

Горбачева А.К.<sup>1)</sup>, Ковалева А.В.<sup>2)</sup>, Сухова А.В.<sup>1)</sup>, Федотова Т.К.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии,  
ул. Моховая, д. 11, Москва, 125009, Россия

<sup>2)</sup> ФГБНУ «НИИ Нормальной физиологии им. П.К. Анохина»,  
ул. Балтийская, д. 8, Москва, 125315, Россия

## ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В СТРУКТУРЕ ОБЩЕЙ КОНСТИТУЦИИ КАК АЛГОРИТМА АДАПТАЦИИ К СОВРЕМЕННОЙ АНТРОПОГЕННОЙ СРЕДЕ (ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

**Введение.** Рассматривается соизменчивость показателей variability ритма сердца (BPC), как индикаторов стрессоустойчивости организма, с показателями других систем признаков в поисках компактного фундамента адаптации в современной дистрессовой антропогенной среде. Различные подходы к определению понятия «стресс» в современной научной литературе (нарушения гомеостаза и его факторы; состояние психофизиологического напряжения; непрерывный процесс индивидуального взаимодействия со средой) в совокупности определяют единую картину адаптации организма к непрерывно меняющимся условиям жизнедеятельности.

**Материал и методы.** Выборки из 50 девушек и 50 юношей, студентов 18-20 лет, обследованы по обширной программе, включающей классическую антропометрию, психологическое тестирование, регистрацию ЭЭГ; регистрацию variability ритма сердца как отдельного отведения при записи ЭЭГ с последующей обработкой с помощью специальной компьютерной программы. Для оценки соизменчивости показателей привлечена ранговая корреляция Спирмена и факторный анализ.

**Результаты и обсуждение.** Частоты достоверных межсистемных корреляций существенно выше у девушек сравнительно с юношами. Наибольшая частота достоверных связей у девушек приходится на корреляции частотных показателей спектра variability ритма сердца (HF, LF, LF/HF) с параметрами мощности ЭЭГ в разных частотных диапазонах и отведениях, а у юношей – на корреляции параметров variability ритма сердца (VLF и IC) с параметрами ЭЭГ в частотных диапазонах меньше 9-11 Гц в затылочном и височном отведениях. Выявлены отдельные немногочисленные связи показателей variability ритма сердца у юношей и девушек с сомой и психометрикой.

**Заключение.** Результаты работы позволяют говорить о различных по полу «адаптивных эндотипах», лежащих в фундаменте паттернов поведения. В частности, ассоциации показателей ЭЭГ у юношей с частотой очень медленных волн (VLF) в спектре BPC, отражающих влияние высших отделов головного мозга на ритм сердечной деятельности; связь показателей ЭЭГ с балансом симпатических и парасимпатических влияний в спектре показателей variability ритма сердца у девушек, и более выраженная у них связь физиологических параметров с сомой, в первую очередь поперечным ее развитием (диаметр плеч, трансверзальный диаметр груди и т.д.).

**Ключевые слова:** антропология; межсистемные связи; variability ритма сердца; ЭЭГ; антропометрия; психометрика; половой диморфизм

## Введение

Конституция как интегральная характеристика жизнедеятельности организма является эффективным алгоритмом адаптации к среде. Под конституцией мы имеем в виду базовую интегральную характеристику целостного организма, относительно устойчивую во времени, определяющую особенности реактивности и резистентности к факторам среды, и не касаемся конкретных конституциональных схем и типов. На протяжении эволюционной истории нашего вида основой адаптации в этой системе были морфология и физиология, в первую очередь сома. Сомы является своеобразной биологической «банковской ячейкой», поскольку обладает длительной онтогенетической и эволюционной памятью; ответ организма на воздействие внешних факторов на соматическом уровне отражает целостный/системный характер реакции. Скорость такой адаптации составляет минимум поколение. Однако современная исключительно искусственная агрессивная антропогенная среда представляет собой непрерывный калейдоскоп стрессов, являющихся вызовом для организма на всех системных уровнях. В этом контексте темпы адаптации длиной в поколение перестают быть приемлемыми и актуальными и на авансцену адаптации выходит система быстрого реагирования – психофизиология – и поведенческая адаптация, мгновенная и непрерывная на протяжении всей жизни. Этот тезис соответствует фундаментальной концепции, что автономизация и универсализация форм в процессе магистральной эволюции снижает необходимость генетической модели и морфофизиологических перестроек организма, отвечающих требованиям среды, все в большей степени заменяя их разными гибкими и пластичными формами сложного приспособительного поведения, развитием систем накопления, кодирования и переработки информации, делая возможным опережающее отражение действительности или преадаптацию [Зубов, 2004]. Ранее авторами был определен компактный набор параметров 3х систем признаков – сома, нейрофизиология, психология – в концентрированном виде описывающих генетическую основу целостности кон-

ституции и специфики адаптации к средовым факторам. Это (1) альфа-ритм ЭЭГ как отражение высших «сапиентных» уровней организации мозга, маркер эффективности выполнения когнитивных и творческих задач и фактор интеллекта, со степенью наследственной обусловленности показателей до 96% [Anochin, 2014] и самой высокой воспроизводимостью (консервативностью); (2) эктоморфный компонент сомы со сравнимым в принципе уровнем наследственной обусловленности, до 80% и даже 90% для некоторых скелетных размеров [Никитюк, 1978]; (3) психометрические показатели, характеризующие аспекты саморегуляции – автономность у представителей мужского пола и конформность у представителей женского, эндотипом которых можно обозначить показатели сомы и альфа ЭЭГ. Все три системы показателей связаны достоверными корреляциями, частота которых значительно превышает 5% случайный уровень. Результаты этой работы подробно изложены в статье [Федотова с соавт., 2018].

К этому компактному набору показателей с высокой степенью наследственной обусловленности естественным образом примыкает система показателей variability ритма сердца (VPC) как ключевая регуляторная система организма, надежный индикатор тонуса вегетативной нервной системы, имеющая, судя по немногочисленным литературным ссылкам [Golosheykin et al., 2017], также достаточно высокую степень наследственной обусловленности (47-64%), и являющаяся важнейшим маркером пластичности, адаптивности и стрессоустойчивости организма. «Краткое руководство» для антрополога о системе показателей VPC (биологический смысл, особенности вариации, методы определения, сферы научного и практического применения) содержится в другой статье авторов [Горбачева с соавт., 2020].

