

УДК 004.9:(57.045+574.24)

# Информационная система диагностики для определения зависимости состояния человека от действия космофизических факторов

П. Е. Григорьев<sup>1</sup>, Г. В. Килесса<sup>2</sup>, Н. И. Хорсева<sup>3</sup>, В. В. Храмов<sup>1</sup>

А. В. Оленчук<sup>2</sup>, Э. Э. Асанов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таврический гуманитарно-экологический институт, Симферополь, Украина

<sup>2</sup>Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Украина

<sup>3</sup>Учреждение РАН «Институт биохимической физики

им. Н. М. Эмануэля», Москва, Россия

## Резюме

Представлена информационная система, предназначенная для комплексной диагностики состояния человека и определения его связи с космофизическими факторами. Информационная система включает: программу-клиент, которая позволяет проводить процедуру тестирования, сохранения результатов и передачи результатов на сервер, серверную часть, а также Web-сайт <http://www.umon.org.ua>, позволяющий участнику-испытуемому регистрироваться в проекте, получать ПО для тестирования, визуализировать результаты тестирования за каждую сессию и интервал дат, проводить сравнение собственных данных с популяционными нормами, а также определять степень индивидуальной чувствительности космофизическими факторами. Для исследователя предусмотрен специальный интерфейс с возможностью просмотра и генерации отчетов по результатам испытуемых.

**Ключевые слова:** информационная система диагностики, функциональное состояние человека, космофизические факторы, программа-клиент, Web-сайт, Grid-системы.

Клин. информат. и Телемед.  
2010. Т.6. Вып.7. с.83–88

## Введение

Исследования в области гелиобиологии позволили установить экологическую значимость космофизических факторов (КФ) для функционального состояния человека [1]. В настоящее время создаются информационные системы (ИС), которые позволяют исследовать зависимость отдельных показателей состояния человека от действия КФ [2]. Однако пока отсутствуют ИС, предоставляющие любому пользователю Интернет возможность комплексной диагностики его состояния и установления параметров индивидуальной связи состояния человека с КФ в автоматизированном режиме.

## Методическое обеспечение регистрации состояния человека

Очевидно, что единственным способом установить связь состояния

человека с КФ является осуществление регулярных измерений состояния человека по одним и тем же методикам с дальнейшим сопоставлением временных рядов результатов измерений с динамикой показателей КФ. Для обеспечения комплексной оценки состояния человека в мониторинговом тестировании использовали совокупность методик, чувствительность которых к КФ показана в наших исследованиях [3, 4].

Психическую составляющую состояния человека оценивали по уровню психоэмоциональных состояний тревожности, агрессивности, настроения, самочувствия, активности, социума – качества социокультурной среды (модифицированная методика САН «самочувствие-активность-настроение» [5]), по продуктивности и точности произвольного внимания (методика «корректирующая проба»), динамике работоспособности и функциональной асимметрии головного мозга (методика мелкой моторики пальцев рук «хаотичный десятипальцевый теппинг» [6]). Физиологическую составляющую оценивали по работоспособности ЦНС (методика «простая слухо-моторная реакция»), вегетативной реактивности и функциональной системы гемодинамики (по параметрам измерений артериального давления и ЧСС). Для исследований оптимальной является ежедневная (в одно и то же время суток) регистрация состояния каждого испытуемого.

## Простая слухо-моторная реакция (ПСМР)

Показатель времени ПСМР характеризует величину, обратную скорости взаимодействия сенсорной и моторной коры мозга. Как показали наши исследования [7], слухо-моторная реакция более чувствительна к КФ, чем зрительно-моторная. Кроме того, на основании сопоставления характеристик ПСМР с показателями простой зрительно-моторной реакции и критической частоты световых мельканий [7,8], можно обоснованно предполагать, что параметры ПСМР (не только средних величин, но и других её характеристик), могут отражать процессы возбуждения-торможения. На звуковой сигнал, подаваемый компьютером посредством звуковой платы, испытуемый должен как можно быстрее нажать определённую клавишу (всего 20 предъявлений со случайными интервалами времени). Регистрируется промежуток времени между подачей звукового стимула и ответной реакцией.

