

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 613.16

**ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ РАЗВИТИЕ
МЕТЕОТРОПНЫХ РЕАКЦИЙ****Яковлев М.Ю., Салтыкова М.М., Банченко А.Д., Федичкина Т.П.,****Нагорнев С.Н., Худов В.В., Балакаева А.В., Бобровницкий И.П.***ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками
здоровью» Минздрава России, Москва, e-mail: HMI81@mail.ru*

В статье представлен обзор основных механизмов, обуславливающих развитие физиологических реакций организма человека на изменение погодных условий. Проанализировано влияние таких факторов, как температура окружающего воздуха (влияние жары и холода), колебания атмосферного давления, влажности, солнечной активности, геомагнитного поля и электрического состояния атмосферы. Показано, что как значительное превышение комфортных значений температуры окружающего воздуха, так и ее значительное снижение увеличивают нагрузку, прежде всего на сердечно-сосудистую систему, и напряженная адаптация к изменению погодных условий может индуцировать окислительный стресс. Изменение состояния электрического поля атмосферы может влиять на самочувствие людей посредством механизмов, обусловленных динамикой концентрации легких отрицательных аэроионов, вызванной собственно электрическими процессами в тропосфере или изменением концентрации аэрозолей в воздухе. Кроме того, поскольку при изменении абсолютной влажности и атмосферного давления ионизация воздуха также может меняться, то эти же механизмы могут в какой-то степени обуславливать и чувствительность к перепадам атмосферного давления и влажности. В заключение отмечается, что метеочувствительность, которая сопровождается такими симптомами, как головные боли, повышенная возбудимость, бессонница, депрессия, ревматоидные боли, является следствием сниженных адаптационных резервов организма.

Ключевые слова: метеофакторы, метеочувствительность, адаптационные резервы организма, механизмы адаптации, сердечно-сосудистые заболевания, терморегуляция, окислительный стресс

**BASIC MECHANISMS CORRESPONDING DEVELOPMENT
OF METEOTROPIC REACTIONS AND USE OF CLIMATE
PROCEDURES OF PREVENTIVE DIRECTION****Yakovlev M.Yu., Saltykova M.M., Banchenko A.D., Fedichkina T.P.,****Nagornev S.N., Khudov V.V., Balakaeva A.V., Bobrovniitskiy I.P.***Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: HMI81@mail.ru*

The article presents an overview of the main mechanisms that determine the development of physiological reactions of the human body to changing weather conditions. The influence of such factors as the temperature of the ambient air (the effect of heat and cold), fluctuations in atmospheric pressure, humidity, solar activity, the geomagnetic field, and the electrical state of the atmosphere are analyzed. It is shown that both a significant increase in the ambient air temperature above comfort values and its significant decrease increase the load on the cardiovascular system, and a urgent adaptation to changes in weather conditions can induce oxidative stress. The change in the state of the atmospheric electric field can affect people's health by means of mechanisms caused by the changes in concentration of light negative air ions due to the electrical processes in the troposphere proper or changes in the concentration of aerosols in the air. In addition, since the change in absolute humidity and atmospheric pressure can also change the ionization of air, the same mechanisms can determine the sensitivity to fluctuations in atmospheric pressure and humidity. In conclusion, it is noted that meteosensitivity accompanied by symptoms such as headaches, irritability, increased excitability, insomnia, depression, rheumatoid pain, is a consequence of reduced adaptive reserves of the body.

Keywords: medical prevention, meteofactors, meteosensitivity, adaptive body reserves, adaptation mechanisms, cardiovascular diseases, thermoregulation, oxidative stress, climatotherapy

Метеотропные реакции – это физиологические реакции организма человека на влияние собственно метеорологических факторов. Здоровые люди легко переносят изменения погоды, адаптивные физиологические механизмы позволяют им приспосабливаться без заметных расстройств к любым метеоусловиям, вместе с тем снижение эффективности этих механизмов приводит к возникновению различных патологических реакций. В большинстве случаев они

непродолжительны и сопровождаются такими симптомами, как головные боли, раздражительность, повышенная возбудимость, бессонница, депрессия, ревматоидные боли и др. Развитие таких ответных реакций на влияние погоды чаще всего обозначают как метеочувствительность. Во многих исследованиях показано, что существует достоверная связь между обострением ряда патологических состояний и изменениями погодных условий [1–3].