В задачу настоящего исследования входит описание показателей variability ритма сердца (VPC) как базовой популяционной характеристики в антропологических исследованиях, как фоновой электрофизиологической характеристики вне тестов и экспериментов; анализ ассоциаций системы показателей VPC с параметрами других систем признаков (ЭЭГ, сома, психометрика) в структуре общей конституции, определение наиболее

информативных генетических маркеров ВРС в структуре общей конституции; оценка полового диморфизма корреляционных связей показателей ВРС с параметрами других систем признаков в рамках конституциональной целостности организма. Иными словами, это попытка интегрировать новый информативный показатель в комплексную оценку морфофункционального статуса для современных антропологических, в первую очередь, урбо-экологических исследований.

Этот подход отличается от алгоритмов и задач работ физиологов, изучающих ассоциации показателей ЭЭГ и ВРС как раз при нагрузке, в тестах и экспериментах, при клинических симптомах, погружаясь во множество деталей. Например, изучение ВРС как маркера тяжелой депрессии и процесса реабилитации [Hartmann et al., 2019]; взаимодействие сердца и мозга при психиатрических заболеваниях [Jung et al., 2019]; связь между дельта-ритмом ЭЭГ и высокочастотной ВРС у женщин зрелого возраста [Rothenberger et al., 2015]. Анализ варибельности ЭЭГ как универсального маркера когнитивной пластичности в когнитивных тестах в сравнении с ВРС как маркером когнитивной пластичности ограниченного применения [Alba et al., 2019]. Или рассмотрение пика высокочастотного компонента ВРС и пика альфа-частоты ЭЭГ как параллельных/одновременных маркеров посттравматического стресса [Wahbeh, Oken, 2013]. В изучении связей кардио- и церебральной активности сложность состоит не в получении корреляций, но в их корректной интерпретации и установлении причинно-следственных связей [Lin et al., 2014; Heck et al., 2017].

### Материалы и методы

Настоящее пилотное исследование выполнено на небольших выборках студентов психологов 18-20 лет, 50 юношей и 50 девушек, и результаты его можно считать исключительно предварительными. Исследование студентов проводилось в рамках практических занятий с предварительным анкетированием, уточняющим медицинский анамнез, наличие/отсутствие хронических заболеваний, ведущую руку, что актуально в контексте работы и т.д. Непосредственно перед началом эксперимента устно уточня-

лось текущее самочувствие испытуемых. Программа обследования включала классическую *антропометрию* и рассчитанные на основе измерительных показателей обобщенные характеристики – компоненты соматотипа по Хит-Картеру (эндо-, мезо-, эктоморфия) [Carter, 2002]. *Психологическая* часть исследования включает тесты для оценки уровня личностной тревожности по шкале Спилбергера и опросник для оценки способности к саморегуляции в модификации В.И. Моросановой [Моросанова, 1998]. Блок параметров ЭЭГ представлен показателями мощности и когерентности для лобных (Fp1, Fp2), затылочных (O1, O2) и височных (T5, T6) отведений в тета-, бета- и альфа-диапазоне (последний, как упоминалось во Введении, является наиболее информативным генетическим маркером в системе общей конституции и разбивается на поддиапазоны различной частоты с несколько условной границей, в данном случае – 9-11 и 11-13 Гц). Регистрация ЭЭГ проводилась с помощью компьютерного энцефалографа Neurovisor 24U фирмы Атес Медика (Москва). Расшифровка записи проводилась с помощью компьютерной программы на базе Matlab. Еще раз обращаем внимание читателей, что в настоящем исследовании авторов интересует исключительно фоновая электрофизиологическая активность вне нагрузок и экспериментов. Регистрация ВРС-спектра велась с помощью электродов, крепившихся на запястьях, параллельно с записью ЭЭГ. Обработка записи осуществлялась с использованием программы BrainSys [Митрофанов, 2018]. В таблице 1 приведен основной набор показателей, фиксируемых при регистрации ВРС, и их биологический смысл [Баевский, 2004; Шлык, Сапожникова, 2008; Ковалева, 2016]. Не все ВРС-показатели одинаково информативны или одинаково востребованы, но к этому вопросу мы вернемся ниже при обсуждении результатов работы. Для анализа ассоциаций показателей ВРС с параметрами других систем признаков в структуре общей конституции (сома, психометрика, ЭЭГ) использована корреляция Спирмена, применяемая в случае, когда характер изменчивости показателей отличается от нормального, и факторный анализ. Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Statistica 10.

**Таблица 1. Основные показатели временного и частотного анализа вариабельности ритма сердца**  
**Table 1. Main parameters of temporal and frequency analysis of heart rate variability**

Временные показатели ВРС		
Показатель	Пояснение	Функциональное значение
ЧСС (HR), уд/мин	Частота сердечных сокращений	Средний уровень функционирования системы кровообращения и ВНС
RR, мс	Средняя длительность RR-интервала	–
SDNN, мс	Стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов	Суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения
RMSSD, мс	Квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов	Активность парасимпатического звена вегетативной регуляции
pNN50, %	Число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов в записи	Показатель степени преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим (относительное значение)
Частотные показатели ВРС		
Показатель	Пояснение	Функциональное значение
Total power (TP), мс <sup>2</sup>	Общая мощность спектра ( $\leq 0,4$ Гц)	Общий показатель вариабельности кардиоинтервалов за выбранный промежуток времени
VLF, мс <sup>2</sup>	Мощность очень медленных волн ( $< 0,04$ Гц)	Гормональные, метаболические влияния и воздействие высших отделов головного мозга на ритм сердца
IC	Индекс централизации, $(HF+LF)/VLF$	Показывает степень централизации управления ритмом сердца. Увеличивается при усилении автономных влияний
LF, мс <sup>2</sup>	Мощность медленных волн ( $0,04-0,15$ Гц)	Симпатические влияния на ритм сердца и барорецепторные механизмы
HF, мс <sup>2</sup>	Мощность высокочастотных (дыхательных) волн ( $0,15-0,4$ Гц)	Парасимпатические влияния на ритм сердца (дыхательные волны)
LF/HF, мс <sup>2</sup>	Соотношение медленных и высокочастотных волн в спектре ритма сердца	Баланс симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца

### Результаты

В таблице 2 представлена наиболее информативная часть корреляционной матрицы для набора параметров ВРС и ЭЭГ у юношей и девушек. Число ассоциаций параметров ВРС с показателями ЭЭГ, во-первых, существенно различается по полу и гораздо выше в выборке женского пола, что видно невооруженным статистикой взглядом. Наиболее значимыми маркерами ЭЭГ-активности у девушек являются такие частотные характеристики вариабельности ритма сердца как 1) соотношение медленных и высокочастотных волн в ритме сердца LF/HF или баланс симпатических и парасимпатических влияний 2) мощность высокочастотных дыхательных волн HF ( $0,15-0,4$  Гц) как отражение парасимпатического влияния на ритм сердца; 3) мощность медлен-

ных волн LF ( $0,04-0,15$  Гц) как отражение симпатического влияния на ритм сердца. Эти показатели ВРС с одинаковой частотой ассоциированы с параметрами мощности и когерентности тета- и низкочастотного альфа-ритма ЭЭГ (до 9-11 Гц включительно) во всех отведениях (лобные, затылочные, височные), а показатель баланса LF/HF также и в более высокочастотных диапазонах 13-15 и 15-20 Гц. Уровень корреляций ЭЭГ/ВРС у девушек составляет величину порядка 0,4, а знаки корреляций свидетельствуют, что увеличение уровня показателей ЭЭГ совпадает с увеличением мощности медленных волн в спектре ВРС или усилением симпатического влияния на ритм сердца и, напротив, с уменьшением мощности высокочастотных волн или парасимпатического влияния на ритм сердца.

Таблица 2. Корреляции Спирмена показателей ВРС и ЭЭГ у юношей и девушек  
Table 2. Spearman rank correlations of HRV and EEG parameters for males and females

Признаки	Девушки					Юноши				
	HF%	LF%	VLF%	IC	LF/HF	HF%	LF%	VLF%	IC	LF/HF
Fp1_67	-0,50*	0,56*	-0,09	0,09	0,60*	0,27	-0,21	-0,05	0,05	-0,28
Fp2_67	-0,34*	0,47*	-0,11	0,11	0,45*	0,11	-0,19	0,01	-0,01	-0,13
O1_67	-0,32	0,41*	-0,15	0,15	0,40*	0,37	-0,04	-0,42*	0,42*	-0,21
O2_67	-0,25	0,31	-0,14	0,14	0,32	0,19	0,18	-0,42*	0,42*	0,01
T5_67	-0,40*	0,46*	-0,14	0,14	0,45*	0,32	0,00	-0,34	0,34	-0,25
T6_67	-0,32	0,34*	-0,08	0,08	0,34*	0,13	0,14	-0,29	0,29	-0,05
Fp1_7-9	-0,38*	0,54*	-0,24	0,24	0,52*	0,22	0,03	-0,29	0,29	-0,13
Fp2_7-9	-0,30	0,52*	-0,28	0,28	0,46*	0,24	-0,01	-0,35	0,35	-0,14
O1_7-9	-0,17	0,35*	-0,29	0,29	0,30	0,25	0,15	-0,52*	0,52*	-0,05
O2_7-9	-0,16	0,29	-0,23	0,23	0,26	0,24	0,20	-0,54*	0,54*	-0,02
T5_7-9	-0,31	0,45*	-0,27	0,27	0,39*	0,37	0,11	-0,55*	0,55*	-0,22
T6_7-9	-0,26	0,37*	-0,23	0,23	0,34*	0,13	0,22	-0,43*	0,43*	0,02
Fp1_9-11	-0,28	0,43*	-0,25	0,25	0,40*	0,27	0,00	-0,35	0,35	-0,15
Fp2_9-11	-0,27	0,47*	-0,28	0,28	0,41*	0,31	0,04	-0,46*	0,46*	-0,15
O1_9-11	-0,19	0,32	-0,21	0,21	0,30	0,23	0,15	-0,51*	0,51*	-0,04
O2_9-11	-0,22	0,31	-0,15	0,15	0,31	0,22	0,20	-0,55*	0,55*	-0,01
T5_9-11	-0,23	0,43*	-0,34*	0,34*	0,35*	0,42*	0,07	-0,55*	0,55*	-0,25
T6_9-11	-0,27	0,35*	-0,17	0,17	0,35*	0,14	0,27	-0,51*	0,51*	0,05
Fp1_11_13	0,05	0,04	-0,19	0,19	-0,01	0,31	-0,19	-0,11	0,11	-0,29
Fp2_11_13	0,04	0,08	-0,22	0,22	0,01	0,26	-0,13	-0,12	0,12	-0,21
O1_11-13	0,06	0,09	-0,24	0,24	0,00	0,28	0,01	-0,28	0,28	-0,19
O2_11-13	0,08	0,02	-0,20	0,20	-0,04	0,33	0,04	-0,39*	0,39*	-0,20
T5_11-13	0,10	0,09	-0,28*	0,28*	-0,04	0,44*	-0,10	-0,31	0,31	-0,37
T6_11-13	0,01	0,08	-0,18	0,18	0,02	0,16	0,15	-0,29	0,29	-0,06

Примечания. \* – Статистически достоверные значения ( $p < 0,05$ ).  
Notes. \* – Significant correlations ( $p < 0,05$ ).

У юношей при относительно меньшем числе ассоциаций ВРС-ЭЭГ маркерами электрической активности мозга являются другие частотные характеристики variability ритма сердца (ВРС). Это мощность (1) очень медленных волн VLF (менее 0,04 Гц), характеризующая воздействие высших отделов головного мозга на ритм сердца; (2) индекс централизации IC (степень централизации управления ритмом сердца, см. Таблицу 1), отражающий баланс сегментарного и надсегментарного контуров вегетативного управления и увеличивающийся при усилении автономных влияний, может рассматриваться как индикатор степени напряжения функционирования системы. Два данных показателя оказались связаны в первую очередь с мощностью ЭЭГ низкочастотного альфа-поддиапазона, а также тета-диапазона в затылочных и височных отведениях. Частота достоверных связей ВРС-

параметров с показателями ЭЭГ в частотном диапазоне выше 9-11 Гц составляет случайную величину для юношей (1% для мощности и когерентности). У юношей, как и у девушек, уровень корреляций пар признаков ВРС-ЭЭГ составляет 0,4-0,5, а усиление электрической мозговой активности в этом случае совпадает с уменьшением мощности очень медленных волн и увеличением значения индекса централизации.

