

УДК 615.471:617.7

БИОТЕХТОНИКА – НАУКА О СИНТЕЗЕ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**Попечителей Е.П.***Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»,
Санкт-Петербург, e-mail: eugeny_p@mail.ru*

Рассмотрены истоки формирования представлений о биотехнических системах, связанные с расширением познавательных потребностей человека и его естественных ограничений как природного объекта. Определена фундаментальная проблема нового направления как проблема организованного объединения биологических объектов различных видов с техническими устройствами. Выделено несколько исследовательских направлений такого объединения, позволяющих считать их основой для формирования новой научной концепции, объединяющей все проблемы синтеза БТС в рамках единой теории.

Ключевые слова: познавательный процесс, естественные ограничения биологического объекта, биотехнические системы, проблемы подключения технической системы к биологическому объекту, основы синтеза биотехнических систем.

BIOTEKTONIKA - SCIENCE OF SYNTHESIS BIOTECHNICAL SYSTEMS**Popechitelev E.P.***Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI», St. Petersburg, e-mail: eugeny_p@mail.ru*

We consider the sources of the formation of ideas about the biotechnical systems associated with the expansion of cognitive needs of man and his natural limitations as a natural object. It defines the fundamental problem of a new direction as a problem of organized association of biological objects of various kinds of technical devices. It highlighted several areas of research such an association to enable them to be considered the basis for the formation of a new scientific concept, which unites all the problems of the synthesis of the BPS in a single theory.

Keywords: cognitive process, natural limitations of a biological object, biotechnical system, technical system problems connecting to a biological entity, the foundations of synthesis of biotechnical systems.

Введение

Прошло более 30 лет с момента формулировки термина «биотехнические системы» (далее БТС), который был введен профессором В.М. Ахутиным на международной конференции по бионике в сентябре 1975 года в городе Варна (Болгария). Он определил этот класс систем как «совокупность биологических и технических элементов, объединенных в единую функциональную систему целенаправленного поведения». Он же сформулировал и основные их преимущества БТС перед чисто техническими и биологическими системами, которые, по его мнению, «состояли в сочетании положительных качества этих систем при взаимной компенсации их недостатков» [1, 2]. При этом главное внимание в работах проф. Ахутина В.М. и сотрудников возглавляемого им Особого Конструкторского Бюро Биологической и Медицинской кибернетики (ОКБ БИМК), было обращено на системы, в которых главным биологическим объектом, включенным в структуру БТС, был человек. Основной функцией такого человека предусматривалось управление технической системой, которая должна была выполнять определенные задачи с внешними по отношению к БТС объектами – объектами познавательного интереса че-

ловека. Такие системы относились к так называемым эргатическим системам, и были предметом изучения других научных школ, занимавшихся проблемами создания человеко-машинных систем – систем «человек-машина-среда» (СЧМС).

Однако уже в первой монографии «Биотехнические системы. Теория и проектирование», выпущенной под редакцией проф. В.М. Ахутина издательством Ленинградского государственного университета в 1981 году, круг систем биотехнического типа был существенно расширен. В него были включены системы медицинского назначения, в которых в качестве внешнего объекта выступал человек – пациент: описывались диагностические комплексы, позволяющие определить заболевание или нарушения процессов жизнедеятельности разного вида организмов, и терапевтические системы, в которых на пациента оказывались воздействия с целью коррекции и восстановления его состояния. Не остались в стороне системы лабораторных клинических исследований, которые позволяют изучать состояние организма по анализу биологических проб, взятых из его внутренней среды. Далее к области БТС были отнесены вычислительные комплексы по обработке медико-биологической и иной информации

в интерактивном режиме, в котором сам человек определял направления обработки экспериментальных данных на каждом последующем шаге на основании анализа результатов на предыдущем этапе. В поле зрения специалистов по биотехническим системам попали средства реабилитации, экстракорпоральная, протезирующая и имплантируемая техника, связанные с временной или постоянной заменой утраченных естественных органов и систем организма их техническими аналогами. А затем к биотехническим стали относить такие проблемы как: создание новых материалов для вживления в организм, управление средой обитания живых систем, которая оказывается активной, а иногда агрессивной по отношению к ним, контроль продуктов питания, синтез новых лекарственных препаратов, биологических добавок и тому подобных веществ. Изменилось отношение ко всему животному миру, включая задачи биологии, зоологии, ботаники и других наук, изучающих или использующих живые системы, для которых разрабатываются специальные технические средства. Все такие средства следует относить к биотехническим системам, так как при решении всех этих задач требуется учет свойств и параметров живых систем, к которым они подключаются.

