

## МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ШПИЦБЕРГЕНЕ КАК ДЕЙСТВЕННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

Н.К. Белишева<sup>1</sup>, А.Н. Виноградов<sup>1</sup>, Э.В. Вашенюк<sup>2</sup>,  
Н.И. Цымбалюк<sup>3</sup>, С.А. Черноус<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Кольский научный центр РАН

<sup>2</sup> Полярный геофизический институт КНЦ РАН

<sup>3</sup> Больница рудника Баренцбург ФГУП «Арктикуголь»

### Аннотация

Обсуждается возможность проведения на арх. Шпицберген комплексных, междисциплинарных медико-биологических и геофизических исследований для изучения биоэффективности космической погоды. Обосновывается уникальность арх. Шпицбергена для проведения медико-биологических исследований. Приводятся результаты анализа динамики заболеваемости в российских поселках на Шпицбергене с 1980 по 2008 г. и показывается ее связь с «космической погодой».

### Ключевые слова:

*медико-биологические исследования, космическая погода, арх. Шпицберген.*

### Что такое космическая погода?

Еще в глубокой древности люди осознали, что и Земля, и само человечество подвержены воздействию таинственных сил Вселенной. Эти представления нашли отражение в теории «космического резонанса», созданной натурфилософами Древнего Китая второй половины III в. до н.э. Так, в трактате «Люйши чуньцю» утверждается, что «переходы» в макрообъектах (космосе) детерминируют определенные изменения на уровне подсистем – социума или индивида [1]. Другими словами, изменения в космической среде определяет то, что произойдет на Земле.

Воздействию космоса на земные процессы особое значение придавали наши соотечественники А.Л. Чижевский, В.И. Вернадский, К.Э. Циолковский, Л.Н. Гумилев, французский исследователь «феномена человека» Пьер Тейяр де Шарден. В своем труде «Земное эхо солнечных бурь» А.Л. Чижевский писал: «...Живое связано со всей окружающей природой миллионами невидимых, неуловимых связей... Наружный лик Земли, и жизнь, наполняющая его, являются результатом творческого воздействия космических сил... Жизнь... в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное. Она создана воздействием творческой динамики космоса на инертный материал Земли. Она живет динамикой этих сил, и каждое биение органического пульса согласовано с биением космического сердца – этой грандиозной совокупности туманностей, звезд, Солнца, планет» [2].

Благодаря работам А.Л. Чижевского появилось такое направление в науке, как гелиобиология, изучающая влияние солнечной активности (СА) на земные организмы. Освоение космического пространства позволило не только идентифицировать агенты, посредством которых Солнце оказывает воздействие на оболочки Земли, но также ввести понятие космической погоды. Одним из первых употребил это словосочетание А.Л. Чижевский еще в начале XX века, затем оно возродилось в среде космонавтов в 1960-е гг. и впоследствии стало широко применяться для характеристики состояния межпланетной среды (МПС) и влияния СА на земные процессы.

Что же подразумевается под космической погодой? В сегодняшнем понимании термина – это состояние МПС, обусловленное вариабельностью СА, и события, разыгрывающиеся при взаимодействии солнечной плазмы с магнитосферой Земли. Космическая погода модулируется СА, которая не только определяет состояние МПС, но и оказывает непосредственное воздействие на околосолнечное космическое пространство, магнитосферу и атмосферу Земли. Первые вестники солнечных бурь приходят на Землю в высоких широтах. Именно поэтому основные наземные наблюдения за изменением космической погоды выполняются на высокоширотных станциях, и Кольский научный центр РАН является одним из мировых лидеров в этом направлении арктических исследований. Научная база КНЦ РАН в пос. Баренцбург, созданная в начале 1980-х гг. для проведения комплексных геофизических, радиофизических и биолого-экологических исследований на арх. Шпицберген имеет особое значение для наблюдений за космической погодой [3]. В 2000-2009

гг. усилиями Полярного геофизического института КНЦ РАН и Кольского филиала Геофизической службы РАН комплекс мониторинговых исследований на геофизическом полигоне в Баренцбурге был существенно расширен. Установка на полигоне современной высокочувствительной аппаратуры позволила обеспечить круглогодичный контроль важнейших индикаторов космической погоды (таких, как вариации потоков космических лучей (КЛ), резонансные явления в геомагнитном поле (ГМП), магнитосферные возмущения, проявления полярных сияний, авроральных и геомагнитных пульсаций), а также отслеживать реакцию литосферы и криосферы на процессы в ионосфере путем регистрации вариаций сейсмической эмиссии и инфразвуковых полей в атмосфере. В 2009-2010 гг. на правительственном уровне были приняты решения о включении геофизического полигона РАН в Баренцбурге в состав создаваемого на архипелаге Российского национального научного центра, что открывает перспективу расширения спектра исследований и создает благоприятные условия для координации работ по междисциплинарным проблемам.

