипеточный» эффект расширения работающего сердца при вскрытой грудной клетке принимается за истинный эффект его наполнения. Эта чудовищная ошибка дорого обходится человеку-

ству. Она «собирает смертельную дань» в виде летальных исходов – результатов ошибочных диагнозов и неправильных курсов лечения, потому что правильное решение можно принять только на основании истинных знаний о деятельности сердца в целостном организме.

2. Открываются совершенно новые пути к изучению сердечно-сосудистой системы, и как бы они ни были сложны, научно-теоретический поиск, основанный на вскрытом нами явлении, даст миру новый уровень познания в создании целостной теории сердечно-сосудистой системы, объединяя и объясняя уже имеющиеся, но до настоящего времени труднообъяснимые факты.

3. Одним из таких фактов, например, является причинность появления зубца U на ЭКГ во время диастолы сердца [5]. Теперь это хорошо объяснимо: во время диастолы, как было показано [8], активизируется ионный обмен в миокарде, вызывающий возникновение этого зубца и увеличение его во время нагрузки. Зубец U электрокардиограммы приобретает важное диагностическое значение. При создании нами «Классификации изменений электрокардиограммы при мышечной нагрузке у здорового человека» [6] это явление получило четкое отражение: в основу этой классификации была заложена идея эффективно-го наполнения сердца при любой частоте сердечных сокращений.

4. Расширились наши знания об уникальных качествах этого наиболее важного для жизни органа, который не только нагнетает кровь для движения по артериальной системе, но и обеспечивает возврат крови за счет сильного присасывающего эффекта, который зависит от мощности выброса. При этом чем чаще ритм и больше выброс за счет более сильного сокращения миокарда, что наблюдается при напряженной мышечной работе, тем мощнее действует присасывающая система пятой камеры в прямой зависимости от мощности сокращения миокарда, обеспечивая эффективное наполнение даже при очень частых сердечных сокращениях.

Библиографический список

59. Аринчин, Н.И. Фазы и периоды сердечного цикла / Н.И. Аринчин, Ф.Н. Сенько. – Минск: Наука и техника, 1970. – 145 с.
60. Архангельский, М.М. Курс физики. Механика: учеб. пособ. для студ. физ.-мат. фак. пед. интов. / М.М. Архангельский. – Изд. 3-е, перераб. – М.: Просвещение, 1975. – 420 с.
61. БМЭ. В 30 т. / АМН СССР. – Т. 19. – М.: Советская энциклопедия, 1982. – 536 с.
62. Гарвей, В. Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных: пер. с англ. / В. Гарвей. – Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – 234 с.
63. Завьялов, А.И. Зубец U электрокардиограммы – «собственная» диастола желудочков / А.И. Завьялов // Физиология человека. – 1983. – № 6. – С. 335–938.
64. Завьялов, А.И. Классификация изменений электрокардиограммы при мышечной нагрузке у здорового человека / А.И. Завьялов // Физиология человека. – М., 1985. – № 2. – С. 201–207.
65. Малиновский, Н.Н., Платов И.И. Пороки развития перикарда / Н.Н. Малиновский, И.И. Платов // Хирургия. – 2001. – № 5. – С. 4–9.
66. Меерсон, Ф.З. Взаимосвязь между интенсивностью сократительной функции и скоростью расслабления как один из механизмов саморегуляции сердца / Ф.З. Меерсон, В.И. Капелько // XXII съезд Всесоюзного физиологического общества им. И.А. Павлова. – Л., 1975. – Т. 1. – С. 169–170.
67. Надь Д. Хирургическая анатомия. Грудная клетка / Д. Надь, И. Каласи. – Будапешт: АН Венгрии, 1959. – 428 с.
68. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов; под ред. Н.Ю. Шведовой. – М.: Русский

Дискуссии

- язык, 1989. – 750 с.
69. Хендель, А. Основные законы физики: пер. с нем / А. Хендель. – М.: Физматгиз, 1959. – 284 с.
 70. Физиология человека / под ред. Г.И. Косицкого. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1985. – 544 с.
 71. Физиология человека. В 4 т.: пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – М.: Мир, 1986. – Т. 3. – 288 с.
 72. Marey, E.J. Physiologie medicale de la circylation du sang, basee sur l'etude graphique des mouvements du coeur et du poues arterial, avec application aux maladies de l'appareil circylatoire / E.J. Marey. – Paris, 1863.