## Корректурная проба

Корректурная проба, адаптированная для предъявления с монитора — методика для регистрации параметров устойчивости произвольного внимания. Параметр устойчивости произвольного внимания является динамической характеристикой внимания, которая определяется активностью гиппокампальной системы (фазическая регуляция внимания). В программном обеспечении используется методика «корректурная проба», адаптированная для предъявления с экрана монитора. Это таблица из букв кириллического алфавита размером 40x20 символов, удовлетворяющая следующим обязательным требованиям: высокая контрастность цветовой гаммы, средняя (не утомляющая зрение) яркость экрана; использование рубленых шрифтов (без насечек), устойчивость частоты встречаемости букв (10 букв в каждой строке, которые необходимо отмечать), отсутствие в таблице широких букв (например, Ж, Щ, Ф). Двигая курсор нажатием клавиши «стрелка вправо» (обратное движение невозможно) испытуемый среди символов должен отмечать заранее заданные буквы нажатием клавиши «пробел». Параметры точности, продуктивности, а также число и характер допущенных ошибок при выполнении теста могут указывать на функциональное состояние нервной системы человека.

## Методика «хаотичный десятипальцевый теппинг»

При проведении теста «хаотичный десятипальцевый теппинг» (способ защищён патентом РФ № 2314743, правообладатели П. П. Григал, Н. И. Хорсева), испытуемому предлагается нажимать на клавиши в произвольном («случайном») порядке в максимально возможном темпе в условиях установленного однозначного соответствия «палец-клавиша». В результате обработки определяются более 20 показателей, в том числе число ригидных зажимов и синкинезий, латеральные предпочтения, и так далее. Набор субтестов данной программы выбран таким образом, чтобы в максимальной степени отразить функциональное состояние моторных зон коры головного мозга. Выполнение субтестов *каждой рукой отдельно* даёт информацию о состоянии моторных зон коры правого и левого полушарий, а выполнение субтестов *обеими руками одновременно*, расположенными в обычном и перекрещённом положениях, позволяет выявить межполушарные взаимодействия, в частности — функциональное состояние мозолистого тела головного мозга. Метод имеет высокую ретестовую надёжность и его валидность подтверждена нами путем сопоставления результатов, полученных с помощью описанного способа, и результатов, полученных при проведении комплексной диагностики, осуществленной как спомощью «автоматизированного рабочего места психофизиолога» (АРМ) [6], так и при проведении полного нейропсихологического обследования, которое является составной частью комплексной диагностики и позволяет без применения ЭЭГ зарегистрировать функциональное состояние мозолистого тела (диагностика соматогнозиса и пространственного праксиса).

## Количественная характеристика психических состояний

Количественная характеристика психических состояний проводится методом семантического дифференциала Ч. Осгуда с помощью анкеты САН в нашей модификации [9]. Оцениваются показатели агрессивности, активности, настроения, самочувствия, тревожности, характеризующие психическую,

субъективную сторону состояния человека, а также по отдельной шкале — разносторонние психологически и физиологически значимые события. Анкета САН предназначена именно для ежедневного применения, поскольку такие показатели как настроение, активность, тревожность — величины, изменяются ситуативно, а к вопросам анкеты не происходит «привыкания» или заучивания. Именно поэтому *практически одновременно* с регистрацией психофизиологических показателей и производится регистрация психоэмоционального состояния.

## Артериальное давление и ЧСС в состоянии покоя

По результатам трех последовательных измерений с помощью тонометра и внесения данных в программу вычислялись показатели пульсового давления и индекса Кердо. Для проверки точности исходных данных, получаемых в процессе тестирования, была разработана утилита для получения времен задержек компьютера в различных тестах.

## Оценка погрешности измерений

Для получения показателей систематической ошибки, обусловленной «мертвым временем» компьютера, тестирование проводилось для компьютеров и ноутбуков с разными операционными системами (Windows XP, Windows Vista, Windows 7).

Установлено:

1) В тесте ПСМР время задержки между воспроизведением звукового сигнала и реагированием операционной системы (ОП) на нажатие пробела составляет от 0 мс (при загрузке ЦП, близкой к 0%) до 20 мс (при загрузке ЦП на 10–30%). Для минимизации ошибки и сравнения с популяционными нормами, из значения ПСМР вычиталось 10 мс. Если учесть, что среднее латентное время для лиц старше 15 лет, полученное с помощью АРМ, составляет 156–195 мс [8], а средняя ошибка в оценке времени до 10 мс погрешность в среднем будет не более 5–6%. Данная систематическая ошибка, обусловленная временем обработки события приложением на компьютере, является принципиальной для определения абсолютных значений, но не влияет

на динамику относительных вариаций изучаемых показателей, которая и является основной целью мониторинга. Для получения максимально стабильных результатов мониторинга все же желательно тестироваться на одном и том же компьютере при минимально возможной загрузке центрального процессора (не более 20%). Так же не рекомендуется тестироваться при 100% загрузке системы, когда время задержки может возрастать до 70 мс.