Космическая погода влияет не только на геофизические процессы в арктической природной среде, но воздействует и на арктическую биоту, в том числе и на население приполярных регионов [4, 5]. Изучению воздействия СА на биосферу, различные биосистемы, включая организм человека, посвящены многочисленные работы однако значение вариаций геокосмических агентов, ассоциированных с СА, для функционального состояния биосистем, их развития и эволюции, здоровья человека до сих пор исчерпывающим образом не оценено. Это связано, с одной стороны, со сложной природой СА и, соответственно, с различным временным разрешением трансляции возмущений в МПС, вызванных СА, в околоземное пространство, с другой стороны, с трудностями оценки биоэффективности отдельных компонент геокосмического комплекса, ассоциированного с СА. Поэтому представляется важным проводить комплексные и междисциплинарные геофизические и медико-биологические исследования, сопряженные по месту и времени наблюдений именно там, где феномены космической погоды проявляются в большей степени. В этом отношении геофизический полигон на Шпицбергене является уникальным местом для проведения совместных геофизических и медико-биологических исследований.

### **Шпицберген как полигон для индикации космической погоды**

Географическое и геомагнитное расположение Шпицбергена предоставляет уникальную возможность для изучения космической погоды и ее воздействия на организм человека. Шпицберген (нем. *Spitzbergen*, др. русск. *Грумант*, норв. *Svalbard*) является обширным полярным архипелагом, расположенным в Баренцевом море, между  $76^{\circ}26'$  и  $80^{\circ}50'$  северной широты и  $10^{\circ}$  и  $32^{\circ}$  восточной долготы. Архипелаг находится в области Земли с максимальной напряженностью геомагнитного поля (ГМП). Напряженность убывает с севера на юг, что позволяет сравнивать между собой широтную биоэффективность воздействия ГМП, сопоставляя ряды синхронных наблюдений на эколого-геофизических полигонах КНЦ РАН, расположенных на Шпицбергене («Баренцбург»), Кольском полуострове («Имандра») и в Воронежской области («Эковит») – от  $78$  до  $50^{\circ}$  с.ш.

Главная особенность Шпицбергена состоит в том, что он расположен в особой области на поверхности планеты, практически не защищенной магнитным экраном Земли (магнитосферой) от вторжения заряженных частиц из космоса. В эту «брешь», или своеобразную воронку на дневной стороне магнитосферы, названную «каспом» (рис. 1), устремляются потоки солнечной плазмы, которые, в определенных условиях, могут прорываться внутрь магнитосферы мощными плазменными струями. Беспрепятственное вторжение солнечных частиц в области каспа приводит к множественным геофизическим и метеорологическим явлениям, отражающимся на состоянии биосферы, включая организм человека [5]. Во время солнечных вспышек именно из области каспа начинаются геомагнитные возмущения, которые приводят к возникновению магнитных бурь. Даже в спокойный период в области каспа отмечаются явления, которые могут воздействовать на состояние организма. Так, в области полярного дневного каспа постоянно регистрируются потоки электронов с энергией 100-200 эВ и плотностью частиц  $10^{-2}$ - $10^{-3}$  см<sup>2</sup>, которые проникают в магнитосферу из солнечного ветра через дневной касп и распространяются вплоть до высот порядка 1000 км. Потоки этих частиц генерируют очень низкочастотный шум (ОНЧ) в широком диапазоне частот [6], который может обладать высокой биоэффективностью [7].

Взаимодействие солнечного ветра (СВ) с магнитосферой Земли порождает и такие вариации ГМП, как пульсации, частота колебаний которых лежит в диапазоне низкочастотных биологических ритмов [7]. В наших работах была сделана попытка ввести специальные индексы, позволяющие оценить биологические эффекты короткопериодных колебаний, благодаря чему удалось показать, что функциональное состояние

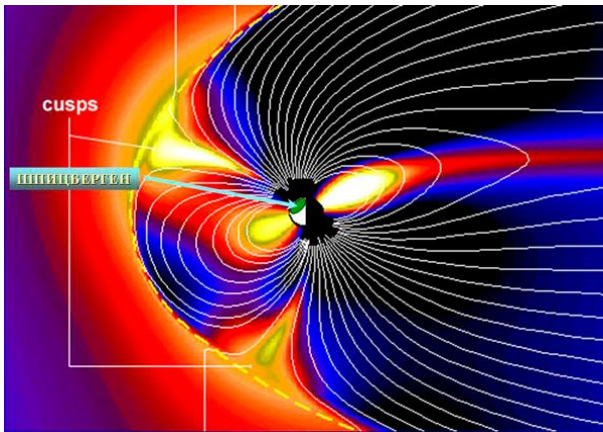


Рис. 1. Модель магнитосферы Земли, где показаны полярные каспы на дневной стороне магнитосферы. Голубая стрелка указывает на пребывание Шпицбергена в области северного полярного каспа. Рисунок взят с сайта: <http://pluto.space.swri.edu/IMAGE/glossary/cusp.html>

