

## СТОРИНКИ ІСТОРІЇ

**И. П. ПАВЛОВ, В. Ю. ЧАГОВЕЦ: ПРЕДВЕСТНИКИ  
РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ  
В ФИЗИОЛОГИИ****К 140-летию В. Ю. Чаговца****и 85-летию Института медицины труда НАМН Украины****Кальниш В.В., Пышнов Г. Ю.**

ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины», г. Киев

В статье проведен обзор научных работ И. П. Павлова и его ученика В. Ю. Чаговца в плоскости изучения информационной составляющей управлением деятельности мозга и организма в целом, что играет существенную роль в физиологических процессах организма. При этом отмечено, что И. П. Павлов больше внимания уделял целостным поведенческим сторонам функционирования организма, а В. Ю. Чаговец – природе проводимости в различных тканях организма. Вместе работы этих ученых охватывали множество аспектов деятельности организма, что, в последующем, привлекло внимание ученых различных областей физиологической науки: Н. Винера, Н. М. Амосова, М. И. Виноградова, З. М. Золиной, С. А. Косилова, К. М. Смирнова, В. В. Розенבלата, Н. Ф. Измерова, А. Л. Решетюка, Г. В. Фольборта, С. И. Горшкова, А. О. Навакатикяна и др. и дало толчок к дальнейшему развитию научных направлений физиологической кибернетики и физиологии труда.

**Ключевые слова:** физиологическая кибернетика, информационная составляющая, функциональное состояние, физиология труда

Творчество академика И. П. Павлова и его ученика и сотрудника академика В. Ю. Чаговца широко освещается в научной литературе. Однако анализу некоторых аспектов этого творчества, в частности, информационным моделям физиологических процессов, внимания уделено гораздо меньше. Такое положение дел вызвано несколькими причинами. Во-первых, заинтересованность ученых информационными процессами, протекающими в живой системе, проявилась только недавно в связи с бурным развитием информатики и вычислительной техники, широким распространением Интернета. Во-вторых, и это не менее важно, изучение тонких механизмов проявления жизни на молекулярном уровне дало понимание важности не только энергетических и вещественных преобразований в организме и отдельных его частях, но и информационных процессов, не только сопровождающих все ее проявления, но и обеспечивающих само ее существование. В-третьих, процессы управления в организме оказались тесно связанными с успешностью трудовой деятельности человека, что является существенной побудительной причиной для уточнения их многогранных аспектов. В связи с изложенным будет интересно и важно проследить этапы зарождения и дальнейшего развития идей передовых отечественных ученых – И. П. Павлова и В. Ю. Чаговца, являющихся предвестниками формирования и дальнейшего совершен-

ствования физиологической кибернетики и физиологии труда, анализирующих функционирование систем на разных структурных уровнях организма.

Всякий живой организм является системой, способной к саморегуляции и саморазвитию. Как и любая система, он состоит из относительно самостоятельных подсистем, имеющих определенные связи с прочими, с помощью которых осуществляется взаимодействие этих подсистем, направленное на поддержание целостности организма и реализацию его потребностей. Таким образом, основной функцией организма является управление как внутренними взаимосвязями между органами и функциями, так и адаптация к постоянно меняющимся воздействиям факторов среды.

В этом ракурсе физиологическая кибернетика является наукой об общих механизмах управления физиологическими процессами, существенными элементами организации которых являются понимание природы получения, кодирования, хранения, передачи и переработки информации, а также организации интегративных иерархических связей между компонентами живой системы и внешней средой. Кибернетика стремится найти общие черты в явлениях различной природы и на этой основе раскрыть физиологические механизмы функционирования живых систем. Важнейшей задачей этой науки является моделирование структур и поведе-

ния физиологических систем. В настоящее время благодаря развитию вычислительной техники появилась возможность создавать модели, пусть самых элементарных, процессов мышления. Исследуя работу этих моделей, экспериментируя с ними, можно глубже понять природу проявлений высшей нервной деятельности. Такие приемы являются продолжением объективного метода изучения работы мозга, предложенного И. П. Павловым.

