

С. Г. Захарова, А. А. Стрекаловская, П. Г. Петрова

ГЕМОРЕОЛОГИЯ И ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ВОЗМУЩЕННОСТЬ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА (ОБЗОР)

Аннотация. В научной литературе представлено достаточно много работ, раскрывающих некоторые аспекты влияния гелиогеофизических факторов на состояние реологических свойств крови человека. Но изучение механизмов такого влияния остается открытым, что связано со сложностью воспроизведения лабораторных экспериментов, неоднородностью и короткой продолжительностью анализируемых временных рядов медицинских и биологических данных, а также междисциплинарностью этой области. Целью настоящей обзорной работы является анализ результатов исследований и современных подходов в изучении данного вопроса. Проанализированы опубликованные в базах данных PubMed, Cyberleninka и eLibrary результаты исследований за 1990 – 2021 гг., посвященные изучению влияния гелиогеофизических возмущений на состояние гемореологии человека. Анализ литературы показал наличие связи между гелиогеофизической возмущенностью и развитием гемокоагуляционных нарушений у человека, показаны тенденция к увеличению степени агрегации тромбоцитов и ускорению начала тромбообразования, ухудшение состояния микроциркуляторного русла, что наиболее выражено у людей с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. У пациентов с ИБС была выявлена однотипность реакций, выражающихся повышением коагуляции, наблюдались расстройства сердечного ритма и появление эпизодов ишемии миокарда.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, сердечно-сосудистые заболевания, гелиогеофизические факторы, геофизическая возмущенность, реологические свойства крови, гемокоагуляция, агрегация.

ЗАХАРОВА Светлана Григорьевна – студентка 4 курса отделения «Лечебное дело» МИ СВФУ им. М.К. Аммосова. 677013 г. Якутск, ул. Ойунского, 27. E-mail: zakharova_s12@mail.ru К/тел. +79644201145.

ZAKHAROVA Svetlana Grigorievna – 4th year student, Department of General Medicine, Institute of Medicine, Ammosov North-Eastern Federal University; 677013 Yakutsk, ul. Oyunskogo, 27. E-mail: zakharova_s12@mail.ru

СТРЕКАЛОВСКАЯ Алена Анатольевна – канд. мед. наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии МИ СВФУ им. М.К. Аммосова. 677013 г. Якутск, ул. Ойунского, 27. E-mail: a_strekalovskaya@mail.ru К/тел. 89241678433.

STREKALOVSKAYA Alena Anatolievna – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Normal and Pathological Physiology, Institute of Medicine, Ammosov North-Eastern Federal University; 677013 Yakutsk, ul. Oyunskogo, 27. E-mail: a_strekalovskaya@mail.ru Phone: +79241678433.

ПЕТРОВА Пальмира Георгиевна – доктор мед. наук, профессор кафедры нормальной и патологической физиологии МИ СВФУ им. М.К. Аммосова. 677013 г. Якутск, ул. Ойунского, 27. E-mail: mira_44@mail.ru К/тел. +79142727471.

PETROVA Palmira Georgievna – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Normal and Pathological Physiology, Institute of Medicine, Ammosov North-Eastern Federal University; 677013 Yakutsk, ul. Oyunskogo, 27. E-mail: mira_44@mail.ru Phone: +79142727471.

S. G. Zakharova, A. A. Strekalovskaya, P. G. Petrova

HEMORHEOLOGY AND HELIOGEOPHYSICAL DISTURBANCE: A REVIEW OF THE CURRENT STATE

Abstract. There are quite a lot of scientific works that reveal some aspects of the heliogeophysical factors's influence on the state of the rheological properties of human blood. Nevertheless, the study of the mechanisms of such influence remains open, which is associated with the difficulty of reproducing laboratory experiments, the heterogeneity and short duration of the analyzed time series of medical and biological data, as well as the interdisciplinarity of this area. The aim of this review is to analyze current research results and new original approaches to studying this issue. The results of studies published in the PubMed, Cyberleninka and eLibrary databases for the period from 1990-2021 were devoted to the study of the influence of heliogeophysical disturbances on the state of human hemorheology, and also this data was analyzed. The analysis of the literature showed a connection between heliogeophysical disturbance and the development of hemocoagulation disorders of humans, a tendency to an increase in the degree of platelet aggregation and an acceleration of the onset of thrombosis, a deterioration in the state of the microvasculature, which is most pronounced among people with diseases of the cardiovascular system. In patients with coronary artery disease, the same type of reactions was revealed, expressed by an increase in coagulation, there were heart rhythm disorders and the appearance of episodes of myocardial ischemia.

Keywords: cardiovascular system, cardiovascular diseases, heliogeophysical factors, geophysical disturbance, rheological properties of blood, hemocoagulation, aggregation.

Введение.

Организм человека представляет собой открытую систему, поэтому изменение условий во внешней среде оказывает влияние на его самочувствие и здоровье. Основными мишенями воздействия гелиогеофизических факторов являются сердечно-сосудистая система, органы дыхания, кровеносная и вегетативная нервная системы [1]. В ходе многолетних исследований отмечена четкая связь между уровнем гелиогеофизической активности и частотой, а также исходами сердечно-сосудистых катастроф [2 – 7]. С изменением геофизической возмущенности связаны колебания уровня артериального давления (АД), обострение стенокардии, увеличение частоты развития инфаркта миокарда (ИМ) и более тяжелое его течение, повышение смертности на 10 – 20 %, подъем случаев развития сердечных аритмий [6 – 10]. Повышение гелиогеофизической возмущенности приводит к изменению реологических свойств крови и функциональной активности эритроцитов [6, 18], увеличению вязкости крови и усугублению сосудистой эндотелиальной дисфункции [19]. Таким образом, основными реакциями сердечно-сосудистой системы на изменение геофизической возмущенности являются колебания АД, развитие тромбозов и аритмий, нарушение реологических свойств крови и сосудистого эндотелия.

