

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ.  
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

DOI: 10.6060/ivecofin.2021482.543  
УДК: 61.01:57.08

**ИНТРОСПЕКЦИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОКИБЕРНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

**М.Ф. Зимнуров, А.О. Макшанова**

Марат Фаридович Зимнуров\* (ORCID 0000-0002-3115-0912), Анна Олеговна Макшанова  
Ивановский государственный химико-технологический университет, пр. Шереметевский, 7, Иваново,  
153000, Россия  
E-mail: zimtir@mail.ru\*, annmakshanova@yandex.ru

*Современные информационные технологии позволяют переосмыслить фундаментальные понятия этики, медицины и химии, создавая на их пересечении знания, которые помогают формализовать информацию о природе человека в обрабатываемые для информатики данные. Настоящее исследование представляет собой обзор и детальную проработку идеи модернизации человеческого организма, а также разрешение части этических вопросов биоинформатики путём формирования концепции устройства по обмену данных в теле человека. Немаловажным фактором служит минимизация оказываемого деструктивного эффекта на организм носителя. Предметом исследования является возможность человеческого организма работать в так называемом симбиозе с информационно вычислительным устройством. Авторы рассматривают различные способы внедрения максимально автономного устройства в организм человека с целью последующего обмена данными.*

*Материалами для настоящего исследования послужили научные статьи российских и зарубежных авторов. Исследование проводится методами обзора научных источников, сравнения точек зрения и обобщений, а также генерацией идей из накопленного человеческим сообществом опыта и фактов. Новизна исследования состоит в синергии слабозависимых областей и получении неоднозначных результатов для последующих работ и исследований. Особое внимание уделяется рискам применения таких технологий, теоретически-описанным возможностям развития подхода, а также проблемам этического восприятия и биологической совместимости. В заключении приводятся результаты, которые подтверждают необходимость применения подхода и использования устройства в условиях современного мира, что подчеркивает актуальность проведенного исследования; формируются выводы с качественными и количественными показателями по отношению к полученным результатам проведённых исследований.*

**Ключевые слова:** интроспекция, биокибернетика, накопительная ретрансляция, интернет вещей, биоинформатика, биохимия, биокибернетический симбиоз.

**INTROSPECTION OF BIOCHEMICAL PROCESSES USING BIOCYBERNETIC METHODS**

**M.F. Zimnurov, A.O. Makshanova**

Marat F. Zimnurov\* (ORCID iD 0000-0002-3115-0912), Anna O. Makshanova  
Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 7, Sheremetevsky Avenue, Ivanovo, 153000, Russia  
E-mail: zimtir@mail.ru\*, annmakshanova@yandex.ru

*Modern information technologies make it possible to rethink fundamental concepts of ethics, medicine and chemistry, creating knowledge at their intersection, which help to formalize information about human nature into data processed for computational methods. This article is a review and detailed consideration of the human body modernizing idea and solving some ethical issues of bioinformatics by forming a concept of the human body communication device. An important factor is the minimization of the de-*

*structive effect on the human body. The subject of this research is the ability of the human body to work together with an information computing device. The authors consider various ways to implement the most autonomous device into the human body for the purpose of further data exchange.*

*Scientific articles by Russian and foreign authors were used as the materials for this research. The research is carried out by methods of scientific source review, comparison of different points of view and generalizations, idea generation from the experience and facts accumulated by the human community. The novelty of the research is the synergy of weakly dependent areas and getting mixed results for further work and research. Special attention is paid to the risks of using such technology, the theoretically described possibilities of the development of the approach, problems of ethical perception and biological compatibility. In the conclusion the presented results confirm the need to apply the approach and use the device in the modern world which emphasizes the relevance of the research; the conclusions are formed with qualitative and quantitative indicators in relation to the obtained results of the conducted research.*

**Keywords:** introspection, biocybernetic, cumulative retranslation, internet of things, bioinformatics, biochemistry, biocybernetic symbiosis.