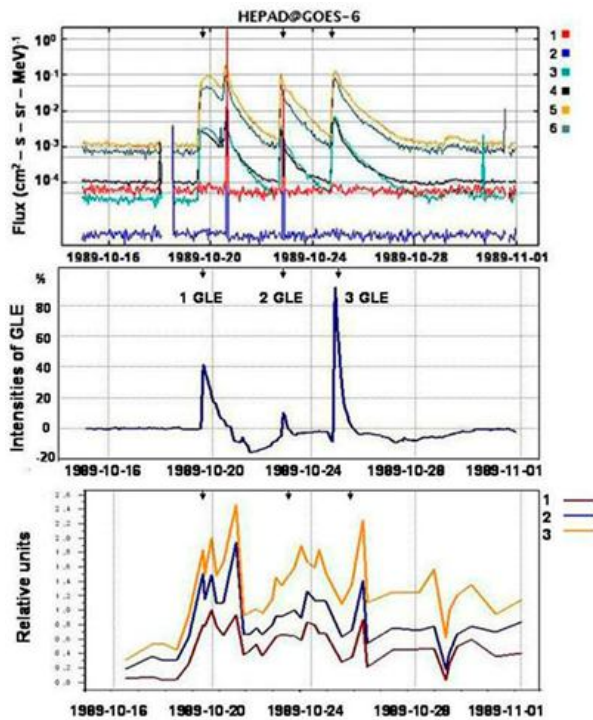


Рис. 2. Синхронное возрастание плотности потоков солнечных высокоэнергичных частиц (верхний рисунок), скорости нейтронного счета по ст. Апатиты (ПГИ КНЦ РАН), (средний рисунок) и появление многоядерных клеток в трех клеточных линиях, растущих в культуре: рыбы (коричневая линия), хомяка (синяя линия) и мыши (желтая линия) (нижний рисунок)

мозга зависит от спектральных характеристик вариаций ГМП [8]. Поскольку указанные исследования были проведены в Субарктике, то можно ожидать, что на Шпицбергене эффекты воздействия пульсаций на состояние организма будут еще более выраженными.

Геомагнитные пульсации характеризуются квазипериодической структурой с диапазоном частот от тысячных долей герца до нескольких герц. Верхняя частота пульсаций определяется гирочастотой протонов в магнитосфере, на земной поверхности это соответствует частотному диапазону порядка 3-5 Гц, которому соответствуют диапазоны дельта- и тета-ритмов мозга человека. К дневным пульсациям, наблюдаемым на земной поверхности, относятся широкополосные иррегулярные пульсации диапазона Pc5 ( $f \sim 1,5-5,0$  мГц) с амплитудой порядка 15-60 нТл, названные В.А. Троицкой *ipcl* (*irregular pulsations cusp latitudes*). Частота таких пульсаций соответствует сверхмедленным ритмам мозга [9]. Эти колебания носят устойчивый характер и продолжаются в зависимости от уровня геомагнитной возмущенности от 2 до 10 часов [10]. Пульсации типа *ipcl* наблюдаются практически ежедневно, однако летом их амплитуда много больше, чем зимой.

Особый интерес представляют длиннопериодные квазипериодические магнитные возмущения с периодами 15-40 мин и амплитудой порядка 60-400 нТл, названные *vlp* (*very long period*) [10]. Амплитуда таких пульсаций максимальна вблизи полярной границы каспа и быстро снижается с уменьшением широты. Кроме того, на широтах Шпицбергена в вечернее и ночное время возможно появление импульсных всплесков геомагнитных пульсаций диапазона P12-P13, а в дневном секторе появление квазимонохроматических шумовых колебаний в диапазоне Pc3-4, амплитуда которых в высоких широтах, по сравнению со средними, может возрастать на порядок и больше [11]. Несмотря на то, что спектральный частотный диапазон пульсаций полностью перекрывает все частотные характеристики ритмов мозга, а на широте Шпицбергена типичные для средних широт аккорды частот и их интенсивность претерпевают разительные перестройки, значение пульсаций для состояния организма человека практически не изучено.

Космическая погода отражается также в вариациях интенсивности космических лучей (КЛ) у поверхности Земли. В области каспа

единственным препятствием для проникновения частиц солнечного и галактического происхождения к поверхности Земли является толщина атмосферы, которую могут преодолеть только частицы с достаточной для этого энергией. И поскольку магнитного препятствия в области дневного каспа на пути частиц нет, то

интенсивность различных компонент КЛ у поверхности Земли в полярной шапке выше, чем на более низких широтах. Первые шаги в оценке вклада КЛ в изменчивость и эволюцию биосистем были сделаны в период супер событий в солнечных КЛ в сентябре-октябре 1989 г. [12]. Было показано, что возрастание потока солнечных протонов в околоземном пространстве, ассоциированное с наземным увеличением скорости нейтронного счета (Ground Level Enhancement), приводит к синхронному возрастанию многоядерных клеток в различных клеточных линиях, растущих вне организма (рис. 2). В дальнейшем было выявлено, что вариации КЛ и ГМП в результате кооперативного воздействия модулируют функциональное состояние организма человека. Такая модуляция проявляется в изменении иммунных реакций и характере взаимодействия организма с патогенной и непатогенной микрофлорой [13-15], в колебаниях состояния сердечно-сосудистой системы [16, 17], в неустойчивости психоэмоционального состояния [18, 19].