МЕТОДИКА

Г.Ф. Зейберт, Г.И. Золотарева

МОДУЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ ПО БИОХИМИИ КАК СРЕДСТВО АКТИВИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Возрастание роли самостоятельной работы студентов – устойчивая тенденция, характерная для всех вузов. Все в большей мере обучаемый должен уметь самостоятельно включать в систему своей деятельности нарастающий поток информации, причем не только собственно профессиональной, но и полезной для специалиста и просто интересной. Очевидно, что всю информацию такого рода никакие учебные планы охватить не могут. Необходимо отметить, что более 50 % общего бюджета учебного времени в вузе приходится на долю самостоятельной работы студентов. Целый ряд данных указывает, что это время используется студентами нерационально.

Мы считаем, что использование модульной технологии в сочетании с внедрением индивидуального кумулятивного индекса (ИКИ) в рамках традиционной вузовской лекционно-семинарско-лабораторной системы значительно повысит эффективность самостоятельной работы студентов, будет способствовать формированию у них навыков самообразования, творческого решения поставленных задач, усилит мотивацию обучения. В процессе обучения у студентов появляется возможность маневрировать и находить оптимальный путь формирования своего индивидуального рейтинга. Модульно-рейтинговая технология позволит преподавателю более объективно оценивать усвоение материала и уровень сформированности компетентности будущих специалистов.

Модульный подход в обучении реализуется путем использования модульных программ. Для составления программ преподаватели должны определить основные идеи курса, его содержание, структурировать материал, выделив определенные блоки (модули), сформулировать дидактические цели. Большое внимание при разработке программ должно уделяться планированию контроля за усвоением материала. В рамках каждого модуля планируется входной контроль, то есть актуализация ранее усвоенных знаний, которые необходимы для изучения нового учебного материала, выходной контроль, характеризующий степень усвоения материала, умение организовать свою самостоятельную работу, активность и прилежание, и текущий, промежуточный контроль, позволяющий своевременно выявить пробелы в знаниях и скоординировать дальнейшую работу студента.

В процессе преподавания биохимии и ранее уделялось большое внимание организации самостоятельной работы студентов, в результате чего сложилась определенная система,

Методика

включающая как известные, так и нетрадиционные ее формы. Развитие этой системы мы видим в создании модульных программ. В курсе биохимии мы выделили 14 модулей.

Структура каждого модуля включает:

- программу модуля, в которой раскрывается теоретическое содержание дисциплины, определенное государственным стандартом;
- рабочий план лекций и лабораторно-практических занятий в рамках каждого модуля;
- материалы для организации самостоятельной работы и ее оценки с указанием баллов за каждый вид работы.

В качестве примера мы приводим программу модуля «Нуклеиновые кислоты».

Содержание модуля «Нуклеиновые кислоты»

История открытия и изучения нуклеиновых кислот. Их биологическая роль. Выделение нуклеиновых кислот из биологических объектов. Состав нуклеиновых кислот, характеристика пиримидиновых и пуриновых оснований, минорные азотистые основания, углеводная компонента, нуклеозиды и нуклеотиды, их строение и номенклатура. Тип связи между нуклеотидами в молекулах нуклеиновых кислот, строение полипептидной цепи, ее пентозофосфатный остов, концевые нуклеотиды. Классификация нуклеиновых кислот. Отличия ДНК и РНК.