2) В тесте «хаотичный теггинг» минимальное значение времени удержания клавиши, по аппаратному умолчанию равно 30–32 мс и не зависит от уровня загрузки системы. В данном случае время задержки не сказывается на результатах теста, так как, исходя из полученных в процессе работы ИС данных (ежедневные измерения более 90 испытуемых на протяжении 5 месяцев), минимальное время, в течение которого кнопки удерживаются в нажатом состоянии, составляет более 45 мс. Таким образом, даже если время удержания будет еще меньше, то система успеет отреагировать надлежащим образом.

3) Нежелательным является использование беспроводных клавиатур, так как время реакции компьютера может варьировать в зависимости от уровня сигнала и модели клавиатуры.

## Структурно-функциональная организация информационной системы

Предложенная нами обобщенная структура средств ИС включает взаимосвязанные компоненты:

1) Web-сайт <http://www.umon.org.ua> для организации доступа к проекту и программное обеспечение (ПО) для тестирования, анализа данных, а также визуализации полученных результатов (рис. 1). В качестве основной взаимодействующей архитектуры была выбрана распределенная клиент-серверная модель, поскольку именно такой тип системы обеспечивает оптимальное разделение функций между программой-клиентом и сервером.

2) Программа-клиент, с помощью которой регистрируется и сохраняется

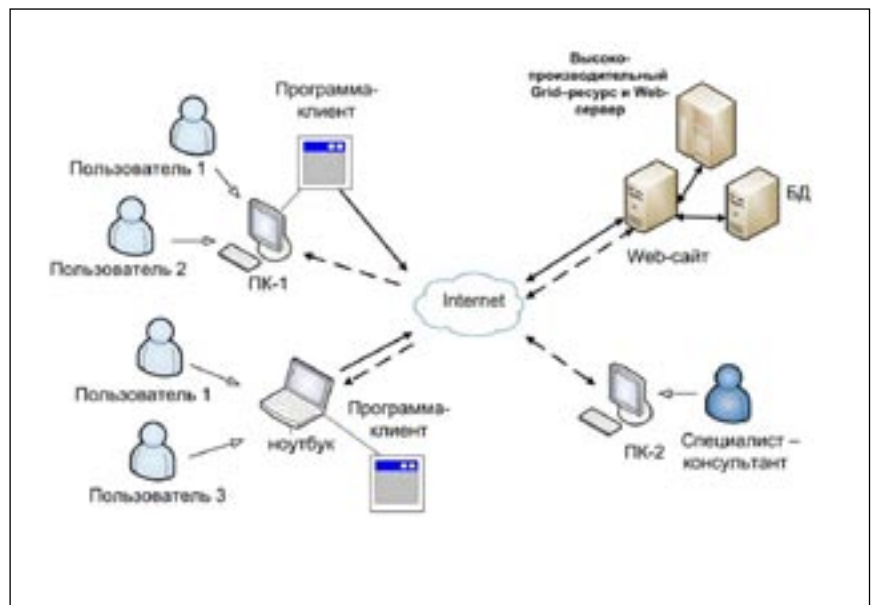


Рис. 1. Обобщенная структура функционирования средств ИС.

совокупность показателей состояния человека.

3) Серверная часть, где осуществляется расчет показателей, анализ данных и вывод результатов в удобном для пользователя виде.

Количество пользователей ИС стремительно возрастает, поэтому планируется задействовать Grid-технологии для обработки больших массивов данных, требующих значительных ресурсов. Уже сейчас ИС использует высокопроизводительный Grid-ресурс <http://www.cluster.crimea.ua>, также применяющийся для задач моделирования в области экологических исследований. В качестве Grid-коммуникатора используется программное обеспечение промежуточного уровня – Nordugrid <http://www.nordugrid.org>, находящееся на главном узле кластера и осуществляющее связь с Grid-инфраструктурой Украинского Академического сегмента – <http://uag.bitp.kiev.ua>.