В таблице 3 приведены частоты достоверных корреляций показателей variability ритма сердца (ВРС) с показателями других систем анализируемых признаков, в которой хорошо видны половые различия корреляционных связей. В структуре общей конституции наибольшая частота связей системы ВРС обнаруживается с показателями ЭЭГ и практически случайна для показателей сомы и психометрики. Наибольшую частоту достоверных корреляций

**Таблица 3. Число достоверных корреляций показателей variability ритма сердца с показателями других систем признаков – ЭЭГ, сома, психометрика**  
**Table 3. Significant correlations frequencies of heart rate variability parameters and parameters of other systems – EEG, soma, psychometrics**

Показатели ВРС	Частотные показатели ВРС (TP, VLF, HF, LF, LF/HF)	Временные показатели ВРС (HR, RR, RMSSD, pNN50%)	Частотные показатели ВРС (TP, VLF, HF, LF, LF/HF)	Временные показатели ВРС (HR, RR, RMSSD, pNN50%)
–	<i>Юноши</i>		<i>Девушки</i>	
ЭЭГ до 9-11 Гц включительно (мощности/когерентности) n (%)	24/10 (17/6)	0/4 (0/4)	48/3 (33/2)	11/5 (12/4)
ЭЭГ после 9-11 Гц (мощности/когерентности) n (%)	3/1 (3/1)	0/1 (0/1)	26/8 (24/6)	1/7 (1/8)
Антропометрические признаки n (%)	2 (1)	0 (0)	1 (1)	7 (8)
Психометрика n (%)	2 (3)	2 (5)	3 (5)	2 (5)

обнаруживают частотные показатели спектра ВРС и показатели мощности ЭЭГ в диапазонах до 9-11 Гц включительно (17% у юношей и вдвое больше у девушек – 33%). Для показателей когерентности в этих же диапазонах соответствующие цифры составляют случайные величины – 6% у юношей и 2% у девушек. В частотных диапазонах ЭЭГ после 9-11 Гц частота достоверных корреляций ВРС-ЭЭГ меньше, фактически не превышает случайную 5% величину для юношей и едва превышает для девушек; единственным исключением в случае девушек является частота достоверных корреляций для показателей мощности ЭЭГ и показателей частотного спектра ВРС. Небольшая частота достоверных ассоциаций показателей ВРС и сомы (блока антропометрических показателей), а также ВРС-психометрики едва достигает порога частоты неслучайных связей 5%.

Однако и в случае корреляций ВРС-сома и ВРС-психометрика обращает на себя внимание факт, что отдельные достоверные корреляции фиксируются для психометрических параметров и показателей **временного** анализа ритма сердца, характеризующего тонус/активность ВРС параметров, а не только частотного, как это было для ассоциаций ЭЭГ-ВРС. Так, выявлены положительные корреляции ( $R=0,4$ ) уровня личностной тревожности у юношей с (1) активностью парасимпатического звена вегетативной регуляции (RMSSD, биометрически – квадратный корень

суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов) и (2) частотой сердечных сокращений ЧСС (HR) как показателем среднего уровня функционирования системы кровообращения и ВНС. Однако показатель вегетативной лабильности у юношей связан, по-прежнему, с частотным показателем VLF и индексом централизации IC, как и показатели ЭЭГ (уровень корреляций 0,6). У девушек показатели уровня личностной тревожности и параметр саморегуляции «моделирование» связаны с такими **временными** характеристиками ВРС как pNN50 (процент соседних кардиоинтервалов, отличающихся друг от друга более чем на 50 мс), TP (общая мощность спектра нейрогуморальной регуляции) (уровень корреляций 0,3-0,4). С частотными показателями LF и TP связаны показатели саморегуляции «планирование» и «моделирование». Немногочисленные достоверные связи ВРС с сомой обнаруживаются у юношей вновь для показателей VLF и IC, исключительно с эктоморфией, в первую очередь, ростом; а у девушек – для pNN50 с поперечным развитием тела (эндоморфия, диаметры плеч и трансверзальный груди, жировые складки).

При рассмотрении факторной структуры общей конституции с привлечением 4 систем признаков были получены следующие результаты. Из-за небольшой численности выборок в анализ включены наиболее надежные маркеры этих систем: экто-, эндо- и мезоморфия по Хит-Картеру;

Таблица 4. Результаты факторного анализа ВРС, ЭЭГ, соматических и психологических признаков у девушек

Table 4. Results of factor analysis of HRV, EEG, somatic and psychological traits in female sample

Признаки	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
HF%	-0,03	-0,05	0,87*	0,06
LF%	0,17	-0,08	-0,90*	-0,04
Fp1 11-13 Гц	0,82*	0,15	-0,38	0,06
Fp2 11-13 Гц	0,82*	0,22	-0,35	0,06
F1O1 9-11 Гц	0,85*	-0,12	0,22	-0,07
F2O2 9-11 Гц	0,88*	-0,11	0,03	-0,01
Саморег. («Общий балл»)	0,25	0,05	0,25	0,74*
Саморег. («Самостоятельность»)	-0,20	-0,14	-0,28	0,74*
Саморег. («Гибкость»)	-0,03	0,17	0,26	0,65
Мезоморфия	0,00	0,90*	0,09	0,02
Эндоморфия	0,07	0,84*	-0,20	-0,13
Эктоморфия	-0,00	-0,93*	-0,08	-0,10
Рост	0,24	-0,30	0,10	0,14
Expl. Var	3,08	2,65	2,19	1,60
Prp. Totl	0,23	0,20	0,16	0,12

Примечания. \* – Статистически достоверные значения ( $p < 0,05$ ).

Notes. \* – Significant correlations ( $p < 0,05$ ).