Такое расширение не было случайным, оно отражало тот факт, что биологический объект (БО) в структуре и назначении БТС может занимать разное положение, и способы подключения технических средств к нему существенно зависят от роли и задач, решаемых БО. В статье проведен анализ тенденций по расширению этого понятия, предложена его авторская трактовка, в соответствии с которой сформулировано новое направление в области научных исследований и образования – «*биотехтоника*», объ-

единяющее все исследования в этой области в виде единой научной концепции, имеющей фундаментальный характер, – «объединение живого с неживым (искусственным)».

Познавательные интересы человека и его естественные ограничения

Изучая внешний по отношению к себе мир и приспосабливая его в соответствии со своими потребностями, человек сталкивается с множеством проблем познания этого мира, с преодолением многих трудностей, встречающих его на этом пути [3], [4]. Можно представить весь процесс изучения в виде своеобразной диалоговой системы (рис. 1), в которой человек-исследователь (Исс) при желании получить представления о свойствах объекта исследования (ОБИ) должен иметь определенные связи с ОБИ, по которым он отправляет «запрос» на интересующее его свойство и получает «ответ» об этом свойстве. Эти запросы и ответы могут реализовываться разными способами, с помощью разных приемов и методов.

Считается доказанным, что само взаимодействие может быть вещественным, энергетическим и информационным, поэтому и связи должны быть приспособлены к передаче вещества, энергии или информации. Сама передача осуществляется через окружающую оба этих элемента среду, причем имеется в виду, что это не вообще вся природная среда, а та ее часть, которая находится в ближнем окружении Исс и ОБИ, т.е. реальная среда (РС) – среда непосредственно в месте проведения экспериментов. Эта среда активна и оказывает влияние на оба биологических объекта, находящихся в рассматриваемом диалоге, но и эти биообъекты также оказывают влияние на характеристики РС (см. рис. 1, стрелки от РС к ОБИ и Исс).

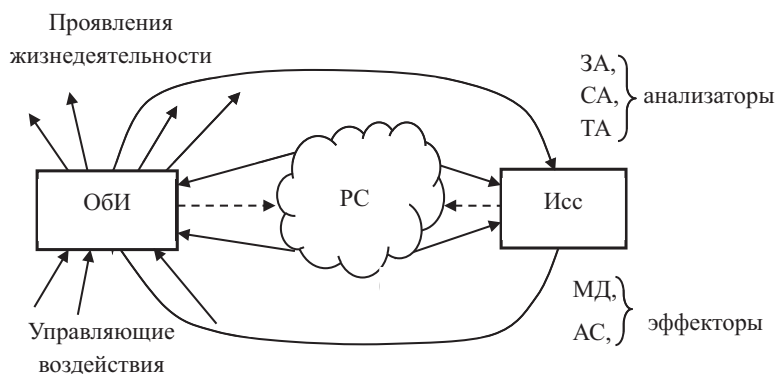


Рис. 1. Модель взаимодействия исследователя с объектом исследования

ОБИ в реальной среде проявляет свою деятельность в разных физических полях, в параметрах которых содержатся сведения о характеристиках и свойствах ОБИ. Однако человек непосредственно реагирует только на такие сигналы, которые воспринимаются его сенсорными анализаторами – органами чувств. Из всех сенсорных анализаторов только зрительный (ЗА), слуховой (СА) и тактильный (ТА) анализаторы обладают свойствами, которые можно использовать для такого взаимодействия. Остальные анализаторы пока трудно приспособить для этих целей, хотя известны варианты их ограниченного использования. Таким образом, существуют *естественные ограничения возможностей по восприятию* поступающей информации, содержащей необходимые для профессиональной работы человека сведения (данные).

Аналогичная ситуация возникает и при анализе возможностей Исс по непосредственному воздействию на ОБИ с целью изменения его состояния. Только две возможности предоставила природа человеку для этих целей: моторную деятельности (МД), связанную с выполнением определенных движений, и акустический сигнал (АС) в виде организованной речи. Следовательно, и здесь необходимо учитывать *естественные ограничения ограниченность способов непосредственных воздействия* со стороны человека на ОБИ. Подобные ограничения характерны для всех представителей живых систем, причем их свойства разнообразны, поэтому подключение к ним технических систем носит весьма специфический характер [5].

