

УДК 551.521.6

*С.С. Паршина, Т.Н. Афанасьева, С.Н. Самсонов, В.И. Манькина,  
В.Д. Петрова, П.Г. Петрова, А.А. Стрекаловская,  
В.В. Вишневецкий, Т.И. Капланова, М.В. Потапова*

## ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА ПРОЦЕССЫ РЕПОЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА ДОБРОВОЛЬЦЕВ В ВЫСОКИХ И СРЕДНИХ ШИРОТАХ

В статье освещаются результаты одновременного мониторинга по оценке реакции сердечно-сосудистой системы здоровых добровольцев на изменение космической погоды в авроральных (п. Тикси), субавроральных (г. Якутск) и средних (г. Саратов) широтах. Во всех обследуемых группах выявлено наличие эффекта синхронизации процессов реполяризации миокарда желудочков (по данным коэффициента симметрии зубца Т электрокардиограммы) и геомагнитной возмущенности (по данным Кр-индекса). Характер синхронизации имеет особенности в зависимости от широты проживания.

*Ключевые слова:* геомагнитная возмущенность, сердечно-сосудистая система, коэффициент симметрии зубца Т.

*S.S. Parshina, T.N. Afanasyeva, S.N. Samsonov, V.I. Manykina,  
V.D. Petrova, P.G. Petrova, A.A. Strekalovskaya, V.V. Vishnevsky,  
T.I. Kaplanova, M.V. Potapova*

## Impact of space weather on the processes of myocard repolarization among volunteers in high and middle latitudes

The article highlights the results of the simultaneous monitoring on assessment of the reaction of healthy volunteers' cardiovascular system on space weather changing in auroral (Tiksi), subauroral (Yakutsk) and medium (Saratov) latitudes. The effect of synchronization repolarization of ventricular myocardium was revealed in all the groups (according to symmetry factor of the T-wave coefficient) and geomagnetic disturbance (according to the Cr-index). Synchronization character has peculiarities depending on the latitude of residence.

*Keywords:* geomagnetic activity, cardiovascular system, T-wave coefficient.

*ПАРШИНА Светлана Серафимовна* – д.м.н., профессор кафедры терапии ФПК и ППС ФГ БОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России. Россия, 410012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112. Тел.: +7-905-321-90-39. E-mail: 1parshinasvetlana@mail.ru.

*PARSHINA Svetlana Serafimovna*, – Dr. Sci. Medicine, professor of Advanced training and staff professional retraining faculty of V.I. Razumovsky Saratov State Medical University of the Ministry of Health, Russia, 410012, Saratov, B. Kazachja St., 112. Phone: +7-905-321-90-39. E-mail: 1parshinasvetlana@mail.ru.

*АФАНАСЬЕВА Татьяна Николаевна* – к.м.н., ассистент кафедры терапии ФПК и ППС ФГ БОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России. Россия, 410012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112. Тел.: +7-905-386-89-24. E-mail: protegemoi18@mail.ru.

*AFANASYEVA Tatyana Nikolaevna* – Cand. Sci. Medicine, assistant professor of Advanced training and staff professional retraining faculty of V.I. Razumovsky Saratov State Medical University of the Ministry of Health, Russia, 410012, Saratov, B. Kazachja St., 112. Phone: 112. +7-905-386-89-24. E-mail: protegemoi18@mail.ru.

*САМСОНОВ Сергей Николаевич* – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН. Россия, 677980, Якутск, пр. Ленина, 31. Тел.: +7-924-661-55-58. E-mail: s\_samsonov@ikfia.ysn.ru.

*SAMSONOV Sergey Nikolaevich* – Cand. Sci. Physics and Mathematics, senior researcher of Yu.G.Shafer Cosmophysical Research and Aeronomy Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, 677980, Yakutsk, prospekt Lenina St., 31. Phone: +7-924-661-55-58. E-mail: s\_samsonov@ikfia.ysn.ru.

*МАНЬКИНА Вероника Ивановна* – младший научный сотрудник ФГБУН Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН. Россия, 677980, Якутск, пр. Ленина, 31. E-mail: gayane@ikfia.sbras.ru.

*MANYKINA Veronika Ivanovna* – junior researcher of Yu.G.Shafer Cosmophysical Research and Aeronomy Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, 677980, Yakutsk, prospekt Lenina St., 31. E-mail: gayane@ikfia.sbras.ru.

