

## ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ К ПРЕОДОЛЕНИЮ ДЛИТЕЛЬНЫХ ПОДЪЕМОВ СРЕДНЕЙ КРУТИЗНЫ В ВЫСОКОГОРЬЕ



### ЛИТВИНЕНКО

#### Светлана Николаевна

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва  
Доцент кафедры биохимии и биоэнергетики спорта им. Н.И. Волкова, доктор педагогических наук, e-mail: litvinenko\_svetlana@yahoo.com

### LITVINENKO Svetlana

Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow  
Associate Professor, Department of Biochemistry and Bioenergetics of Sports, PhD, e-mail: litvinenko\_svetlana@yahoo.com

### ВОЙНОВ Виктор Борисович

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», НИТЦ нейротехнологий (Ростов-на-Дону)  
Главный научный сотрудник, доктор биологических наук

### VOYNOV Viktor

Southern Federal University  
Scientific and Technical Center of Neurotechnologies (Rostov-on-Don)  
Chief Researcher, Doctor of Biological Sciences

### БАЙКОВСКИЙ Юрий Викторович

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва  
Заведующий кафедрой психологии, доктор педагогических наук, кандидат психологических наук, профессор, МСМК, ЗМС по альпинизму

### BAIKOVSKIY Yuri

Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow  
Head of the Department of Psychology, Doctor of Education, Ph.D., Professor, Master of Sport of International Class, Honored Master of Sport in Mountaineering

**Ключевые слова:** высокогорное восхождение, сердечно-сосудистая система, ЭКГ, экстремальные нагрузки, снежно-ледовый склон, Эльбрус.

**Аннотация.** В процессе восхождения на в. Эльбрус регистрировалась ЭКГ и механограмма движений 2 здоровых добровольцев (мужчины, 31 год), не имеющих спортивных разрядов и званий, впервые поднимающихся на Эльбрус. Установлено, что преодоление длительных однородных снежно-ледовых склонов в процессе высокогорного восхождения может осуществляться двумя способами. Непрерывный способ передвижения характеризуется частотой шагов 6-12 шаг/мин в зависимости от крутизны рельефа. Прерывистый способ передвижения представляет собой короткий рывок в течение 15-20 сек со скоростью 60 шаг/мин, далее отдых 1-1,5 мин, новый рывок. Перестройки показателей кардиоинтервалограммы свидетельствуют о том, что, на фоне общего высокого уровня мобилизации организма в экстремальных условиях высокогорного восхождения, переход к прерывистому способу передвижения, возможно, способствует снижению напряжения регуляторных механизмов сердечного ритма, облегчению восстановительных процессов в миокарде, активизации гуморально-метаболических процессов.

### PECULIARITIES OF ADAPTATION OF CARDIOVASCULAR SYSTEM TO OVERCOME LONG CLIMBS THE AVERAGE SLOPE IN THE HIGHLANDS

**Keywords:** high-altitude climbing, cardiovascular system, ECG, extreme loads, snow and ice slope, Mt.Elbrus.

**Abstract.** ECG and pedometer records of the 2 healthy untrained volunteers (male, 31) were registered in the process of the first time climbing to Mt.Elbrus. It is shown that the overcoming of the long snow-ice slopes

in the process of Alpine climbing can be carried out in two manners. The continuous manner of movement is characterized by a frequency of steps 6-12 steps/min depending on the steepness of the terrain. The intermittent method of movement is a short leap for 15-20 sec at 60 steps/min, then the rest 1-1.5 min, then a new breakthrough. Rearrangements of cardiointervalogram parameters indicate that, against the background of the overall high level of the mobilization in extreme conditions of Alpine climbing, the transition to an intermittent manner of movement, perhaps, helps to reduce the tension of the regulatory mechanisms of the heart rate, to facilitate the recovery processes in the myocardium, to activate the humoral-metabolic processes.

**Актуальность.** Важным элементом высокогорного восхождения и спортивного горного похода является преодоление длинных однородных участков снежно-ледовых склонов средней крутизны, называемых в практике альпинизма и туризма «тягун». Средняя крутизна склона (20-30 градусов) позволяет идти по склону без использования веревочной страховки, а снежно-ледовый рельеф обуславливает однородность движений, не предъявляет значительных требований к такому техническому навыку, как хождение на кошках [4].

Таким образом, передвижение по данному виду горного рельефа может происходить в индивидуальном режиме, и каждый спортсмен может без ущерба для команды использовать индивидуальную тактику преодоления такого склона.