На рис. 2 приведена одна из известных моделей процесса познания [3, 4], которая

отражает в нем место и роль средств познания, искусственно создаваемых человеком.

При непосредственном контакте Исс с ОБИ (пунктирная линия на рис. 2), человек может подключить все свои сенсорные и эффекторные образования, чтобы получить полный образ ОБИ. Однако, как уже было отмечено, этого оказывается недостаточно, что говорит об ограниченности возможностей Исс по получению знаний об ОБИ.

Для расширения своих представлений об ОБИ (объект познания) человек (субъект познания) *вынужден* создавать специальные средства познания (СП), которые расширили бы его возможности как при получении информации о свойствах ОБИ, так и при оказании воздействий на ОБИ. Но управлять этими средствами Исс может, только используя свои естественные эффекторы, а воспринимать данные о свойствах ОБИ, используя только три носителя: оптические изображения в видимом спектре, акустические сигналы и тактильные прикосновения. Таким образом, средства познания, которые являются *искусственными, созданными самим человеком и отражающими его представления о том, что и как он хочет изучать*, представляют собой средства *опосредованного изучения* ОБИ. И хотя такие средства предоставляют новые возможности для изучения ОБИ, все равно они не позволяют получить исчерпывающее представление о нем.

Таким образом, Исс формирует в своем сознании только модель ОБИ, которая отражает изучаемый объект, но с тех сторон, которые нужны в данный момент Исс. А сам субъект познания взаимодействует не с самим объектом познания, а с его моделью, которую сам и строит на основании собственных представлений.

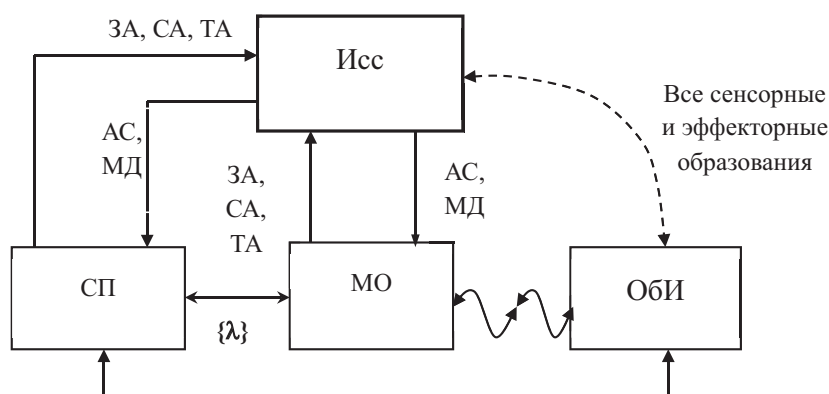


Рис. 2. Место и роль средств познания в диалоге «Исс-ОБИ»

Это очень важное представление об ограниченности знаний Исс об ОБИ. На основании собственных наблюдений и информации, полученной с помощью средств познания, человек формирует в своем сознании только модель объекта познания. Расширение возможностей средств познания, создание новых средств, методов и технологий для изучения ОБИ способствует более глубокому его изучению, но такие процессы только улучшают качество модели, оставая за ее пределами непознанное.

Из всего выше сказанного следует один важный вывод: все, что делает человек, создавая различные технические средства, подчинены его интересам и **отражают его свойства**, как разработчика, изготовителя и пользователя, поэтому в схему на рис. 2 должен быть включен еще один объект – модель объекта познания (МО).

Каналы информационного взаимодействия биотехнических систем

В информационно-технологическом мире, созданном Человечеством, сам человек может выполнять многие функции такие как: анализ и отбор поступающей информации; опознавание и обобщение информации; фильтрация избыточной и устаревшей информации; оценка степени приоритета тех или иных данных; уточнение и получение недостающих данных; формирование и передача команд в исполнительные устройства и т.д. Как следует из этого небольшого перечисления, большая часть функций связаны с информационными процессами, и здесь роль человеческого фактора нельзя преувеличить. Он отвечает за постановку задач и анализ результатов, втянут в процесс выявления взаимовлияния как активный участник, обладающий специфическими свойствами. И он – ответственный за постановку экспериментов, «носитель целостного восприятия, сохранения целостности при расчленении проблемы, при распределении работ, носитель системы ценностей, критериев принятия решений» [4], [5]. При этом невозможно обойтись:

– без обеспечения оптимальных условий для работы и жизнедеятельности, а, следовательно, использование систем диагностики и управления состоянием, обучения, профориентации и профотбора, тестирования и т.п.