три психометрических показателя саморегуляции; частотные показатели variability ритма сердца – процент медленных и быстрых волн, маркеры симпатической и парасимпатической деятельности; 4 ЭЭГ-параметра в частотных диапазонах 9-11 и 11-13 Гц. Результаты факторного анализа указывает в первую очередь на автономность изменчивости разных систем показателей, лежащую в основе пластичности организма в процессе жизнедеятельности и адаптации к среде. У девушек (табл. 4) первый фактор описывает изменчивость параметров ЭЭГ с высокими нагрузками (уровня 0,82-0,88) на показатели мощности и когерентности. Второй фактор – variability показателей сомы с высокими положительными нагрузками (уровня 0,84-0,90) на характеристики поперечного развития тела, эндо- и мезоморфию, и высокой отрицательной нагрузкой (уровня -0,93) на показатель эктоморфии – чем больше поперечное развитие тела, тем меньше продольное. Третий фактор – variability частотных характеристик ВРС с положительной нагрузкой (уровня 0,87) на мощность быстрых волн в спектре ВРС и отрицательной нагрузкой (уровня -0,90) на мощность медленных волн в спектре – чем относительно выше симпатическая активность,

тем относительно ниже парасимпатическая активность вегетативной нервной системы. Четвертый фактор описывает совместную изменчивость психометрических показателей саморегуляции – общий балл и «самостоятельность». В сумме доля общей изменчивости, описываемая 4 факторами, составляет у девушек примерно 72%.

У юношей (табл. 5) смысл факторов практически тот же, и суммарная изменчивость, описываемая 4 факторами, имеет сравнимый уровень 63%. С той разницей, что первый фактор описывает изменчивость не всех показателей ЭЭГ, а только показателей мощности ЭЭГ в диапазоне 11-13 Гц (уровень нагрузок 0,81-0,85). Изменчивость показателей когерентности в данном случае описывает четвертый фактор (уровня 0,87-0,91). С точки зрения хорошо известного факта автономности изменчивости показателей мощности и когерентности ЭЭГ этот результат факторного анализа у юношей более логичен, чем у девушек. Второй фактор описывает нагрузки на показатели сомы – на эктоморфию (уровня -0,95) и на эндо- и мезоморфию (уровня 0,82-0,92). Третий фактор описывает изменчивость «мужских» частотных показателей

ВРС VLF и IC с нагрузками уровня 0,81 и противоположными знаками. Психометрические показатели появляются только при рассмотрении пяти факторов: *пятый фактор* в этом случае описывает 11% общей изменчивости показателей.

### Обсуждение

Еще раз обращаем внимание читателей, что набор параметров ЭЭГ, число которых при регистрации энцефалограммы составляет более ста, в настоящей работе ограничен параметрами альфа-ритма, характеризующегося высокой наследственной обусловленностью и воспроизводимостью в эксперименте, информативностью как генетического маркера в рамках общей конституции, что обсуждалось во *Введении* и принципиально в контексте настоящего исследования. Спецификой альфа-ритма является также разная природа межиндивидуальной изменчивости и функциональная независимость его отдельных частотных составляющих, на что указывает гетерохронность их созревания и онтогенетическая динамика [Равич-Щербо, 2006]. Альфа-диапазон имеет сложный ритмический состав, включающий низко- средне- и высокочастотные компоненты, обладающие топографической неоднородностью и функциональной

спецификой. Наличие различных частот альфа-ритма в разных участках коры может являться следствием множественности его генераторов. Традиционные представления об альфа-ритме как ритме спокойного бодрствования не противоречат представлениям о принципиальной роли альфа-ритма в объединении мозговых структур в процессе обработки информации при разных видах когнитивной и сенсорной деятельности [Базанова, 2009; Горев, 2013; Ковалева, 2016; Kotsan et al., 2014].

Что касается специфики затылочных и височных отведений на альфа-частоте, зафиксированной в работе у юношей, отметим, что по литературным данным альфа-ритм, в зависимости от дизайна эксперимента, может регистрироваться в различных зонах, в частности, в тест-ретест исследованиях наибольшую инвариантность и воспроизводимость продемонстрировал альфа-ритм при закрытых глазах в затылочных и теменных областях [Базанова, 2009]; одновременно височные и теменные отведения выделяются как два генератора альфа-активности в тесте «навязанного ритма», работающих на близких частотах или одного генератора с меняющейся рабочей частотой [Соколов с соавт., 1999].

**Таблица 5. Результаты факторного анализа ВРС, ЭЭГ, соматических и психологических признаков у юношей**  
**Table 5. Results of factor analysis of HRV, EEG, somatic and psychological traits in male sample**

Признаки	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Рост	0,52	-0,12	0,51	-0,09
Эктоморфия	-0,00	-0,95*	0,02	0,04
Эндоморфия	0,03	0,82*	0,00	-0,05
Мезоморфия	0,04	0,92*	0,09	0,11
Саморег. («Гибкость»)	-0,07	-0,18	0,41	0,19
Саморег. («Самостоятельность»)	-0,10	0,21	0,03	-0,36
Саморег. («Общий балл»)	-0,52	-0,01	0,35	0,23
Fp1 11-13 Гц	0,81*	0,03	-0,10	0,26
Fp2 11-13 Гц	0,85*	0,08	-0,04	0,27
F1O1 9-11 Гц	0,12	-0,00	-0,13	0,91*
F2O2 9-11 Гц	0,23	0,04	-0,01	0,87*
VLF%	-0,17	0,15	0,81*	-0,09
IC	0,02	0,00	-0,81*	0,12
Expl.Var	2,07	2,59	1,91	2,01
Prp.Totl	0,15	0,19	0,14	0,15

Примечания. \* – Статистически достоверные значения ( $p < 0,05$ ).  
 Notes. \* – Significant correlations ( $p < 0,05$ ).