У лиц с измененной реактивностью, сниженными адаптационными возможностями, с заболеваниями сердечно-сосудистой системы воздействие гелиогеофизических факторов будет более выраженным. В работах показано, что во время геофизического возмущения у 80 % больных и 30 % здоровых людей изменялись реологические свойства крови, в частности, наблюдалось изменение кровообращения в микроциркуляторном русле и гемоконцентрация, увеличивалась скорость агрегации эритроцитов и других форменных элементов крови [3].

Целью настоящей работы является анализ результатов исследований и современных подходов к изучению вопроса о влиянии гелиогеофизических возмущений на состояние гемореологии человека.

Методология.

Для поиска литературы использовались электронные базы медицинских данных PubMed, Cyberleninka и eLibrary, глубина поиска литературных источников составила более 30 лет. Запрос

для поиска информации формулировался с использованием ключевых слов, наиболее значимых и известных исследователей в этой области знаний, в списках цитирований и ограничивался полнотекстовыми статьями, опубликованными на русском и английском языках. В данном обзоре использованы публикации, содержащие наиболее значимые результаты, доказывающие наличие связи между гелиогеофизической возмущенностью и развитием гемокоагуляционных нарушений у человека.

Результаты и обсуждение.

Гелиогеофизические факторы и их влияние на человека. Ранее считалось, что изменение внешних условий, которое влияет на здоровье и состояние организма человека, ограничивается изменением метеорологических условий (атмосферного давления, температуры воздуха, осадков, ветра и др.). Впоследствии было показано, что на биосферу (и на человека в том числе) влияют и космические факторы, имеющие электромагнитную природу. Поскольку эти факторы связаны главным образом с Солнцем, то их называют гелиофизическими факторами. Под действием потоков солнечных заряженных частиц в магнитной оболочке Земли (магнитосфере) развиваются электромагнитные процессы, которые также оказывают влияние на биосферу и человека, эти факторы называют геофизическими. Поскольку гелио- и геофизические факторы взаимосвязаны, то их объединяют одним термином «гелиогеофизические факторы» (процессы).

Исследователей всегда интересовал вопрос о механизмах воздействия гелиогеофизических факторов на человека. Одной из гипотез такого влияния является теория параметрического магнитного резонанса в биосистемах предложенная В.В. Ледневым (1991, 1996), теория предполагает влияние магнитного поля на связанные ионы (прежде всего – Ca^{2+}), регулирующие скорость ключевых для клетки Ca^{2+} -кальмодулина и протеинкиназа-Са-зависимой биохимической реакции. Tenforde T.S. et al. (1987) считают, что внешние электромагнитные поля индуцируют токи в межклеточной среде, что приводит к электрохимическим изменениям в мембранах клеток. В ряду гипотез, способных объяснить появление электрической нестабильности миокарда во время геофизических возмущений, представляют интерес подходы Liboff A.R. et al. (1994); McLeod B.R. et al. (1992). По их мнению, магнитное поле вызывает отклонение траектории движения ионов K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} через ионные каналы мембран, что в итоге приводит клетки в состояние неустойчивого равновесия. Очевидно, что сами по себе слабые электромагнитные поля не могут оказать существенного энергетического воздействия на ткани. Есть несколько гипотез, опирающихся на экспериментальные факты. Так, Дж. Пиккарди (1967) показал изменение свойств коллоидных растворов хлорида висмута в зависимости от уровня гелиогеофизической активности. В его экспериментах эффект действия магнитного поля на коллоидные растворы ослаблялся металлическим экраном. Эти наблюдения позволили ему предположить, что и биологические коллоиды, находящиеся в водной среде в состоянии неустойчивого равновесия, также способны реагировать на изменения солнечной активности и электромагнитных полей. Л.Д. Кисловский (1971), рассматривая воду как сильно разбавленный раствор, содержащий ионы кальция, предположил, что изменение солнечной активности сопровождается образованием и распадом гексааквакомплексов кальция в водном секторе клеток и тканей, что может привести к изменениям концентрации ионов кальция, участвующих в работе клеточных мембран, некоторых ферментных систем, а также в регуляции гемореологических свойств крови [5].

Гемореология и гелиогеофизическая активность. В последние десятилетия накоплено много новых фактов о воздействии гелиогеофизических факторов на сердечно-сосудистую систему, органы дыхания, психоэмоциональное состояние человека. Возмущения оказывают влияние также на функциональное состояние системы гемостаза и реологические свойства крови (РСК). Гелиогеофизические факторы являются не столько причинным фактором патологических процессов и смертельных исходов в человеческой популяции, сколько фактором риска развития болезненных состояний, как правило, усугубляя уже имеющиеся морфофункциональные

нарушения органов и систем организма. Согласно многочисленным исследованиям, в дни сильных геофизических возмущений достоверно возрастает обращаемость за медицинской помощью по поводу инфаркта миокарда и острого нарушения мозгового кровообращения. По данным Дж. Виллорези с соавт. (1995), наибольшему воздействию геофизических возмущений подвержены сердечно-сосудистая и нервная системы. Так, Ю.И. Гурфинкель в своей работе «Ишемическая болезнь сердца и геомагнитная активность» (2002) показал результаты, указывающие на то, что во время магнитных бурь количество случаев острого инфаркта миокарда увеличивается в среднем в 2,06 раза, стенокардии – в 1,76 раза, а в случае нарушений сердечного ритма – в 1,88 раза. В патогенезе сердечно-сосудистых осложнений большая роль отводится ухудшению реологических свойств крови (развитию гиперкоагуляционного синдрома), усилению агрегации тромбоцитов и другим расстройствам микроциркуляции [5, 9].