Для организации успешного управления в организме объективно существуют так называемые обратные связи, когда информация о состоянии компонента системы, формируемая вследствие воздействия на него различных других составных частей системы, подается на его вход, доставляя ему сведения о результатах его функционирования. Управление с участием отрицательной обратной связи приводит к устойчивому поведению системы, а при управлении с положительной обратной связью начальное возмущение в системе вызывает серию событий, направленных на усиление этого возмущения. Как правило, механизмы положительного и отрицательного управления взаимосвязаны, что, в конечном счете, приводит к гармонизации деятельности живой системы и внешней среды. При управлении с упреждающей связью информация об обнаружении ошибки или возмущения поступает в систему заранее, что позволяет, учитывая инерционность функционирования различных подсистем организма, адекватно регулировать ее состояние с определенной задержкой, необходимой для координации действий заинтересованных подсистем.

Поскольку физиологическая кибернетика имеет дело с общими механизмами управления в организме, она представляет собой, наряду с физиологией и другими науками, теоретическую основу для изучения механизмов формирования работоспособности и влияния трудовой среды на организм человека.

В настоящем исследовании нас в первую очередь будут интересовать информационные процессы, обеспечивающие реализацию физиологических механизмов функционирования живых систем. Поэтому имеет смысл дать определение термина механизм не в утилитарном, механистическом смысле функционирования некоторой машины, устройства, узла и прочее, а в смысле, прежде всего, информационных преобразований, обеспечивающих деятельность живого организма. Итак, под физиологическим механизмом следует понимать объективно существующую последователь-

ность изменений состояния живой системы, ограничивающую степени свободы ее поведения, из которой складывается физиологическое явление.

К сожалению, все аспекты громадного научного наследия И. П. Павлова невозможно проанализировать в небольшом сообщении. Поэтому коснемся только тех аспектов его деятельности, которые наиболее ярко оттеняют его вклад в изучение информационных процессов в живом организме.

Конец XIX и начало XX столетия ознаменовались рядом знаковых достижений в области физиологии. И. М. Сеченов в своей книге «Рефлексы головного мозга» [13] сформулировал мысль о том, что все акты сознательной и бессознательной жизни по способу происхождения являются рефлексами. Однако рефлекторная теория не могла в полной мере отразить все многообразие жизнедеятельности организма, поскольку весь эффект ответного акта организма на любое раздражение был ограничен только целесообразным действием. Рефлекторная теория не могла дать ответ на вопрос о нерациональности выработанного рефлекторного акта, необходимости всегда иметь в центральной нервной системе информацию о степени успешности каждого рефлекторного акта. Положения рефлекторной теории не могли целесообразно объяснить огромную область физиологических явлений, обеспечивающих приспособление животного к коллизиям внешней среды.

Открытие И. П. Павловым существования и механизмов формирования условных рефлексов существенно расширило рамки рефлекторной теории и предопределило начало новой страницы в физиологии. Он исследовал глубокие физиологические механизмы условного рефлекса, позволяющие показать фундаментальные поведенческие стратегии адаптивного поведения человека и животного, использующего в своей деятельности прошлый опыт. Приспособление с помощью условных рефлексов не приводит к изменению структуры нервной системы. Оно является чисто функциональным и сводится к преобразованию течения внутренних процессов организма таким образом, чтобы была обеспечена его целостность при изменении внешних условий в определенных границах. Однако, если эти границы нарушены, осуществляется коренная перестройка всевозможных функциональных или поведенческих реакций организма, ведущих к нормализации процесса его жизнедеятельности. В противном случае он может быть поврежден или погибнет.

Одним из важнейших результатов этого открытия является то, что условные рефлексы носят временный характер, позволяющий формировать животному свою индивидуальную картину мира путем замыкания и размыкания нервных цепей для обеспечения связи между явлениями его внутренней и внешней среды. Иными словами, исследуя формирование и угасание временных условных связей в мозге животного, И. П. Павлов, по сути, имел дело с информационными процессами. Таким образом, не вводя понятия информация, И. П. Павлов фактически исследовал информационные процессы, обеспечивающие приспособительные реакции организма к создавшимся условиям внешней среды.