### **Медико-биологические исследования на Шпицбергене**

Изучение особенностей адаптации человека на Севере привело к обнаружению общих клинических симптомокомплексов, названных «синдромом полярного напряжения» [20]. Этот синдром проявляется в "полярной" одышке, психоэмоциональной лабильности, астенизации, снижении работоспособности и других признаках дестабилизации психических, соматических и вегетативных функций организма, возникающих при жизни на Севере. Однако на Шпицбергене были проведены только отдельные исследования по выявлению воздействия факторов арктической среды на состояние организма человека.

В частности, в рамках международной российско-норвежской программы «Svalbard-2» Архангельским филиалом Института морфологии человека АМН СССР под руководством А.В. Ткачева было выполнено комплексное исследование по выявлению воздействия факторов арктической среды на функциональное состояние организма шахтеров на Шпицбергене. Было показано, что биохимические процессы, состояние эндокринной системы и иммунологические реакции у шахтеров в большей степени зависят от фотопериодизма, чем фактора сезонности [21]. К сожалению, в этих исследованиях не учитывалось воздействие на организм человека вариаций геофизических агентов, связанных с СА, фотопериодизмом и временем года. Попытка оценить влияние геофизических агентов на состояние организма шахтеров была сделана в 1989 г. (год самого активного Солнца в космической эре и, следовательно, максимального «штормового» проявления космической погоды). Было показано, что в рабочих поселках ФГУП «Арктикуголь» на арх. Шпицберген, где постоянно проживали около 2.5 тыс. чел., в 1989 г. произошел всплеск показателей травматизма и смертности, связанной с несчастными случаями на производстве, инфарктами, скоротечными болезнями, самоубийствами и серьезными нарушениями психики [22]. Эти данные хорошо согласуются с результатами исследований, проведенных в субарктических регионах [8, 16-19], которые показали, что вариации ГМП, ассоциированные с СА, могут существенным образом модулировать психофизиологическое и психоэмоциональное состояние организма человека. Подтверждением возможности влияния вариаций ГМП на здоровье человека на Шпицбергене явились результаты экспериментов, проведенных сотрудниками ПГИ КНЦ РАН. В результате мониторинга вариабельности сердечного ритма (ВСР), проведенного в Баренцбурге в 2001-2002 гг. с применением неинвазивной компьютеризированной аппаратуры «Кардиоанализатор-ВР», было показано, что у большинства испытуемых параметры ВСР связаны с вариациями ГМП [23, 24].

Системные научные изыскания в области адаптации организма человека на Шпицбергене были инициированы Координационным советом по полярной медицине Арктического и Антарктического НИИ Росгидромета (ААНИИ). Была разработана программа исследований в Баренцбурге, в которой методам неинвазивной диагностики и оценке психоэмоционального состояния организма человека отводились ключевые позиции. К сожалению, в соответствии с этой программой в 2002 г. был осуществлен лишь первый этап исследований на Шпицбергене [25], дальнейшего развития эта программа не получила.

Определенный вклад в оценку зависимости состояния организма человека от вариаций гелиогеофизических агентов на Шпицбергене может дать анализ материала медицинской статистики, которая велась в больницах рудников «Баренцбург» и «Пирамида» ФГУП «Арктикуголь». Преимущество статистического материала состоит в том, что он представляет достаточно длинный ряд данных по структуре заболеваемости, который включает несколько циклов СА. Результаты совместного анализа динамики медико-статистических данных и вариаций показателей СА могут дать представление о возможных механизмах воздействия космической погоды на организм человека.

### Медико-статистические исследования на Шпицбергене в 2009 г.

После Второй мировой войны в поселках Баренцбург (рис. 3) и Пирамида была создана близкая к идеалу социальная инфраструктура, которая обеспечивала оптимальные условия для здоровой жизни и производительного труда шахтеров и членов их семей. Эта инфраструктура включала спорткомплекс с бассейном, бесплатное питание в столовой со сбалансированной диетой, детский сад и школу, агрокомплекс с тепличным хозяйством и молочной фермой, Дом культуры с художественной самодеятельностью. Жители поселков Баренцбург и Пирамида прибывали на арх. Шпицберген практически здоровыми, поскольку на материке проходили жесткий медицинский контроль [26]. Это касалось и женщин, в основном детородного возраста, с хорошим здоровьем, труд которых в поселке не был связан с тяжелыми условиями и с профессиональной вредностью. Поэтому заболеваемость в поселках шахтеров отражает либо приобретенные болезни, либо проявление скрытых хронических заболеваний, не выявленных на материке.