Расстройства в системе гемостаза существенно влияют на макро- и микрогемодикуляцию, а также тканевой обмен. Соответственно гемореологические сдвиги могут быть не только самостоятельным патогенетически значимым механизмом, но и независимой причиной развития нарушений кровообращения [13]. Так, по данным Г.В. Кочеткова (1974), Т.И. Андроновой с соавт. (1982), Т.К. Бреус (1992) при повышении геомагнитной активности время свертываемости крови возрастает, увеличивается количество тромбоцитов. Наличие корреляционных статистических связей суточных показателей числа тромбоцитов, протромбинового времени, толерантности плазмы к гепарину с солнечной активностью показал в своих работах Д. Ассман (1964). Е.Д. Рождественская, К.Ф. Новикова (1969, 1973), А.Ф. Каравай (1976), показали, что у больных ишемической болезнью сердца склонность к гиперкоагуляции и активации фибринолиза регистрируется в день развития геофизического возмущения, а также в первые два дня после него. Поэтому в периоды геомагнитных возмущений регистрируется увеличение числа как тромбоэмболических, так и геморрагических осложнений. Как подчеркивают авторы проведенных исследований, изменения в системе гемостаза тем значительнее, чем интенсивнее геофизическое возмущение. В работах Stoupel E. (1980), Stoupel E., Shimpsoni M. (1984) указывается, что в числе наиболее значимых изменений в системе гемокоагуляции, связанных с повышенной геофизической активностью, является значительное повышение агрегации тромбоцитов [14].

Исследование больных с коронаро-ангиографически подтвержденной ИБС (Фуркало Н.К. и соавт., 1984) выявило существенные нарушения микроциркуляции и реологических свойств крови, такие как сладж-феномен, ухудшение тканевого кровотока, нарушение функциональных свойств тромбоцитов и эритроцитов, повышение вязкости крови при повышении геофизической активности. Расстройства микроциркуляции у больных ИБС также коррелировали с клинической картиной заболевания и динамикой коагулограммы (Курашов М.И., 1977). Связи между скоростью капиллярного кровотока и насосной функцией сердца отмечены Б.А. Сидоренко с соавт. (1984), у больных с ИБС, особенно с III-IV функциональными классами стенокардии, замедление капиллярного кровотока происходит одновременно со снижением фракции выброса, скорости циркулярного укорочения волокон миокарда, замедлением скорости доставки и потреблением тканями кислорода [5].

В работе Е.М. Долговой (2009) по выявлению особенностей клинического течения нестабильной стенокардии, изменений показателей гемодинамики, изменений липидного обмена и реологических свойств крови, а также эффективности медикаментозного и комбинированного лечения больных в различные периоды солнечной активности было установлено, что у здоровых лиц реологические свойства крови и функциональные свойства эндотелия зависят от периода солнечной активности: в период высокой солнечной активности отмечаются увеличение вязкости крови, агрегации эритроцитов, содержания фибриногена и снижение функциональных свойств сосудистого эндотелия, что компенсируется возрастанием деформируемости эритроцитов и сопровождается повышением степени оксигенации ткани.

Наблюдаемое снижение агрегационных свойств эритроцитов при моделировании сосудистого спазма у здоровых лиц, по мнению авторов, является универсальным приспособительным механизмом, не зависящим от периода солнечной активности. Нарушения текучести крови и дисфункция эндотелия у больных первичной и вторичной нестабильной стенокардией более выражены в период высокой солнечной активности в сравнении с периодом низкой активности. У больных с первичной и вторичной нестабильной стенокардией адаптационно-компенсаторные механизмы при нарастании солнечной активности были однотипны: снижались индекс агрегации эритроцитов и показатель гематокрита, повышался индекс деформируемости эритроцитов. В период как высокой, так и низкой солнечной активности реологические нарушения и снижение степени доставки кислорода тканям у больных вторичной нестабильной стенокардией выражены больше, чем у больных первичной нестабильной стенокардией. При этом было определено, что эффективность медикаментозной терапии тоже зависит от периода солнечной активности. Так, в период низкой солнечной активности отмечались не только более быстрый, но и более значительный антиангинальный и гипотензивный эффекты. Реопротекторное действие медикаментозной терапии было более выражено в период высокой солнечной активности. При низкой солнечной активности происходило временное снижение вязкости крови только в мелких сосудах, в период высокой солнечной активности – стойкое снижение вязкости крови в сосудах среднего и мелкого калибров, достигнутый эффект сохранялся в отдаленные сроки наблюдения. Авторами было высказано предположение, что в исследуемые периоды солнечной активности медикаментозного лечения было недостаточно для нормализации вязкости крови [15].