Подобно тому, как формулирование и количественное уточнение понятия энергия позволило кардинально изменить картину мира при рассмотрении всех явления природы с единой энергетической позиции, так исследования информационных механизмов выработки поведения позволило подойти с единой информационной точки зрения к пониманию многих процессов, происходящих в организме, а также механизмов организации его поведения. Причем количество переданной информации, а также эффект ее воздействия на физиологические процессы в организме и поведение животного не зависит от количества энергии, затраченной на передачу информации.

Высоко оценивая роль И. П. Павлова в науке, создатель кибернетики Н. Винер уже в 40-х годах XX столетия писал: «Реакции, которые наблюдал Павлов, направлены к тому, чтобы довести процесс до успешного завершения или предотвратить катастрофу. Выделение слюны важно для глотания и переваривания пищи, а избегание болезненного раздражения предохраняет животное от телесного повреждения. Таким образом, в условном рефлексе участвует элемент, который можно назвать аффективным тонусом. Этот тонус не обязательно связан с ощущениями удовольствия и боли, и, вообще, он не обязательно должен быть связан с выгодой для животного. Существенно следующее: аффективный тонус пробегает некоторую шкалу от отрицательного значения — «боли» — до положительного значения — «удовольствия», и повышение аффективного тонуса, постоянное или в течение значительного времени, благоприятствует всем процессам, которые в это время совершаются в нервной системе, и дает им вторичную способность повышать еще больше аффективный тонус, а пониже-

ние аффективного тонуса стремится препятствовать всем процессам, происходящим в это время, и дает им вторичную способность понижать еще ниже аффективный тонус» [4, С. 201—202].

Ключевым моментом обеспечения формирования условного рефлекса у животного является обратная связь. Без организации подкрепления вырабатываемого условного рефлекса достичь полезного результата невозможно. Глубокий физиологический анализ механизмов организации условного рефлекса дает возможность установить конкретные способы, которыми нервная система позволяет животному и человеку использовать прошлый опыт для построения своего рационального поведения. Обратная связь, которая является ядром, сутью организации условного рефлекса служит необходимым условием и средством контроля соответствия реального поведения системы ее возможным разнообразным ответам, а также побудительной причиной устранения вероятных несоответствий акта управления и степени уравновешенности внутренних и внешних условий и наличного потенциала саморегулирующейся системы. Обратная связь является гибким и быстродействующим информационным инструментом, позволяющим экономно расходовать энергию животного.

Информационная природа условных рефлексов подтверждается их фундаментальными свойствами. Во-первых, эти реакции приобретаются в процессе жизни индивидуума и не связаны с анатомическими или морфологическими изменениями его тела. Во-вторых, их информационная природа подтверждается тем, что условные рефлексы могут вырабатываться и исчезать. В-третьих, условные рефлексы являются преимущественно функцией коры больших полушарий, где протекают важнейшие информационные процессы. В-четвертых, эти акты формируются при воздействии любых раздражителей, действующих на разные рецептивные поля [1].

И. П. Павлов впервые определил условия и разработал универсальную информационную технологию выработки условных рефлексов. К условиям, многие из которых имеют характер работы с информацией, можно отнести:

- 1) устранение посторонних раздражителей, так как они несут ненужную для данного процесса информацию и могут вызывать торможение условного рефлекса;

- 2) животное, у которого вырабатывается условный рефлекс должно быть здоровым, поскольку

информационные процессы в его организме в этом случае протекают в нормативном русле;

3) при выработке условного рефлекса должна быть выражена мотивация, являющаяся информационным подкреплением действий животного.

Технология выработки условного рефлекса также носит явно информационный характер и состоит из ряда действий [8, 9].

1. Прежде всего, в Павловском учении подчеркивается, что для выработки условного рефлекса необходимо наличие двух раздражителей, один из которых вызывает безусловно-рефлекторную реакцию, а другой (условный) — сигнализирует животному о предстоящем безусловном раздражении. У человека стимул в большей степени имеет информационное направление и связан с его общественным значением. Поэтому образование временных связей с участием второй сигнальной системы играет роль переносчика информации об общественно сформированном опыте.

2. Необходимым принципом для успешной выработки условного рефлекса является достаточная сила безусловного раздражителя, степень проявления которой должна быть выше, чем действие условного. Этот принцип также несет информационную функцию для организма животного.