В большинстве публикаций выделяют следующие основные погодные факторы, оказывающие влияние на здоровье человека: температура окружающей среды, влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра, солнечная активность, геомагнитная активность и атмосферное электрическое поле [4, 5]. Помимо этих факторов анализируется влияние сезонов года и состояния окружающей среды [6]. Несмотря на многолетнюю историю изучения метеочувствительности, физиологические механизмы воздействия погоды на человека остаются не до конца ясными. Наиболее изучены механизмы влияния на организм человека температуры окружающего воздуха.

На увеличение температуры окружающей среды реагируют тепловые терморепцепторы кожи, импульсы от них поступают в центры терморегуляции, расположенные в гипоталамусе, которые в свою очередь запускают каскад реакций, индуцирующих кожную вазодилатацию и потоотделение. Возрастание кожного кровотока увеличивает теплоотдачу во внешнюю среду и обеспечивает потовые железы кислородом и жидкостью для выделения пота. Потоотделение – это самый эффективный механизм срочной адаптации к высокой температуре окружающей среды, который позволяет за счет интенсивного испарения пота с кожи (до 3 кг/ч) значительно увеличить выделение тепла из организма. Однако с потом, помимо воды, организм теряет и электролиты (до 10–30 г хлористого натрия в день), что индуцирует интенсивный переход жидкости в кровяное русло для компенсации потери на потоотделение. Перераспределение жидкости стимулирует почки к усилению ретенции солей и воды. Дилатация кожных сосудов (прежде всего открытие артериовенозных анастомозов) обуславливает реакцию, индуцирующую увеличение объема циркулирующей крови, при этом в норме артериальное давление не изменяется или несколько снижается, а частота сердечных сокращений увеличивается. Кровоток во внутренних органах (печень и почки) может снижаться [7].

При недостаточности адаптационных механизмов, направленных на поддержание объема плазмы крови и ее электролитного состава, или при интенсивном и длительном потоотделении наблюдается уменьшение объема циркулирующей крови и существенное снижение артериального давления. В связи с этим при срочной адаптации к повышению температуры основная нагрузка ложится на сердечно-сосудистую систему, которая, при наличии функциональных на-

рушений может не справиться с возросшими потребностями. Поэтому в жаркую погоду, особенно в периоды «волн жары» (нескольких последовательных аномально жарких дней), в наибольшей степени страдают пациенты с болезнями системы кровообращения, адаптивные резервы у которых оказываются недостаточными.

Кроме того, перераспределение крови, направленное на значительное увеличение кожного кровотока и уменьшение кровотока во внутренних органах – органах с высоким уровнем обменных процессов, с одной стороны, приводит к увеличению теплоотдачи с поверхности тела, а с другой – к уменьшению теплопродукции внутренними органами при их сниженном кровоснабжении. Вместе с тем уменьшение кровотока в органах с высоким метаболизмом, особенно у больных с атеросклерозом или заболеваниями печени и почек может индуцировать их гипоксию. Во многих исследованиях показано, что при напряженной адаптации, видимо, вследствие возникающей гипоксии индуцируется окислительный стресс [8–11], который характеризуется накоплением высокотоксичных продуктов свободнорадикального окисления в крови и тканях вследствие усиленного генерирования активных форм кислорода (АФК) и/или подавления активности утилизирующих АФК антиоксидантных ферментов. В исследовании М.Д. Смирновой с соавторами [9] отмечено, что летняя жара провоцирует развитие окислительного стресса у 2/3 больных сердечно-сосудистыми заболеваниями. У них увеличивается содержание продуктов перекисного окисления липидов в отсутствие изменений активности фермента, утилизирующего активные формы кислорода [10]. Кроме того, у этих же пациентов отмечена большая частота развития сердечно-сосудистых осложнений, включая гипертонические кризы, по сравнению с пациентами с большей активностью антиоксидантной системы. При этом показано, что использование антигипоксантов и антиоксидантов позволяет улучшить переносимость летней жары пациентами с сердечно-сосудистыми заболеваниями [11].