**Введение.** Космическая погода, характеризующая состояние околоземной космической среды, оказывает влияние на все компоненты биосферы и, в первую очередь, на организм человека [1]. Основным источником, определяющим состояние космической погоды, является Солнце [2]. Изменения напряженности магнитного поля на Земле в результате активных процессов на Солнце – один из важнейших факторов срыва адаптации и обострения хронических заболеваний. Гелиогеофизические возмущения нарушают временную последовательность информационных сигналов, которые организм использует для согласования ритмики биологических процессов с ритмикой окружающей среды [1]. Основной мишенью для воздействия гелиогеомагнитной активности является сердечно-сосудистая система [3].

**Цель работы:** выявление и оценка эффекта синхронизации процессов реполяризации миокарда желудочков и геомагнитной возмущенности во время длительного мониторинга добровольцев в авроральных, субавроральных и средних широтах.

**Объекты и методы исследования.** Исследование явилось продолжением международного многоширотного синхронного биофизического эксперимента «Гелиомед». Мониторинг состояния сердечно-сосудистой системы осуществлялся одновременно в авроральных (п. Тикси –

---

*ПЕТРОВА Вера Дмитриевна* – к.м.н., доцент кафедры терапии ФПК и ППС ФГ БОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России. Россия, 410012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112. Тел.: +7-927-116-44-79. E-mail: petrova.vd@yandex.ru.

*PETROVA Vera Dmitrievna* – Cand. Sci. Medicine, associate professor of Advanced training and staff professional retraining faculty of V.I. Razumovsky Saratov State Medical University of the Ministry of Health. Russia, 410012, Saratov, B. Kazachja, 112. Phone: +7-927-116-44-79. E-mail: petrova.vd@yandex.ru.

*ПЕТРОВА Пальмира Георгиевна* — д.м.н., профессор, академик АН РС (Я), зав. кафедрой нормальной и патологической физиологии Медицинского института ФГАОУ ВО СВФУ им. М.К. Аммосова. 677000, Якутск, ул. Ойунского, 27. Тел.: 8-(4112)36-30-46. E-mail: mira\_44@mail.ru.

*PETROVA Palmira Georgievna* – Dr. Sci. Medicine, professor and member of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), head of Normal and pathological physiology department of Medical Institute of M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. 677000, Yakutsk, Ojunsogo St., 27. 8(4112)36-30-46. E-mail: mira\_44@mail.ru.

*СТРЕКАЛОВСКАЯ Алена Анатольевна* – к.м.н., доцент кафедры нормальной и патологической физиологии Медицинского института ФГАОУ ВО СВФУ им. М.К. Аммосова. 677000, Якутск, ул. Ойунского, 27. Тел.: 8-(4112)36-30-46. E-mail: a\_strekalovskaya@mail.ru.

*STREKALOVSKAYA Alena Anatolevna* – Cand. Sci. Medicine, associate professor of Normal and pathological physiology department of Medical Institute of M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. Russia, 677000, Yakutsk, Ojunsogo St., 27. Phone: 8-(4112)36-30-46. E-mail: a\_strekalovskaya@mail.ru.

*ВИШНЕВСКИЙ Виталий Вячеславович* – к.т.н., ведущий научный сотрудник Института проблем математических машин и систем НАН Украины. Украина, г. Киев, пр-т Академика Глушкова, 42; <http://www.immsp.kiev.ua>. Тел.: +38-097-712-35-24. E-mail: vit.vizual@gmail.com.

*VISHNEVSKY Vitaly Vyacheslavovich* – Cand. Sci. Technical Sc., senior researcher of Mathematical Machines Problems and Systems Institute, Ukraine National Academy of Sciences. Ukraine, Kiev, prosp. Akademika Glushkova St., 42. Website: <http://www.immsp.kiev.ua>. Phone: +38-097-712-35-24. E-mail: vit.vizual@gmail.com.

*КАПЛАНОВА Татьяна Ивановна* – к.м.н., доцент кафедры терапии ФПК и ППС ФГ БОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России. Россия, 410012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112. Тел.: +7-927-624-52-54. E-mail: mari1276@list.ru.

*KAPLANOVA Tatiana Ivanovna* – Cand. Sci. Medicine, associate professor of Advanced training and staff professional retraining faculty of V.I. Razumovsky Saratov State Medical University of the Ministry of Health. Russia, 410012, Saratov, B. Kazachja St., 112. Phone: +7-927-624-52-54. E-mail: mari1276@list.ru.