– без создания специальных технических средств, позволяющих подключить к

человеку искусственные (технические) комплексы управления сложными системами.

В литературе имеется большое количество изданий, посвященных сравнению возможностей человека и современных технических средств (см., например, [2], [5], [7] и др.). Во всех этих изданиях подчеркивается мысль о том, что человек имеет существенные преимущества перед техническими системами, которые не позволяют исключить его из процесса управления. Но и технические системы за счет скорости, точности и качества выполнения многочисленных операций превосходят человека. Вот здесь и возникает проблема в сочетании положительных качествах этих систем при взаимной компенсации их недостатков. Естественные ограничения возможностей Исс заставляют разработчиков технических средств уделять особое внимание таким средствам, которые позволяют подключить Исс непосредственно к исследовательскому процессу. При этом должны в полной мере учитываться свойства Исс как постановщика задач, управляющего звена всего процесса изучения и ответственного за принятие решений после анализа исследовательской информации. Поэтому необходимы специальные преобразования:

– формы входных воздействий со стороны исследовательских комплексов на человека;

– специальные преобразования его решений в управляющие сигналы, которые поступают от человека в исполнительные устройства.

Такие средства определены в работах проф. В.М. Ахутина как «*логические фильтры преобразователи*» [2], но, на наш взгляд, более точным является рассмотрение таких средств как специфических *каналов информационного взаимодействия* (КИВ) Исс и технической системы [7], [8]. Такие каналы сами по себе являются биотехническими устройствами, так как включают дополнительные узлы технического типа и элементы подсистем организма человека (сенсорные и эффекторные элементы). От реализации КИВ зависит качество работы Исс и достоверность всех информационных процессов в единой биотехнической системе.

При разработке КИВ необходимо выполнить несколько задач [7], [9]:

– обеспечить восприятие информации через сенсорные системы человека, в каче-

стве которых на сегодня могут быть использованы зрительный, слуховой и тактильный анализаторы; т.е. при синтезе КИВ должны быть использованы знания о свойствах этих типов сенсорных систем;

– обеспечить возможность передачи решений Исс по выбору методов и способов управления техническими устройствами, включив для этого в состав КИВ манипуляторы, рассчитанные на реализацию движений Исс; т.е. при синтезе КИВ должны быть использованы знания о свойствах эффекторных систем человека:

– подготовить исследователя к выполнению всех работ, сопровождающих исследовательский процесс: он должен обладать необходимыми навыками и научными знаниями, характеристиками памяти, способами обработки информации, умением управлять процессами мышления, формировать и принимать ответственные решения; здесь большое значение приобретают профориентация и профотбор человека на работу в качестве Исс:

– иметь системы контроля состояния Исс в реальном масштабе времени, чтобы предотвращать его возможные ошибки, вовремя выводить его из контура управления, когда накапливается усталость и его функциональное состояние не соответствует рабочим режимам, решать проблемы организации труда – периодов работы и отдыха.

Из всего выше сказанного следует один важный вывод: все, что делает человек, создавая различные технические средства, подчинены его интересам и *отражают его свойства*, как разработчика, изготовителя и пользователя.

Все искусственные, созданные человеком, средства познания внешнего мира и управления им в соответствии со своими представлениями сегодня связываются с формированием в биосфере новой составляющей – ‘биотехносфера’, которая является *продуктом деятельности человечества*, создающего средства изучения внешнего мира и самого человека, как его элемента. Это некоторая интегральная совокупность всех искусственных устройств, созданных человеком для осуществления трудовой деятельности, с помощью которых происходит развитие всех реальных процессов, протекающих в биосфере. Появилось представление о производственном и экологическом факторах антропогенного происхождения, т.е. формируемых в ходе трудовой деятель-

ности человека. Эти факторы способны вызвать негативные изменения здоровья человека, непосредственно занятого в производственном процессе, и окружающей среды, в которой протекает его жизнь и осуществляется трудовая деятельность. Можно привести множество примеров подобного влияния человеческой деятельности на природные объекты.