На снижение температуры окружающей среды ниже комфортной реагируют холодные терморепцепторы кожи, импульсы от них поступают в центр терморегуляции в гипоталамусе, который, в свою очередь, запускает каскад реакций, индуцирующих кожную вазоконстрикцию и увеличение теплопродукции. Основное увеличение теплопродукции достигается за счет сократительной деятельности мышц (дрожь и терморегуляционный мышечный тонус),

разобщения окисления и фосфорилирования, а также снижения эффективности клеточных насосов (АТФаз), что стимулируется норадреналином и тиреоидными гормонами и сопровождается увеличением потребления кислорода и энергетических субстратов. При длительной адаптации к холоду увеличивается количество и активность митохондрий для обеспечения возросшего потребления АТФ. Подробный анализ основных механизмов адаптации к холоду сделан в обзоре [12]. Органами, дающими основной вклад в теплопродукцию при адаптации человека к холоду, являются скелетные мышцы и, в меньшей степени, печень. Увеличение активности митохондрий при холодовой адаптации приводит к усилению генерации активных форм кислорода, поскольку митохондрии являются одним из основных источников АФК в физиологических условиях. На уровне организма систематическое холодное воздействие вызывает стимуляцию собственных защитных ресурсов посредством усиления окислительных процессов, которые, в свою очередь, инициируют активацию антиоксидантной системы и повышают общую устойчивость организма к стрессовым факторам различной природы. Однако при недостаточности адаптационного потенциала, например при болезнях системы кровообращения, усиление кровотока для обеспечения кровоснабжения активно работающих (производящих тепло) органов лимитируется сердечно-сосудистой системой, недостаточный ее потенциал может обуславливать гипоксию и чрезмерное увеличение АФК. Мобилизация антиоксидантной системы при этом также может быть недостаточной, что в свою очередь будет приводить к окислительному стрессу, усилению перекисного окисления липидов и обострению заболевания. Во многих исследованиях показано, что окислительный стресс является этиологическим и патогенетическим фактором риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы [13, 14].

Среди неблагоприятных погодных факторов, помимо жаркой и холодной погоды, выделяют значительные колебания атмосферного давления [15, 16], которые обычно связаны с крупномасштабными (синоптическими) циркуляционными процессами в атмосфере. В ходе этих процессов изменяется вся совокупность метеорологических элементов. В весенний период наблюдаются наибольшие различия между дневными и ночными значениями атмосферного давления, и потенциальная зависимость обострения некоторых болезней

системы кровообращения от резкого изменения атмосферного давления, видимо, может объяснить выявленный в исследовании К. Beseoglu с соавт. [17] весенний максимум смертности и количества обострений сосудистых заболеваний.

Еще одним погодным фактором, который, по мнению некоторых исследователей, оказывает существенное влияние на метеочувствительных людей, является влажность атмосферного воздуха [18–20]. P. Dilaveris с соавторами [18] установили, что среднемесячная смертность от инфаркта миокарда в Афинах является линейной функцией от среднемесячной относительной влажности (связь положительная) с максимальными значениями в зимние месяцы и минимальными в летние. Вместе с тем в средиземноморских странах высокая относительная влажность воздуха регистрируется в зимний период, а выявленная в работах [19] закономерность отражает установленный во многих исследованиях факт более высокой смертности зимой. При этом в странах с более холодным климатом в зимний период, когда наибольшее количество обострений болезней системы кровообращения, регистрируются низкие значения относительной и абсолютной влажности. В работах Б.Т. Величковского [20] показано, что значительное снижение абсолютной влажности воздуха в зимний период, обусловленное очень низкими значениями температуры атмосферного воздуха, приводит к снижению эффективности газообмена кислорода в органах дыхания. Кроме того, дыхание сухим воздухом может индуцировать повышение сосудистого сопротивления.

Разными исследователями было отмечено, что метеотропные реакции могут возникать за несколько дней до наступления неблагоприятных погодных условий. Это может быть обусловлено тем, что существенному изменению земной погоды обычно предшествуют изменения солнечной активности и сдвиги магнитной напряженности Земли.

В последние десятилетия был проведен ряд специальных исследований, направленных на анализ влияния космической погоды (гелио- и геомагнитной обстановки) на состояние здоровья.

Для характеристики солнечной активности обычно используют число Вольфа – индекс, характеризующий пятнообразовательную деятельность Солнца. Для характеристики геомагнитной обстановки используют X-, Y- и Z-компоненты вектора напряженности магнитного поля Земли, а также индексы геомагнитной активности, характеризующие вариации

магнитного поля Земли. Резкие изменения параметров геомагнитного поля Земли обычно называют геомагнитными возмущениями или бурями.

