

Моделирование метеопатических реакций организма и обоснование их восстановительной коррекции при распространенных болезнях системы кровообращения

М.Ю. Яковлев^{1,2)}, И.П. Бобровницкий²⁾, Ю.А. Рахманин²⁾, И.В. Королёва¹⁾

¹⁾ Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
Россия, 121099, Москва, ул. Новый Арбат, д. 32

²⁾ Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками
здоровья» Министерства здравоохранения Российской Федерации,
Россия, 119435, Москва, ул. Погодинская 10 корпус 1

*адрес для переписки: YakovlevMY@nmicrk.ru

Реферат. Среди приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации важное место занимает противодействие большим вызовам, в том числе возрастающие антропогенные нагрузки на окружающую среду и метеопатические реакции, всё чаще представляющие угрозу жизни и здоровью граждан. Разработка информационных систем прогнозирования и немедикаментозной профилактики метеозависимых заболеваний в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 годы) соответствует основным задачам развития медицинских наук, решение которых откроет принципиально новые возможности для получения ожидаемых прорывных результатов. Среди погодных факторов, отрицательно влияющих на функциональное состояние людей с болезнями системы кровообращения, выделяют изменения среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха, происходящие колебания атмосферного давления, количества осадков и скорости ветра. В ходе работы доказана взаимосвязь между степенью выраженности метеопатических реакций, низким уровнем функциональных и адаптивных резервов организма. Научно обоснована и разработана математическая модель развития метеопатических реакций организма под влиянием неблагоприятных метеорологических и гелиогеофизических факторов у пациентов с болезнями системы кровообращения. В ходе исследования показано, что динамическую оценку влияния метеофакторов на организм человека целесообразно проводить в ежедневном режиме мониторинга факторов окружающей среды, климатических показателей, а также диспансерного наблюдения с оценкой выраженности жалоб на ухудшение самочувствия (тест «САН»), головную боль, боль в области сердца и суставов, одышку, а также с учетом анализа гемодинамических характеристик кровотока, вариабельности сердечного ритма и уровня насыщения крови кислородом. Получен интегральный показатель вероятности развития метеопатических реакций для лиц с болез-

нями системы кровообращения, проживающих в Московском регионе. Определены 4 уровня оценки выраженности метеопатических реакций организма для людей, проживающих в Московском регионе. Доказана эффективность применения технологий восстановительной медицины, направленных на неспецифическое повышение адаптивных возможностей организма. Сформированы решающие правила эффективности применения технологий восстановительной медицины для коррекции метеопатических реакций и получены соответствующие дискриминантные функции, включающие в себя значения показателя активности регуляторных систем (ПАРС) и систолического артериального давления. Определены предикторы эффективности применения комплексных оздоровительных программ, направленных на коррекцию развития метеопатических реакций у лиц с болезнями системы кровообращения.

Ключевые слова. Метеопатические реакции организма, болезни системы кровообращения, функциональные и адаптивные резервы организма, метеофакторы.

Modeling meteopathic reactions of the organism and justification of their restorative correction for common diseases of the circulatory system

M.Yu. Yakovlev^{1,2)}, I.P. Bobrovniksky²⁾, Yu. Rakhmanin²⁾, I.V. Koroleva¹⁾

¹⁾ Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 32, st. Novy Arbat, 121099, Moscow, Russian Federation

²⁾ Federal State Budgetary Institution "Center for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks" of the Ministry of Health of the Russian Federation, building 10, st. Pogodinskaya, 119435, Moscow, Russian Federation

* Correspondence address: YakovlevMY@nmicrk.ru

Abstract. Among the priorities of the scientific and technological development of the Russian Federation, an important place is occupied by counteraction to large challenges, including increasing anthropogenic pressures on the environment and meteopathic reactions, which increasingly pose a threat to the life and health of citizens. The development of information systems for forecasting and non-drug prevention of meteorological diseases in accordance with the Program of Basic Scientific Research in the Russian Federation for the long term (2021-2030) corresponds to the main tasks of the development of medical sciences, the solution of which will open up fundamentally new opportunities for obtaining the expected breakthrough results. Among the weather factors that negatively affect the functional state of people with diseases of the circulatory system, there are changes in the average daily temperature and relative humidity, fluctuations in atmospheric pressure, precipitation and wind speed. In the course of the work, the relationship between the severity of meteopathic reactions, a low level of functional and adaptive reserves of the body was proved. A mathematical model of the

development of meteopathic reactions of the body under the influence of unfavorable meteorological and heliogeophysical factors in patients with diseases of the circulatory system has been scientifically substantiated and developed. The study showed that it is advisable to carry out a dynamic assessment of the influence of meteorological factors on the human body in a daily mode of monitoring environmental factors, climatic indicators, as well as dispensary observation with an assessment of the severity of complaints of deterioration of health (test "SAN"), headache, pain in the area heart and joints, shortness of breath, as well as taking into account the analysis of the hemodynamic characteristics of blood flow, heart rate variability and the level of blood oxygen saturation. An integral indicator of the likelihood of the development of meteopathic reactions for persons with diseases of the circulatory system living in the Moscow region was obtained. 4 levels of assessment of the severity of meteopathic reactions of the body for people living in the Moscow region have been determined. The effectiveness of the application of technologies of restorative medicine, aimed at a nonspecific increase in the adaptive capabilities of the organism, has been proved. The decisive rules for the effectiveness of the use of restorative medicine technologies for the correction of meteopathic reactions were formed and the corresponding discriminant functions were obtained, including the values of the indicator of the activity of regulatory systems (PARS) and systolic blood pressure. The predictors of the effectiveness of the use of complex health programs aimed at correcting the development of meteopathic reactions in persons with diseases of the circulatory system have been determined.

Keywords. Meteopathic reactions of the body, diseases of the circulatory system, functional and adaptive reserves of the body, meteorological factors.

Введение

Еще в первой половине XX века при анализе зависимости случаев летальности при болезнях системы кровообращения от изменения метеорологических факторов было определено, что на особенно выраженное развитие обострений болезней систем кровообращения (далее БСК) могут оказывать колебания температуры воздуха и значительные перепады атмосферного давления.