Известно несколько научных направлений, связанных с изучением человека и его потенциалов. Но для определения научного направления, которое было бы связано с разработкой любых биотехнических систем такой термин отсутствует. Введенный выше термин «*биотехтоника*», который объединяет в себе два хорошо известных термина – бионика и техника, на наш взгляд, наилучшим образом соответствует этому направлению научных исследований. Предметом изучения биотехтоники становится уже упомянутая выше проблема оптимизации взаимосвязи живого с неживым, а результатом – синтез оптимизированных биотехнических систем целенаправленного поведения.

Высказанные выше соображения привели к введению в новый перечень направлений высшего профессионального образования нового направления «Биотехнические системы и технологии» [10], который одобрен Министерством образования и науки РФ. По этому направлению подготовлен новый стандарт ГОСЗ, в котором среди обязательных дисциплин предусматривается несколько дисциплин медико-биологического цикла, такие как «Системный анализ медико-биологических исследований», «Биофизические и биохимические основы жизнедеятельности», «Технические методы диагностических исследований и лечебных воздействий» и ряд других. Назначение этих дисциплин – дать техническому специалисту представление о свойствах биологического объекта как объекта изучения и управления, к которому подключаются технические устройства. На наш взгляд, определенный объем таких знаний необходим любому специалисту по любому техническому направлению образования, так как все они разрабатывают и создают технические системы и комплексы, которыми управляет человек. Такая дисциплина с условным названием «Биотехнические проблемы инженерной деятельности» может быть включена, например, как обязательная в гумани-

тарный или общеинженерный цикл подготовки.

Заключение

Рассмотренные представления о причинах и особенностях объединения в одной целесообразной системе биологических и технических элементов позволяет с иных позиций рассматривать взаимодействие этих объектов. Возрастает роль представлений о их свойствах и необходимости их взаимной адаптации, при этом важны знания о свойствах биологических объектов, включаемых в биотехническую систему, и возможности техники и технологий на конкретном этапе развития человечества. Новые возможности такого соединения постоянно изменяются по мере развития технологических потенциалов, а это позволяет расширять возможности Человека по изучению, освоению и приспособлению окружающего мира к своим потребностям. Изучение и раскрытие еще неизвестных, и поэтому неиспользуемых возможностей биотехнических систем дает основание для формулировки в технических науках нового научно-технического направления исследований, которое можно определить, например, как *биотехтоника*.

Список литературы

1. Ахутин В.М. Бионические аспекты синтеза биотехнических систем. – В кн.: Информационные материалы: Кибернетика. – 1976. – № 4 (92). – С. 3-26.
2. Биотехнические системы. Теория и проектирование / Ахутин В.М., Немирко А.П., Першин Н.Н., Пожаров А.В., Попечителей Е.П., Романов С.В. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. – 220 с.
3. Попечителей Е.П. Системный анализ медико-биологических исследований. – Саратов: Научная книга, 2009. – 368 с.
4. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа: учебник. – Изд. 2-е, перераб и доп. – СПб: Изд-во СПб ГТУ, 1999.
5. Попечителей Е.П. Человек в биотехнической системе. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006. – 85 с.
6. Общая физиология сенсорных систем. Руководство по биологии и биофизике / В.И. Гуткин, С.П. Серегин, С.Д. Долженков, Н.А. Корневский. Курск. гос. тех. ун-т. – Курск: ОАО «Курск», 2009. – 302 с.
7. Падерно П.И., Попечителей Е.П. Надежность и эргономика биотехнических систем / под общ. ред. проф. Е.П. Попечителя. – СПб.: ООО «Техномедиа» / Изд-во «Элмор», 2007. 264 с.
8. Попечителей Е.П. Каналы взаимодействия биологических и технических звеньев в биотехнических системах // Известия ЛЭТИ. – Вып. 318. – 1982. – С. 14-22.
9. Попечителей Е.П. «Функциональная система» медико-биологических исследований // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – Воронеж. – Т. 8, № 4. – 2009. – С. 806-816.
10. Попечителей Е.П. Становление медико-технического образования в России // Медицинская техника. – 2009. – №2. – С. 1-8.