Как и при анализе влияния факторов земной погоды, результаты исследования влияния космической погоды на состояние здоровья весьма противоречивы. Анализ баз данных обращений за экстренной медицинской помощью [21–23] и наблюдения за больными в клиниках [21, 24] показали, что имеется достаточно широкий спектр реакций организма на изменение космической погоды. В исследованиях Ю.И. Гурфинкеля с соавторами [24] показано, что после магнитной бури образуются сгустки эритроцитов (сладжей) в микрососудах и отмечается ухудшение кровотока, которое приводит к развитию ишемии. В исследовании [22, 23] была показана положительная корреляционная связь между количеством обращений за экстренной медицинской помощью пациентов с болезнями системы кровообращения и уровнем геомагнитной активности (ГМА) и отмечено, что эта связь более выражена в зимние месяцы. В других исследованиях показано увеличение количества обострений болезней системы кровообращения как при очень высоких, так и при очень низких уровнях ГМА [23]. Вместе с тем Т. Messner с соавторами [25] не выявили достоверной статистической связи между геомагнитной активностью и количеством инфарктов миокарда в северных районах Швеции. При этом изменения геомагнитной активности в полярных районах наибольшие [26].

Механизмы действия геомагнитного поля и солнечной активности на организмы человека и животных не выяснены. Существенная проблема связана с парадоксальностью биологического действия слабых низкочастотных магнитных полей (каким является и геомагнитное поле), энергия которых много меньше характерной энергии биохимических превращений [27]. Тем не менее в биологических и медицинских исследованиях показано достоверное влияние слабых магнитных полей на организм человека [22, 27, 28]. В биофизических исследованиях наиболее часто обсуждаются гипотетические молекулярные механизмы магниторецепции, рассматривающие влияние магнитного поля на скорость реакций с участием спин-коррелированных пар радикалов; квантовые вращения молекулярных групп внутри белков, а также изменения свойств жидкой воды в магнитном поле [21, 27]. В медико-биологических исследованиях наиболее часто обсуждается роль мелатонина [21, 29]. В исследованиях,

проведенных на людях в условиях Крайнего Севера, показана прямая корреляционная зависимость между колебаниями электромагнитного поля Земли (Кр–индекс) и суточным ритмом секреции мелатонина, определяемым по его концентрации в слюне [29]. В исследованиях под руководством С.И. Рапопорта [3, 23] было показано, что у пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы в периоды геомагнитных возмущений и магнитных бурь отмечается достоверное подавление продукции мелатонина. При этом добавление мелатонина (3–6 мг в 22.00) к традиционной терапии снижало риск развития сердечно-сосудистых осложнений.

Еще одним фактором, потенциально обуславливающим метеочувствительность организма, может быть изменение электрического поля атмосферы (ЭПА). В районах ясной безоблачной погоды ЭПА направлено вниз, к земле, и его напряженность составляет около 1 В/м. Основными источниками ионизации воздуха являются космические лучи и излучения радиоактивных веществ, содержащихся в земной коре и атмосфере. Электрические характеристики приземного ЭПА определяются различными процессами: интенсивностью ионизации и перемешивания атмосферы, загрязненностью и увлажненностью воздуха (туман, дождь, снег), температурой и давлением воздуха, временем суток и временем года и др. В циклонических условиях погоды появление слоистой облачности верхнего и более низких ярусов, а также конвективной облачности индуцирует кардинальные изменения приземного электрического поля. Как правило, происходит переполюсовка (инверсия), в ходе которой поле становится направленным вверх, к нижней кромке облаков. Напряженность поля может увеличиваться до 2000 В/м и выше. Атмосферные ионы различаются по химической природе входящих в них молекул, массой и подвижностью. Подвижность отрицательных ионов, как правило, больше, чем положительных [30]. У земной поверхности над сушей концентрация тяжелых ионов значительно больше, чем легких. Это обусловлено тем, что в результате нормальных процессов ионизации создаются лишь легкие ионы, а тяжелые ионы могут образовываться лишь в случае присоединения легких к частицам аэрозоля, концентрация которого в нижних слоях воздуха больше. При запыленности воздуха вследствие увеличения числа взвешенных в атмосфере частиц число легких ионов убывает, а число тяжелых возрастает. Кроме того, concentra-