Интересной представляется работа Е.В. Севостьяновой (2008). Автором изучены реологические и гемостатические свойства крови (*in vitro*) у пациентов с гипертонической болезнью (ГБ) II и III стадий, мужчин и женщин в возрасте от 35 до 60 лет в фоновых и в гипогеомагнитных условиях (ГГМУ). Группу сравнения составили здоровые лица без сердечно-сосудистой патологии, сопоставимые по возрасту и полу. Всего было обследовано 198 человек основной группы и 66 лиц группы сравнения. У 104 человек основной группы и у 35 группы сравнения определяли вязкость цельной крови при 30-минутной экспозиции образцов крови в фоновых условиях и при ослаблении геомагнитного поля (в гипогеомагнитной установке (ГГМУ)). Вязкость цельной крови определяли по методу капиллярной вискозиметрии в модификации Куницына В.Г. (1984) с применением капиллярного вискозиметра Оствальда. АДФ-индуцированную агрегацию тромбоцитов определяли у 57 человек основной группы в фоновых условиях и при 30-минутной экспозиции образцов крови в ГГМУ. Определение АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов проводилось турбидиметрическим методом (по Борну). У 37 лиц основной группы и у 31 группы сравнения определяли протромбиновый индекс (по Квику), время свертывания крови и длительность кровотечения (по Мас-Магро) [16].

Автором выявлена зависимость реологических и гемостатических параметров крови у больных гипертонической болезнью (ГБ) от изменений гелиогеофизической среды: определены статистически значимые прямые корреляционные связи вязкости цельной крови, АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов, времени свертывания крови и протромбинового индекса с изменениями солнечной активности. Определено, что увеличение солнечной активности, включая интенсивность радиоизлучения Солнца, а также протонной компоненты космических лучей, приводит к повышению вязкости цельной крови, а также ее агрегационного и коагуляционного потенциалов. При 30-минутной инкубации образцов крови в гипогеомагнитной установке идет достоверное уменьшение средних значений вязкости крови и агрегации тромбоцитов у пациентов с ГБ, а также достоверное ослабление корреляционных зависимостей этих параметров от солнечной активности у лиц с ГБ. Таким образом, на примере реагирования системы крови как особо магнитореактивной системы на изменения

гелиогеофизических факторов, в моделированных условиях подтверждено биотропное действие гипогеомагнитного поля на систему крови. Кроме того, автором обозначены перспективы создания новой диагностической технологии для определения индивидуальной чувствительности системы кровообращения человека к гелиогеофизическим воздействиям [16].

В работе Ю.Я. Варакина, В.Г. Ионовой, Г.В. Горностаевой с соавт. (2011), были изучены гемореологические показатели 62 практически здоровых мужчин в процессе скрининга неорганизованного населения г. Москвы. У обследованных лиц не было выявлено цереброваскулярной патологии, признаков ишемической болезни сердца (по данным опроса и электрокардиографии). По возрасту пациенты распределялись следующим образом: 40 – 49 лет 42 %, 50 – 59 лет 48,4 % и 60 – 64 года 9,6 %. При этом условием являлось то, что работа обследованных лиц исключала профессиональную вредность (химическое и токсическое производство, воздействие электромагнитных полей и радиоизлучений). У всех обследованных лиц были определены вязкость цельной крови, гематокрит, концентрация фибриногена, способность эритроцитов к агрегации и АДФ-индуцируемая агрегация тромбоцитов (АДФ-АТ). Также были определены катехоламины плазмы: норадреналин, адреналин, дофамин. Полученные результаты были суммированы и проанализированы в зависимости от гелиогеофизических характеристик среды. Для оценки геомагнитной ситуации был использован К-индекс, предоставленный обсерваторией ИЗМИРАН (Институт земного магнетизма РАН), а также ежечасные Dst- и AE-индексы. К-индекс представляет собой численную характеристику степени возмущённости, выраженную в баллах, где каждому баллу соответствует амплитуда колебаний элементов геомагнитного поля за трёхчасовой промежуток времени. Dst-индекс характеризует возникновение и развитие крупномасштабной планетарной геомагнитной бури, которая наблюдается в течение нескольких суток. AE-индекс описывает начало и интенсивность кратковременных возмущений, происходящих на Земле и называемых суббурями. Определено, что в московском регионе они проявляются так же, как и мировые бури, но длятся обычно 5 – 7 часов. Для математической обработки были использованы стандартные методы статистической обработки. Результаты исследования показали, что изучаемые гемореологические показатели имеют тенденцию кросту в периоды гелиогеофизических возмущений. Все показатели гемостаза в спокойные дни не выходили за границы нормальных значений, в то время как большинство рассматриваемых характеристик начинало изменяться уже перед началом магнитной бури. В дни возмущений средняя величина показателя агрегации эритроцитов у людей в 1,6 раза превышала его значение в спокойные дни, а агрегационная активность тромбоцитов возрастала в 1,4 раза. При этом статистический анализ показал значительное превышение верхней границы нормы показателей агрегации эритроцитов, АДФ-АТ сопровождалось двукратным увеличением среднеквадратичного отклонения, что указывает на большую вариабельность функциональной активности клеток крови в условиях гелиогеофизических возмущений. Выявленные в исследовании изменения гемореологических характеристик и гуморальные сдвиги, как правило, характерны для стрессовых реакций, к которым можно отнести изменения магнитного поля Земли. Результаты проведённого анализа позволили предположить, что одним из ведущих механизмов воздействия возмущений на цереброваскулярную систему человека являются их эффекты на реологические свойства крови [17].