Позднее было выявлено, что дезадаптационный метеоневроз в кардиологической практике может сопровождаться проявлением различных жалоб (головные боли, головокружения, кардиалгии), а также нарушением кровообращения спастического характера (гипертонический криз, стенокардия) (Scholtens, 2016). В 60-70 годы определены интегральные индексы, учитывающие различные характеристики погоды, одним из которых является индекс патогенности погоды (Овчарова и др., 1974). В последующий период изучению метеочувствительности у пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями посвящалось значительное число работ отечественных и зарубежных авторов (Бобровницкий и др., 2017; Antsiperov, 2018; Choi et al., 2019). Так, ФГБУ «Пятигорский государственный НИИ курортологии»

(ПГНИИК) ФМБА России совместно с ФГБУН «Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова» РАН и Гидрометцентром России был предложен интегральный индекс патогенности погоды и разработаны соответствующие классификаторы «медицинских типов» погоды: благоприятная погода, относительно благоприятная погода, неблагоприятная погода и крайне неблагоприятная погода (Поволоцкая и др., 2010). В связи с чем были открыты кабинеты метеопрофилактики в ФГБУ «ПГНИИК» ФМБА России г. Пятигорска и в ФГУ «Центральный клинический санаторий им. Ф.Э. Дзержинского» ФСБ РФ г. Сочи (Быков, Маляренко, 2016). Но при этом стоит отметить, что в широкую практику здравоохранения результаты данных исследований так и не были внедрены. Из-за чего до настоящего времени большая часть проблем диагностики и профилактики метеопатических реакций у пациентов с распространенными болезнями системы кровообращения в медицинской практике остается нерешенной. Основными предпосылками к вышеперечисленному являлись:

- недостаточное оценивание и учитывание комплексного и совокупного влияний погодных факторов как в различные сезоны года, так и в различных климатогеографических зонах;
- не разрабатывались и не учитывались математические модели развития метеопатических реакций организма, а также технологии их персонализированной превентивной и восстановительной коррекции;
- не получили должной оценки метеопатические реакции, обусловленные влиянием измененного электрического поля в атмосфере;
- не были обоснованы конкретные предложения по организации санаторно-курортного лечения метеочувствительных пациентов и их диспансерно-динамического наблюдения по месту жительства.

В связи с этим **целью исследования стала разработка модели развития метеопатических реакций организма под влиянием неблагоприятных метеорологических и гелиогеофизических факторов у лиц с распространенными болезнями системы кровообращения, а также определение алгоритмов и предикторов эффективности применения комплексных программ их коррекции с использованием немедикаментозных технологий восстановительной медицины.**

Задачи исследования:

1. Определить различие уровня функциональных и адаптивных резервов организма и рисков развития хронических неинфекционных заболеваний у практически здоровых метеочувствительных и метеорезистентных лиц.
2. Выявить закономерности развития изменений функционального состояния организма и проявлений метеопатических реакций под влиянием неблагоприятных метеорологических и гелиогеофизических факторов у пациентов с болезнями системы кровообращения в условиях динамического наблюдения в период их санаторно-курортного лечения.
3. Определить риски развития осложнений распространенных неинфекционных заболеваний у метеочувствительных лиц с болезнями системы кровообращения.

4. Исследовать зависимость развития метеопатических реакций у пациентов с болезнями системы кровообращения в процессе динамического наблюдения при санаторно-курортном лечении с учетом особенностей функционального состояния организма и отклонений параметров метеорологических и гелиогеофизических факторов от климатической нормы.

5. Разработать математическую модель развития метеопатических реакций организма у пациентов с болезнями системы кровообращения.

6. Определить наиболее эффективные технологии восстановительной медицины, направленные на снижение проявлений метеопатических реакций, включая метеозависимые обострения болезней системы кровообращения.

7. Исследовать предикторную значимость показателей функционального состояния у метеочувствительных пациентов с болезнями системы кровообращения в прогнозе эффективности применения технологий восстановительной медицины, направленных на снижение выраженности метеопатических реакций.

8. Рассчитать и верифицировать дискриминантные функции, позволяющие прогнозировать эффективность применения изученного комплекса технологий для восстановительной коррекции метеопатических реакций у пациентов с болезнями системы кровообращения.

Материалы и методы

Исследование является комплексным, многоаспектным и состоит из 6 этапов.

На *первом этапе* проводилось сравнение уровня функциональных и адаптивных резервов организма в группе условно здоровых метеочувствительных лиц ($n=197$) и в группе условно здоровых обследованных, которые не были чувствительны к изменению погодных условий ($n=197$). Средний возраст в первой группе составил 45 [32÷51] лет и 47 [31÷53] лет во второй группе соответственно ($p>0.05$ по критерию Манна-Уитни). Обследование проходило на базе подмосковного санатория «Аксаковские зори» в марте-декабре 2014 г. и феврале-октябре 2015 г.

В рамках *второго этапа исследования* проведено поперечное исследование в августе-декабре 2016 года, в ходе которого обследовано 316 метеочувствительных пациентов с болезнями системы кровообращения (гипертоническая болезнь далее ГБ, ишемическая болезнь сердца далее ИБС), проходивших санаторно-курортное лечение (подмосковный санаторий «Аксаковские Зори») в августе-декабре 2016 г. Средний возраст обследуемых лиц составил 69 [61÷75] лет, длительность основного заболевания – не менее 9 лет (Яковлев, Шашлов, 2018).

На *третьем этапе* осуществлено поперечное исследование с участием 156 пациентов с болезнями системы кровообращения (ГБ, ИБС), проходивших санаторно-курортное лечение в подмосковном санатории «Аксаковские Зори» в феврале-августе 2017 года. Средний возраст пациентов составил 65 [59÷74] лет. Длительность основного заболевания у обследуемых лиц – не менее 9 лет.

Четвертый этап заключался в верификации полученной математической модели развития метеопатических реакций организма под влиянием неблагоприятных метеорологических и гелиогеофизических факторов у лиц с распространенными болезнями системы кровообращения (ГБ, ИБС) (Яковлев и др. 2019). В результате обследовано 88 пациентов с неврологическими заболеваниями (Дорсопатия) и сопутствующим диагнозом из группы болезней системы кровообращения (ГБ, ИБС), проходивших лечение в реабилитационном центре ГАОУЗ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ в сентябре-октябре 2017 года. Средний возраст составил 64 [57÷72] лет.

В рамках *пятого этапа* исследования проведено клиническое исследование, в ходе которого обследовано 156 пациентов с болезнями системы кровообращения (ГБ, ИБС), проходивших санаторно-курортное лечение (Санаторий «Аксаковские Зори») в феврале-апреле 2018 года. Возраст пациентов был равен 68 [61÷71] лет. Длительность основного заболевания у обследуемых лиц составила не менее 10 лет.