Дезоксирибонуклеиновые кислоты, гены, геном. Первичная структура ДНК и способы ее изображения. Трудности изучения первичной структуры ДНК и общая стратегия ее определения. Значение рестрикционных эндонуклеаз в изучении первичной структуры ДНК. Особенности первичной структуры ДНК вирусов, бактерий и эукариот, уникальные, умеренно повторяющиеся, часто повторяющиеся последовательности нуклеотидов. Сателлитная ДНК. Мозаичный характер генов эукариот. Мигрирующие элементы ДНК (инсерционные сегменты, транспозоны, мобильные диспергированные гены). Палиндромы. Вторичная структура ДНК, модель двойной спирали Д. Уотсона и Ф. Крика, ее параметры. Возможные формы волокнисто-кристаллических структур. Третичная структура ДНК вирусов и бактерий. Третичная структура ДНК и организация хроматина в эукариотических клетках. Цитоплазматические ДНК. Плазмиды бактерий. Свойства ДНК.

Рибонуклеиновые кислоты, их классификация, структура и функции тРНК, мРНК и рРНК. Вирусные (геномные) РНК.

Таблица 1

**План лекций и лабораторно-практических занятий
модуля «Нуклеиновые кислоты»**

№ п/п	Тема лекций (содержание модуля)	Объем часов	Тема лабораторно-практических занятий	Объем часов
1.	Состав нуклеиновых кислот, строение полимерной цепи, классификация нуклеиновых кислот	2	Коллоквиум по теме «Нуклеиновые кислоты»	4
2.	Первичная структура ДНК	2		
3.	Вторичная и третичная структура ДНК	2	Лабораторная работа по теме «Нуклеиновые кислоты»	4
4.	РНК. Их виды, структура и функции	2	Контрольная работа по теме «Нуклеиновые кислоты»	2

Таблица 2

Организация самостоятельной работы студентов

Виды самостоятельной работы	Контроль и самоконтроль
<p>I. Подготовка к коллоквиуму Выполните задания</p> <ol style="list-style-type: none"> Ответьте на вопрос: когда и кем были открыты нуклеиновые кислоты? Сформулируйте их биологические функции. Назовите их виды и локализации в клетке. Охарактеризуйте методы выделения нуклеиновых кислот. Дайте определение нуклеиновым кислотам. Охарактеризуйте их состав: <ul style="list-style-type: none"> – строение и номенклатура пуриновых и пиримидиновых азотистых оснований. Напишите формулу гуанина и тимина в кетонной и енольной форме; – дайте понятие «минорные азотистые основания», приведите примеры; – напишите формулы рибозы и дезоксирибозы в циклической форме; – дайте определение нуклеотидам и нуклеозидам, объясните их строение. Напишите формулы нуклеозидов, состоящих из: 1) аденина и рибозы; 2) цитозина и дезоксирибозы, назовите их. Получите из этих нуклеозидов соответствующие им нуклеотиды, назовите их. Дайте понятие нуклеозидтрифосфатов и циклических нуклеотидов. Какова их биологическая роль? Напишите формулу АТФ и цАМФ; – сформулируйте правила Чаргаффа. Изучите строение нуклеиновых кислот, обратите внимание на: а) тип связи между отдельными нуклеотидами в молекулах нуклеиновых кислот; б) строение полинуклеотидной цепи, выделите пентозофосфатный остов и 5'- и 3'- концевые нуклеотиды. Охарактеризуйте строение ДНК по следующему плану. 	<p>Максимальное количество баллов за изучение модуля – 250. Подготовка и сдача коллоквиума оценивается максимально в 160 баллов.</p> <p>Из них сдача теоретической части оценивается: «5»–50 бал., «4»–40 бал., «3»–30 бал., «2» – (–20 бал.).</p>