Работы С.С. Паршиной с соавт. (2013, 2014) показали, что основными реакциями сердечно-сосудистой системы на гелиогеофизические возмущения являются колебания АД, развитие тромбозов, аритмий, увеличение вязкости крови и эндотелиальная дисфункция. Регуляция всех этих механизмов обеспечивается системой оксида азота (NO). Система NO – один из важнейших рычагов управления АД через активацию растворимой гуанилатциклазы с накоплением циклического 3',5'-гуанозинмонофосфата (cGMP) за счет выхода Ca^{2+} из мышечных клеток и развитием вазодилатации за счет расслабления ГМК сосудов (Реутов В.П., Орлов С.Н.,

1993; Северина И.С., 1995), а также через стимуляцию выброса вазопрессина и модуляцию взаимоотношения в системе «гипоталамус-эпифиз-надпочечники» (Меньшикова Е.Б., Зенков Н.К., Реутов В.П., 2000). NO ингибирует агрегацию тромбоцитов (Ванин, А.Ф., 1998), улучшает реологические свойства крови, снижая агрегационную способность эритроцитов (Starzik, P., 1999), уменьшает аритмогенность миокарда, понижая внутриклеточное содержание Ca^{2+} (Меньшикова Е.Б., Зенков Н.К., Реутов В.П., 2000). Развитие гипертонических кризов, инфарктов миокарда, тромбозов и аритмий при повышении геофизических возмущений позволяет предположить уменьшение содержания NO в организме человека во время развития магнитных бурь. Таким образом, в настоящее время имеются теоретические, клинические и экспериментальные предпосылки, позволяющие утверждать, что одним из механизмов рецепции влияния гелиогеофизических факторов на организм человека является изменение содержания эндогенного оксида азота и его метаболитов [18,19].

Патогенетические звенья реологических и эндотелиальных нарушений в периоды высокой и низкой солнечной активности были описаны в работе С.С. Паршиной с соав. (2018). Полученные данные свидетельствовали, что изменения реологии и дисфункция эндотелия выявляются у больных нестабильной стенокардией как в периоды высокой, так и в периоды низкой солнечной активности в 11-летнем солнечном цикле. Авторами было установлено, что эти периоды характеризуются не только развитием патологических, но и активацией защитно-приспособительных механизмов и имеют особенности у больных нестабильной стенокардией и здоровых лиц. Так, в периоды высокой солнечной активности наблюдалось повышение вязкости крови в сосудах среднего и мелкого диаметров, а также локальная дисфункция эндотелия сосудов микроциркуляторного русла, которая носила декомпенсированный характер (патологическое повышение вязкости крови в условиях вызванной ишемии). Адаптационно-компенсаторные механизмы представлены сохранением функции эндотелия и вязкости крови в сосудах большого диаметра, а также отсутствием активации III фазы свертывания крови и нормальным содержанием фибриногена. Отсутствие значимых нарушений реологии и отсутствие гиперфибриногенемии на фоне нормальной функции эндотелия в сосудах большого диаметра является основным фактором, предотвращающим тромбозы в больших сосудах в периоды высокой солнечной активности. Нарушение подобных адаптационных механизмов способно привести к тромбозу крупных артерий и развитию сердечно-сосудистых катастроф (инфаркт, острый коронарный синдром). Развитие реологических нарушений на фоне нормального значения фибриногена свидетельствует о неустойчивом состоянии реологической защиты. Авторами показано, что периоды низкой солнечной активности характеризуются активацией конечных этапов свертывания крови и повышением уровня фибриногена, нарушением вязкости крови в сосудах всех диаметров в сочетании с нарушением функции эндотелия (в сравнении с показателями здоровых лиц). При этом развивается субкомпенсированная генерализованная дисфункция эндотелия (отсутствие физиологического снижения вязкости крови при манжеточной пробе, как у здоровых лиц в этот период). Выявлено, что вязкость крови в крупных сосудах повышалась у больных нестабильной стенокардией в период низкой солнечной активности и механизмы компенсации в этот период были представлены только отсутствием декомпенсации функций эндотелия [20,21].

В работе Е.В. Осиповой, А.В. Уховой с соавт. (2018) были проанализированы показатели свертывающей системы крови здоровых беременных женщин и женщин, имеющих плацентарные нарушения. Исследование показателей гемостаза и количества форменных элементов крови у беременных с плацентарными расстройствами в условиях геомагнитной бури показали повышение гемокоагуляции при снижении количества эритроцитов, гемоглобина и уровня гематокрита. В обследованных группах были выявлены сходные по силе и направленности прямые корреляционные связи между субпопуляциями тромбоцитов с различной функциональной активностью. У беременных с плацентарными нарушениями

в условиях слабой геофизической возмущенности активность свертывающей системы была выше, по сравнению со здоровыми беременными женщинами, что может быть рассмотрено как риск усиления процессов гемокоагуляции с развитием тромбоза сосудов плаценты, приводящих к гипоксии плода вследствие нарушения маточно-плацентарного кровообращения [22].