Рис. 3. Баренцбург, 2009 г.

Основой для анализа структуры заболеваемости населения российских поселков на Шпицбергене явились ежегодные статистические отчеты по структуре заболеваемости больницы рудника «Баренцбург» (1980-2000 гг.; 2006-2008 гг.) и больницы рудника «Пирамида» (1991-1998 гг.). Причем, при наличии ежемесячной отчетности, отдельно анализировалась и ежемесячная динамика структуры заболеваемости (больница рудника «Баренцбург» 1985-1993 гг.) Материалом для исследований служило нормированное на 1 тыс. чел. число случаев определенных классов заболеваемости в ее общей структуре. С 1980 по 1998 гг. среднее число жителей в каждом российском поселке (Баренцбург и Пирамида) составляло около 1 тыс.

чел. В 1998 г. рудник «Пирамида» был закрыт, а численность работающих в Баренцбурге сократилась до 885 человек, включая 140 женщин. С 2006 по 2008 гг. численность работающих уменьшилась до 500 человек, а количество женщин составило около 100 человек.

Для выявления связи структуры заболеваемости с «космической погодой» на Шпицбергене были отобраны следующие гелиогеофизические данные: ежемесячные и среднегодовые показатели СА (число солнечных пятен или числа Вольфа, <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsunspotnumber.html>); показатели интенсивности КЛ, оцененные по скорости нейтронного счета, скорректированного на давление (станции нейтронных мониторов ПГИ КНЦ РАН в г. Апатиты и Баренцбурге); суммарные значения (по месяцам и годам) случаев наземного возрастания вторичных потоков солнечных частиц – Ground Level Enhancement (GLE) (<http://aadc-maps.aad.gov.au/aadc/gle/events.cfm>). Статистический анализ данных проводили с применением программного обеспечения Statistica 6.0, построение графиков осуществлялось с помощью пакета программ ORIGIN 5.0.

Анализ всего массива данных по структуре заболеваемости в поселках Баренцбург и Пирамида с 1980 по 2008 гг. показал, что медицинские отчеты за разные годы не равноценны по качеству и количеству содержащейся информации. Поэтому мы сформировали несколько целевых выборок, учитывающих ежегодную суммарную структуру заболеваемости по Баренцбургу и Пирамиде, отдельную заболеваемость по поселкам, а также ежемесячную заболеваемость в Баренцбурге с 1985 по 1993 гг.

Для выявления связи между заболеваемостью и СА был проведен корреляционный матричный анализ со всеми показателями по независимым массивам данных. По результатам этого анализа были отобраны определенные классы заболеваемости, имеющие значимые коэффициенты корреляции с показателями СА (табл. 1). Как видно из табл. 1, солнечная активность, выраженная через числа Вольфа, имеет положительные и отрицательные связи с определенными классами заболеваемости. Возрастание СА ассоциировано с увеличением случаев заболеваний периферической нервной системы, болезней почек и мочевого пузыря, осложнений беременности и послеродового периода, инфекциями кожи и подкожной клетчатки, болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани.

И, напротив, снижение СА приводит к уменьшению числа случаев заболеваемости язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки, а также уменьшению числа аборт. Во время солнечных протонных вспышек, связанных с наземным увеличением потоков солнечных частиц

(GLE) и с магнитными бурями планетарного масштаба, возрастает число случаев психических (рис. 4) расстройств, болезней артерий, артериол и вен (рис. 5), а также осложнений беременности (рис. 6) и количества аборт (рис. 7). Определенным дополнением к характеру связи СА с различными классами заболеваемости могут служить и знаки коэффициентов корреляции с интенсивностью КЛ, которая находится в противофазе с СА. Коэффициенты корреляции с КЛ показывают, что ишемическая болезнь сердца (по крайней мере, для контингента российских поселков), воспалительные процессы женских тазовых и половых органов не связаны с возрастанием СА и что снижение интенсивности КЛ, возможно, способствует проявлению этих заболеваний. Что же касается отрицательной значимой связи между интенсивностью КЛ и осложнениями беременности, инфекциями кожи и подкожной клетчатки, болезнями костно-мышечной и соединительной ткани, то она могла бы свидетельствовать об альтернативном влиянии на организм СА и КЛ.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между случаями заболеваемости определенными классами болезней и показателями солнечной активности: числами Вольфа, возрастанием потоков солнечных частиц у поверхности Земли (GLE), интенсивностью космических лучей (КЛ)