В заключительной части данного этапа исследования были сформулированы критерии, позволяющие выделить группы пациентов с различной степенью эффективности применения нелекарственных технологий для профилактики и коррекции метеопатических реакций (Яковлев и др., 2018).

В рамках *шестого этапа* полученные критерии были верифицированы на группе 268 пациентов с болезнями системы кровообращения (ГБ, ИБС), проходивших санаторно-курортное лечение (подмосковный санаторий «Аксаковские Зори») в июне 2018 года. Средний возраст составил 63 [58÷71] лет.

Критерии не включения:

1. Наличие клинических проявлений невротических расстройств и признаков деменции; наличие хронических или инфекционных заболеваний (для 1 этапа исследования).
2. Наличие клинических проявлений невротических расстройств и признаков деменции; стенокардия IV функционального класса; нарушение сердечного ритма (за исключением редких предсердных экстрасистол, умеренной синусовой тахикардии или брадикардии) (для 2-6 этапов исследования).

Критерии исключения: отказ от участия в исследовании; нарушение протокола исследования; конфликтные ситуации (для 1-6 этапов исследования).

Обследование проходило с применением диагностических технологий, используемых в Центрах здоровья (в соответствии с приказом Минздрава России от 26.09.2011 N 1074н «О внесении изменений в приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 19 августа 2009 г. N 597н»). При этом проводились следующие методы, используемые для оценки функциональных и адаптивных резервов организма и определения рисков развития хронических неинфекционных заболеваний: анкетирование по выраженности жалоб на плохое самочувствие; измерение

антропометрических данных и показателей функциональных систем (рост, масса тела, индекс Кетле (отношение массы тела в килограммах к квадрату роста в метрах), показатели гибкости позвоночника и динамометрии кистей рук); анкетирование по определению вредных привычек и неблагоприятных условий жизни; определение гемодинамических характеристик кровотока проводилось на приборе «ЭДТВ Гемодин» (ЗАО «Мотор», Россия); анализ вариабельности сердечного ритма с расчетом показателя активности регуляторных систем (ПАРС) по Баевскому Р.М. проводили на приборе «Варикард 2.6» (ООО «Рамена», Россия); пульсоксиметр, психологическое тестирование, включающее: тест дифференциальной самооценки «САН» («Самочувствие», «Активность», «Настроение»), шкалу реактивной тревожности Спилбергера-Ханина и цветовой тест Люшера.

Риски развития БСК определялись с учетом уровня общего холестерина, значений систолического артериального давления, величины индекса массы тела, возраста, пола и отношения к курению. Риски развития стресс-индуцируемых расстройств рассчитывались с учетом полученных результатов психологического тестирования и вербально-коммуникативного обследования по оценке условий жизни и наличию вредных привычек. Риски развития БСК и риски развития стресс-индуцируемых расстройств рассчитывались с учетом взвешенных коэффициентов.

Предварительное заключение о метеочувствительности пациента выполнялось с учетом результатов вербально-коммуникативного обследования, которое и проводилось с целью оценки зависимости самочувствия пациентов от изменений погодных условий. Дополнительно пациенты заполняли дневник динамического наблюдения, в котором ежедневно фиксировали наличие жалоб на головную боль, боль за грудиной, на скованность суставов, боли в мышцах, одышку, отмечали результаты самооценки здоровья, измерения показателей гемодинамики (частота сердечных сокращений, артериальное давление систолическое и артериальное давление диастолическое) и уровня насыщения крови кислородом, а также анализ погодных условий (Яковлев, 2020).

В рамках данного исследования для сопоставления изучаемых показателей с метеорологическими факторами использовались данные, представленные сайтом: www.rp5.ru. (станция ВДНХ (синоптический индекс-27612), а именно: температура окружающей среды, атмосферное давление, влажность воздуха. Сведения о гелиогеофизической обстановке (К-индексы геомагнитной активности, величина вертикальной компоненты напряженности электрического поля атмосферы) были получены из базы данных Геофизической обсерватории «Борок». При этом в периоды исследования колебания атмосферного давления отмечались в пределах от 733 до 780 мм. рт. ст., температуры окружающей среды от -20 до +27°C, влажности воздуха от 10 до 91%, планетарного К- индекса от 0 до 6 у.е., электрической активности атмосферы от 10 до 742 эВ.

Обработка результатов исследования состояла из методов математической статистики. Анализ выборки на подчинение закону распределения проводили

критерием Колмогорова-Смирнова. Количественные данные анализировались с использованием непараметрических критериев, качественные признаки – по критерию χ^2 . Для оценки линейной взаимосвязи использовался корреляционный анализ. В ходе построения математических моделей применялись дискриминантный анализ и критерий Мантеля-Хензеля. Результаты исследований анализировали с использованием программы IBM SPSS Statistics 23.

Результаты

Для оценки влияния метео- и гелиогеофизических факторов на организм человека проведен сравнительный анализ функциональных и адаптивных резервов организма метеочувствительных и метеорезистентных условно здоровых лиц, проходивших санаторно-курортное лечение в марте-декабре 2014 года и феврале-октябре 2015 года.

Таблица 1. Сравнительный анализ показателей функционального состояния в группах 1 (с проявлениями метеопатических реакций, n=197) и 2 (без проявлений метеопатических реакций, n=197)

Table 1. Comparative analysis of indicators of functional state in groups 1 (with manifestations of meteopathic reactions, n = 197) and 2 (without manifestations of meteopathic reactions, n = 197)

Параметр	Группа 1 (с проявлениями метеопатических реакций)	Группа 2 (без проявлений метеопатических реакций)	Значение физиологической нормы
Интегральный показатель самооценки здоровья	1.76 [1.53÷3.6]↓	6.25 [4.75÷6.59]*	9.125 [7.5÷10]
Интегральный показатель функционального состояния сердечно-сосудистой системы	3.53 [1.81÷3.96]↓	6.27 [4.22÷6.97]*	9.125 [7.5÷10]
Индекс напряжения регуляторных систем, у.е.	275.9 [92÷304] ↑	130 [90÷190]*	115 [30÷200]
Частота сердечных сокращений, уд. в мин.	95 [87÷110] ↑	72 [68÷91]*	70 [60÷80]
Артериальное давление систолическое, мм.рт.ст.	125 [121÷141]	128 [120÷142]	122 [114÷136]
Артериальное давление диастолическое, мм.рт.ст.	79 [77÷92]	77 [75÷95]	77 [70÷84]
Уровень насыщения крови кислородом SpO2, %	95 [93÷96]	96 [94÷99]	96 [95÷99]
Показатель самооценки здоровья, у.е.	3.12 [2.54÷5.62]↓	5.2 [3.75÷8.1]*	9.125 [7.5÷10]
Реактивная тревожность, у.е.	39.7 [37.5÷45.9] ↑	27.75 [25.4÷39.5]*	15 [7÷30]

Примечание: Данные представлены Медианой (Me), 1 и 3 квартилями [Q1÷Q3],
*Анализ различий произведен по критерию Манна-Уитни, $p < 0.05$.
↑ - показатель выше границ «нормы»,
↓ - показатель ниже границ «нормы».