#### Для цитирования:

Зимнуров М.Ф., Макшанова А.О. Интроспекция биохимических процессов с использованием биокибернетических методов. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2021. № 02(48). С.128-134. DOI: 10.6060/ivecofin.2021482.543

#### For citation:

Zimnurov M.F., Makshanova A.O. Introspection of biochemical processes using biocybernetic methods. *Ivecofin*. 2021. № 02(48). С.128-134. DOI: 10.6060/ivecofin.2021482.543 (in Russian)

#### ВВЕДЕНИЕ

Биоинформатика — это область, которая позволяет эффективно использовать методы математики, информатики и статистики при решении биологических задач. Основной предпосылкой к ее развитию послужило применение компьютерной техники ещё в 50-60-ых годах. Значительное влияние на этот процесс оказало:

- определение нуклеотидной последовательности инсулина человека Фредериком Сенгером из-за трудоёмкости процесса сравнения нескольких последовательностей на бумаге. Это привело к тому, что Сенгер был у основания масштабного чтения геномов;
- хранение и анализ биологических данных (преимущественно молекулярной биологии), из-за быстрого накопления информации о строении сложных органических полимеров: нуклеиновых кислот, что хранят и передают наследственную информацию, а также белков, которые являются частью процессов ферментации, структурирования и регулирования жизнедеятельности организма.

Повышение мощности вычислительной техники сделало возможным хранение и предоставление доступа любому желающему ещё больших объёмов молекулярно-биологических данных. Биоинформатика задаёт цементирующее начало, так как независимо от того, каким способом получены данные, они всегда впоследствии попадают в компьютер. Для сравнения можно считать, что размер бактериального генома - миллионы нуклеотидов, когда как высшего животно-

го - сотни миллионов или миллиарды. Помимо этого, транскриптомика, изучающая генетическую активность, собирает данные о концентрациях десятков тысяч матричных РНК, а протеомика - о сотнях тысяч пептидов и белок-белковых взаимодействиях [13]. Что в свою очередь позволяет нам переключиться на более высокие уровни абстракции при работе с огромными объемами данных и даже применять алгоритмы систем поддержки принятия решений.

#### АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Будет ли доступны импланты любых видов на потребительском рынке без каких-либо ограничений? Сегодня это один из неразрешимых вопросов прикладной биокибернетики [5]. С другой стороны, если рассматривать живые организмы как многоуровневые и сложноорганизованные кибернетические системы, можно выявить общесистемные свойства помимо специфических особенностей [14]. Одни из основных таких свойством можно считать наличие способа для передачи информации из одной системы в другую [15]. На данный момент самым известным успешным примером является разработка компании "Neuralink", которая способна транслировать активность нейронов в мозге животного и предсказывать результаты дальнейшей активности без деструктивного эффекта. Но для начала стоит рассмотреть элементы человеческого организма, такие как глаза, руки, ноги, костный скелет, мозг и другие внутренние органы [2].

Начнём с глаз. Врождённая слепота - это очень серьёзная проблема. Важно понимать, что если зрительный нерв не повреждён, то это фактически позволяет решить проблему слепоты. Но стоит задуматься, что такие разработки как "Dobelle Eye", "Bionic Vision Australia" и "Photovoltaic retinal prosthesis", подразумевают поддержание состояния деструкции, вместо того чтобы предложить другой способ взаимодействия с окружающим миром. Разработка такого вида нацелена в первую очередь на повторение функционала и устройства органического глаза путём отправки изображения на вживлённый в сетчатку миникомпьютер [17]. Это влечёт за собой потенциальные ошибки на стороне миникомпьютера вместо обработки в едином месте для всех одновременно [19].

Проблемы с осознанием у протезированных рук были исправлены открытием способа подключения к нервной системе напрямую, что позволило улавливать нервные импульсы пользователя и превращать их в рукопожатия, а также прочим операциям мелкой моторики рук [22]. Единственным отличием данного подхода служит то, что протез создаётся путём сканирования конечности пользователя и печатью на 3D-принтере, то есть процесс является сугубо индивидуальным. Однако, в целом, ситуация та же, что и раньше: имитационное назначение утерянной или повреждённой конечности.