Эмпирические наблюдения показывают, что существуют 2 основных способа преодоления длительных подъемов. Один восходитель двигается медленно и непрерывно, а другой, наоборот, быстро и с частыми остановками. Зачастую, второй вариант рассматривается многими тренерами и спортсменами как неэффективный, как проявление функциональной неподготовленности [2].

В то же время, неизвестными остаются параметры этих способов передвижения и их ЭКГ-коррелятов с точки зрения эффективности данных технико-тактических действий при длительных нагрузках, а также экономичности в отношении функциональных резервов человека.

Таким образом, **целью проведенного исследования** было проанализировать показатели ЭКГ и механограммы восходителей во время

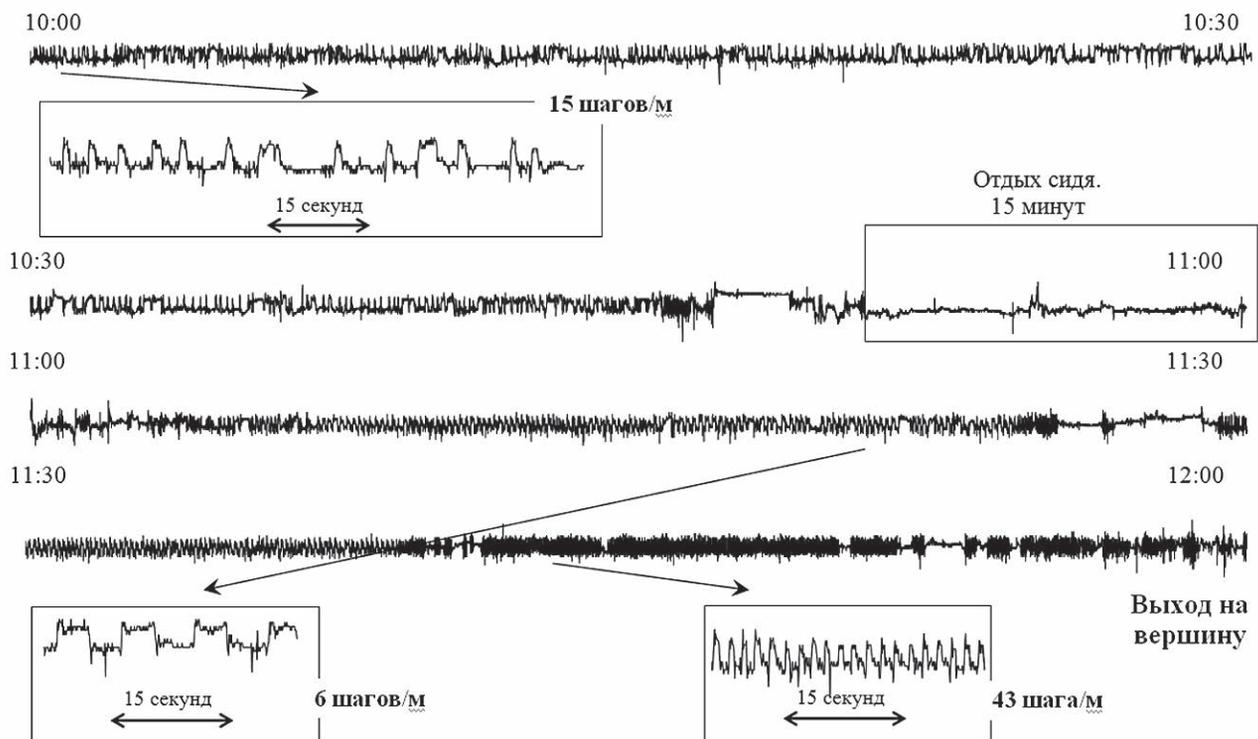


Рисунок 1 – Механограмма непрерывного движения испытуемого КВ при подъеме на Западную вершину Эльбруса от седловины.