На первом этапе разработки ИС ключевым моментом было обеспечение независимости между программой на стороне клиента и серверным ПО. Поэтому в данной ИС ПО клиента и сервера взаимодействуют посредством протокола высокого уровня HTTP, а клиент отправляет результаты в виде URL-запросов. Поэтому их обработка на сервере на начальном этапе не требует каких-либо дополнительных ресурсов и технологий. Сервер, в свою очередь, отправляет клиенту команды, соответствующие состоянию (успешному или ошибочному) выполнения запросов. На рис. 1

приведена схема обобщенной структуры функционирования средств ИС: сплошными стрелками указана передача данных в блок баз данных (БД), а пунктирными – работа с Web-сайтом. Данная ИС позволяет пользователю тестироваться на разных компьютерах при условии установки программы-клиента (например, «Пользователь 1» тестируется на «ПК-1», и на «ноутбуке» – см. рис. 1, а также нескольким пользователям тестироваться на одном компьютере в последовательном режиме.

### Программа-клиент

Алгоритм работы программы приведен на рис. 2.

При первом запуске программы пользователю необходимо зарегистрироваться. Данные регистрации (e-mail и пароль) отсылаются на сервер, где проходят проверку. Выходные данные тестирования накапливаются на запоминающем устройстве до тех пор, пока пользователь не выберет опцию отправки данных на сервер. Такое решение освобождает пользователя от необходимости постоянной связи с Интернетом. Кроме того, предусмотрена возможность автоматического обновления программы-клиента, которое позволяет по мере необходимости внести уточнения в алгоритмы расчета, а также добавлять ресурсы (дополнительные тесты, новую информацию по уже включенным тестам).

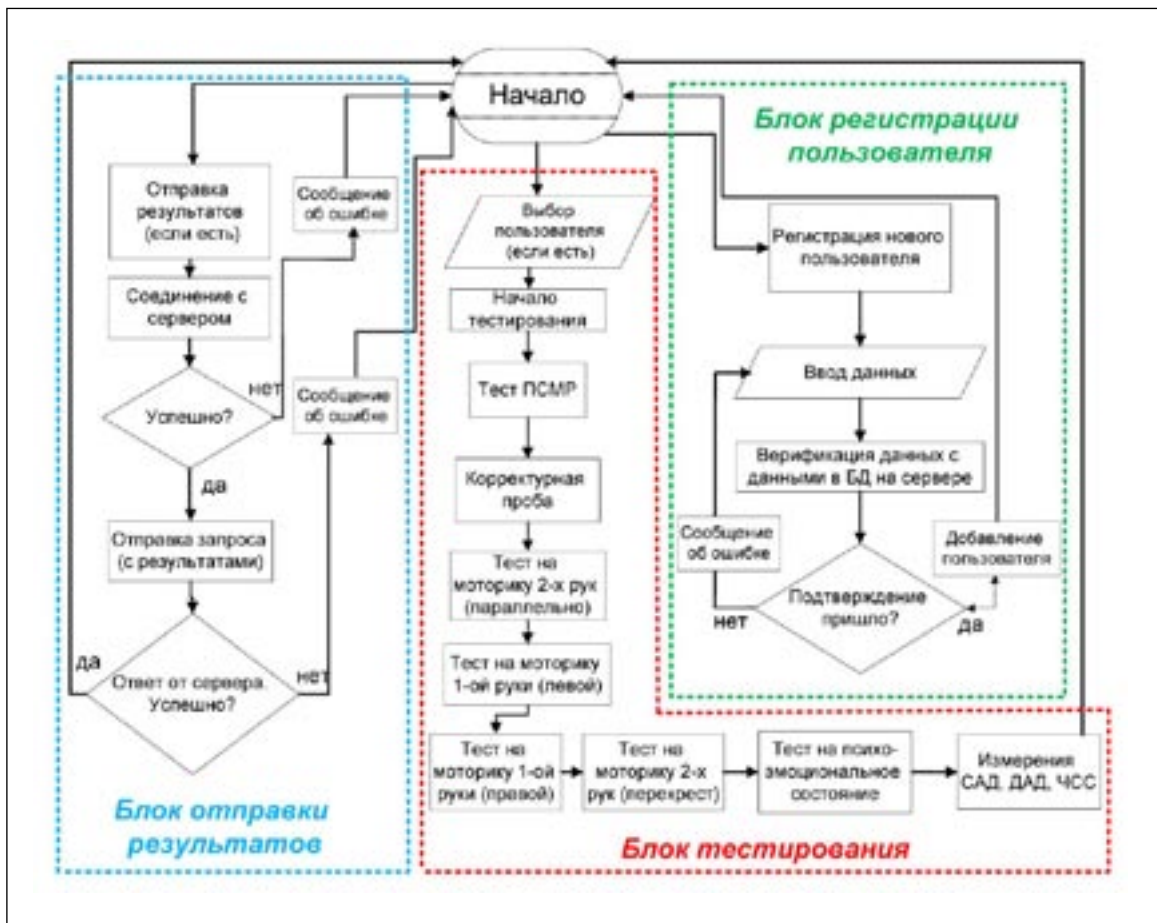


Рис. 2. Общий алгоритм работы программы-клиента.