Более интересной моделью является замена нижних конечностей, а именно ног. Протезы для бега наследуют общую идею конструкции механизма базовой человеческой ноги, но в то же время предлагают концепцию не имитации, а модернизации посредством использования идей природы, но, воплощая передвижение, как физический процесс. В данном случае скорость больше зависит от инженерного устройства, чем от самого человека [24]. А также потенциально способно снизить нагрузку на сам организм, так как стресс и другие факторы меньше потребляют его ресурсы. Однако недостатком данного устройства является отсутствие полноценного взаимодействия между конечностью и протезом, это напоминает человека, который пользуется транспортом вместо пешей ходьбы, хотя протез и является прочным механизмом со сложной гидравликой и электроникой.

С другой стороны, большая доля нагрузки приходится на скелет человека, что в детском возрасте может спровоцировать заболевания от церебрального паралича до артрита и сколиоза. Временным решением, из-за отсутствия возможности имплантировать кости, является экзоскелет. Небольшая конструкция по весу, к примеру, экзоскелет от компании "ReWalk" весит порядка

четырёх килограмм, хотя, в то же время, имеет мотор, аккумулятор и пульт. Основная задача экзоскелета - это движение парализованного носителя, но нет никаких причин не использовать данное устройство и здоровому человеку.

Что касается других органов, то современный мир превращает их в расходный материал, предоставляя возможности модернизации и замены. Теперь окончание срока эксплуатации не такая критичная проблема, так как такое явление как 3D-биопринтинг имеет повсеместное распространение [21].

Если рассмотреть все устройства, то можно сделать вывод, что их основное предназначение — это попытка повторить какой-либо орган, конечность или имитировать поведение, но, в первую очередь, ориентирование на помощь людям с какой-либо болезнью [12]. В связи с этим биоинформатика перестаёт решать одну из важных задач информатики, такую как минимизация рутинных процессов. Она становится схожей со станком по изготовлению костылей вместо того, чтобы задействовать все возможности информационных технологий.

#### ФОРМИРОВАНИЕ ИНТРОСПЕКЦИИ КАК МЕТОДА УЛУЧШЕНИЯ СИСТЕМЫ

В общем понимании мы можем подразумевать каждый из элементов как систему ввода и вывода, либо же потоковую передачу данных, а, значит, это уже будет подходить для организации хранения и обработки. Как показано на рис. 1, для каждого элемента необходимо подключить своё собственное устройство, которое может как получать информацию от внешнего сервера, так и передавать её туда. Это в свою очередь позволяет полностью отказаться от необходимости вычислений на стороне устройства, полагаясь на делегирование.