Небольшая частота достоверных корреляционных связей ВРС с сомой и психометрикой существенно отличается от картины биологически содержательных значимых связей ЭЭГ с сомой и психометрикой, описанной авторами ранее [Федотова с соавт., 2018]. Однако пренебречь этими незначительными частотами, по-видимому, было бы опрометчиво по причине того, что в показателях variability ритма сердца отражаются самые разные влияния, множественные и относительно автономные регуляторные механизмы: вегетативная регуляция, колебания артериального давления, газообмен, работа ЖКТ, деятельность самого сердца, тонус сосудов. Считается, что в короткие временные промежутки наиболее существенное влияние на ВРС, меняющее спектр ритма сердца, оказывают ВНС, ЦНС, ССС, эндокринные, дыхательные, барорецепторные и хеморецепторные механизмы [Shaffer et al., 2014]. Поэтому спектральные (частотные) показатели ВРС являются довольно «смешанными» (условными) по биологическому содержанию, как и границы между частотными интервалами [Кулаичев, 2019; Shaffer, Ginsberg, 2017; Thomas et al., 2019]. Наиболее надежный из частотных показателей с однозначной и прозрачной биологической интерпретацией – HF%, дыхательные волны, показатель парасимпатических влияний на ритм сердца. В то время как показатели временного анализа ВРС более конкретны и однозначны по смыслу и потому более информативны и надежны как маркеры других систем признаков. При увеличении численности обследованных частота и уровень их ассоциаций с параметрами других систем могут быть значительнее, чем в нашем предварительном исследовании.

Относительная независимость внутригрупповой изменчивости показателей четырех систем признаков, показанная с помощью факторного анализа, соответствует фундаментальным биологическим представлениям о необходимости ослабления генетических связей между отдельными системами признаков как условия целостности и пластичности организма в процессе жизнедеятельности и адаптации к среде, и свидетельствует о принципиальных различиях структуры факторов среды, ответственных за реализацию физиологических, соматических и

психологических свойств, разным балансе генетических и средовых воздействий на формирование показателей.

Уровень и частота статистически достоверных межсистемных коэффициентов корреляций не позволяет пока говорить о надежности прогноза индивидуальных психологических свойств или особенностей поведения на основе физиологических и соматических параметров. Тем не менее, результаты работы свидетельствуют о достоверных и биологически содержательных половых различиях морфофункциональной основы психологического/поведенческого статуса личности. И более надежными маркерами общей конституции как алгоритма адаптации к среде у юношей являются параметры ЭЭГ и параметры variability ритма сердца, характеризующиеся воздействием высших отделов головного мозга на ритм сердца; а у девушек в большей степени – это баланс вегетативной нервной системы и сома.

### Заключение

Так выглядит первый опыт интеграции в антропологическую практику новой системы физиологических показателей, которые информативны в первую очередь в урбоэкологических исследованиях. Это еще один шаг в проблеме анализа конституциональной целостности организма, еще один аспект полового диморфизма в процессах адаптации к среде и разных механизмов этого процесса у мужчин и женщин. В частности, это связь показателей ЭЭГ с балансом симпатических и парасимпатических влияний в спектре показателей variability ритма сердца у девушек; у юношей – связь показателей ЭЭГ с частотой очень медленных волн в спектре ВРС, отражающих влияние высших отделов головного мозга на ритм сердечной деятельности. Еще одно подтверждение разности алгоритмов адаптивного поведения по полу.

Опыт настоящего пилотного исследования пополняет спектр методических подходов к комплексной оценке морфофункционального статуса в современной антропологической практике. Показано наличие неслучайных ассоциаций показателей сердечного ритма, ВРС, иначе тонуса и баланса вегетативной нервной системы, с электрической активностью мозга внутри конституционального единства организма. Определены наиболее информативные маркеры системы variability

ритма сердца (BPC), отражающие конституциональную целостность организма – показатели частотного спектра BPC. Определены предполагаемые/возможные маркеры показателей сомы и психометрики среди параметров временного и частотного анализа BPC. Показано существование полового диморфизма корреляционной структуры ЭЭГ-BPC и факторной структуры общей конституции с привлечением четырех систем признаков. Отмечена статистически достоверная корреляция у юношей показателей ЭЭГ с показателями частотного спектра BPC (VLF% и IC), связанного с функционированием высших отделов головного мозга. У девушек – показателей ЭЭГ с показателями частотного спектра (HF, LF, LF/HF), отражающими симпатические и парасимпатические влияния на ритм сердца, и их баланс. Результаты работы позволяют говорить о существовании различных по полу «адаптивных эндотипов», лежащих в фундаменте паттернов поведения.

Также можно говорить о существовании более высокой системности или ранге системы ЭЭГ в структуре общей конституции, сравнительно с BPC, поскольку ЭЭГ обнаруживает неслучайные связи со всеми системами показателей – соматика, психометрика, BPC, а сердечный ритм преимущественно с электрической мозговой активностью.

### Благодарности

Исследование выполнено в рамках темы НИР «Антропология евразийских популяций (биологические аспекты)» (AAAA-A19-119013090163-2).

### Библиография

- Баевский Р.М.* Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клиническая информатика и телемедицина, 2004. № 1. С. 54–64.
- Базанова О.М.* Индивидуальные характеристики альфа-активности и сенсорная интеграция: Дисс. ... д-ра биол. наук, 2009, 295 с.
- Горбачева А.К., Голубева Н.К., Федотова Т.К.* Variability ритма сердца и ее перспективы в практике антропологических исследований (обзор) // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология, 2020. № 3. С. 32–45. DOI: 10.32521/2074-8132.2020.3.032-045.
- Горев А.С.* Возрастные особенности нейрофизиологического обеспечения процесса произвольной регуляции функционального состояния у детей 10-11 лет // Новые исследования, 2013. № 4 (37). С. 102–114.

*Зубов А.А.* Палеоантропологическая родословная человека. М.: Ин-т этнологии и антропологии РАН. 2004.

*Ковалева А.В.* Нейрофизиология, физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем: учебник. М.: Юрайт, 2016. 365 с.

*Кулаичев А.П.* Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика: учебное пособие. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2019. 469 с.

*Митрофанов А.А.* Компьютерная система анализа и топографического картирования электрической активности мозга с нейрометрическим банком ЭЭГ-данных (описание применения). М., 2018.

*Моросанова В.И.* Индивидуальный стиль саморегуляции: феномен, структура и функции в произвольной активности человека. М.: Наука, 1998. 192 с.

*Никитюк Б.А.* Факторы роста и морфофункционального созревания организма. М.: Наука, 1978. 147 с.

*Равич-Щербо И.В., Марютина Г.М., Григорьева Е.П.* Психогенетика: учебник для вузов. М.: Аспект пресс, 2006.