Влияние гелиогеофизических факторов на клинические и биохимические показатели у мужчин, страдающих тромбангиитом, были показаны в работе Бобиной И.В., Соколовой Г.Г с соавт. (2018). Определяли 13 клинических и биохимических показателей крови: содержание общего белка, общего холестерина, мочевины, общего билирубина, фибриногена, глюкозы, гемоглобина, K^+ и Na^+ крови, гематокритное число, скорость оседания эритроцитов (СОЭ), протромбиновую активность, число лейкоцитов, амилазу мочи. Среди клинко-биохимических показателей, высоко реагирующих на факторы солнечной и геомагнитной активности, оказались общий белок и уровень Na^+ в сыворотке крови, которые коррелируют со всеми рассмотренными показателями и максимальными значениями коэффициентов детерминации. Реактивный показатель – амилаза мочи ($p > 0,05$). Авторы сделали заключение, что влияние гелиогеофизических факторов на клинко-биохимические показатели больных облитерирующим тромбангиитом состоит из немедленных и замедленных реакций с разными латентными периодами. Высокореактивными показателями являются Na^+ крови ($K = 35,5 \%$) и общий белок сыворотки ($K = 26 \%$), а реактивным показателем является амилаза мочи. Среди больных с облитерирующим тромбангиитом выделено 5 типов реакций, в том числе 2 типа при низком и 3 типа при среднем уровне солнечной и геомагнитной активности [23].

Заключение.

Обзор научных работ и проведенных исследований в области изучения влияния гелиогеофизических факторов на здоровье человека показал различные подходы в изучении данного вопроса. Последние литературные данные показали наличие корреляционной связи между геофизической возмущенностью и состоянием системы гемостаза человека. Определено, что в периоды высокой гелиогеофизической активности наблюдаются существенные гемореологические сдвиги, лежащие в основе патогенеза развития сердечно-сосудистых катастроф (острого инфаркта миокарда, гипертонического криза, инсульта). Неоднозначность реакции сложных нелинейных систем, каковой является организм человека, на слабые внешние воздействия гелиогеофизического характера зависит не только от свойств воздействующего фактора, но и от состояния самой системы. Так, последние исследования показали, что наиболее выраженные расстройства гемореологии наблюдаются у лиц с заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

Изученные работы показали, что в периоды гелиогеофизической активности изменялись реологические свойства крови, наблюдались нарушение кровообращения в микроциркуляторном русле и повышение вязкости крови, увеличивалась скорость агрегации эритроцитов и тромбоцитов. Многие исследователи указывают на то, что у здоровых лиц изменения реологических свойств крови, связанные с геофизическими возмущениями, носят обратимый, защитно-компенсаторный характер. У лиц, имеющих патологию органов кровообращения, больных с ишемической болезнью сердца, изменения реологических свойств крови в периоды геофизических возмущений были более выраженными, стойкими, требующими медикаментозной коррекции с увеличением дозы препаратов. При этом у пациентов с ИБС была выявлена однотипность реакций, выражающихся значительным увеличением агрегации тромбоцитов, ускорением начала тромбообразования, ухудшением капиллярного кровотока и повышением коагуляционных свойств крови, наблюдались расстройства сердечного ритма и появление эпизодов ишемии миокарда.

Литература

1. Стрекаловская А.А., Паршина С.С. Космическая погода и здоровье человека: современное состояние вопроса. Саратовский научно-медицинский журнал. Приложение (Кардиология), Саратов, 2021. Т.17, № 3. С.578-582.
2. Vladimirovsky B.M., Sidiyakin V.G., Temuryants N.A., Makeev V.B., Samokhvalov V.P. Space and Biological Rhythms. Simferopol: Simferopol State University Publisher, 1995. 206p.
3. Бреус Т.К., Конрадов А.А. Эффекты ритмов солнечной активности // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т.3. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий. – М.: Янус-К. – 2002. С.516-524.
4. Бреус Т.К., Рапопорт С.И. Магнитные бури. Медико-биологические и геофизические аспекты. Москва, 2004. С.186.
5. Гурфинкель Ю.И. Ишемическая болезнь сердца и геомагнитная активность. Автореферат на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Москва, 2002
6. Гурфинкель Ю.И., Митрофанова Е.В., Митрофанова Т.А., Канониди Х.Д. Влияние геомагнитных возмущений на острую сердечно-сосудистую патологию // Космос и биосфера. – Партенит, Крым, Украина. 2003. – 12 с.
7. Samsonov, S. N.; Kleimenova, N. G.; Kozyreva, O. V., Petrova P.G. The effect of space weather on human heart diseases in subauroral latitudes // IZVESTIYA ATMOSPHERIC AND OCEANIC PHYSICS. 2014. V.: 50, N: 7 P.: 719-727.
8. Самсонов С.Н., Соколов В.Д., Стрекаловская А.А., Петрова П.Г. О связи обострения сердечно-сосудистых заболеваний с геофизической возмущенностью // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Инсульт № 14, – Москва, 2005. –С18-22
9. Самсонов С.Н., Крымский Г.Ф., Петрова П.Г., Стрекаловская А.А. Гелиогеофизические факторы и сердечно-сосудистые заболевания // Журнал проблем эволюции открытых систем. Вып. 7. Т.1. С.114-121. Алматы. 2005г.
10. Самсонов С.Н., Петрова П.Г., Стрекаловская А.А., Маныкина В.И., Томский М.И., Алексеев Р.З. Связь солнечных и геофизических возмущений с сердечно-сосудистыми заболеваниями // Наука и образование. № 2 (50). С.50-55. 2008.
11. Самсонов С.Н., Маныкина В.И., Скрябин Н.Г., Крымский Г.Ф., Петрова П.Г., Вишневский В.В., Григорьев П.Е., Подладчикова Т.Н., Рагульская М.В. Влияние геомагнитной возмущенности на состояние сердечно-сосудистой системы человека // Вестник новых медицинских технологий. Т.XVI. № 1. С. 246-248. 2009.
12. Карпин В.А., Кострюкова Н.К., Лавкина Е.С. Связь гелиогеомагнитных возмущений с заболеваемостью и смертностью населения. Сибирский медицинский журнал. Иркутск, 2004. Т. 47, № 6. С. 11-14
13. Ионова В.Г., Сазонова Е.А., Сергеев Н.П. Влияние гелиогеомагнитных возмущений на гемореологические характеристики людей. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2004. Т.38, № 2. С. 33-35
14. Гурфинкель Ю.И. Влияние геомагнитных возмущений на капиллярный кровоток у больных с ишемической болезнью сердца. Автореферат на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. М., 1995
15. Долгова Е.М. Особенности клинического течения заболевания, гемореологических нарушений и эффективности лечения у больных нестабильной стенокардией в различные периоды солнечной активности. Автореферат диссертации на соискание научной степени кандидата медицинских наук. Саратов, 2009
16. Севостьянова Е.В. Оценка зависимости реологических и гемостатических параметров крови человека от изменений гелиогеофизических факторов в современных мегаполисах. Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т.XV, № 4. С.13-16