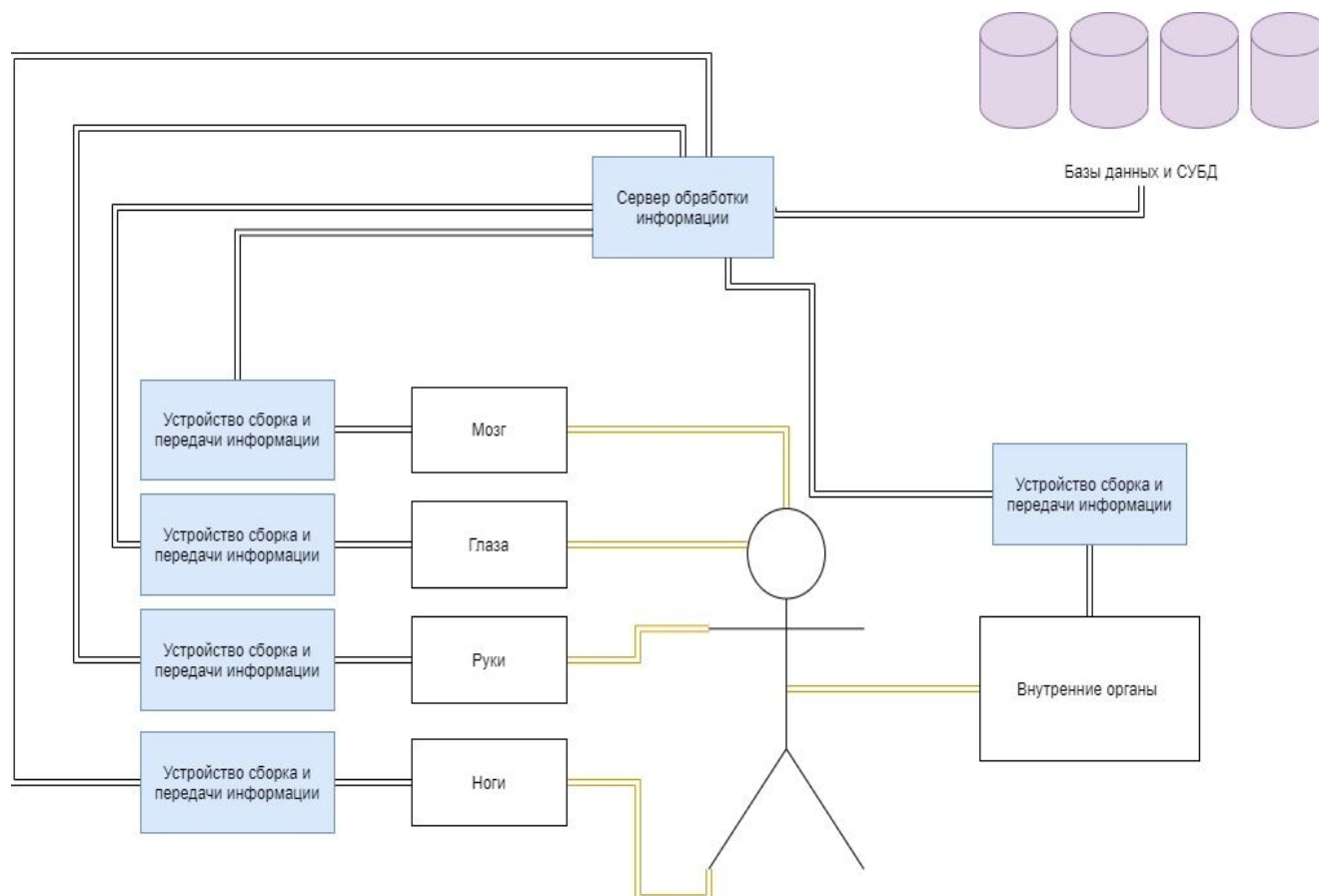
Данный подход позволяет нам разбить технологию на достаточно автономные подсистемы:

- орган;
- устройство сбора информации;
- устройство передачи информации;
- сервер обработки информации.

Интеграция устройства сбора информации и органа является самой важной частью, так как одна из основных задач - это минимизация рисков повреждений, облучений, некроза или каких-либо других отторжений со стороны организма. Самым известным решением на рынке являются глюкометры, которые работают по небезопасному принципу прокалывания, но в то же время, это отличное устройство, используемое для диагностики состояния углеводного обмена у лиц, стра-

дающих сахарным диабетом. Также данный аппарат предоставляет возможность проанализировать состояние организма с минимальным риском для последнего на предмет наличия каких-либо факторов. Глюкометр представляет собой устройство, которое позволяет минимизиро-

вать необходимость присутствия медицинского работника для проведения анализа и определения уровня глюкозы в крови. Одним из основных недостатков глюкометров является риск заражения при использовании устройства [11].



**Рисунок 1. Представление элементов человеческого организма в виде потоковой системы в свободной нотации**

**Figure 1. Representation of the human body parts as a streaming system in free notation**

Иной подход предлагает "Neuralink", американская нейротехнологическая компания, которая активно исследует возможности сканирования мозга с помощью небольших имплантов, размещённых на коре головного мозга, благодаря чему на данный момент они научились практически читать нейронную активность приматов. Но проблемы устройства, точно такие же как у глюкометра. Более того, существует риск получения несанкционированного доступа к мозговой активности третьими лицами.