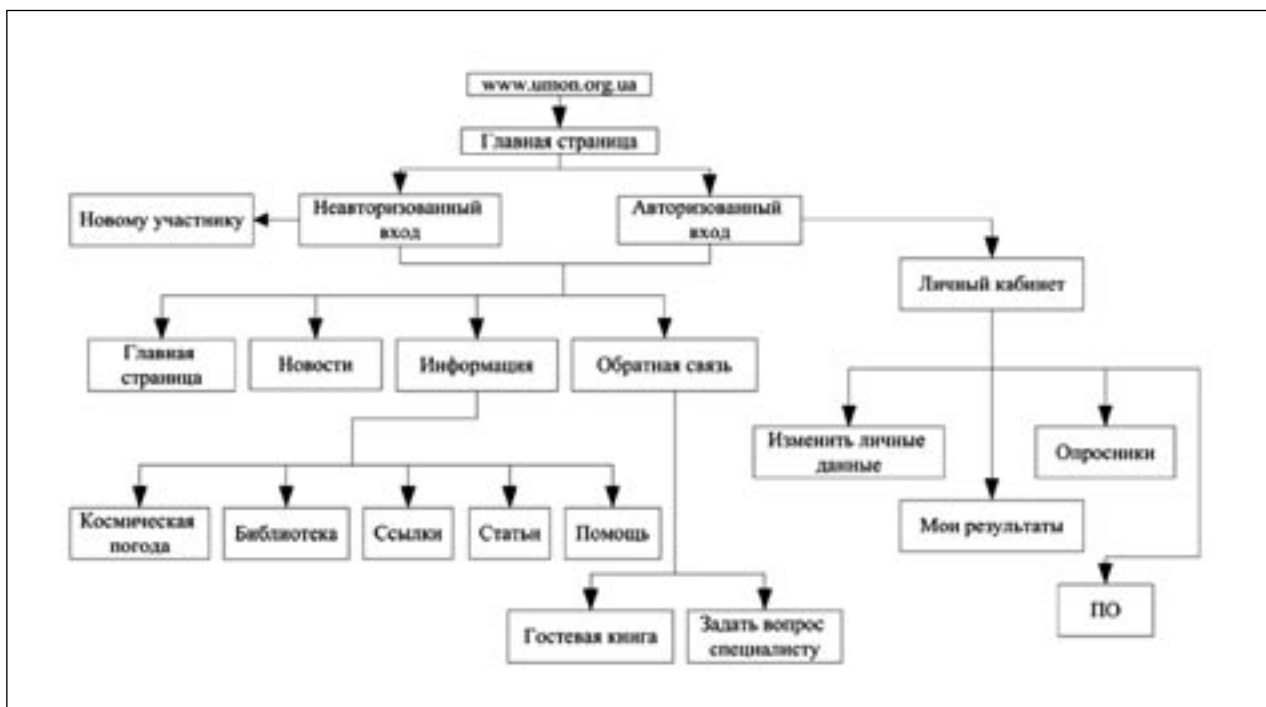


Рис. 3. Карта Web-сайта www.umon.org.ua как компонента ИС.

## Серверная часть

Серверная часть связывает в единое целое комплекс программ и базы данных (БД). Для обеспечения работы серверной части используется следующая связка программного обеспечения: HTTP-сервер Apache 2.2.3, СУБД MySQL 5.0.77 и интерпретатор PHP-сценариев версии 5.1.6. Для управления БД на сервере используется СУБД MySQL. Для удобства исследователя на сайте разработан административный интерфейс, обеспечивающий интерактивные SQL-запросы. Интерфейс доступен в административной панели сайта для пользователей с правами исследователя и администратора. Административный интерфейс написан на языке PHP с применением архитектуры MVC (модель-представление-контроллер). Дополнительная интерактивность достигается за счет использования асинхронных запросов (AJAX), что позволяет загружать данные по мере необходимости и избавляет исследователя от необходимости вводить какой-либо служебный текст. Скрипт генерирует SQL-запрос, который посылается СУБД, а затем получает результат и отображает ответ. Интерфейс работает с существующей в сайте системой разделения прав доступа.