*Соколов Е.Н., Коптелов Ю.М., Исайчев С.А., Деревянкин В.Т.* Генераторы ритмической альфа-активности ЭЭГ человека // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова, 1999. № 6. С. 919–925.

*Федотова Т.К., Горбачева А.К., Сухова А.В., Ковалева А.В.* Поиск новых подходов к изучению психосоматических связей в антропологии: третий этап исследования // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2018. № 3. С. 61–79. DOI: 10.32521/2074-8132.2018.3.061-079.

*Шлык Н.И., Сапожникова Е.Н.* К вопросу о методических подходах к анализу variability сердечного ритма // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта, 2008. № 6 (1). С. 33–40.

### Сведения об авторах

*Горбачева Анна Константиновна*, к.б.н.;  
ORCID ID: 0000-0001-5201-7128; angoria@yandex.ru;  
*Ковалева Анастасия Владимировна*, к.б.н.;  
ORCID ID: 0000-0001-7377-3408;  
anastasia\_kovaleva@hotmail.com;  
*Сухова Алла Владимировна*, к.б.н.;  
ORCID ID: 0000-0002-8809-3592; alla-sukhova@bk.ru;  
*Федотова Татьяна Константиновна*, д.б.н.;  
ORCID ID: 0000-0001-7750-7924;  
tatiana.fedotova@mail.ru.

Поступила в редакцию 28.02.2021,  
принята к публикации 17.03.2021.

<sup>1)</sup> Lomonosov Moscow State University, Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Mokhovaya st., 11, Moscow, 125009, Russia;

<sup>2)</sup> Anokhin Institute of Normal physiology, Baltiyskaya st., 8, Moscow, 125315, Russia

## PARAMETERS OF HEART RATE VARIABILITY INSIDE TOTAL CONSTITUTION AS THE ALGORITHM OF ADAPTATION TO MODERN ANTHROPOGENIC ENVIRONMENT (PILOT STUDY)

**Introduction.** The goal of study is the analysis of covariability of parameters of heart rate variability (HRV), as an indicator of stress resistance of the organism, with parameters of other systems inside constitutional integrity, to determine the solid background of adaptation in modern distress anthropogenic environment. Various approaches to the definition of the conception of stress (disbalance of homeostasis and its factors; the state of psychophysiological tension; permanent process of individual interaction with environment) taken together describe the total picture of adaptation of the organism to the drift of vital circumstances.

**Material and methods.** Samples of students aged 18-20 years, 50 males and 50 females, were examined by a vast program, including standard anthropometry, psychological testing, EEG registration, HRV registration as a separate cut during EEG recording. To estimate intersystem covariability Spearman rank correlation and factor analysis were enlisted.

**Results and discussion.** Frequencies of intersystem correlations are much more numerous for females as compared to males. The greatest number of significant correlations for girls fall on associations of spectral HRV parameters (HF, LF, LF/HF) and power EEG parameters in different bands and cuts. The picture for males embraces HRV parameters (VLF, IC) and EEG parameters in frequency ranks lower than 9-11 Hz in occipital and temporal cuts. Seldom correlations of HRV parameters for both sexes with soma and psychometrics are fixed.

**Conclusion.** The results allow to discuss different by sex «adaptive endophenotypes», being the background of the behavior patterns. In particular, associations of EEG parameters with HRV parameters, connected with the functioning of higher parts of the brain for males; with HRV parameters, reflecting sympathetic and parasympathetic influences balance – for females. Also, females are characterized by more pronounced correlations of physiological parameters with soma, especially transversal development of soma (shoulder width, chest transversal diameter among others).

**Keywords:** human biology; intersystem correlations; heart rate variability; EEG; anthropometry; psychometrics; sexual dimorphism

### References

Baevsky R.M. Analiz variabelnosti serdechnogo ritma: istoriya i filozofiya, teoriya i praktika [Heart rate variability analysis: history and philosophy, theory and practice]. *Klinicheskaya informatika i teleditsina* [Clinical Informatics and Telemedicine], 2004, 1, pp. 54–64. (In Russ.).

Bazanova O.M. *Individualniye kharakteristiki alfa-aktivnosti i sensomotornaya integratsiya* [Individual characteristics of alpha-activity and sensomotor integration] Dissertation Doctor in Medicine. Novosibirsk, 2009. 295 p. (In Russ.).

Gorbacheva A.K., Golubeva N.K., Fedotova T.K. Variabelnost ritma serdca i ee perspektivi v praktike antropologicheskikh issledovaniy (obzor) [Heart rate variability and its perspectives in anthropological studies (review)]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 23. Antropologiya], 2020, 3, pp. 32–45. DOI: 10.32521/2074-8132.2020.3.032-045. (In Russ.).

Gorev A.S. Vozrastniye osobennosti neurofizilicheskogo obespecheniya protsessov proizvodnogo reg-

ulyatzii funktsionalnogo sostoyaniya u detei 10-11 let [Age peculiarities of neurophysiological support of the processes of arbitrary regulation of functional status of children aged 10-11 years]. *Noviye issledovaniya* [New Research], 2013, 4 (37), pp. 102–114. (In Russ.).

Zubov A.A. *Paleoantropologicheskaya rodoslovnaya cheloveka* [Paleoanthropological genealogy of mankind]. Moscow, Inst. of ethnology and anthropology of RAS Publ., 2004. 551 p. (In Russ.).

Kovaleva A.V. *Neirofiziologiya, fiziologiya visshey nervnoy deyatelnosti i sensornikh sistem: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata* [Neurophysiology, physiology of higher nervous activity, and sensory systems: textbook for academic bachelors]. Moscow, Urayt Publ., 2016. 365 p. (In Russ.).