По результатам анкетирования на наличие метеочувствительности были сформированы 2 группы с различной степенью зависимости от погодных условий (по 197 человек), в которых проведен сравнительный анализ уровня функциональных и адаптивных резервов организма (табл. 1). Следует отметить, что внутригрупповые различия в зависимости от возраста и пола не были статистически достоверны ($p > 0.05$ по критерию Манна-Уитни).

Благодаря проведенному сравнительному анализу доказано, что метеочувствительные лица имеют низкий уровень функциональных и адаптивных резервов организма, который определялся у 173 человек (87.8%). Кроме этого, по итогам проведенной оценки рисков развития хронических неинфекционных заболеваний показано, что метеочувствительные лица имеют высокий уровень риска развития БСК и риска развития стресс-индуцируемых расстройств ($p < 0.05$ по критерию Манна-Уитни) (табл. 2).

Таблица 2. Риск развития распространенных неинфекционных заболеваний в группе метеочувствительных ($n=197$) и метеорезистентных лиц ($n=197$)

Table 2. The risk of developing common non-communicable diseases in the group of meteorosensitive ($n = 197$) and meteorological-resistant persons ($n = 197$)

	Группа 1 (с проявлениями метеопатических реакций)	Группа 2 (без проявлений метеопатических реакций)	Значение физиологической нормы
Риск развития БСК, у.е.	3.37 [2.51÷4.41]* ↑	5.82 [4.17÷7.96]	8.125 [7.5÷10]
Риск развития стресс-индуцируемых расстройств, у.е.	2.34 [1.81÷3.57]* ↑	4.84 [3.3÷7.41] ↑	8.125 [7.5÷10]

Примечание: Данные представлены Медианой (Me), 1 и 3 квартилями [Q1÷Q3].

*Анализ различий произведен по критерию Манна-Уитни, $p < 0.05$.

↑ — показатель выше границ «нормы»,

↓ — показатель ниже границ «нормы».

Таким образом, полученные данные указывают на взаимосвязь наличия высокого риска развития БСК и стресс-индуцируемых расстройств со степенью выраженности метеопатических реакций организма. При этом в качестве «сигнальных» факторов риска развития метеопатических реакций следует выделить следующие: артериальная гипертензия, повышенная масса тела и ожирение, а также наличие проявлений невротических реакций.

Учитывая ранее полученные данные, дальнейшие исследования были проведены в группе пациентов с БСК.

Анализ возникновения метеопатических реакций организма у пациентов с болезнями системы кровообращения

В рамках этого этапа проведена оценка влияния неблагоприятных метеорологических и гелиогеофизических факторов на пациентов с болезнями системы кровообращения. Полученные данные вербально-коммуникативного обследования 351 пациента показали, что 316 человек с болезнями системы кровообращения (ГБ и ИБС), проходивших санаторно-курортное лечение

(подмосковный санаторий «Аксаковские Зори») в августе-декабре 2016 года имели признаки патологического влияния погодных факторов, что составляет 90.3% и является обоснованием для разработки превентивных мер профилактики выявленных метеопатических реакций и их последующего усугубления.

В большинстве случаев (77.2%, $p < 0.05$ по критерию χ^2 при сравнении с частотой возникновения других метеопатических реакций: головная боль, кардиалгии, артралгии и миалгии) метеопатические реакции проявлялись в виде общего ухудшения самочувствия пациентов (по данным анкеты выраженности жалоб на плохое самочувствие и результатам теста дифференциальной самооценки «САН»), а также артериальной гипо- и гипертензией (58.8% (186 человек), $p < 0.05$ по критерию χ^2) (рис. 1).

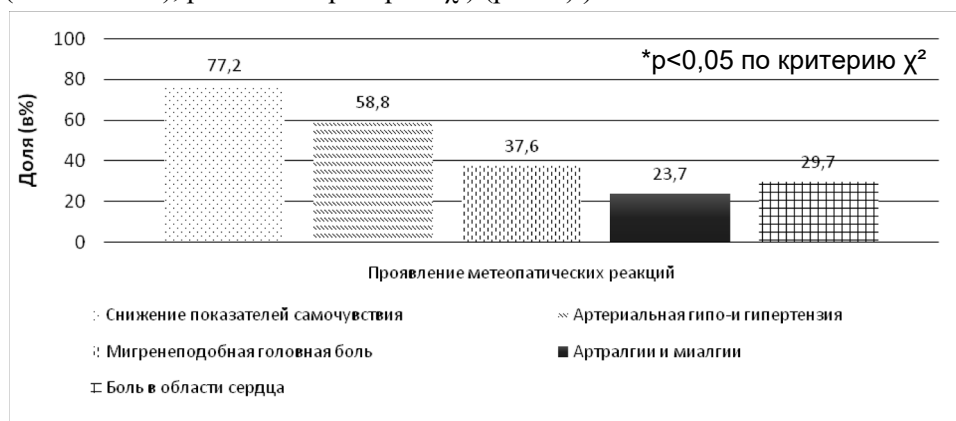


Рисунок 1. Основные метеопатические реакции организма у пациентов с болезнями системы кровообращения, развивающиеся в ходе неблагоприятного влияния погодных условий (в процентном соотношении от общей численности метеочувствительных лиц)
*Оценка различий проведена по критерию χ^2 , * $p < 0.05$*

Figure 1. The main meteoropathic reactions of the body in patients with diseases of the circulatory system, developing during the adverse effects of weather conditions (as a percentage of the total number of weather-sensitive persons)
*The differences were assessed using the χ^2 test, * $p < 0.05$*

Опираясь на ранее полученные данные о взаимосвязи повышенной метеочувствительности с низким уровнем функциональных и адаптивных резервов организма у обследуемых пациентов (316 человек), была проведена оценка функционального состояния организма.