Методика

<ul style="list-style-type: none">– Первичная структура ДНК. Значение ферментов рестриктаз для изучения первичной структуры ДНК. Назовите особенности первичной структуры ДНК вирусов, бактерий и эукариот.– Вторичная структура ДНК. Кто автор модели двойной спирали ДНК? Назовите особенности ее строения, параметры. Какой принцип реализуется в ее структуре. Назовите возможные формы волокнисто-кристаллической структуры ДНК. За счет чего стабилизируется двойная спираль ДНК?– Третичная структура ДНК вирусов, бактерий и эукариотических клеток. Охарактеризуйте уровни упаковки генетического материала. Цитоплазматическая ДНК, плазмиды бактерий. Свойства ДНК. <p>6. Охарактеризуйте строение и функции рибонуклеиновых кислот по следующему плану.</p> <ul style="list-style-type: none">– Транспортные РНК (тРНК). Первичная структура тРНК. Структура «клеверного листа» тРНК, третичная структура тРНК.– Матричные (информационные) мРНК. Моноцистронные и полицистронные мРНК. Транслируемые и нетранслируемые области молекул мРНК.– Рибосомные РНК (рРНК), молекулярная масса и коэффициент седиментации различных видов рРНК. Участие рРНК в построении рибосом.– Вирусные (геномные) РНК. <p>7. Оформите словарь биохимических терминов. Охарактеризуйте понятия: антикодон, ген, геном, дезоксирибонуклеиновые кислоты, инсерционные последовательности ДНК, кодон, комплементарные азотистые основания, 3'-концевой нуклеотид, 5'-концевой нуклеотид, коэффициент поликонденсации нуклеиновых кислот, коэффициент специфичности нуклеиновых кислот, матричные (информационные) РНК, минорные азотистые основания, мобильные диспергированные гены, моноцистронные мРНК, нуклеиновые кислоты, нуклеозид, нуклеосома, нуклеотид, палиндромы, пиримидиновые основания, плазмиды, полицистронные мРНК, принцип комплементарности, пуриновые основания, рибонуклеиновые кислоты, рибосомные РНК, сателлитная ДНК, стеклинг-взаимодействия, транспозоны, транспортные РНК, фосфодиэфирные связи, хромосомы, хроматин, цистрон.</p> <p>8. Проверьте себя</p> <p>1. В состав РНК не входит азотистое основание:</p> <table border="0"><tr><td>1) тимин;</td><td>4) гуанин;</td></tr><tr><td>2) цитозин;</td><td>5) аденин;</td></tr><tr><td>3) урацил.</td><td></td></tr></table> <p>2. Только в состав ДНК входит азотистое основание:</p> <table border="0"><tr><td>1) N-6-метиладенин;</td><td>4) тимин;</td></tr><tr><td>2) гипоксантин;</td><td>5) аденин;</td></tr><tr><td>3) урацил.</td><td></td></tr></table> <p>3. В состав нуклеозида входит:</p> <ol style="list-style-type: none">1) азотистое основание;2) азотистое основание и пентоза;3) азотистое основание, пентоза и остаток фосфорной кислоты. <p>4. В состав нуклеотида входит:</p> <ol style="list-style-type: none">1) азотистое основание;	1) тимин;	4) гуанин;	2) цитозин;	5) аденин;	3) урацил.		1) N-6-метиладенин;	4) тимин;	2) гипоксантин;	5) аденин;	3) урацил.		<p>Оформление словаря биохимических терминов оценивается максимально в 30 баллов.</p> <p>Решение теста оценивается в 20 баллов.</p>
1) тимин;	4) гуанин;												
2) цитозин;	5) аденин;												
3) урацил.													
1) N-6-метиладенин;	4) тимин;												
2) гипоксантин;	5) аденин;												
3) урацил.													