Параллельно медицинским аппаратам модернизация устройств потребительского сегмента также формирует развитие технологий биоинформатики. Интернет вещей сформировал простые устройства с бесконечным потенциалом роста из-за

простоты и возможностей сферы информационных технологий. Ярким примером служат умные весы, которые могут измерять объем костной массы, уровень мышечной массы, количество жира и т.д. [1]. Всё это производится на основе биоимпендансометрии. Когда человек встает на весы, гаджет пропускает через его тело неощутимый переменный ток, незначительной силы. То же самое делают и умные часы для того, чтобы показать носителю, к примеру, уровень насыщения крови кислородом. Однако одна из опасностей при использовании подобных девайсов - это индивидуальная восприимчивость человека к действию электрического тока, болевой порог; в том числе имеет место необходимость исключения из потенциальных носителей людей с электрокардиостимуляторами, а также беременных женщин [22].

Исходя из всего вышесказанного, следует выделить следующие критерии для устройства сбора данных:

- минимизация негативного воздействия на организм носителя;
- гомеостаз;
- автономность.

Совсем недавно группа ученых из Университета Гутенберга в Германии продемонстрировали «врастающий» под кожу датчик состава крови. Данное исследование позволяет создать вводимое устройство, использующее модифицированные наночастицы из золота, погруженные в биосовместимый гидрогель, в который прорастают живые капилляры. Наночастицы золота обладают способностью сильно поглощать и рассеивать инфракрасное излучение. Данное свойство ученые активно пытаются применить для лечения различных заболеваний, в методах диагностики и науки. Данное соединение при взаимодействии с веществом-маркером способно отображать результаты проводимого анализа на коже носителя [26].

Используя маркеры для анализа крови, можно определить и выводить на кожу информацию о состоянии аллергических или воспалительных процессов, группу крови, уровня тромбоцитов, лейкоцитов и других клеток крови [20].

Расположив маркеры в удобном виде, к примеру, на руке пациента, можно создать мобильное приложение, которое, считывая оттенки цветов с маркеров, способно с максимальной точностью, используя камеры и технологии дополненной реальности, спроецировать состояние организма без посещения врача и нанесения вреда организму [6]. Это может повлиять как на понимание аллергиков в каком окружении они находятся, так и на врачей, что оказывают скорую медицинскую помощь, когда достаточно обратить внимание на состояние маркера, чем долго проводить какую-либо экспертизу. Собирая статистику таких данных, можно с лёгкостью производить корреляции и подключать машинное обучение [3]. Самое главное - это формализовать данные полученные с маркеров, что остаётся вопросом времени [4].

## ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Интроспекция - это подход, который стоит рассматривать в биоинформатике как рефлексивный сбор и анализ полученных данных системы о самом себе. Формализованная информация с использованием технологий дополненной реальности поможет визуализировать важные показатели в живой форме, а применение машинного обучения и искусственного интеллекта - предсказывать дальнейшие изменения показателей и их отклонения от нормы [16]. Измерение содержания кислорода в крови с помощью часов и выведение этого показателя в виде метки на коже представляет собой лишь вопрос времени и дополнительных практических исследований. Чем больше различных данных можно формализовать, тем больше анализа можно провести по отношению к организму [18]. Картины генетических алгоритмов способны продемонстрировать мутации при изменении незначительных показателей внешней среды [7, 8]. Информатика активно развивает внедрение технологий повсюду, главное подобрать верный подход и начинать с интроспекции путём сбора данных о состоянии органов, конечностей, а не путём их имитации [4].

В данной обзорной статье были рассмотрены методики и возможные способы взаимодействия вычислительных устройств и органов, а также конечностей человека. Данное исследование требует дальнейшего развития, так как технология так называемого биокибернетического симбиоза несомненно способна перевернуть современный мир прямо сейчас.