## Web-сайт

Web-сайт, карта которого приведена на рис. 3, написан на языке программирования Web-приложений PHP с применением технологии объектно-ориентированного программирования и с использованием JavaScript.

Для вывода результатов в виде интерактивных графиков с применением Flash и JavaScript использована библиотека FusionCharts v3.

Для участия в проекте необходимо зарегистрироваться на сайте. После авторизованного входа на сайт в «Личном кабинете» пользователю доступны функции, среди которых: изменение данных, визуализация результатов мониторинга, заполнение анкет и опросников, их интерпретация. Пользователь может выбрать интервал, за который он хочет просмотреть результаты: за один день или несколько дней с указанием интервала дат. При выборе просмотра результатов за конкретную дату выведутся результаты измерений и их соответствие популяционным возрастно-половым нормам, а также визуализируются значения показателей по шкале индивидуаль-

ных норм — процентилей. Если пользователь выбирает опцию просмотра результатов за определённый период, то в этом случае, кроме вкладки «Сравнение показателей», предусмотрены вкладка «Статистика» (вывод основных описательных статистик за выбранный интервал времени) и «Кросскорреляции», где отображаются результаты кросскорреляционного анализа, что позволяет получать параметры статистической связи между показателями с учетом временного сдвига. На сайте доступны опросники (для нерегулярного заполнения), результаты которых и их интерпретация выдается пользователю.

ИС обладает целым рядом преимуществ: доступность и экономичность, отсутствие необходимости приобретения дополнительных устройств и датчиков. Архитектура ИС позволяет подключить дополнительные методики и модули и расширять сферу их применения.

## Выводы

1. Разработанная технология обеспечивает: доступ к ИС и диагностики состояния человека в любых условиях; учет факторов внешней среды и социально-психологических факторов; интерфейс, позволяющий визуализировать результаты и рекомендации. Основой функционирования ИС является автоматизированная технология получения и визуализации результатов и формирования рекомендаций для пользователя-испытуемого на основе данных мониторинга его состояния.

2. ИС состоит из технологически взаимосвязанных компонентов: программа-клиент, серверная часть (включая высокопроизводительный Grid-ресурс), Web-сайт. Программа-клиент осуществляет функции тестирования, сохранения результатов, передачи результатов на сервер. Серверная часть связывает в единое целое весь комплекс программ и базы данных, сохраняет полученные результаты и производит расчет основных показателей. Web-сайт позволяет участнику-испытуемому регистрироваться в проекте, получать ПО для тестирования, визуализировать результаты. Для участника-исследователя предусмотрен специальный интерфейс с возможностью просмотра и генерации отчетов по результатам испытуемых.

## Литература

1. Владимирский Б. М., Темурьянц Н. А. Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу (Гелиобиология от А. Л. Чижевского до наших дней). — М.: МНЭПУ, 2000. — 374 с.
2. Вишневский В. В., Рагульская М. В., Чибисов С. М. Телекоммуникационное мониторингирование как метод изучения влияния гелиогеомагнитных флуктуаций на функцию сердца. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 2008. — Т. 145, № 6. — С. 714-718.
3. Григорьев П. Е. Методическое обеспечение мониторинга состояния человека для определения его зависимости от гелиогеофизических факторов // Кибернетика и вычислительная техника. — 2010. — Вып. 160. — С. 14-25.
4. Зміни стану організму здорової людини в умовах проходження геліогеофізичних подій різних класів / П.Є. Григор'єв, Л.В. Поскотінова, П.А. Цандеков, З.Л. Подзноєва // Питання біоіндикації та екології. — 2009. — Вип. 14, № 2. — С. 215-235.
5. Григорьев П. Е., Владимирская А. Б., Вайсерман А. М. Связь динамики психических состояний здоровых лиц с гелиогеофизическими факторами // Таврический медико-биологический вестник. — 2008. — Т. 11, № 11. — С. 82-88.
6. Григал П. П. Десятипальцевый хаотичный теплинг: возрастные особенности мелкой моторики руки детей / Григал П. П., Хорсева Н. И. // Труды Московского физико-технического института (государственного университета). — 2009. — Т. 11. — С. 46-52.
7. Зенченко Т. А., Хорсева Н. И., Григал П. П., Мёрзлый А. М., Цандеков П. А., Григорьев П. Е., Подзноєва З. Л., Бреус Т. К., Стоилова И., Димитрова С., Джорданова М. Метод мониторинга психофизиологических показателей человека для определения степени индивидуальной чувствительности к внешним факторам // Труды Болгарской Академии Наук. — 2009. — С. 166-170.
8. Хорсева Н. И. Экологическое значение естественных электромагнитных полей в период внутриутробного развития человека: дисс. ... кандидата биол. наук: 03.00.02. — М., 2004. — 144 с.
9. Григорьев П. Е., Владимирская А. Б., Вайсерман А. М. Связь динамики психических состояний здоровых лиц с гелиогеофизическими факторами // Таврический медико-биологический вестник. — 2008. — Т. 11, № 11. — С. 82-88.
10. Хорсева Н. И., Зенченко Т. А., Григал П. П. Предварительные результаты оценки чувствительности психофизиологических показателей к геомагнитной активности // Тезисы VII Международной конференции «Космос и биосфера». 01-06.10.2007. Судак, Крым, Украина. — К., 2007. — С. 80.