<p>2) азотистое основание и пентоза; 3) азотистое основание, пентоза и остаток фосфорной кислоты.</p> <p>5. В нуклеотидах азотистое основание и пентоза соединены связью: 1) фосфоэфирной; 2) N-гликозидной; 3) O-гликозидной.</p> <p>6. В составе РНК содержится: 1) D-рибоза; 2) α-D-рибофураноза; 3) β-D-рибофураноза; 4) β-D-2-дезоксирiboфураноза.</p> <p>7. В составе ДНК содержится: 1) L-рибоза; 2) α-D-2-дезоксирiboфураноза; 3) α-D-рибофураноза; 4) β-D-2-дезоксирiboфураноза.</p> <p>8. Пиримидиновыми нуклеозидами являются: 1) аденозин; 4) цитидин; 2) аденин; 5) цитозин. 3) аденозинтрифосфат;</p> <p>9. Пуриновыми нуклеозидами являются: 1) уридин; 4) урацил; 2) гуанозин; 5) аденозин. 3) гуанин;</p> <p>10. Полинуклеотидные цепи в двухспиральной молекуле ДНК удерживаются: 1) координационными связями; 2) водородными связями; 3) ионными связями; 4) гидрофобными взаимодействиями.</p> <p>11. Между молекулой ДНК и гистонами в составе эукариотической хромосомы формируются связи: 1) ковалентные; 3) ионные; 2) координационные; 4) водородные.</p> <p>12. В формировании третичной структуры ДНК у эукариот участвуют белки: 1) протамины; 4) альбумины; 2) глутелины; 5) глобулины; 3) гистоны.</p> <p>13. Акцепторная ветвь тРНК содержит на 3'-конце тринуклеотидную последовательность: 1) УАГ; 2) ЦАЦ; 3) ЦЦА; 4) АЦЦ; 5) АЦА.</p> <p>14. Вторичная структура тРНК имеет форму: 1) линейную; 2) клеверного листа; 3) локтевого сгиба.</p> <p>15. Специфичность различных тРНК определяется:</p>	
---	--

Методика

<p>1) акцепторным участком; 2) антикодоновой петлей; 3) псевдоуридиловой петлей; 4) дигидроуридиловой петлей.</p> <p>9. Выполните рисунки и схемы: а) модели «клеверного листа» тРНК; б) строения мРНК эукариот; в) модели двойной спирали ДНК с указанием основных параметров.</p> <p>10. Решите задачи</p> <p>1. В препаратах ДНК, выделенных из двух видов бактерий, содержание аденина от общего содержания азотистых оснований составляет соответственно: в образце (а) 32 %, в образце (б) 17 %. Какие относительные количества гуанина, тимина, цитозина вы предполагаете в образцах (а) и (б)? Одна из этих бактерий была выделена из горячего источника (64°C). Какая ДНК из образца (а) или (б) принадлежит этой бактерии?</p> <p>2. ДНК бактериофага М13 имеет следующий нуклеотидный состав: А – 13 %, Т – 36 %, Г – 23 %, Ц – 20 %. Что говорят вам эти цифры о структуре молекулы ДНК этого фага?</p> <p>3. В печени крысы имеется фермент, содержащий 192 аминокислотных остатка. Этот фермент кодируется геном, включающим 1440 пар нуклеотидов. Объясните взаимосвязь между числом аминокислотных остатков в ферменте и числом пар нуклеотидов в соответствующем ему гене.</p> <p>4. В представленном фрагменте ДНК определите и ограничьте прямоугольником положение палиндрома: АЦТТГААТТЦТТ ТГААЦТТААГАА</p> <p>II. Подготовка к выполнению лабораторной работы, ее выполнение, оформление отчета и защита</p>	<p>Максимальная оценка 20 баллов.</p> <p>Максимальная оценка 40 баллов</p> <p>Максимальная оценка 40 баллов</p>
---	---

III. Письменная контрольная работа или тест	Оценивается следующим образом: «5» – 50 бал., «4» – 40 бал., «3» – 30 бал., «2» – (–20 бал.)
--	--

Создание модульных программ является попыткой перехода к модульно-рейтинговой системе обучения.