В итоге выявлено, что у пациентов значительно были снижены интегральные показатели самооценки здоровья и функционального состояния сердечно-сосудистой системы, которые наряду с повышенной реактивной тревожностью (38 [33.75÷44] у.е. ($p < 0.05$ по критерию Манна-Уитни, при сравнении со значениями физиологической нормы), высокими цифрами артериального давления (142 [129÷151] мм.рт.ст. ($p < 0.05$ по критерию Манна-Уитни, при сравнении со значениями физиологической нормы), а также повышенным индексом напряжения регуляторных систем (452 [144÷925] у.е. ($p < 0.05$ по критерию Манна-Уитни, при сравнении со значениями физиологической нормы), свидетельствуют о сниженных функциональных и адаптивных резервах организма (табл. 3).

Таблица 3. Сравнение уровня функциональных и адаптивных резервов организма обследуемых лиц со значениями физиологической нормы (n=316)

Table 3. Comparison of the level of functional and adaptive reserves of the organism of the examined persons with the values of the physiological norm (n = 316)

Параметр	Результат измерения	Значение физиологической нормы
Интегральный показатель самооценки здоровья в 10-балльной шкале, у.е.	1.25 [0.25÷1.47]*↓	9.125 [7.5÷10]
Индекс напряжения регуляторных систем, у.е.	452 [144÷925]*↑	115 [30÷200]
Интегральный показатель функционального состояния сердечно-сосудистой системы, у.е.	1.21 [0.34÷1.94]*↓	9.125 [7.5÷10]
Показатель активности регуляторных систем, у.е.	6 [5÷7]*↑	2 [1÷3]
Сердечный индекс, л/мин	3.2 [2.1÷3.7]*↓	4 [3.5÷5]
Артериальное давление систолическое, мм.рт.ст.	142 [129÷151]*↑	122 [114÷136]
Артериальное давление диастолическое, мм.рт.ст.	79 [76÷93]	77 [70÷84]
Уровень насыщения крови кислородом, %	95 [93÷96]	96 [94÷99]
Уровень реактивной тревожности, у.е.	38 [33.75÷44]*↑	15 [7÷30]

Примечание: Данные представлены медианой (Me) и квартилями (Q1÷Q3);

*Анализ различий между группами проведен по критерию Манна-Уитни,

p < 0.05;

↑ – показатель выше границ «нормы»;

↓ – показатель ниже границ «нормы».

Помимо сниженных функциональных и адаптивных резервов организма у метеочувствительных пациентов определялись риски развития осложнений БСК и стресс-индуцируемых расстройств, которые составили 2.44 [1.37÷3.85] у.е. и 2.71 [1.9÷4.18] у.е. соответственно (рис. 2).

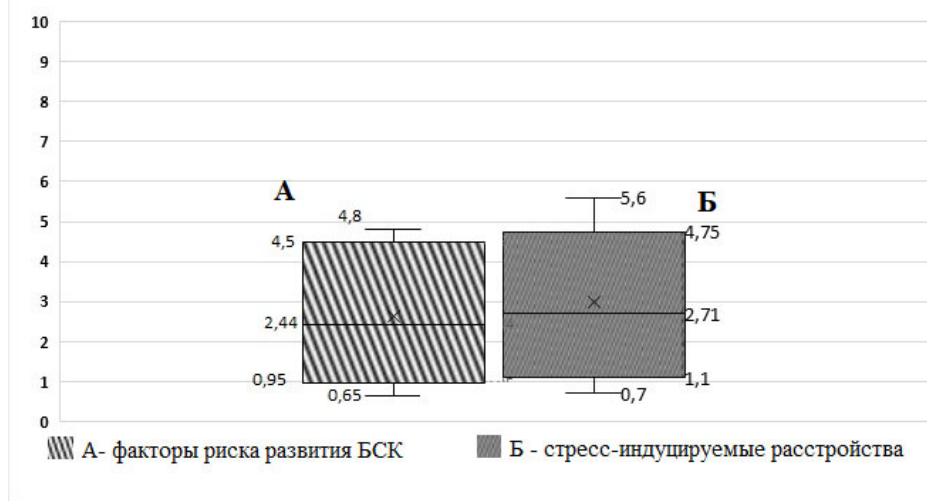


Рисунок 2. Значение рисков развития заболеваний у пациентов

Figure 2. Significance of the risks of developing diseases in patients

Следует отметить, что все пациенты, имеющие более низкий уровень функциональных и адаптивных резервов организма (62.3% (197 человек)), имели более выраженные метеопатические реакции, которые проявлялись в виде снижения показателей оценки самочувствия (93.4%), артериальной гипо- и гипертензии (75.6%) и мигренеподобной головной боли (47.7%), в то время как в группе с менее низким уровнем функциональных резервов организма (37.7% (119 человек)) в основном наблюдались следующие реакции на метеорологические и гелиогеофизические факторы: снижение показателей оценки самочувствия (50.4%) и артериальной гипо- и гипертензией (30.2%).

В итоге, полученные данные обследования метеочувствительных пациентов с болезнями системы кровообращения свидетельствуют о том, что наиболее выраженные и разнообразные метеопатические реакции развиваются у пациентов, имеющих низкий уровень функциональных и адаптивных резервов организма и высокие риски развития обострений распространенных БСК, таких, как гипертонический криз, нарушение сердечного ритма, инфаркт миокарда, а также стресс-индуцируемых расстройств (невротические реакции).

Анализ основных проявлений метеопатических реакций у лиц с болезнями системы кровообращения

По данным проведенного обследования 156 пациентов с БСК, проходивших санаторно-курортное лечение в подмосковном санатории «Аксаковские Зори» в феврале-августе 2017 года выявлено, что метеопатические реакции у большинства пациентов развиваются в ответ на низкие значения атмосферного давления и на его резкие колебания, а также на отклонение от границ климатической нормы температуры окружающей среды, что также подтверждается данными зарубежных авторов (Verbermoes et al., 2012). Так, повышение температуры на 8 и более градусов приводит к снижению показателей оценки самочувствия в 31% случаев (по данным анкетирования выраженности жалоб на плохое самочувствие и результатов теста дифференциальной самооценки «САН») и возникновению мигренеподобных головных болей в 20.6% случаев. Низкие значения атмосферного давления вызывали снижение показателей оценки самочувствия (51%, $p < 0.05$ по критерию χ^2), при этом у большинства пациентов наблюдалась артериальная гипо- и гипертензия (63.7%, $p < 0.05$ по критерию χ^2), у 24% возникали приступы мигренеподобной головной боли (рис. 3). Резкие изменения влажности воздуха вызывали снижение показателей оценки самочувствия (29%) и изменение гемодинамических характеристик кровотока (16%). Сходные реакции наблюдались у пациентов на повышение значений электрического поля атмосферы, среди которых наиболее частыми проявлениями были: снижение показателей оценки самочувствия (у 49%, $p < 0.05$ по критерию χ^2), резкие колебания артериального давления (55%, $p < 0.05$ по критерию χ^2), проявление жалоб на головные боли (24%).