Многие люди все еще убеждены, что введение или вживление каких-либо сторонних устройств внутрь организма является чем-то запрещенным и чрезмерно опасным. Отчасти с этим можно согласиться, ведь многие современные технологии введения и инъекций действительно способны наносить некоторый вред организму. Однако в настоящей работе рассматривается концепция минимально вредоносного устройства, способного оказывать колоссальную помощь человеку. Когда-то задолго до введения вакцин и других инъекций люди погибали в больших количествах от таких, казалось бы, легких заболеваний, как простуда и грипп [9, 10]. Подводя итог настоящего исследования, следует отметить, что будущее несомненно наступило и наука продолжает стремительно развиваться.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Габдрахманов И.Т., Горшков М.В., Тарасова И.А. Клеточный ответ на стресс в панорамной протеомике: контроль ложноположительных результатов. *Биохимия*. 2021. №86 (3). С. 395-408. DOI: 10.31857/S0320972521030088.
2. Стефанов В.Е., Тулуб А.А., Мавропуло-Столяренко Г.Р. Биоинформатика: учебник. М.: Юрайт. 2019. 252 с.
3. Кальгина К.М., Суворов С.В., Царькова Н.И. Обработка и анализ big data в медицинской сфере. *Сб. тр. «Высокие технологии и инновации в науке»*. 2020. С. 109-114.
4. Кокоева Н.Е., Бобков А.В., Кочетков А.В., Аржанухина С.П., Климов Д.А., Шашков И.Г. Сравнительное математическое моделирование теплофизического взаимодействия гранул хлоридов кальция и натрия и снежно-ледяного образования. *Интернет-журнал «Науковедение»*. 2016. №8(6).
5. Орлов Ю.Л., Шадеркин И.А., Лебедев Г.С. Телемедицинские технологии для задач здравоохранения. *Тез. докл. VII Троицкая конференция с международным участием "Медицинская физика" (ТКМФ-7)*. 2020. С. 153-154.
6. Пудеян Л.А., Платонов К.И. Новейшие достижения в сфере нанотехнологий. *Сб. тр. Информационно-коммуникативная культура: наука и образование*. Ростов-на-Дону. 2020. С. 80-83.
7. Haghghi F., Morsali A., Bozorgmehr M.R., Beyramabadi S.A. Nanostructures of PAMAM Dendrimers in Drug Delivery System for 5-Fluorouracil. *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*. 2020. №3(13). С. 309-323. DOI: 10.17516/1998-2836-0184.
8. Ermakov A.V., Lengert E.V., Venig S.B. Nanomedicine and Drug Delivery Strategies for Theranostics Applications. *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Physics*. 2020. №20(2). С. 116-124. DOI: 10.18500/1817-3020-2020-2-116-124.
9. Мазурова Е.М. Социально-философская проблема биоэтики: конфликт новой медицины и традиционных ценностей. *Сб. тр. Актуальные проблемы региональной социологии*. Курск: ЮЗГУ. 2019. С. 85-89.
10. Ерохин А.К., Коваленко С.В. Моральная аргументация рисков использования нанотехнологий в биомедицине. *Социодинамика*. 2019. № 10. С. 44-54. DOI: 10.25136/2409-7144.2019.10.30716.
11. Журавлева И.Е., Котова Е.Ю., Серегина Е.К. Изучение острой, хронической токсичности и безопасности применения суспензии магнитных наночастиц оксида железа в эксперименте на животных. *Сб. тр. Актуальные проблемы развития естественных наук*. М.: Эдитус. 2018. С. 126-130.
12. Биоинформатика: метод во главе угла. <https://scfh.ru/papers/bioinformatika-metod-vo-glave-ugla/>.
13. Что может биоинформатика. [https://mipt.ru/dbmp/student/files/bioinformatics/article/gelfand\\_09102010.php](https://mipt.ru/dbmp/student/files/bioinformatics/article/gelfand_09102010.php).
14. Общие проблемы Биокибернетики. <https://studfile.net/preview/6064873/>.
15. Родионов М.Г. Абстрактные свойства и общие закономерности систем в основе новой теории структур. *Наука о человеке: гуманитарные исследования*. 2013. №2(12). С. 55-63.
16. Деменков П.С., Аман Е.Э., Иванисенко В.А. Associative Network Discovery (AND) – компьютерная система для автоматической реконструкции сетей ассоциативных знаний о молекулярно-генетических взаимодействиях. *Вычислительные технологии*. 2008. №13(2). С. 15-19.
17. Бионический глаз - мифы и реальность. [https://habr.com/ru/company/klinika\\_shilovoy/blog/408829/](https://habr.com/ru/company/klinika_shilovoy/blog/408829/).
18. Ларина И.М., Колчанов Н.А., Доброхотов И.В. Реконструкция ассоциативных белковых сетей, связанных с процессами регуляции обмена и депонирования натрия в орга-