*ПОТАПОВА Марина Валерьяновна* – к.м.н., ассистент кафедры терапии ФПК и ППС ФГ БОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России. Россия, 410012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112. Тел.: +7-963-114-36-55. E-mail: marin9@bk.ru.

*POTAPOVA Marina Valerianovna* – Cand. Sci. Medicine, assistant of Advanced training and staff professional retraining faculty of V.I. Razumovsky Saratov State Medical University of the Ministry of Health. Russia, 410012, Saratov, B. Kazachja St., 112. Phone: +7-963-114-36-55. E-mail: marin9@bk.ru.

11 чел.), субавроральных (33 чел: Якутск-1 – 15 чел. и Якутск-2 – 18 чел.) и средних (г. Саратов – 31 чел.) широтах. Критерии исключения: сахарный диабет, онкопатология, перенесенные инфаркт миокарда, инфаркт мозга, ишемическая болезнь сердца, нарушения ритма и проводимости, заболевания печени и почек в стадии декомпенсации, острые воспалительные заболевания, хронические заболевания в стадии обострения.

Длительность мониторинга составила 60 дней в весенний период (март-апрель). Осуществлялся ежедневный контроль состояния процессов реполяризации миокарда желудочков по данным ЭКГ в фазовом пространстве с оценкой коэффициента симметрии зубца Т (КСТ) [4] с помощью экспресс-кардиографа «Фазаграф» (Украина).

Геомагнитная активность оценивалась по показателю глобальной геомагнитной возмущенности – Кр-индексу, который определялся ежедневно в течение всего периода наблюдения.

Статистическая обработка материала проводилась при помощи компьютерной программы «MED STAT», имеющей сертификат качества МЗ РФ, и включала проверку гипотез о виде распределения, о равенстве средних, дисперсий и т.д. В зависимости от типа распределения данных использовались параметрические либо непараметрические критерии: парный t-критерий Стьюдента, корреляционный анализ, критерий  $\chi^2$  и точный критерий Фишера для анализа таблиц сопряженности  $2 \times 2$ , парные критерии знаков, парный критерий Уилкоксона. Однородность изучаемых групп больных проверялась с помощью однофакторного дисперсионного анализа по всем изучаемым показателям.

Анализ зависимости КСТ от Кр проводился с использованием модели регрессии с авторегрессионными отклонениями для каждого обследуемого и для каждой группы добровольцев. Сравнение моделей осуществлялось по критерию Акаике, скорректированному на конечную длину ряда, нулевая гипотеза отсутствия зависимости отвергалась на уровне 5 %.

Для оценки динамики состояния миокарда добровольцев при изменении геомагнитной возмущенности нами использовался показатель «групповой эффект синхронизации – ГЭС» [5], который отражает совпадение между максимумами КСТ и Кр-индекса. Обследуемый зачислялся в группу ГЭС при наличии у него синхронизации КСТ-Кр в 66,7 % от общего количества максимумов Кр.

**Результаты и обсуждение.** Средний возраст добровольцев составил в различных группах:  $51,3 \pm 3,8$  года (Тикси),  $43,0 \pm 2,5$  года (Якутск-1),  $21,6 \pm 1,7$  года (Якутск-2) и  $40,6 \pm 2,2$  года (Саратов).

Группа Якутск-2 включала 18 молодых добровольцев-студентов для выявления возрастных особенностей влияния космической погоды на состояние сердечно-сосудистой системы. Из них у 3 выявлен гастрит, у 2 – ожирение 1 ст.

Группы Тикси, Якутск-1 и Саратов включали добровольцев среднего возраста и были сопоставимы по возрасту, полу, клиническим характеристикам пациентов, наличию сопутствующих заболеваний (остеохондроз, гастрит, ожирение 1 ст.). Артериальная гипертензия 2 ст. вне кризового течения отмечалась у 2 добровольцев в группе Саратов, у 2 – в группе Якутск-1, у 1 – в группе Тикси.

Использование предложенной нами модели показало, что во всех группах добровольцев существует статистическая значимость ( $p < 0,05$ ) зависимости КСТ от Кр (текущее значение КСТ зависит от текущего значения Кр), что доказывает корректность предложенного нами метода отбора обследуемых в группу ГЭС. Анализ формирования групп ГЭС в каждом регионе позволил ввести понятие «чувствительных» (отобранных в группу ГЭС) и «нечувствительных» (демонстрирующих индивидуальную синхронизацию КСТ-Кр менее чем в 66,7 % от общего количества максимумов Кр) добровольцев.