Кроме того, необходимо отметить, что выраженные метеопатические реакции развивались в периоды наступления геомагнитных возмущений: у 46.3% пациентов фиксировались жалобы на мигренеподобную головную боль, у

30% пациентов, снижались показатели оценки самочувствия, а у 23% пациентов резко менялись показатели гемодинамики (повышение и понижение артериального давления), у 23% пациентов возникали боли в области суставов.

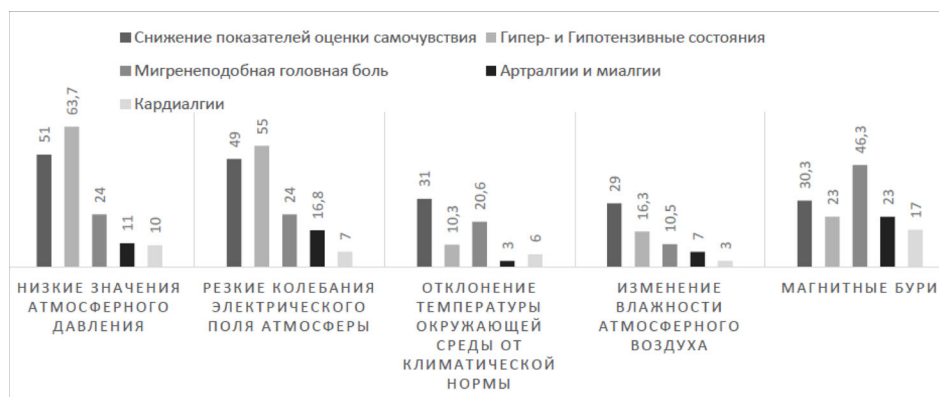


Рисунок 3. Основные проявления метеопатических реакций у пациентов с заболеваниями системы кровообращения на различные погодные условия
Анализ различий проведен по критерию χ^2 , $*p < 0.05$

Figure 3. The main manifestations of meteoropathic reactions in patients with diseases of the circulatory system to various weather conditions
The analysis of differences was carried out according to the criterion χ^2 , $*p < 0.05$

В итоге, в период наблюдений отмечено, что метеопатические реакции возникали при воздействии следующих, в приоритетном порядке, метео- и гелиогеофизических факторов: пониженное атмосферное давление или его колебания, увеличение значений электрической активности атмосферы, магнитные бури, повышенная температура окружающей среды.

Исходя из анализов был получен общий интегральный показатель, рассчитывающийся следующим образом:

$$\text{ИП}_{\text{мр}} = 5 \cdot (\text{ИП}_{\text{атм}} \cdot \text{ИП}_{\text{тем}} \cdot \text{ИП}_{\text{вл}} \cdot \text{ИП}_{\text{элп}} \cdot \text{ИП}_{\text{мб}}) / (\text{ИП}_{\text{тем}} \cdot \text{ИП}_{\text{вл}} \cdot \text{ИП}_{\text{элп}} \cdot \text{ИП}_{\text{мб}} + \text{ИП}_{\text{атм}} \cdot \text{ИП}_{\text{вл}} \cdot \text{ИП}_{\text{элп}} \cdot \text{ИП}_{\text{мб}} + \text{ИП}_{\text{атм}} \cdot \text{ИП}_{\text{тем}} \cdot \text{ИП}_{\text{элп}} \cdot \text{ИП}_{\text{мб}} + \text{ИП}_{\text{атм}} \cdot \text{ИП}_{\text{тем}} \cdot \text{ИП}_{\text{вл}} \cdot \text{ИП}_{\text{мб}} + \text{ИП}_{\text{атм}} \cdot \text{ИП}_{\text{тем}} \cdot \text{ИП}_{\text{вл}} \cdot \text{ИП}_{\text{элп}}),$$

где: $\text{ИП}_{\text{мр}}$ – общий интегральный показатель развития метеопатических реакций, $\text{ИП}_{\text{атм}}$ – это интегральный показатель развития метеопатических реакций в результате воздействия атмосферного давления, $\text{ИП}_{\text{тем}}$ – интегральный показатель развития метеопатических реакций в результате воздействия температуры, $\text{ИП}_{\text{вл}}$ – интегральный показатель развития метеопатических реакций в результате воздействия влажности окружающей среды, $\text{ИП}_{\text{элп}}$ – интегральный показатель развития метеопатических реакций в результате воздействия напряженности электрического поля атмосферы, $\text{ИП}_{\text{мб}}$ – это интегральный показатель развития метеопатических реакций в результате воздействия магнитных бурь.

В итоге, математическая модель представляет собой сумму интегральных показателей нормированных значений развития метеопатических реакций, которые развиваются в результате воздействия различных метеофакторов.

$$ИП_{mp} = m * (ИП_{n1} * ИП_{n2} * \dots * ИП_{nm}) / (ИП_{n1} * ИП_{n3} * \dots * ИП_{nm} + ИП_{n2} * ИП_{n3} * \dots * ИП_{nm} + \dots + ИП_{n1} * ИП_{n2} * \dots * ИП_{nm}),$$

где: ИП_{n1}, ИП_{n2}, ..., ИП_{nm} – интегральные показатели развития метеопатических реакций при воздействии 1, 2 и m показателей. Далее с целью получения оценки уровня выраженности метеопатических реакций рассчитанный интегральный показатель был приведен к четырем уровням оценки (табл. 4).

Таблица 4. Интегральная шкала оценки выраженности развития метеопатических реакций
Table 4. Integral scale for assessing the severity of the development of meteoropathic reactions

Рассчитанное значение	Границы в десятибалльной шкале	Уровень выраженности
1-1.56	(10-7.5)	Возможности возникновения метеопатических реакций нет или она минимальна
1.57-2.46	(7.49-5)	Средняя степень возникновения метеопатических реакций
2.47-2.96	(4.99-2.5)	Высокая степень возникновения метеопатических реакций
От 2.97 и выше	(2.49-0.01)	Очень высокая степень возникновения метеопатических реакций

В результате определены следующие степени выраженности метеопатических реакций: метеопатические реакции в данный период не возникнут или вероятность их возникновения минимальна, средняя степень возникновения метеопатических реакций, высокая степень возникновения метеопатических реакций, очень высокая степень возникновения метеопатических реакций.