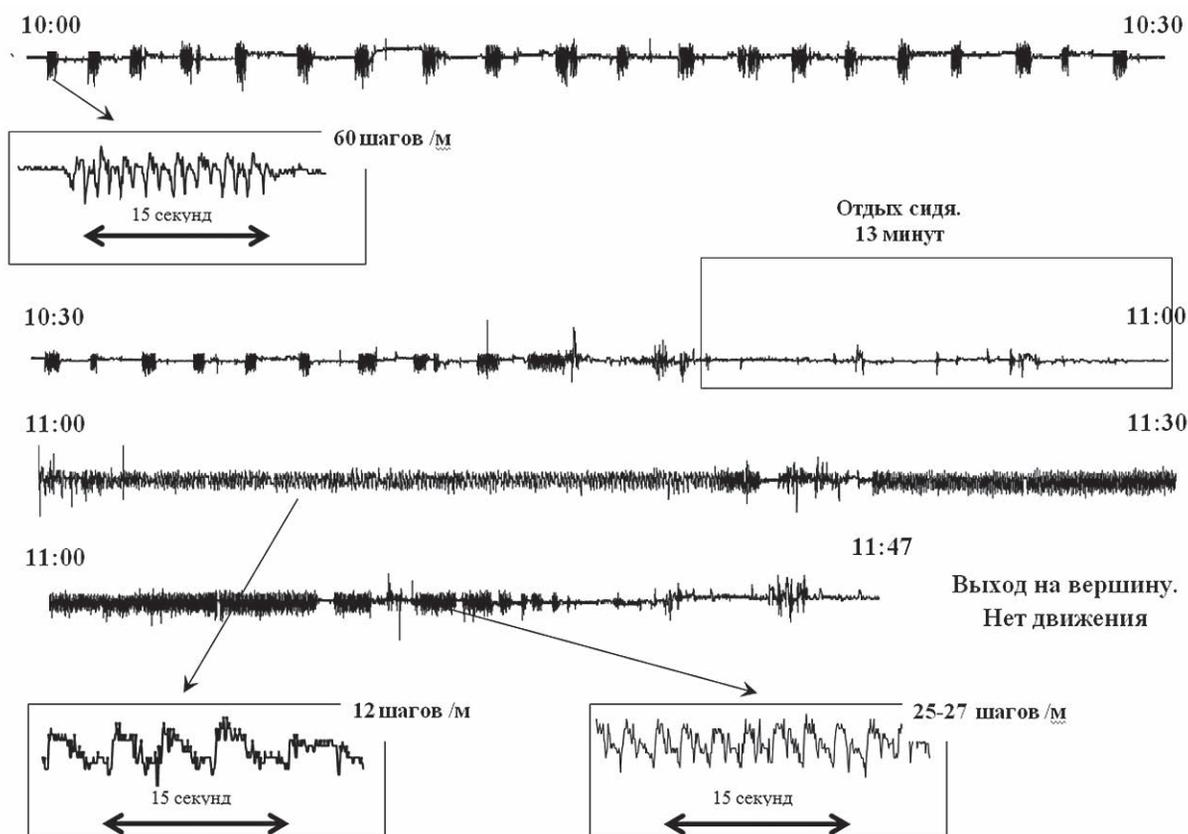


Рисунок 2 – Механограмма прерывистого движения испытуемого ТП при подъеме на вершину Эльбруса

преодоления длительных однородных подъемов по снежно-ледовому рельефу в высокогорье.

**Методика исследования.** Исследование проводилось в рамках высокогорной экспедиции на в.Эльбрус. Была проведена регистрация механограммы и ЭКГ у 2-х участников восхождения (испытуемые – мужчины, возраст 31 год), не имеющих спортивных разрядов, впервые поднимающихся на Эльбрус.

Регистрация суточной ЭКГ по методу Холтера проводилась с помощью комплекса «Валента-МН-02-8.1» (ООО «Компания Нео», Санкт-Петербург). Установка электродов осуществлялась в палатке на высоте 4380 м вечером в 19-20 часов, далее обследуемый засыпал, утром просыпался, выходил на восхождение, спускался, запись ЭКГ прекращалась.

**Результаты и обсуждение.** По анализу механограммы движений было выявлено 2 способа прохождения длинных участков снежно-ледового склона средней крутизны, которые мы назвали «непрерывный» и «прерывистый» (Рисунки 1, 2).

На рисунке 1 мы видим, как испытуемый КВ косым траверсом преодолевает подъем от седловины Эльбруса (высота 5350 м) до выхода на

предвершинное плато (5600 м). Он движется равномерно со средней скоростью 15 шаг/мин в течение 45 минут, далее следует отдых в течение 15 минут на скальном гребешке.

После отдыха испытуемый поднимается на предвершинное плато. Скорость снижается до 6 шаг/мин, однако, сохраняется непрерывный характер движения. После выхода на плато крутизна значительно снижается, скорость передвижения увеличивается до 43 шаг/мин, движения продолжают быть непрерывными. Около 12.00 испытуемый достигает вершины Эльбруса 5642 м.

Таким образом, восхождение было совершено за 9 часов, начиная с высоты 4380 м (старт в 3.00), что является, в целом, неплохим показателем.