Библиографический список

73. Селевко, Г.К. Современные образовательные технологии: учеб. пособие / Г.К. Селевко. – М.: Народное образование, 1998. – 256 с.
74. Емельянова, Г.М. К вопросу о профессиональной подготовке будущего учителя к реализации современных образовательных технологий обучения в школе / Г.М. Емельянова, И.Б. Кометиани // Проблемы и перспективы развития химического образования: материалы Всерос. науч. конф., 29 сент. – 3 окт. 2003 г. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2003. – С. 56–58.
75. Организация самостоятельной работы студентов при изучении курса биологической химии: методические указания. – 2-е изд., перераб. и доп. – Красноярск: Изд-во КГПУ, 1996. – 32 с.

АННОТАЦИИ

Е.М. Антипова

НАСТОЯЩАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ СЕВЕРНЫХ ЛЕСОСТЕПЕЙ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Дается классификация водной растительности северных лесостепей Средней Сибири. Система классификации основана на различиях жизненных форм высших водных растений, включает 2 класса формаций (гидрофитная и гелофитная растительность), 7 групп формаций, 66 формаций. Настоящая водная растительность включает 4 группы формаций, 35 формаций.

Е.В. Зубарева, Е.М. Антипова

КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОДТАЙГИ КАНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Основные типы растительности подтайги Канской котловины составляют леса, луга и болота, представленные 6 классами формаций, 11 группами формаций, 25 формациями, 39 основными ассоциациями. Степи, кустарниковые заросли, представленные 2 классами формаций, 6 группами формаций и 11 формациями, дополняют фитоценоотическое разнообразие региона.

Н.В. Фокина, Н.А. Лигаева, Е.Б. Андреева, Н.П. Должковая

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАПОВЕДНИКА «СТОЛБЫ»

В работе представлены результаты предварительных исследований климатических особенностей Красноярска и заповедника «Столбы». Приводятся данные о средних, максимальных и минимальных температурах, количестве осадков, высоте снежного покрова и их изменениях за 75 лет.

Т.А. Ананьева, С.А. Ананьев

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА КЛАСТЕР-АНАЛИЗА
ПРИ ПЕТРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ МЕТАСОМАТИТОВ**

Петрохимические особенности различных типов горных пород при условии их интенсивной метаморфической, в том числе метасоматической и динамометаморфической, переработки достаточно трудно выявляются при использовании какого-то одного традиционного метода. В предлагаемой статье показаны возможности применения кластер-метода при изучении сложнопостроенных метасоматических образований.

М.И. Лесовская

НАСКОЛЬКО ЗДОРОВ ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫЙ ЧЕЛОВЕК?

С помощью хемилюминесцентного анализа крови получены системные критерии с высокой диагностической значимостью для оценки резистентности организма здорового человека. Эти критерии позволяют отделить не только норму от патологии, но и оценить адаптационные ресурсы организма задолго до их исчерпания. С использованием этих критериев показано, что действительно здоровыми являются лишь 14 % из категории «практически здоровых» (т. е. не больных).

С.И. Смирнов, С.В. Кологорцев

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ НАМАГНИЧИВАНИЯ АНСАМБЛЕЙ НАНОЧАСТИЦ
С КОМБИНИРОВАННОЙ СИММЕТРИЕЙ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ**

В работе численно изучены кривые намагничивания ансамблей наночастиц с комбинированной симметрией магнитной анизотропии. Для моделирования использован композиционный вариант модели Стонера–Вольфарта, когда намагниченность каждой наночастицы подвержена влиянию одновременно и кубической кристаллографической магнитной анизотропии, и случайно ориентированной одноосной магнитной анизотропии. В результате получен ряд расчетных кривых, соответствующих различным вкладам одноосной и кубической анизотропии для принятой модели. Изучено изменение величин параметров петель гистерезиса: остаточной намагниченности M_r , коэрцитивной силы H_c , начальной μ_0 и максимальной μ_{\max} магнитной восприимчивости, площади петли гистерезиса в зависимости от соотношения энергий одноосной и кубической анизотропии наночастиц. Оказалось, что непрерывный переход от ансамбля с одноосной к ансамблю с кубической анизотропией характеризуется немонотонным изменением магнитных свойств. Обсуждается возможность сравнения модельных и экспериментальных кривых для наночастиц для получения новой информации об их магнитных константах.