17. Варакин Ю.Я., Ионова В.Г., Сазонова Е.А., Горностаева Г.В., Сергеев Н.П., Тедорадзе Р.В. Влияние гелиогеофизических возмущений на гемореологические параметры у здоровых людей. *Земский врач*, 2011, № 2. С.21-24.
18. Паршина С.С., Токаева Л.К., Головачева Т.В., Долгова Е.М., Афанасьева Т.Н., Водолагин А.В. Солнечная активность и особенности гемореологических нарушений у больных стенокардией. *Саратовский научно-медицинский журнал*, том 4, № 1, с.69-72. 2008.
19. Паршина С.С., Афанасьева Т.Н., Самсонов С.Н. Вязкость крови и эндотелиальная дисфункция у больных нестабильной стенокардией в периоды высокой и низкой солнечной активности. *Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке»*, том 16 (11), с.7-8. 2014.
20. Паршина С.С., Самсонов С.Н., Реутов В.П., Сорокина Е.Г. Возможная роль оксида азота в реализации эффектов космической погоды. *Научные труды I Всероссийской конференции с международным участием «Физика и экология электромагнитных излучений -2017»*. п.Агой, Краснодарский край. 25-30 сентября 2017 г.
21. Паршина С.С., Токаева Л.К., Долгова Е.М., Афанасьева Т.Н. Реологические нарушения и функции эндотелия у больных нестабильной стенокардией в различные периоды солнечной активности. *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия «Медицинские науки»*, № 3(12), 2018.
22. Осипова Е.В., Ухова А.В., Суховская В.В., Протопопова Н.В., Солдатенко Н.А., Кошкарёва О.В., Денисова А.А., Морозова Е.М., Лабыгина А.В., Гребенкина Л.А. Влияние гелиогеофизических факторов на свертывающую систему крови беременных с плацентарными нарушениями. *Acta biomedical scientifica*, 2018, 3 (3), 34-40.
23. Bobina I.V., Sokolova G.G., Sharlaeva E.A., Vorobyev R.I., Vorobyeva E.N. Impact of heliogeophysical factors on clinical and biochemical parameters in males suffering from blood thrombangiitis. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018, 8(4), 433-435.

References

1. Strekalovskaja A.A., Parshina S.S. Kosmicheskaja pogoda i zdorov'e cheloveka: sovremennoe sostojanie voprosa. *Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal. Prilozhenie (Kardiologija)*. Saratov, 2021. T.17, № 3. S.578-582.
2. Vladimirsky B.M., Sidiyakin V.G., Temuryants N.A., Makeev V.B., Samokhvalov V.P. *Space and Biological Rhythms*. Simferopol: Simferopol State University Publisher, 1995. S.206.
3. Breus T.K., Konradov A.A. Effekty ritmov solnechnoi aktivnosti. *Atlas vremennykh variatsii prirodnykh, antropogennykh i sotsial'nykh protsessov*. T.3. Prirodnye i sotsial'nye sfery kak chasti okruzhaiushchei sredy i kak ob'ekty vozdеistvii. – М.: Ianus-K. – 2002. S.516-524.
4. Breus T.K., Rapoport S.I. *Magnitnye buri. Mediko-biologicheskie i geofizicheskie aspekty*. Moskva, 2004. S.186.
5. Gurfinkel' Ju.I. *Ishemicheskaja bolezn' serdca i geomagnitnaja aktivnost'*. Avtoreferat na soiskanie uchenoj stepeni doktora medicinskih nauk. Moskva, 2002.
6. Gurfinkel' Ju.I., Mitrofanova E.V., Mitrofanova T.A., Kanonidi Kh.D. Vliianie geomagnitnykh vozmushchenii na ostruiu serdechno-sosudistuiu patologiiu. *Kosmos i biosfera*. – Partenit, Krym, Ukraina. 2003. S.12.
7. Samsonov S. N.; Kleimenova N. G.; Kozyreva O. V., Petrova P.G. The effect of space weather on human heart diseases in subauroral latitudes // *IZVESTIYA ATMOSPHERIC AND OCEANIC PHYSICS*. 2014. V.: 50, N: 7 P.: 719-727.
8. Samsonov S. N., Sokolov V.D., Strekalovskaia A.A., Petrova P.G. O sviazi obostreniia serdechno-sosudistyx zabolevanii s geofizicheskoi vozmushchennost'iu // *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova. Insul't № 14*, – Moskva, 2005. S.18-22.
9. Samsonov S. N., Krymskii G.F., Petrova P.G., Strekalovskaia A.A. Geliogeofizicheskie faktory i serdechno-sosudistye zabolevaniia // *Zhurnal problem evoliutsii otkrytykh sistem*. Vyp. 7. T.1. S.114-121. Almaty. 2005.