Установлено, что ГЭС наблюдался в средних широтах – у 61,3 % добровольцев (Саратов), в субавроральных – у 33,3 % (Якутск-1) и 39,0 % (Якутск-2), в авроральных – у 45,5 % (Тикси) ( $p > 0,05$  по методу  $\chi^2$ , вероятно, из-за небольшой численности выборок). Полученные результаты пока не позволяют утверждать, что различные регионы отличаются соотношением «чувствительных» и «нечувствительных» добровольцев.

Вместе с тем установленная нами статистическая зависимость КСТ от Кр в каждой из групп наблюдения позволяет рассмотреть особенности ГЭС, связанные с регионом мониторинга. За время наблюдения отмечалось 7 максимумов Кр, наибольшие уровни геомагнитного возмущения фиксировались во время 6-го и 7-го максимумов (рис.). Синхронизация КСТ-Кр наблюдалась в группе Саратов в 4 случаях из 7 максимумов Кр, в группах Якутск-1 – в 6 случаях из 7 максимумов Кр, Якутск-2 – в 3 случаях из 7 максимумов Кр, в группе Тикси – в 2 случаях из 7 максимумов Кр ( $p > 0,05$ ). Отсутствие статистически достоверных различий в частоте эпизодов групповой синхронизации КСТ-Кр в группах Саратов, Якутск-1, Якутск-2, Тикси подтверждает, что различная широта проживания не является фактором, определяющим соотношение «чувствительных» и «нечувствительных» к изменениям космической погоды добровольцев.

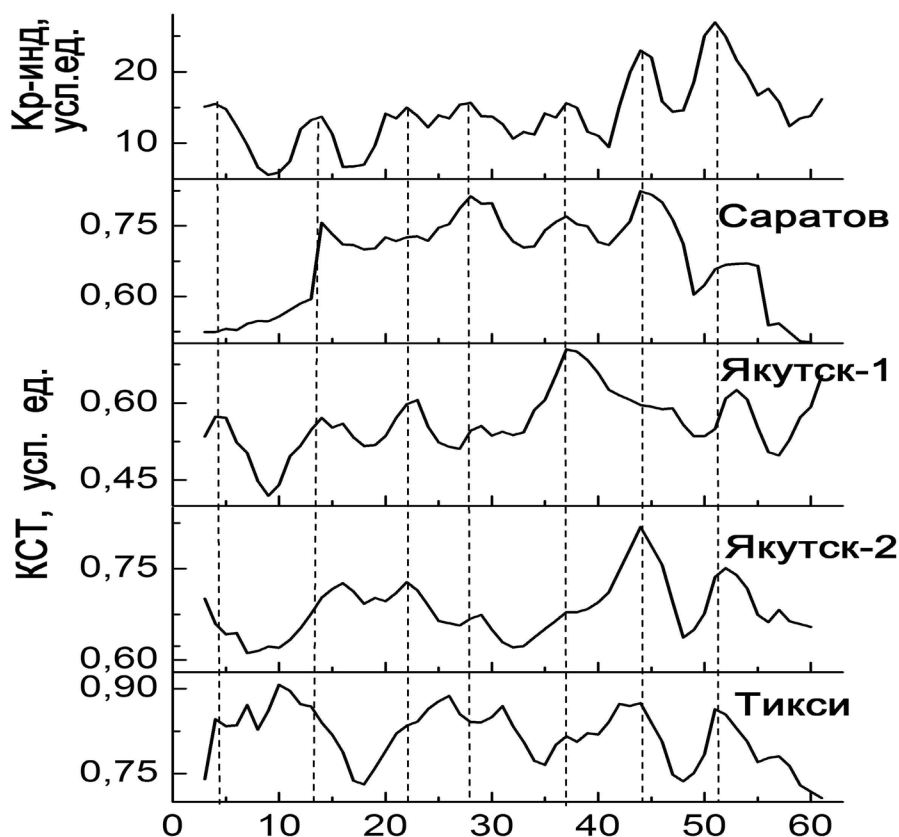


Рис. Изменения Кр-индекса и КСТ добровольцев на разных широтах

Вместе с тем многоширотный мониторинг позволил выявить особенности отклика КСТ на геомагнитные возмущения у «чувствительных» обследованных в различных регионах.