## REFERENCES

1. Gabdrakhmanov I.T., Gorshkov M.V., Tarasova I.A. Cellular response to stress in panoramic proteomics: control of false-positive results. *Biochemistry*. 2021. N86 (3). P. 395-408. DOI: 10.31857/S0320972521030088. (in Russian).
2. Stefanov V.E., Tulub A.A., Mavropulo-Stolyarenko G.R. Bioinformatics: textbook. Moscow: Urajt. 2019. 252 p. (in Russian).
3. Kalgina K.M., Suvorov S.V., Tsarkova N.I. Processing and analysis of big data in the medical field. *Collection of works "High technologies and innovations in science"*. 2020. P. 109-114. (in Russian).
4. Kokodeeva N. E., Bobkov A.V., Kochetkov A.V., Arzhanukhina S. P., Klimov D. A., Shashkov I. G. Comparative mathematical modeling of thermophysical interaction of granules of calcium and sodium chlorides and snow-ice formation // Online Journal "NAUKOVEDENIE" (in Russian) – 2016 – N8(6). (in Russian).
5. Orlov Yu.L., Shaderkin I.A., Lebedev G.S. Telemedicine technologies for healthcare tasks. *Abstracts VII Troitsk conference with international participation "Medical physics" (TKMF-7)*. 2020. P. 153-154. (in Russian).
6. Pudayan L.A., Platonov K.I. The latest achievements in the field of nanoengineering. *Collection of works Information and communication culture: science and education*, Rostov-on-Don. 2020. P. 80-83. (in Russian).
7. Haghghi F., Morsali A., Bozorgmehr M.R., Beyramabadi S.A. Nanostructures of PAMAM Dendrimers in Drug Delivery System for 5-Fluorouracil. *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*. 2020. N3(13). P. 309-323. DOI: 10.17516/1998-2836-0184.
8. Ermakov A.V., Lengert E.V., Venig S.B. Nanomedicine and Drug Delivery Strategies for Theranostics Applications. *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Physics*. 2020. N20(2). P. 116-124. DOI: 10.18500/1817-3020-2020-2-116-124.
9. Mazurova E.M. Socio-philosophical problem of bioethics: the conflict of new medicine and traditional values. *Collection of works Problems of regional sociology*. Kursk: SWSU. 2019. P. 85-89. (in Russian).
10. Erokhin A.K., Kovalenko S.V. Moral argumentation of risks of using nanotechnologies in biomedicine. *Sociodynamics*. 2019. N10. P. 44-54. DOI: 10.25136/2409-7144.2019.10.30716. (in Russian).
11. Zhuravleva I.E., Kotova E.Yu., Seregina E.K. The study of acute, chronic toxicity and safety of the use of a suspension of magnetic nanoparticles of iron oxide in an experiment on animals. *Collection of works Actual problems of the development of natural sciences*. Moscow: Editus. 2018. P. 126-130. (in Russian).
12. Bioinformatics: the cornerstone method. <https://scfh.ru/papers/bioinformatika-metod-vo-glave-ugla/>. (in Russian).
13. What bioinformatics can do? <https://mipt.ru/dbmp/student/files/bioinformatics/article/gelfand09102010.php> (in Russian).
14. General problems of Bio-cybernetics. <https://studfile.net/preview/6064873/> (in Russian).
15. Rodionov M.G. Abstract properties and general patterns of systems based on the new theory of structures. *Human Science: Humanities Studies*. 2013. №2(12). P. 55-63. (in Russian).
16. Demenkov P.S., Aman E.E., Ivanisenko V.A. Associative Network Discovery (AND) — a Computer System for Automatic Reconstruction of Associative Knowledge molecular-genetic interactions. *Computing*. 2008. N13(2). P. 15-19. (in Russian).
17. Bionic eye - myths and reality. [https://habr.com/ru/company/klinika\\_shilovoy/blog/408829/](https://habr.com/ru/company/klinika_shilovoy/blog/408829/) (in Russian).
18. Larina I.M., Kolchanov N.A., Dobrokhoto I.V. Associative protein networks reconstruction associated with the processes of sodium metabolism regulation and deposition in