Классы болезней	Числа Вольфа	GLE	КЛ
Психические расстройства	0.30	0.39	-0.33
Болезни периферической нервной системы	0.27	-0.17	0.17
Ишемическая болезнь сердца и другие формы болезней сердца без гипертонии	0.03	0.08	-0.25
Болезни артерий, артериол и вен	0.13	0.70	-0.20
Обострение хронических заболеваний органов дыхания (бронхита, астмы др.)	-0.33	-0.45	0.25
Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки	-0.49	-0.23	0.39
Болезни почек и мочевых путей	0.43	0.02	-0.32
Воспалительные процессы женских тазовых органов и другие болезни женских половых органов	0.18	0.10	-0.32
Осложнения беременности и послеродового периода, кроме аборт (до и после отпуща по беременности и родам)	0.60	0.47	-0.64
Инфекции кожи и подкожной клетчатки	0.51	0.38	-0.73
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	0.39	0.16	-0.52
Аборт	-0.33	0.46	-0.22

*Коэффициенты корреляции, выделенные курсивом, показывают уровень значимости при  $p < 0.05$*

Отчетная документация больниц Баренцбурга и Пирамиды не дает информации о доле вклада случаев заболеваемости женского контингента в общую структуру заболеваемости, поэтому данные табл. 1 могут свидетельствовать лишь об общих тенденциях в характере связи между СА и определенными болезнями как у мужчин, так и у женщин. Вместе с тем, связь с СА таких исключительно женских форм заболеваемости, как осложнения беременности и количество аборт из-за физиологической невозможности вынашивания плода, указывает на существенное значение СА для состояния женского организма в условиях высоких широт.

При этом следует понимать, что сама СА не может являться причиной заболеваний. Она порождает последовательность сложных геокосмических процессов, которые на поверхности Земли реализуются в форме геомагнитных возмущений и разнообразных процессов в атмосфере. Именно эти геофизические агенты, ассоциированные с СА, и могли бы непосредственно воздействовать на функциональное состояние организма. Женский организм, особенно в период функциональной перестройки, обусловленной беременностью и родами, по-видимому, является наиболее чувствительной мишенью к такому воздействию. Косвенно это подтверждают не только результаты нашего исследования, но также и литературные данные, указывающие на то, что сезонные особенности течения беременности и исхода родов, состояние здоровья новорожденных в какой-то мере определяются метеорологическими и гелиогеофизическими факторами [27].

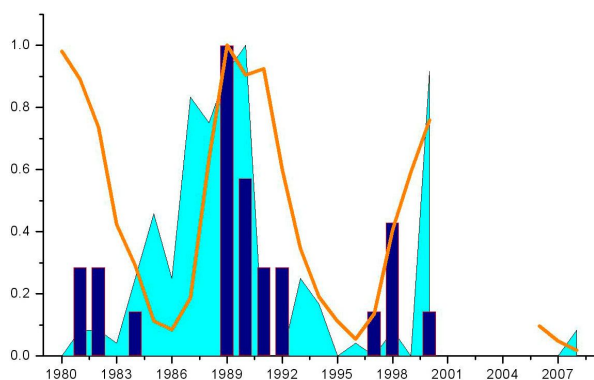


Рис. 4. Психические заболевания (голубая область), случаи GLE (желтый цвет), числа Вольфа (оранжевый цвет). По оси абсцисс – годы; по оси ординат – нормированные значения показателей

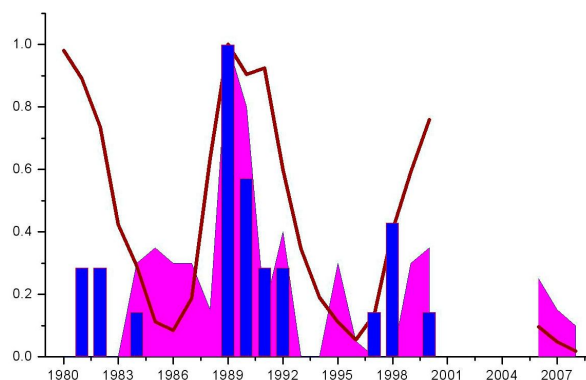


Рис. 5. Болезни артерий, артериол и вен (розовая область), случаи GLE (желтый цвет), числа Вольфа (оранжевый цвет). По оси абсцисс – годы; по оси ординат – нормированные значения показателей

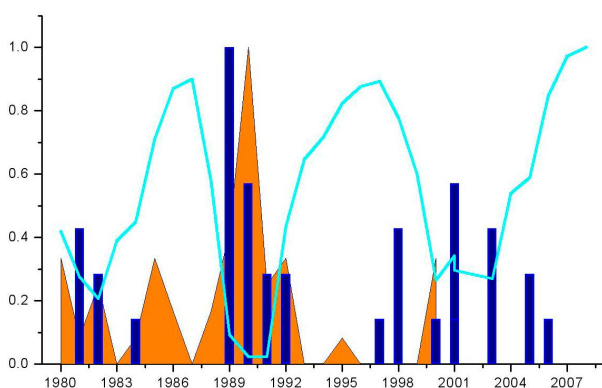


Рис. 6. Случаи осложнения беременности (оранжевый цвет), GLE (желтый цвет), вариации интенсивности КЛ (голубой цвет). По оси абсцисс – годы; по оси ординат – нормированные значения показателей