ции ионов могут меняться вследствие их переноса под действием электрических сил, а также диффузии от мест с большей концентрацией и их механического переноса с движущимися массами воздуха. Концентрация легких отрицательно заряженных аэроионов возрастает при прохождении теплых воздушных фронтов и снижается в холодных фронтальных массах воздуха. Летом лёгких ионов больше, чем зимой. Особенно их много после дождя. Во многих исследованиях показано, что увеличение концентрации легких отрицательных ионов положительно влияет на организм [31, 32]. Таким образом, изменение состояния электрического поля атмосферы может влиять на самочувствие людей посредством механизмов, обусловленных динамикой концентрации легких отрицательных аэроионов, вызванной собственными электрическими процессами в тропосфере или изменением концентрации аэрозолей в воздухе. Кроме того, поскольку при изменении абсолютной влажности и атмосферного давления ионизация воздуха также может меняться, то эти же механизмы могут в какой-то степени обуславливать и чувствительность к перепадам атмосферного давления и влажности.

В заключение необходимо отметить, что метео- и гелиогеофизические факторы вызывают ответные реакции в организме любого человека, однако их негативное влияние, которое обычно называется метеочувствительностью, в основном связано с пониженными адаптационными резервами организма.

Список литературы

1. Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Бадалов Н.Г., Уянаева А.И., Татаринова Л.В. О влиянии системы времяисчисления на обращаемость за скорой медицинской помощью и субъективные показатели состояния здоровья населения в московском регионе // *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2013. № 1. С. 15–27.
2. Разумов А.Н. Фундаментальные и прикладные аспекты современной концепции охраны здоровья // *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2017. № 1. С. 3–23.
3. Комаров Ф.И., Рапопорт С.И., Малиновская Н.К. Суточные ритмы в клинике внутренних болезней // *Клиническая медицина*. 2005. Т. 83, № 8. С. 8–12.
4. Карпов Ю.А., Булкина О.С., Лопухова В.В., Козловская И.Л. Влияние климатических и метеорологических факторов на течение ишемической болезни сердца // *Кардиологический вестник*. 2013. № 2. С. 41–48.
5. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Банченко А.Д. Влияние погоды на пациентов с болезнями системы кровообращения: Главные направления исследований и основные проблемы // *Экология человека*. 2018. № 6. С. 43–51.
6. Рахманин Ю.А. Концептуальные и методологические аспекты гигиены как основы развития профилактического здравоохранения // *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2017. № 1. С. 57–78.
7. Карлыев К.М. Адаптация к высокой температуре // *Физиология адаптационных процессов*. М.: Наука, 1986. 635 с.
8. Меньщикова Е.Б., Зенков Н.К. Современные подходы при анализе окислительного стресса, или как измерить неизмеримое // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2016. Т. 1, № 3(109), Часть II. С. 174–180.
9. Смирнова М.Д., Агеев Ф.Т., Фофанова Т.В. Сердечно-сосудистые осложнения во время аномальной жары 2010 г. прогностические факторы развития // *Евразийский кардиологический журнал*. 2016. № 3. С. 157–158.
10. Смирнова М.Д., Коновалова Г.Г., Тихазе А.К., Осяева М.К., Свирида О.Н., Ратова Л.Г., Постнов А.Ю., Агеев Ф.Т., Ланкин В.З., Чазова И.Е. Влияние летней жары на показатели окислительного стресса у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями // *Кардиологический вестник*. 2013. № 1. С. 18–22.
11. Смирнова М.Д., Свирида О.Н., Вицера М.В., Тихазе А.К., Коновалова Г.Г., Ланкин В.З., Агеев Ф.Т. Использование милдроната для улучшения адаптации больных со средним и высоким риском сердечно-сосудистых осложнений к аномальным климатическим условиям (воздействию жары) // *Сердце: журнал для практикующих врачей*. 2013. Т. 12, № 3. С. 186–193.
12. Салтыкова М.М. Основные физиологические механизмы адаптации человека к холоду // *Российский физиологический журнал им. Сеченова*. 2017. Т. 103, № 2. С. 128–151.
13. Ланкин В.З., Тихазе А.К., Беленков Ю.Н. Свободнорадикальные процессы при заболеваниях сердечно-сосудистой системы // *Кардиология*. 2001. Т. 40, № 7. С. 48–61.
14. Heitzer Th., Schlinzig T., Krohn K. et al. Endothelial dysfunction, oxidative stress, and risk of cardiovascular events in patients with coronary artery disease. *Circulation*. 2001. № 104. P. 2673–2678.
15. Shaposhnikov D., Revich B., Gurfinkel Y., Naumova E. The influence of meteorological and geomagnetic factors on acute myocardial infarction and brain stroke in Moscow, Russia. *International of Journal Biometeorology*. 2014. V. 58. P. 799–808.
16. Honig A., Eliahou R., Pikkil Y.Y., Leker R.R. Drops in Barometric Pressure Are Associated with Deep Intracerebral Hemorrhage. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2016. V. 25. № 4. P. 872–876.
17. Beseoglu K., Hanggi D., Stummer W., Steiger H.J. Dependence of subarachnoid hemorrhage on climate conditions: a systematic meteorological analysis from the dusseldorf metropolitan area. *Neurosurgery*. 2008. V. 62. № 5. P.1033–1038.
18. Dilaveris P., Syntetos A., Giannopoulos G., Gialafos E., Pantazis A., Stefanadis C. Climate Impacts on Myocardial infarction deaths in the Athens Territory: the CLIMATE study. *Heart*. 2006. V. 92. P. 1747–1751.
19. Gill R S., Hambridge H.L., Schneider E.B., Hanff T., Tamargo R.J., Nyquis P. Falling Temperature and Colder Weather Are Associated with an Increased Risk of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *World Neurosurg*. 2013. V. 79. № 1. P. 136–142.
20. Величковский Б.Т. Причины и механизмы снижения коэффициента использования кислорода в лёгких человека на Крайнем Севере // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2013. № 2. С. 97–101.
21. Palmer S.J., Rycroft M.J., Cermack M. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface. *Surv Geophys*. 2006. V. 27. P. 557–595.
22. Баженов А.А., Аверина А.С., Прикоп М.В. Влияние гелиогеофизических факторов на здоровье человека // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2016. № 6. С. 125–129.
23. Виллорези Дж. Бреус Т.К., Дорман Л.И., Ючи Н., Рапопорт С.И. Влияние межпланетных и геомагнитных возмущений на возрастание числа клинически тяжелых медицинских патологий (инфарктов миокарда и инсультов) // *Биофизика*. 1995. Т. 40. Вып. 5. С. 983–994.