## Information diagnostic system for determining a dependence of human state from influence of cosmophysical factors

**P. Ye. Grigoryev<sup>1</sup>, G. V. Kilessa<sup>2</sup>,  
N. I. Khorseva<sup>3</sup>, V. V. Khramov<sup>1</sup>,  
A. V. Olenchuk<sup>2</sup>, E. E. Asanov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Tavrída Humanitarian and Ecological Institute, Simferopol,

<sup>2</sup> Tavrída National V. I. Vernadsky University, Simferopol, Ukraine

<sup>3</sup> N. M. Emanuel Institute of Biochemical Physics of RAS, Moscow

### Abstract

The information system purposed for complex diagnostics of human condition and definition of its dependence from the cosmophysical factors is presented. The information system includes: the client program with functions of testing, saving the results and transferring the results to the server; the server part and the Web-site <http://www.umon.org.ua> which allows the participant examinee to be registered in the project, to visualize results of tests for each session and an interval of dates, to compare examinee's own data with individual and population norms, to define the depth of dependence of this data with the cosmophysical factors, etc. The special interface is worked out for the researcher with a possibility of viewing and generating the reports by results of examinees.

**Key words:** information system of diagnostics, human functional condition, cosmophysical factors, client program, Web-site, Grid -systems.

## Інформаційна система діагностики для визначення залежності стану людини від дії космофізичних факторів

**П. Є. Григор'єв<sup>1</sup>, Г. В. Кілесса<sup>2</sup>,  
Н. І. Хорсева<sup>3</sup>, В. В. Храмов<sup>1</sup>,  
А. В. Оленчук<sup>2</sup>, Е. Е. Асанов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Таврійський гуманітарно-екологічний інститут, Сімферополь, Україна

<sup>2</sup> Таврійський національний університет ім. В. І. Вернадського, Сімферополь, Україна

<sup>3</sup> Установа РАН «Інститут біохімічної фізики ім. Н. М. Емануеля», Москва, Росія

### Резюме

Представлена інформаційна система, призначена для комплексної діагностики стану людини і визначення його зв'язку з космофізичними чинниками. Інформаційна система включає: програму-клієнт з функціями тестування, збереження результатів і передачі результатів на сервер; серверну частину і Web-сайт <http://www.umon.org.ua>, який дозволяє випробуваному-учаснику реєструватися у проєкті, отримувати ПО для тестування, візуалізувати результати тестування за кожну сесію та інтервал дат, проводити зіставлення власних даних з індивідуальними і популяційними нормами, визначати міру зв'язку показників стану з космофізичними чинниками тощо. Для дослідника передбачений спеціальний інтерфейс з можливістю перегляду і генерації звітів за результатами випробовуваних.

**Ключові слова:** інформаційна система діагностики, функціональний стан людини, космофізичні чинники, програма-клієнт, Web-сайт, Grid-системи.

## Переписка:

**П. Е. Григорьев**

Таврический гуманитарно-экологический институт  
ул. Севастопольская 62а  
Симферополь, 95015, Украина  
тел. 050-497 4347  
эл. почта: mhnty@yandex.ru