На том же самом участке подъема испытуемый ТП придерживается другой тактики (Рисунок 2). Он движется короткими рывками по 15–20 секунд, делая в момент рывка максимальное количество шагов со скоростью 60 шаг/мин, далее, 1–1,5 мин отдыхает и новый рывок. На интервале времени 10.00–10.30 у испытуемого ТП получается 20 таких рывков.

После отдыха на том же скальном гребешке испытуемый переходит на непрерывный характер

движения со скоростью 12 шаг/мин, делая время от времени короткие остановки, видимо, на крутом перегибе склона при выходе на предвершинное плато. Далее на плато он ускоряется и выходит на вершину в 11.47, т.е. на 13 минут раньше испытуемого КВ.

Результаты анализа кардиоинтервалограммы испытуемых в процессе преодоления указанного участка подъема на вершину Эльбруса представлены в таблице 1. Для анализа выбирались участки записи ЭКГ протяженностью 8–9 минут.

Из данных таблицы 1 видно, что при использовании непрерывного способа передвижения вариабельность кардиоинтервалов увеличивается, несмотря на некоторое увеличение ЧСС. Об этом свидетельствует уменьшение амплитуды моды и увеличение СКО.

Соответственно, в процессе прерывистого передвижения амплитуда моды увеличивается, а СКО снижается, хотя, в целом, ЧСС остается несколько ниже, чем в случае непрерывного движения (136 уд/мин и 139 уд/мин соответственно).

Результаты вычисления индексов Баевского [1] представлены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 видно, что частота шагов, в среднем, намного выше в случае прерывистого способа подъема (28 шаг/мин и 10 шаг/мин соответственно). При этом ИВР (индекс вегетативного равновесия) ниже на 8%, ПАПР (показатель адекватности процессов регуляции) выше на 20%, а ИН (индекс напряжения) ниже на 8%. Показатель ВПР (вегетативный показатель ритма) не отличается между собой в обоих случаях.

Таким образом, анализируя показатели таблиц 1 и 2, можно отметить, что, в целом, на фоне общего высокого напряжения и растущего утомления, связанных с длительными стрессорными

нагрузками высокогорного восхождения, в случае выбора прерывистого способа движения наблюдается некоторое снижение централизации управления ритмом сердечных сокращений и увеличение ваготонических влияний на сердечный ритм [2].

Данные закономерности можно трактовать, как положительную тенденцию адаптации к нагрузкам, которая на финише (выход на вершину) позволяет улучшить результат по сравнению с непрерывным способом передвижения [3].

Результаты спектрального анализа кардиоинтервалограммы представлены на рисунке 3.

Из данных рисунка 3 видно, что в спектре медленных гармоник ритмограммы сердечных сокращений доминируют волны VLF, которые отражают активность центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма. Значительное повышение мощности спектра VLF характерно для стресса, тревоги и тяжелой физической нагрузки, которые в совокупности испытывают испытуемые на 9-й час высокогорного восхождения.

В то же время, можно отметить значительное преобладание данной гармоники у испытуемого с прерывистым способом передвижения (75% и 48% соответственно). На наш взгляд, это может быть связано именно с периодическими короткими учащениями ЧСС во время движения и урежениями во время остановки, которые вносят свой вклад в медленноволновую часть спектра (период волн VLF как раз больше 30 секунд).

Возможно, такой прерывистый способ движения, синхронизированный с эрготропными центральными влияниями, позволяет улучшить восстановительные процессы реполяризации миокарда, что очень важно при сверхдлительных нагрузках.

Таблица 1 – Статистические показатели распределения R-R интервалов

Способ передвижения	ЧСС (уд/мин)	Кол-во R-R интервалов (n)	Мода (Мо, м/сек)	Амплитуда моды (АМо, %)	Средняя длительность (м/сек)	СКО (м/сек)
Непрерывный	139	1056	421	28,2	426	14,9
Прерывистый	136	1236	429	35,8	436	10,4

Таблица 2 – Показатели вариационной пульсометрии при восхождении

Способ передвижения	ИВР	ВПР	ПАПР	ИН	Частота шагов (шаг/мин)
Непрерывный	413,4	0,2	66,9	491,0	10,2
Прерывистый	380,4	0,2	83,4	443,4	28,0