24. Гурфинкель Ю.И. Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность. М.: Эльф-3, 2004. 168 с.
25. Messner T., Haggstrom I., Sandahl I., Lundberg V. No covariation between the geomagnetic activity and the incidence of acute myocardial infarction in the polar area of northern Sweden. *International Journal of Biometeorology*. 2002. V. 46. № 2. P. 90–94.
26. Самсонов С.Н., Манькина В.Н., Клейменова Н.Г., Паршина С.С., Петрова П.Г., Стрекаловская А.А. Геомагнитные пульсации и жизнь на Земле // Информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии: труды межд. конф. (Гурзуф, 02.06–12.06.2016 г.) / под. ред. проф. Е.Л. Глориозова. М.: ИНИТ, 2016. С. 299–307.
27. Бинги В.Н. Общие характеристики магнитобиологических явлений. В сборнике Влияние космической погоды на человека в космосе и на Земле // Труды Международной конференции ИКИ РАН (г. Москва, 4–8 июня 2012 г.) / Под ред. А.И. Григорьева, Л.М. Зелёного. В 2-х т. Т. 2. С. 484–507.
28. Бреус Т.К., Бинги В.Н., Петрукович А.А. Магнитный фактор солнечно-земных связей и его влияние на человека: физические проблемы и перспективы // УФН. 2016. Т. 186, № 5. С. 568–576.
29. Weydah A., Sothorn R.B., Cornelissen G., Wetterberg L. Geomagnetic activity influences the melatonin secretion at latitude 70 degrees N. *Biomed. Pharmacother.* 2001. V. 55. Suppl 1. P. 57s–62s.
30. Кашлева Л.В. Атмосферное электричество. СПб.: изд. РГГМУ, 2008. 116 с.
31. Шевченко Е.В., Коржув А.В. Исследование возможностей лечебного применения аэроионов в середине XX столетия: исторический обзор // Сибирский медицинский журнал. 2010. № 2. С. 136–138.
32. Дикова О.В. Отрицательные аэроионы кислорода в лечении экземы // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16, № 1. С. 71–74.