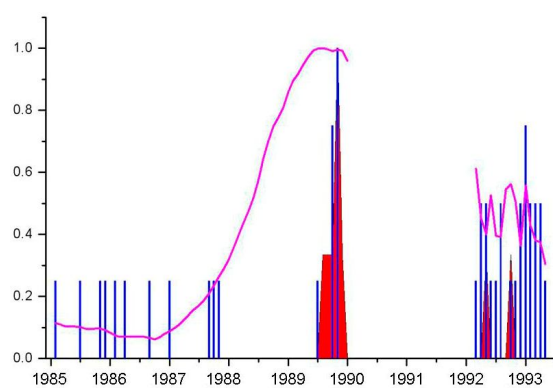


Рис. 7. Ежемесячное число случаев абортов в Баренцбурге с 1985 г. по июнь 1993 г. (голубой цвет), случаи GLE (красный цвет), числа Вольфа (розовый цвет). С января 1990 по декабрь 1991 – данные отсутствуют. По оси абсцисс – годы; по оси ординат – нормированные значения показателей

Полученные результаты показывают, что определенные классы заболеваемости на Шпицбергене связаны с СА и ассоциированными с ней геофизическими агентами. А это означает, что комплексные медико-биологические и геофизические исследования на Шпицбергене позволят разработать основу для долговременного прогноза заболеваемости населения в высоких широтах в зависимости от космической погоды.

Систематические медико-биологические исследования на Шпицбергене с применением регистрирующей неинвазивной аппаратуры, позволяющей в реальном времени оценивать динамические характеристики состояния организма, имеют первостепенное значение для изучения биоэффективности космической погоды. Такие исследования позволят прогнозировать возможные эффекты колебаний геофизических маркеров космической погоды для состояния организма людей, работающих в Западном секторе Арктической зоны России, и предпринимать адекватные профилактические меры для снижения риска неблагоприятных последствий.

Данная работа поддержана грантом РФФИ и Администрацией Мурманской области, проект № 10-04-98809-р\_север\_a «Оценка воздействия природных факторов среды и горнорудного производства на организм человека в Евро-Арктическом регионе».