В средних широтах (Саратов) синхронизация КСТ-Кр наблюдалась в 4 случаях из 7 максимумов Кр: как в случае небольших геомагнитных возмущений – в 2, 4, 5 максимумах Кр ( $K_p=13,8-15,6$ ), так и в случае более мощного 6-го максимума ( $K_p=22,9$ ). При этом в самом мощном, 7-м максимуме ( $K_p=27,0$ ), сохранялась лишь частично (меньший отклик на большую возмущенность и его последующая пролонгация на фоне снижения величины Кр). Вероятно, реакция на достаточно мощный 6 максимум привела к снижению адаптационных возможностей миокарда, что и проявилось в ухудшении синхронизации КСТ и Кр в 7-м максимуме Кр. Таким образом, особенностью группового эффекта синхронизации в средних широтах является ответный отклик состояния миокарда как на более слабые, так и на более мощные геомагнитные возмущения и ослабление ответных реакций при наиболее мощных геомагнитных

возмущениях. Известно, что реакции сердечно-сосудистой системы на геомагнитные возмущения подчиняются законам квазилогарифмической зависимости [6] и при снижении адаптационных возможностей организма чувствительность к внешним воздействиям уменьшается и может совсем отсутствовать. Частичная резистентность КСТ к 7-му максимуму Кр может объясняться возникновением транзиторной рефрактерности миокарда с утратой чувствительности к ритм-образующим воздействиям со стороны Солнца [1] за счет нарушений калий-натриевого насоса и изменения трансмембранного потенциала миокардиоцитов, поскольку известно, что изменение напряженности магнитного поля приводит к нарушению проницаемости клеточных мембран [7].

В субавроральных широтах (г. Якутск) ГЭС проявлялся также и при более слабых, и при более сильных геомагнитных возмущениях. Добровольцы среднего возраста (Якутск-1) демонстрировали ГЭС в 6 случаях из 7 максимумов Кр (в 1, 2, 3, 4, 5 максимумах Кр), на 6-й максимум Кр реакции КСТ не было, но на более мощный 7-й максимум Кр реакция КСТ возникала, хотя и с опозданием на 2 дня после геомагнитного возмущения. В группе молодых добровольцев (Якутск-2) синхронизация КСТ-Кр регистрировалась в 3-м, 6-м и 7-м максимумах Кр, причем в 7-м максимуме – также с опозданием, на 1 день позже. Таким образом, в субавроральных широтах и молодые, и среднего возраста добровольцы реагируют на геомагнитные возмущения различной интенсивности, у тех и других относительно сохранена синхронизация на мощные возмущения, следующие друг за другом (в отличие от добровольцев средних широт), при этом снижение адаптационных реакций проявляется в запаздывании синхронизации при самом мощном геомагнитном возмущении на 1-2 дня. Поскольку, как указывалось ранее, частота эпизодов ГЭС в группах Саратов и Якутск не имеет статистически достоверных отличий ( $p > 0,05$ ), особенностью следует признать феномен «запаздывания».

В авроральных широтах (Тикси), в отличие от средних и субавроральных, синхронизация КСТ и Кр отсутствовала при более слабых геомагнитных возмущениях (1-5 максимумы Кр) и отмечена только в 2 максимумах Кр из 7 – во время самых мощных 6-го и 7-го максимумов Кр. Известно, что в авроральных широтах на высоте 100 км протекают мощные электрические токи (авроральные электроджеты), достигающие величины миллионов ампер [8]. Вероятно, в этих условиях миокард адаптируется и перестает реагировать на слабые геомагнитные возмущения, сохраняя чувствительность только к наиболее мощным.

**Заключение.** Одним из механизмов чувствительности сердечно-сосудистой системы к геомагнитным возмущениям является изменение процессов реполяризации миокарда желудочков, что проявляется в наличии эффекта синхронизации коэффициента симметрии зубца Т ЭКГ и Кр-индекса геомагнитной возмущенности на всех исследуемых (авроральных, субавроральных и средних) широтах. Выявлена широтная зависимость эффекта синхронизации: в средних и субавроральных широтах миокард добровольцев реагирует как на мощные, так и на более слабые геомагнитные колебания, а в авроральных – только на мощные геомагнитные возмущения.