Верификация полученной математической модели развития метеопатических реакций организма

Полученная математическая модель была верифицирована на группе 88 пациентов с неврологическими заболеваниями и сопутствующими болезнями системы кровообращения (ГБ, ИБС), проходивших лечение в реабилитационном центре ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ в сентябре-октябре 2017 года. Средний возраст составил 64 [57÷72] лет. Определено, что в данный период: 2 дня (7%) были достаточно благоприятными для метеочувствительных лиц, 8 дней (53%) имели среднюю степень возникновения метеопатических реакций у пациентов с болезнями системы кровообращения, 3 дня (27%) – высокую и 2 дня (13%) очень высокую соответственно.

В результате была определена высокая информативность полученной модели, что подтверждалось следующими показателями: чувствительность (Se, sensitivity) = 88.6%, специфичность (Sp, specificity) = 71.5%, точность (Ac, accuracy) = 82.9, прогностичность положительного результата (+VP, positive predictive value) = 75.8%, прогностичность отрицательного результата (-VP, negative predictive value) = 85.8%.

Заключение

Опираясь на анализ ранее проведённых исследований, касающихся развития метеозависимости пациентов и резервов их адаптационных возможностей организма, подтверждается актуальность выполненной работы и ещё раз подчёркивается обоснованность восстановительной коррекции, полученной в результате исследования. Необходимо отметить, что полностью оградить пациентов с повышенной метеочувствительностью от негативного воздействия гелиогеофизических и метеорологических факторов является достаточно проблематичной задачей, однако существует возможность снизить его. В связи с этим обосновано включение в схемы лечения пациентов с БСК немедикаментозных методов, которые в свою очередь имеют ряд значительных преимуществ: широкий спектр действия, отсутствие побочных эффектов, простота использования, отсутствие тератогенного действия, в ряде случаев могут выступать как биоэндогенные регуляторы. И что самое главное, техники восстановительной коррекции являются неотъемлемой частью восстановительной медицины как науки и доказывают свою эффективность при повышении сниженных адаптивных резервных функций организма.

Наряду с этим по средствам анализа определены цели, задачи и направления исследования, проведенные с участием 766 пациентов, а полученные результаты, показали, что лица с выраженными метеопатическими реакциями организма имеют низкий уровень функциональных и адаптивных резервов организма и высокие степени риска развития БСК и их обострений (повышенное артериальное давление, повышенный уровень холестерина, высокие значения индекса массы тела, а также изменения показателей вариабельности сердечного ритма) и стресс-индуцируемых расстройств (признаки невротизации личности).

В ходе исследования разработана математическая модель прогноза развития метеопатических реакций организма у пациентов с болезнями системы кровообращения, которая позволяет определить интегральный показатель вероятности развития метеопатических реакций, ранжируемый в единой четырехуровневой десятибалльной шкале.

Определено, что характер и выраженность метеопатических реакций организма зависит от индивидуальных особенностей функционального состояния организма, уровня функциональных и адаптивных резервов организма и факторов риска развития хронических неинфекционных заболеваний и их обострений.

Доказано, что коррекцию метеопатических реакций следует проводить с применением идентичных технологий восстановительной медицины (индивидуальные дозированные физические нагрузки, дыхательная гимнастика, выполняемая по специально разработанной методике схожей с механизмами гипергипоокситерапии и процедуры контрастной гидротерапии). Отличительной особенностью вышеуказанных процедур является возможность их выполнения без участия медицинского персонала, что может быть использовано в комплексных программах ежедневной профилактики развития метеопатических реакций.

Данная информационно-аналитическая система анализа погодных факторов в скором времени будет использована при разработке методов прогнозирования возникновения метеопатических реакций организма, этот аппаратно-программный комплекс задействуют в центрах общественного здоровья. Было внесено предложения для изменения и дополнения порядка организации санаторно-курортного лечения (утв. приказом Министерства здравоохранения РФ от 5 мая 2016 г. № 279н).

Составлено учебное пособие посвящённое проблемам метеочувствительности у пациентов с болезнями системы кровообращения и лиц с высоким риском их развития. Описаны основные механизмы влияния метеорологических факторов, методы выявления и эффективные способы профилактики метеопатических реакций у данной категории пациентов, применимые в условиях санаторно-курортного лечения.

Список литературы

Бобровницкий, И.П., Нагорнев, С.Н., Соколов, А.В., Яковлев, М.Ю., Банченко, А.Д., Шашлов, С.В., Худов, В.В. (2017) Разработка информационных систем анализа риска развития распространенных неинфекционных заболеваний на основе оценки функциональных резервов организма, *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. № 2, с. 39-53.

Быков, А.Т., Маляренко, Т.Н. (2016) Влияние физической активности на когнитивные возможности человека на этапе старения, *Медицинский журнал*, № 2, с. 10-20.

Вялков, А.И., Бобровницкий, И.П., Рахманин, Ю.А., Разумов, А.Н. (2016) Российское здравоохранение в условиях глобальных экологических вызовов безопасности жизни и здоровью населения, *Главврач*, № 9. с. 8-19.

Овчарова, В.Ф., Бутьева, И.В., Швейнова, Т.Г., Алешина, Т.П. (1974) Специализированный прогноз погоды для медицинских целей и профилактика метеопатических реакций, *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*, vol. 2, pp. 109-119.

Поволоцкая, Н.П., Ефименко, Н.В., Жерлицина, Л.И., Кириленко, А.А., Картунова, З.В., Голицын, Г.С., Сеник, И.А., Рубинштейн, К.Г. (2010) К вопросу о создании системы медицинского прогноза погоды на курортах Кавказских минеральных вод, *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*, № 2, с. 29-32.

Яковлев, М.Ю., Бобровницкий, И.П., Нагорнев, С.Н., Банченко, А.Д., Гозулов, А.С. (2018) Психологический аспект влияния метеофакторов у пациентов с болезнями системы кровообращения, *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*, № 1, с. 32-38.

Яковлев, М.Ю., Шашлов, С.В. (2018) Диагностика и последующая коррекция повышенной метеочувствительности у пациентов с болезнями системы кровообращения, *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*, № 4, с. 37-44.