А.Н. Руцкий

РАЗРЕШИМОСТЬ ПО ДОПУСТИМОСТИ МОДАЛЬНОЙ ЛОГИКИ $S4.A_m.E_p.Z_q$

В статье приведено доказательство разрешимости для допустимых правил вывода модальной логики $S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q$. Это позволяет провести доказательство строгой разрешимости интерполяционного свойства модальных логик над $S4$ и ряда других свойств.

А.И. Завьялов, Д.А. Завьялов, А.А. Завьялов

**РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА
(СЕРДЦЕ – ПЯТИКАМЕРНАЯ СИСТЕМА)**

Представлен дискуссионный взгляд на сердце как пятикамерную систему. Обсуждается возможная роль перикарда для эффективного наполнения сердца при высокой частоте его пульсации.

Г.Ф. Зейберт, Г.И. Золотарева

**МОДУЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ КАК СРЕДСТВО АКТИВИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО БИОХИМИИ**

Модульные программы по биохимии рассматриваются как средство мотивации обучения и повышения эффективности самостоятельной работы студентов. Предлагается модульная программа по теме «Нуклеиновые кислоты».

Е.М. Antipova

**THE HYDROPHYTE PLANTS OF NORTHERN FOREST-STEPPE
OF AVERAGE SIBERIA**

The classification of aquatic plants of north forest-steppes of Middle Siberia is given in this article. The system of classifications is based on difference between life forms of high aquatic plants. The classification includes 2 classes of formations (hydrophyte and helophyte), 7 groups of formations and 66 formations. Hydrophyte plants consist of 4 groups of formations and 35 formations.

Е.В. Zubareva, Е.М. Antipova

THE BASIC TYPES OF UNDERTAIGA VEGETATION IN THE KANSK HOLLOW

The main types of Kansk depression undertaiga vegetation are forests, meadows and swamps, represented by 6 formation classes, 11 formation groups, 25 formations, 39 main associations. Steppes and brushwoods, represented by 2 formation classes, 6 formation groups and 11 forma-

tions enlarge the phytocoenotic diversity of the region.

N.V. Fokina, N.A. Ligaeva, E.B. Andreeva, N.P. Dolzshkovaya

INVESTIGATION OF CLIMAT RESERVE «STOLBY»

There are results of the preliminary studies of Krasnoyarsk dam impact on climate of the reserve «Stolby» are discussed. There is also information about average, maximum and minimum temperatures, the height of snow coverage, quality of precipitation and their changes during 75 years are given.

T.A. Ananyeva, S.A. Ananyev

POSSIBILITY TO USE THE METHOD OF CLUSTER-ANALYSIS FOR PETROCHEMICAL STUDIES OF METASOMATITES

Petrochemical peculiarities of different types of rocks condition to their intensive metamorphic, including metasomatic and dinamometamorphic processing are really hard to be indicated by using just one traditional method. In the present article there are possibilities to use cluster-method while studying the complex-structured metasomatic formations are shown.

M.I. Lesovskaya

HOW HEALTHY IS A PRACTICALLY HEALTHY PERSON?

System criteria with the high diagnostic importance for the resistency of healthy adult people are received with the help of whool human blood chemiluminescent analysis (CLA). This criteria allowing to separate norm from a pathology and to estimate adaptive resources of an healthy organism long before their exhaustion. Under this criteria is shown that only 14 % «practically healthy» persons (not patients) are healthy really.

S.I. Smirnov, C.V. Komogortzev

MODELLING OF CURVES OF MAGNETIZATION OF NANOCORPUSCLES ENSEMBLES WITH THE COMBINED SYMMETRY OF MAGNETIC ANISOTROPY

The composite variant of model Stoner-Volfart is used. A number of the settlement curves corresponding to various contributions one-axis and cubic anisotropy for the accepted model is received. Change of sizes of parameters of a hysteresis is investigated. It is established that continuous transition from ensemble to one-axis anisotropy to ensemble with cubic anisotropy is characterized by nonmonotonic change of magnetic properties. The opportunity of comparison of modelling and experirtiehtal curves for nanocorpuscles for reception of the new information on their magnetic constants is discussed.