*Работа выполнялась при частичной финансовой поддержке программы научных исследований РАН в РС (Я) 2016-2020 гг.*

#### Литература

1. Биотропное воздействие космической погоды / под ред. М.В. Рагульской. – М.; Киев; СПб.: ВВМ, 2010. – 312 с.
2. Космические факторы эволюции биосферы: новые направления исследований / В.Н. Обридко, М.В. Рагульская, О.В. Хабарова и др. // Психосоматические и интегративные исследования. – 2015. – Т. 1. – № 1 [Электронный ресурс. URL: <http://pssr.pro/articles/237>].
3. Связь солнечных и геофизических возмущений с сердечно-сосудистыми заболеваниями / С.Н. Самсонов, П.Г. Петрова, А.А. Стрекаловская и др. // Наука и образование. – 2008. – № 2 (50). – С. 50-55.
4. Файнзильберг, Л.С. Информационная технология для диагностики функционального состояния оператора / Л.С. Файнзильберг // Управляющие системы и машины. – 1998. – № 4. – С. 40-45.
5. Особенности групповой реакции сердечно-сосудистой системы на изменение космической погоды

/ С.С. Паршина, С.Н. Самсонов, В.И. Манькина и др. // Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии: мат. Междунар. конф. IT + M&Ec`2015. – 2015. – С. 316-322 [Электронный ресурс. URL: [http://glorioz.com/doki/me/2015/2015\\_5.pdf](http://glorioz.com/doki/me/2015/2015_5.pdf)].

6. Самсонов, С.Н., Манькина, В.И., Паршина, С.С. Отклик сердечно-сосудистой системы людей с различным состоянием адаптационных возможностей на изменения параметров космической погоды / С.Н. Самсонов, В.И. Манькина, С.С. Паршина // Космические факторы эволюции биосферы и геосферы. – СПб.: «Изд-во ВВМ», 2014. – С.209-218.

7. Бинги, В.Н., Савин, А.В. Физические проблемы действий слабых магнитных полей на биологические системы / В.Н. Бинги, А.В. Савин // Успехи физических наук. – 2003. – Т. 173, № 3. – С. 265-300.

8. Influence of space weather on diseases of cardiovascular system of a human being in subauroral latitudes / S.N. Samsonov, N.G. Kleimenova, O.V. Kozyreva, P.G. Petrova // Izvestiya Atmospheric and oceanic physics. – 2014. – V. 50. – № 7. – С. 719-727.

### References

1. Ragulskaya, M.V. The space weather biotropic influence. – Moscow; Kiev; St. Petersburg, 2010. – 312 p.

2. Evolution cosmic factors of the biosphere: new lines of research / V.N. Obridko, M.V. Ragulskaya, O.V. Khabarova et al. // Psychosomatic and integrative research: 2015. Vol. 1, no. 1. URL: <http://pssr.pro/articles/237>.

3. Solar and geophysical activities relations with cardiovascular diseases / S.N. Samsonov, P.G. Petrova, A.A. Strelakovskaya et al. // Science and education. – 2008. – No. 2 (50). – P. 50-55.

4. Fainzilberg, L.S. Informational technologies for the functional operator's state diagnostics / L.S. Fainzilberg // Control systems and machines. 1998. – No 4. – P. 40-45.

5. Peculiarities of a group cardiovascular response to changes in the space weather / Parshina S.S., Samsonov S.N., Manykina V.I. et al. // New informational technologies in medicine, biology, pharmacology and ecology: IT International conference materials + M&Ec`2015, – 2015. – pp. 316-322. URL: [http://glorioz.com/doki/me/2015/2015\\_5.pdf](http://glorioz.com/doki/me/2015/2015_5.pdf).

6. Samsonov, S.N., Manykina, V.I., Parshina, S.S. Response of cardiovascular system of people with various condition of adaptation opportunities on changes of parameters of space weather / S.N. Samsonov, V.I. Manykina, S.S. Parshina // Space factors of evolution of the biosphere and a geosphere. – SPb: “VVM publishing house”, 2014. – P. 209-218.

7. Bing, V.N., Savin, A.V. Physical problems of actions of weak magnetic fields on biological systems / V.N. Bing, A.V. Savin // Progress of physical sciences. – 2003. – T. 173. – No. 3. – P. 265-300.

8. Influence of space weather on diseases of cardiovascular system of a human being in subauroral latitudes / S.N. Samsonov, N.G. Kleimenova, O.V. Kozyreva, P.G. Petrova // Izvestiya Atmospheric and oceanic physics. – 2014. – V. 50. – № 7. – P. 719-727. 2014.