Яковлев, М.Ю., Пономарева, А.В., Распертов, М.М. (2019) Определение метеопатических реакций у пациентов с болезнями системы кровообращения, *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*, № 3, с. 90-97.

Яковлев, М.Ю. (2020) Анализ основных проявлений метеопатических реакций у лиц с болезнями системы кровообращения и построение математической модели развития метеопатических реакций, *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. № 1, с. 42-53.

Antsiperov, V. (2018) New geometric method of heart rate variability estimation based on the multiscale correlation analysis representation, *Biomedical radio electronics*, № 7, с. 61-65.

Favero, G., Franceschetti, L., Buffoli, B., Moghadasian, M.H., Reiter, R.J., Rodella, L.F., Rezzani, R. (2017) Melatonin: Protection against age-related cardiac pathology, *Ageing Research Reviews*, vol. 35(2), pp. 336-349.

Scholtens, R.M., van Munster, B.C., van Kempen, M.F., de Rooij, S.J.A (2016) Physiological melatonin levels in healthy older people: A systematic review, *Journal Psychosomatic Reseach*, vol. 86, pp. 20-22.

Verberkmoes, N.J., Soliman Hamad, M.A., Ter Woorst, J.F., Tan, M.E., Peels, C.H., van Straten, A.H. (2012) Impact of temperature and atmospheric pressure on the incidence of major acute cardiovascular events, *Netherlands Heart Journal*, vol. 20, pp.193–196.

References

Bobrovnickii, I.P., Nagornev, S.N., Sokolov, A.V., Yakovlev, M.Yu., Banchenko, A.D., Shashlov, S.V., Hudov, V.V. (2017) Razrabotka informacionnih sistem analiza riska razvitiya rasprostranennih neinfekcionnih zabolevanii na osnove ocenki funktsionalnih rezervov organizma [Development of information systems for analyzing the risk of developing common non-infectious diseases based on an assessment of the functional reserves of the body], *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*, no. 2, pp. 39-53.

Bykov, A.T., Malyarenko, T.N. (2016) Possibilities of strong activity on cognitive abilities of a person during aging [The effect of physical activity on a person's cognitive abilities at the stage of aging], *Medical journal*, no. 2, p. 10-20.

Vyalkov, A.I., Bobrovniczkij, I.P., Rakhmanin, Yu.A., Razumov, A.N. (2016) Rossijskoe zdravookhranenie v usloviyakh global'ny'kh e'kologicheskikh vy'zovov bezopasnosti zhizni i zdorov'yu naseleniya [Russian healthcare in the context of global environmental challenges to the safety of life and health of the population], *Glavvrach*. no. 9. pp. 8-19.

Ovcharova, V.F., But'eva, I.V., Shvejnova, T.G., Aleshina, T.P. (1974) Specijalizirovanny'j prognoz pogody' dlya mediczinskikh czelej i profilaktika meteopaticheskikh reakcij [Specialized weather forecast for medical purposes and

prevention of meteopathic reaction], *Voprosy` kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoy kul`tury`*, vol. 2, pp. 109-119.

Yakovlev, M.Yu., Bobrovniczkij, I.P., Nagornev, S.N., Banchenko, A.D., Gozulov, A.S. (2018) Psikhologicheskij aspekt vliyaniya meteofaktorov u paczientov s boleznymi sistemy` krovoobrashheniya [Psychological aspect of the influence of meteorological factors in patients with diseases of the circulatory system], *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*, no. 1, pp. 32-38.

Yakovlev, M.Yu., Shashlov, S.V. (2018) Diagnostika i posleduyushhaya korrekciya povy`shennoj meteochuvstvitel`nosti u paczientov s boleznymi sistemy` krovoobrashheniya [Diagnostics and subsequent correction of increased meteosensitivity in patients with diseases of the circulatory system], *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*, no. 4, pp. 37-44.

Yakovlev, M.Yu., Ponomareva, A.V., Raspertov, M.M. (2019) Opredelenie meteopaticeskikh reakcij u paczientov s boleznymi sistemy` krovoobrashheniya [Determination of meteopathic reactions in patients with diseases of the circulatory system], *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*, no. 3, pp. 90-97.

Yakovlev, M.Yu. (2020) Analiz osnovny`kh proyavlenij meteopaticeskikh reakcij u licz s boleznymi sistemy` krovoobrashheniya i postroenie matematicheskoy modeli razvitiya meteopaticeskikh reakcij [Analysis of the main manifestations of meteopathic reactions in persons with diseases of the circulatory system and the construction of a mathematical model for the development of meteopathic reactions], *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*, no. 1, pp. 42-53.

Antsiperov, V. (2018) New geometric method of heart rate variability estimation based on the multiscale correlation analysis representation, *Biomedical radio electronics*, no. 7, pp. 61-65.

Favero, G., Franceschetti, L., Buffoli, B., Moghadasian, M.H., Reiter, R.J., Rodella, L.F., Rezzani, R. (2017) Melatonin: Protection against age-related cardiac pathology, *Ageing Research Reviews*, vol. 35(2), pp. 336-349.

Scholtens, R.M., van Munster, B.C., van Kempen, M.F., de Rooij, S.J.A (2016) Physiological melatonin levels in healthy older people: A systematic review, *Journal Psychosomatic Reseach*, vol. 86, pp. 20-22.

Verberkmoes, N.J., Soliman Hamad, M.A., Ter Woorst, J.F., Tan, M.E., Peels, C.H., van Straten, A.H. (2012) Impact of temperature and atmospheric pressure on the incidence of major acute cardiovascular events, *Netherlands Heart Journal*, vol. 20, pp.193-196.

Статья поступила в редакцию (Received): 03.05.2021.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 20.05.2021.

Принята к публикации (Accepted): 06.11.2021.

Для цитирования /For citation:

Яковлев, М.Ю., Бобровницкий, И.П., Рахманин, Ю.А., Королёва, И.В. (2021) Моделирование метеопатических реакций организма и обоснование их восстановительной коррекции при распространенных болезнях системы кровообращения, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 7, № 4, с. 96-114 doi:10.21513/2410-8758-2021-4-96-114.

Yakovlev, M.Yu., Bobrovnitsky, I.P., Rakhmanin Yu.A., Koroleva, I.V. (2021) Modeling meteopathic reactions of the organism and justification of their restorative correction for common diseases of the circulatory system, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 7, no. 4, pp. 96-114, doi: 10.21513/2410-8758-2021-4-96-114.