A.N. Rutsky

SOLVABILITY BY ADMISSIBILITY OF MODAL LOGICS $S4.A_M.E_P.Z_Q$

In this paper we present the proof decidability w.r.t. admissibility of modal logic $S4.\alpha_m.\xi_p.\zeta_q$. It let us make complete proof strongly decidable of interpolation properties some logics, extended $S4$.

A.I. Zavyalov, D.A. Zavyalov, A.A. Zavyalov

DEVELOPMENT OF THE THEORY OF HEART ACTIVITY

The debatable sight at heart as five-chamber system is submitted. The possible role of a pericardium for effective filling heart at high frequency of its pulsation is discussed.

G.F. Zeibert, G.I. Zolotareva

**BIOCHEMICAL MODULAR PROGRAMS FOR ACTIVIZATION
OF INDEPENDENT WORK OF STUDENTS**

The module programmers on Biochemistry are considered as a means of motivation of the education and increasing the effectiveness of the students» independent work. The subject of the suggested module programmed is «The Nucleic Acids».

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Ананьев
Сергей Анатольевич* – кандидат геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии и петрографии ГУЦМиЗ.
- Ананьева
Татьяна Алексеевна* – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии КГПУ им. В.П. Астафьева.
- Антипова
Екатерина Михайловна* – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники КГПУ им. В.П. Астафьева.
- Андреева
Елена Борисовна* – кандидат биологических наук, научный сотрудник заповедника «Столбы».
- Должковая
Надежда Петровна* – младший научный сотрудник заповедника «Столбы».
- Завьялов
Александр Александрович* – ассистент института спортивных единоборств им. И. Ярыгина КГПУ им. В.П. Астафьева.
- Завьялов
Александр Иванович* – доктор педагогических наук, профессор, директор института спортивных единоборств им. И. Ярыгина КГПУ им. В.П. Астафьева.
- Завьялов
Дмитрий Александрович* – кандидат педагогических наук, профессор института спортивных единоборств им. И. Ярыгина КГПУ им. В.П. Астафьева.
- Зейберт
Галина Федоровна* – кандидат химических наук, доцент кафедры химии КГПУ им. В.П. Астафьева.
- Золотарева
Галина Ивановна* – кандидат химических наук, доцент кафедры химии КГПУ им. В.П. Астафьева.
- Зубарева
Екатерина Владимировна* – аспирант кафедры ботаники КГПУ им. В.П. Астафьева.
- Комогорцев
Сергей Викторович* – кандидат физико-математических наук, Институт физики СО РАН (Красноярск).
- Лесовская
Марина Игоревна* – доктор биологических наук, профессор кафедры химии КГПУ им. В.П. Астафьева.

*Лигаёва
Надежда Анатольевна*

– старший преподаватель кафедры физической географии КГПУ им. В.П. Астафьева.

*Руцкий
Алексей Николаевич
Смирнов
Сергей Иванович*

– кандидат физико-математических наук, доцент кафедры алгебры и МОМ КГПУ им. В.П. Астафьева.

– Красноярский государственный педагогический университет (Красноярск).

*Фокина
Наталья Витальевна*

– кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии КГПУ им. В.П. Астафьева.

ВЕСТНИК
Красноярского государственного
педагогического университета им. В.П. Астафьева

2006 (2)

Редактор М.А. Исакова
Корректор С.Ю. Глазунова
Верстка М.Л. Гукайло

660049, Красноярск, ул. А. Лебедевой, 89.
Редакционно-издательский отдел КГПУ,
т. 22-12-89

Подписано в печать 15.11.06. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 10,5. Бумага офсетная.
Тираж 1000 экз. Заказ 450. Цена договорная

Отпечатано ИПК КГПУ,
т. 23-48-60