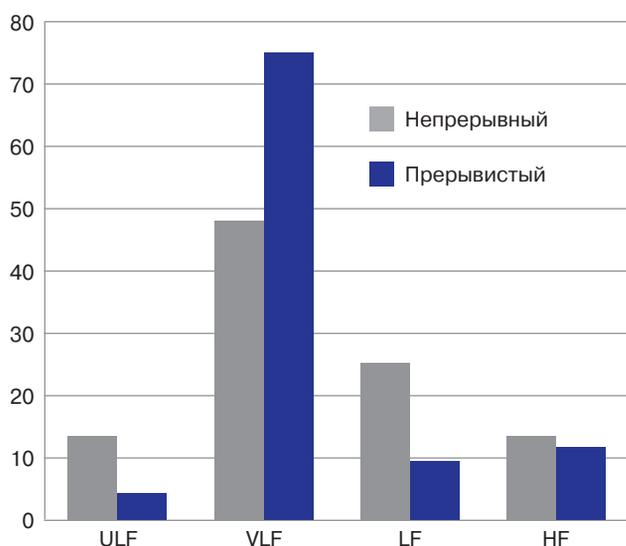


Рисунок 3 – Спектральные характеристики кардиоинтервалограмм

Такой способ передвижения, более «щадящий» для сердечной мышцы, должен коррелировать с соответствующими системами энергообеспечения в работающих мышцах. Если быстрые движения осуществляются в течение короткого интервала времени, не более 15-20 сек, что позволяет сделать как раз 15–20 шагов, то работает креатинфосфатный механизм ресинтеза АТФ, а восстановление запасов креатинфосфата происходит в период отдыха 1–1,5 мин. Именно такой режим движения мы наблюдаем на рисунке 2.

Если же стараться сделать в одном рывке больше шагов, например 30–40, то это приведет к включению гликолитического механизма энергообразования с выделением молочной кислоты, которая затруднит длительную мышечную деятельность.

Каким образом происходит выбор определенного способа передвижения остается неясным. Можно предположить, что определенный вклад вносят индивидуальные психотипические показатели, особенности нервной системы и характера, степень развития различных систем энергообразования, показатели максимального потребления кислорода и порога анаэробного обмена. Данный вопрос, безусловно, нуждается в дальнейшем изучении, поскольку позволит обогатить тактику высокогорных восхождений научно-обоснованными рекомендациями.

**Выводы.** Установлено, что преодоление длительных однородных снежно-ледовых склонов в процессе высокогорного восхождения может осуществляться двумя способами – непрерывным

и прерывистым. Непрерывный способ передвижения характеризуется частотой шагов 6–12 шаг/мин в зависимости от крутизны рельефа. Прерывистый способ передвижения представляет короткий рывок в течение 15–20 сек со скоростью 60 шаг/мин, далее отдых 1–1,5 мин, новый рывок.

Один и тот же восходитель может использовать разные способы передвижения на разных формах рельефа. Выбор способа передвижения происходит самопроизвольно, факторы, обуславливающие данный выбор, нами не выявлены.

Перестройки показателей кардиоинтервалограммы свидетельствуют о том, что на фоне общего высокого уровня мобилизации организма в стрессорных условиях высокогорного восхождения, переход к прерывистому способу передвижения может способствовать снижению напряжения регуляторных механизмов сердечного ритма, облегчению восстановительных процессов в миокарде, активизации гуморально-метаболических процессов.

### Литература

1. Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. – Москва : Медицина, 1979. – 298 с.
2. Лебедев, А.А. Методология планирования спортивных горных туристских маршрутов / А.А. Лебедев // Экстремальная деятельность человека. – 2018. – №2 (48). – С. 52-57.
3. Литвиненко, С.Н. Регуляция сердечного ритма в процессе акклиматизации к высокогорному восхождению / С.Н. Литвиненко, Ю.В. Байковский // Экстремальная деятельность человека. – 2018. – № 3 (49). – С. 46-49.
4. Магомедов, Р.Р. Биомеханический анализ двигательных действий альпинистов на скальном рельефе / Р.Р. Магомедов // Экстремальная деятельность человека. – 2017. – № 3 (44). – С. 7-12.

### Literature

1. Baevsky, R.M. Prediction of conditions on the verge of normal and pathology / R.M. Baevsky. – Moscow : Medicine, 1979. – 298 p.
2. Lebedev, A.A. Methodology of planning sports mountain tourist routes / A.A. Lebedev // Extreme human activity. – 2018. – №2 (48). – P. 52-57.
3. Litvinenko, S.N. Heart rate regulation in the process of acclimatization to high-mountain ascent / S.N. Litvinenko, Yu.V. Baikovskiy // Extreme human activity. – 2018. – № 3 (49). – P. 46-49.
4. Magomedov, R.R. Biomechanical analysis of motor actions of mountaineers on rocky terrain / R.R. Magomedov // Extreme human activity. – 2017. – № 3 (44). – P. 7-12.