Kulaichev A.P. *Komputernaya elektrofiziologiya i funktsionalnaya diagnostika: uchebnoe posobie dlya studentov dlya vuzov po distsiplinam «Fiziologiya» i «Biologiya»*. [Computer electrophysiology and functional diagnostic: textbook for students of universities in disciplines «Physiology» and «Biology»] 5<sup>th</sup> edition, revised and

- expended. Moscow, INFRA-M Publ., 2019. 469 p. (In Russ.).
- Mitrofanov A.A. *Komputernaya sistema analiza i topograficheskogo kartirovaniya elektricheskoy aktivnosti mozga s neyrometricheskim bankom EEG-dannyh (opisanie primeneniya)* [Computer system of analysis and topographical mapping of electric brain activity with neurometrical bank of EEG-data (application guide)]. Moscow, 2018. 129 p. (In Russ.).
- Morosanova V.I. *Individualniy stil samoregulyatzii: fenomen, struktura i funkzii v proizvolnoy aktivnosti cheloveka* [Individual style of selfregulation: phenomenon, structure and functions in arbitrary human activity]. Moscow, Nauka Publ., 1998. 192 p. (In Russ.).
- Nikityuk B.A. *Faktori rosta i morfo-funktsionalnogo sozrevaniya organizma* [Factors of growth and morphofunctional maturation of the organism]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 147 p. (In Russ.).
- Ravitch-Tzerbo I.V., Maryutina T.M., Grigoryeva E.L. *Psikhogenetika: uchebnik dlya vuzov* [Psychogenetics: Textbook for colleges]. Moscow, Aspekt Press Publ., 2006. 448 p. (In Russ.).
- Sokolov E.N., Koptelov Yu.M., Isaichev S.A., Derevyankin V.T. *Generatory ritmicheskoi alfa-aktivnosti EEG cheloveka* [Generators of rythmical alpha activity of EEG of a man]. *Zhurnal visshei nervnoi deyatel'nosti im.I.P.Pavlova* [Pavlov Journal of higher nervous activity], 1999, 6, pp. 919–925. (In Russ.).
- Fedotova T.K., Gorbacheva A.K., Sukhova A.V., Kovaleva A.V., Kuzmina T.I., Panova E.N. *Poisk novih podhodov k izucheniyu psihosomaticheskikh svyazey v antropologii: tretiy etap issledovaniya* [Search of new approaches towards studying psychosomatic correlations in anthropology: third stage of the study]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 23. Antropologiya], 2018, 3, pp. 61–79. DOI: 10.32521/2074-8132.2018.3.061-079. (In Russ.).
- Shlyk N.I., Sapozhnikova E.N. *K voprosu o metodicheskikh podhodakh k analizu variabelnosti serdechnogo ritma* [About methodical approaches to analysis of heart rate variability]. *Pedagogiko-psihologicheskie i medico-biologicheskie problemy fizicheskoy kultury i sporta* [Pedagogical-psychological and medico-biological problems of physical culture and sport], 2008, 6, 1, pp. 33-40. (In Russ.).
- Alba G., Vila J., Rey B., Montoya P., Muñoz M.A. *The Relationship Between Heart Rate Variability and Electroencephalography Functional Connectivity Variability Is Associated With Cognitive Flexibility*. *Front. Hum. Neurosci.*, 2019, 13, pp. 64. DOI: 10.3389/fnhum.2019.00064.
- Anochin A.P. *Genetic psychophysiology: advances, problems and future directions*. *Int. J. Psychophysiol.*, 2014, 93 (2), pp.173–197.
- Carter J.E.L. *The Heath-Carter anthropometric somatotype: instructions manual*. Available at: URL: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf> (Accessed 14.02.2021).
- Golosheykin S., Grant J.D., Novak O.V., Heath A.C., Anokhin A.P. *Genetic influences on heart rate variability*. *Int. J. Psychophysiol.*, 2017, 115, pp. 65–73.
- Hartmann R., Schmidt F.M., Sander C., Hegerl U. *Heart rate variability as indicator of clinical state in depression*. *Front Psychiatry*, 2018, 9, pp. 735. DOI: 10.3389/fpsyt.2018.00735.
- Heck D.H., McAfee S.S., Liu Y., Babajani-Feremi A., et al. *Breathing as a fundamental rhythm of brain function*. *Front Neural Circuits*, 2016, 10, pp. 115.
- Jung W., Jang K-I, Lee S-H. *Heart and Brain Interaction of Psychiatric Illness: A Review Focused on Heart Rate Variability, Cognitive Function, and Quantitative Electroencephalography*. *Clin. Psychopharmacol. Neurosci.*, 2019, 17 (4), pp. 459–474. DOI: 10.9758/cpn.2019.17.4.459.
- Kotsan I.Ya., Kozachok N.A., Mamchich T.I. *Fetures of the alpha-activity of male and female brain cortex under conditions of divergent thinking*. *Fiziol. zhurn.*, 2016, 60 (2), pp. 93–101.
- Lin P-F., Lo M-T., Tsao J., Chang Y-C., Lin C., Ho Y-L. *Correlations between the signal complexity of cerebral and cardiac electric activity: A multiscale entropy analysis*. *PLoS One*, 2014, 9 (2), pp. 1–8.
- Rothenberger S.D., Krafty R.T., Taylor B.J., Cribbet M.R., et al. *Time-varying between delta EEG power and heart rate variability in midlife women: The SWAN Sleep Study*. *Psychophysiology*, 2015, 52 (4), pp. 572–584.
- Shaffer F., McCraty R., Zerr C.L. *A healthyheart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability*. *Front. Psychol.*, 2014, 5, pp. 1040.
- Shaffer F., Ginsberg J.P. *An overview of heart rate variability metrics and norms*. *Frontiers in public health*, 2017, 5, pp. 258. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258.
- Thomas B.L., Claassen N., Becker P., Viljoen M. *Validity of commonly used heart rate variability markers of autonomic nervous system function*. *Neuropsychobiology*, 2019, 78 (1), pp. 14-26. DOI: 10.1159/000495519.
- Wahbeh H., Oken B.S. *Peak high-frequency HRV and peak alpha frequency higher in PTSD*. *Appl. Psychophysiol Biofeedback*, 2013, 38 (1), pp. 57–69.

#### Information about Authors

Gorbacheva Anna K., PhD;  
ORCID ID: 0000-0001-5201-7128; angoria@yandex.ru;

Kovaleva Anastasia V., PhD;  
ORCID ID: 0000-0001-7377-3408;  
anastasia\_kovaleva@hotmail.com;

Sukhova Alla V., PhD; ORCID ID: 0000-0002-8809-3592;  
alla-sukhova@bk.ru;

Fedotova Tatiana K., PhD., D.Sc.;  
ORCID ID: 0000-0001-7750-7924;  
tatiana.fedotova@mail.ru.