- низме здорового человека на основе изучения протеома мочи. *Физиология человека*. 2012. №38(3). С.107-115.
19. **Подколотная О.А., Яркова Е.Э., Деменков П.С.** Использование компьютерной системы ANDCell для реконструкции и анализа ассоциативных сетей потенциальных механизмов взаимосвязи миопии и глаукомы. *Информационный вестник ВОГиС*. 2010. №14(1). С. 106-115.
20. **Колчанова Н.А., Гончарова С.С., Лихошвая В.А., Иванисенко В. А.** Системная компьютерная биология. Новосибирск: СО РАН. 2008. 768 с.
21. **Momynaliev K.T., Kashin S.V., Chelysheva V.V.** Functional Divergence of Helicobacter pylori Related to Early Gastric Cancer. *J. Proteome Res.* 2010. N9(1): 254. P. 67. DOI: 10.1021/pr900586w.
22. **Gunbin K.V., Suslov V.V., Turnaev I.I.** Molecular evolution of cyclin proteins in animals and fungi. *BMC Evol. Biol.* 2011. N11. P. 224. DOI:10.1186/1471-2148-11-224.
23. The New Hero of Upper Limb Prosthetics. <https://digitalcommons.augustana.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=biolstudent>.
24. Сверхлюди — скоро ли? <https://habr.com/ru/post/222547/>.
25. **Kaefer Katharina.** Implantable Sensors Based on Gold Nanoparticles for Continuous Long-Term Concentration Monitoring in the Body. *Nano Letters*. 2021. N21(7). P. 3325-3330. DOI: 10.1021/acs.nanolett.1c00887.
- the body of a healthy person based on the study of the urine proteome. *Human physiology*. 2012. N38(3). P.107—115. (in Russian).
19. **Podkolodnaya O.A., Yarkova E.E., Demenkov P.S.** The use of the ANDCell computer system for the reconstruction and analysis of associative networks of potential mechanisms of the relationship between myopia and glaucoma. *Information Bulletin of VOGiS*. 2010. N14(1). P. 106-115. (in Russian).
20. **Kolchanova N.A., Goncharova S.S., Likhoshvaya V.A., Ivanisenko V.A.** Systemic computer biology. Novosibirsk: SB RAS. 2008. 768 p. (in Russian).
21. **Momynaliev K.T., Kashin S.V., Chelysheva V.V.** Functional Divergence of Helicobacter pylori Related to Early Gastric Cancer. *J. Proteome Res.* 2010. N9(1): 254. P. 67. DOI: 10.1021/pr900586w.
22. **Gunbin K.V., Suslov V.V., Turnaev I.I.** Molecular evolution of cyclin proteins in animals and fungi. *BMC Evol. Biol.* 2011. N11. P. 224. DOI:10.1186/1471-2148-11-224.
23. The New Hero of Upper Limb Prosthetics. <https://digitalcommons.augustana.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=biolstudent>.
24. Superhumans - how soon? <https://habr.com/ru/post/222547/> (in Russian).
25. **Kaefer Katharina.** Implantable Sensors Based on Gold Nanoparticles for Continuous Long-Term Concentration Monitoring in the Body. *Nano Letters*. 2021. N 21(7). P. 3325-3330. DOI: 10.1021/acs.nanolett.1c00887.

Поступила в редакцию 15.03.2021  
Принята к опубликованию 30.03.2021

Received 15.03.2021  
Accepted 30.03.2021