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ткаченко Г.А.* Космос, музыка, ритуал / ред. Б.Л. Рифин. М.: Наука, 1990. 284 с. 2. *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1973. 349 с. 3. Наука на Шпицбергене: История российских исследований / под науч. ред. акад. В.Т. Калининкова. СПб.: ГАМАС, 2009. 408 с. 4. *Белишева Н.К., Черноус С.А., Виноградов А.Н., Григорьев В.Ф., Булдаков М.И., Федоренко Ю.В., Тоичкин Н.А.* Изучение зависимости функционального состояния организма человека от глобальных и локальных вариаций геокосмических агентов в условиях Заполярья / отв. ред. А.Н. Виноградов // Научное обеспечение развития техносферы Заполярья: база знаний и пакет инновационных предложений. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. С. 23-54. 514 Мб (компакт-диск). 5. *Belisheva N.K., Tsybalyuk N.I., Vashenyuk E.V.* Disease incidence at Spitsbergen as result of solar-terrestrial connections // 33<sup>rd</sup> Annual Seminar and Young Scientist School "Physics of Auroral Phenomena". Apatity, 2010. 3-6 March. С. 83. 6. *Голиков Ю.В., Пустовалов В.В., Романов А.Б., Силин В.П., Тихончук В.Т., Троицкая В.А.* О природе электромагнитного излучения низкой частоты в полярной шапке // Письма в ЖЭТФ. 1975. Т. 22. Вып. 1. С. 3-7. 7. *Владимирский Б.М., Темуриянц Н.А., Нарманский В.Я.* Космические ритмы: в магнитосфере, атмосфере, в среде обитания, в биосфере, ноосфере, земной коре / под ред. проф. С.Э. Шноля. Симферополь, 1994. 173 с. 8. *Белишева Н.К., Попов А.Н., Петухова Н.В. и др.* Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека // Биофизика. 1995. Вып. 5. С. 1005-1012. 9. *Аладжолова Н.А.* Психофизиологические аспекты сверхмедленной ритмической активности головного мозга. М., 1979. 214 с. 10. *Клейменова Н.Г., Большакова О.В., Троицкая В.А., Фриис-Кристенсен Е.* Два типа длиннопериодных геомагнитных пульсаций вблизи экваториальной границы дневного полярного каспа // Геомагнетизм и аэрномия. 1985. Т. 25, № 1. С. 163-165. 11. *Козырева О.В., Клейменова Н.Г., Левитин А.Е., Ватерманн Ю.* Длиннопериодные геомагнитные пульсации в квазисопреженных областях Арктики и Антарктики в магнитную бурю 16-17 апреля 1999 г. // Геомагнетизм и аэрномия. 2006. Том 46. № 5. С. 657-670. 12. *Belisheva N.K., Semenov V.S., Tolstyh Y.V., Biernat H.K.* Solar Flares, Generation of Solar Cosmic Rays and Their Influence on Biological Systems // Proc. of the Second European Workshop on Exo/Astrobiology Graz, Austria, 16-19 September. 2002 (ESA SP-518, November 2002). P. 429-431. 13. *Белишева Н.К., Конрадов С.А.* Значение вариаций геомагнитного поля для функционального состояния организма человека в высоких широтах // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1/2. С. 44-52. 14. *Белишева Н.К., Кужевский Б.М., Сигаева Е.А., Панасюк М.И., Жиров В.К.* Модуляция функционального состояния крови вариациями интенсивности нейтронов у поверхности Земли // ДАН. 2006. Т. 407, № 5. С. 687-691. 15. *Belisheva N.K., Kalashnikova I.V., Chebotareva E.N., Novikova T.B., Lammer H., Biernat H.K.* Cooperative influence of geocosmical agents on human organism // Physics of Auroral Phenomena / eds. I. V. Golovchanskaya, N. V. Semenov. Apatity. 2007. P. 221-224. 16. *Chernous S., Vinogradov A., Vlassova E.* Geophysical hazard for human health in the Circumpolar Auroral Belt: Evidence of a relationship between Heart Rate Variation and electromagnetic disturbances // Natural Hazards (Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards. Special Issue on Geophysical Risks and Hazards) March. 2001. Vol. 23, № 2-3. P. 121-135. 17. *Белишева Н.К.* Кооперативное воздействие вариаций геомагнитного поля и космических лучей на состояние сердечно-сосудистой системы человека на Севере // Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар; СПб.: Политтехника-сервис, 2009. С. 48-57. 18. *Белишева Н.К., Качанова Т.Л.* Глобальная модуляция психоэмоционального состояния человека геокосмическими агентами // сб. науч. докл. VII Междунар. конф. Экология и Развитие Северо-Запада России 2-7 августа, 2002, Санкт-Петербург. СПб., 2002. С. 110-118. 19. *Черноус С.А., Ролдугин В.К., Ронкко А., Виноградов А.Н.* Риск суицидов и гелиогеофизическая активность // Атлас временных природных, антропогенных и социальных процессов. М.: Янус-К, 2002. Т.3. С. 594-597. 20. *Казначеев В.П.* Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1980. 191 с. 21. *Ткачев А., Добродеева Л., Типисева Е., Щеголева Л.* Научно-исследовательская работа Института физиологии природных адаптаций УрО РАН // Parents newsletter on occupational health and safety. 2000. V. 3, № 1-2. P. 5-10. 22. *Шумилов О.И., Касаткина Е.А., Располов О.М.* Гелиомагнитная активность и уровень экстремальных ситуаций в полярной шапке // Биофизика. 1998. Т. 43. Вып. 4. С. 670-676. 23. Эксперимент по оценке отклика вариабельности сердечного ритма на вариации геомагнитного поля на Шпицбергене // Комплексные исследования природы Шпицбергена: материалы IV Междунар. конф. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. Вып. 4. С. 36-47. 24. *Белишева Н.К., Черноус С.А., Григорьев В.Ф., Цивка Ю.В.* Воздействие геокосмических агентов на здоровье человека в высоких широтах и возможности реабилитации зимовщиков Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. Вып. 5. С. 17-30. 25. *Горбунов Г.А., Сенкевич Ю.А., Смуров С.В.* Оценка адаптационных особенностей профессиональных групп населения поселка Баренцбург к экстремальным природно-климатическим условиям архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. Вып. 3. С. 220-226. 26. *Бузни Е.* Шпицбергенский дневник. 2008. Режим доступа: <http://www.proza.ru/2008/12/18/396> 27. *Никберг И.И., Ревуцкий Е.Л., Сакали Л.И.* Гелиометеотропные реакции человека. Киев: «Здоров'я», 1986. 144 с.

## Сведения об авторах

*Белишева Наталья Константиновна* – д.б.н., начальник научного отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике, e-mail: [natalybelisheva@mail.ru](mailto:natalybelisheva@mail.ru)

*Виноградов Анатолий Николаевич* – к.г.-м.н., главный ученый секретарь, e-mail: [vino@admks.apatity.ru](mailto:vino@admks.apatity.ru)

*Вашенюк Эдуард Владимирович* – д.ф.-м.н., зав. лабораторией, e-mail: [vashenyuk@pgia.ru](mailto:vashenyuk@pgia.ru)

*Цымбалюк Николай Иванович* – гл. врач больницы рудника «Баренцбург»

*Черноус Сергей Александрович* – к.ф.-м.н., помощник директора института, e-mail: [chernouss@pgia.ru](mailto:chernouss@pgia.ru)