10. Samsonov S. N., Petrova P.G., Strekalovskaia A.A., Manykina V.I., Tomskii M.I., Alekseev R.Z. Sviaz' solnechnykh i geofizicheskikh vozmushchenii s serdechno-sosudistymi zabolevaniiami // Nauka i obrazovanie. № 2 (50). S.50-55. 2008.
11. Samsonov S. N., Manykina V.I., Skriabin N.G., Krymskii G.F., Petrova P.G., Vishnevskii V.V., Grigor'ev P.E., Podladchikova T.N., Ragul'skaia M.V. Vliianie geomagnitnoi vozmushchennosti na sostoianie serdechno-sosudistoi sistemy cheloveka // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. T.KhVI. № 1. S.246-248. 2009.
12. Karpin V.A., Kostrjukova N.K., Lavkina E.S. Svjaz' geliogeomagnitnykh vozmushhenij s zabolevaemost'ju i smertnost'ju naselenija. Sibirskij medicinskij zhurnal. Irkutsk, 2004. T. 47, № 6. S. 11-14.
13. Ionova V.G., Sazonova E.A., Sergeenko N.P. Vliianie geliogeomagnitnykh vozmushhenij na gemoreologicheskie harakteristiki ljudej. Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina. 2004. T.38, № 2. S. 33-35.
14. Gurkinfel' Ju.I. Vliianie geomagnitnykh vozmushhenij na kapilljarnyj krovotok u bol'nyh s ishemicheskoj bolezn'ju serdca. Avtoreferat na soiskanie uchenoj stepeni kandidata medicinskih nauk. Moskva, 1995.
15. Dolgova E.M. Osobennosti klinicheskogo techenija zabolevanija, gemoreologicheskikh narushenij i jeffektivnosti lechenija u bol'nyh nestabil'noj stenokardiej v razlichnye periody solnechnoj aktivnosti. Avtoreferat dissertacii na soiskanie nauchnoj stepeni kandidata medicinskih nauk. Saratov, 2009.
16. Sevost'janova E.V. Ocenka zavisimosti reologicheskikh i gemostaticeskikh parametrov krovi cheloveka ot izmenenij geliogeofizicheskikh faktorov v sovremennykh megapolisah. Vestnik novykh medicinskih tekhnologii. 2008. T.XV, № 4. S.13-16.
17. Varakin Yu.Ya., Ionova V.G., Sazonova E.A., Gornostaeva G.V., Sergeenko N.P., Tedoradze R.V. Vliianie geliogeofizicheskikh vozmushhenij na gemoreologicheskie parametry u zdorovykh ljudej. Zemskij vrach. 2011. № 2. S.21-24.
18. Parshina S.S., Tokaeva L.K., Golovacheva T.V., Dolgova E.M., Afanas'eva T.N., Vodolagin A.V. Solnechnaia aktivnost' i osobennosti gemoreologicheskikh narushenij u bol'nykh stenokardiei. Saratovskii nauchno-meditsinskij zhurnal, tom 4, № 1, s.69-72. 2008.
19. Parshina S.S., Afanas'eva T.N., Samsonov S.N. Viazkost' krovi i endotelial'naia disfunktsiia u bol'nykh nestabil'noi stenokardiei v periody vysokoi i nizkoj solnechnoj aktivnosti. Elektronnyi nauchno-obrazovatel'nyi vestnik «Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke», tom 16 (11), s.7-8. 2014.
20. Parshina S.S., Samsonov S.N., Reutov V.P., Sorokina E.G. Vozmozhnaja rol' oksida azota v realizacii jeffektov kosmicheskoi pogody. Nauchnye trudy I Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Fizika i jekologija jelektromagnitnykh izluchenij – 2017». p.Agoj, Krasnodarskij kraj. 25-30 sentyabrya, 2017.
21. Parshina S.S., Tokaeva L.K., Dolgova E.M., Afanas'eva T.N. Reologicheskie narusheniia i funktsii endoteliia u bol'nykh nestabil'noi stenokardiei v razlichnye periody solnechnoj aktivnosti. Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. Seriya «Meditsinskie nauki», № 3(12), 2018.
22. Osipova E.V., Ukhova A.V., Sukhovskaia V.V., Protopopova N.V., Soldatenko N.A., Koshkareva O.V., Denisova A.A., Morozova E.M., Labygina A.V., Grebenkina L.A. Vliianie geliogeofizicheskikh faktorov na svertyvaiushchuiu sistemu krovi beremennykh s platsentarnymi narusheniiami. Acta biomedical scientifica, 2018, 3 (3), S.34-40.
23. Bobina I.V., Sokolova G.G., Sharlaeva E.A., Vorobyev R.I., Vorobyeva E.N. Impact of heliogeophysical factors on clinical and biochemical parameters in males suffering from blood thrombangiitis Ukrainian Journal of Ecology, 2018, 8(4), S.433-435.