3. Чаще всего необходимо многократное повторение сочетаний безусловного и условного раздражителей, что указывает на постепенное усваивание новой информации организмом, результатом которого является формирование определенного условного рефлекса.

4. Для выработки условного рефлекса нужно создать специальные условия, когда нейтральный (индифферентный) сигнал слегка опережает раздражитель, который вызывает безусловно-рефлекторную реакцию. Как видно и в этом случае технология имеет оттенок работы с информацией.

5. В качестве условного раздражителя может выступать любой раздражитель внешней или внутренней среды, который должен быть по возможности индифферентным. Информационная составляющая этого требования не вызывает сомнений, поскольку индифферентный раздражитель играет роль своеобразного сообщения информации животному о создавшейся ситуации.

6. В процессе выработки условного рефлекса похожие условные раздражители также вызывают безусловную реакцию. Это свидетельствует о сугубо информационном характере условного раздра-

жителя. Такое явление И. П. Павлов назвал генерализованным условным рефлексом. По мере упрочения условного рефлекса животное постепенно обучается распознавать условный и дифференцировочный раздражители.

7. Если перестать сочетать условный и безусловный раздражители, то можно добиться постепенного угасания условного рефлекса. Такой чисто информационный путь развития торможения выработанного условного рефлекса И. П. Павлов назвал угасательным торможением.

8. В случае многократного применения в одном и том же сочетании двух индифферентных (информационных) стимулов без подкрепления их безусловным раздражителем, а затем выработки на один из них условного рефлекса, на другой раздражитель также появляется условно-рефлекторная реакция. Это явление получило название «сенсорное предобусловливание».

9. На основе ранее выработанных условных рефлексов можно построить новые условные рефлексы, сначала условные рефлексы «второго порядка», затем «третьего» и т. п. Такое формирование условных рефлексов высшего порядка также можно считать некоторой информационной технологией. Следует отметить еще одно достижение И. П. Павлова, иллюстрирующее информационный характер процессов, протекающих в организме животного. Дело в том, что им было показано, что отдельные условные рефлексы можно объединить в определенные специфические комплексы.

Таким образом, идея И. П. Павлова об условном рефлексе была одной из первых попыток, предвосхищавших создание физиологической кибернетики как науки о наиболее общих законах управления в живых организмах.

В 1917 году И. П. Павлов и М. М. Губергриц описали новый безусловный рефлекс, который свойственен всем животным. Суть этого рефлекса состоит в том, что животное, встретив препятствие, старается его преодолеть. И. П. Павлов назвал этот рефлекс «рефлексом свободы». Однако в том случае, когда препятствие не может быть преодолено животным, оно смиряется и формируется «рефлекс рабства». И. П. Павлов писал: «Конечно, рефлекс свободы есть общее свойство, общая реакция животных, один из важнейших прирожденных рефлексов. Не будь его, всякое малейшее препятствие, которое встречало бы животное на своем пути, совершенно прерывало бы течение его жизни. И

мы знаем хорошо, как все животные, лишённые обычно свободы, стремятся освободиться, особенно, конечно, дикие, впервые пленённые человеком. Но факт, так общеизвестный, до сих пор не имел правильного объяснения и не был зачислен регулярно в систематику прирождённых рефлексов» [12, С. 78]. По мнению П. В. Симонова, филогенетической предпосылкой волевого поведения является «рефлекс свободы» [11]. Именно этот рефлекс является самостоятельной формой поведения, для которой препятствие может служить адекватным стимулом. В этом случае именно характер преграды, а не потребность, стоящая перед животным, формируют структуру действий, которые выбираются им в процессе выбора варианта поведения, необходимого для достижения цели.

Информационная природа «рефлекса свободы» неоспорима. В данном случае не материальная потребность, а именно преграда, которая может носить информационный характер, является ключевым моментом формирования «рефлекса свободы». Таким образом, и условный рефлекс, и технология выработки условного рефлекса, и выработка динамического стереотипа, и «рефлекс свободы» имеют существенную информационную составляющую, что позволяет говорить, что исследования И. П. Павлова дали существенный толчок для дальнейшего развития физиологической кибернетики, а И. П. Павлова можно считать предвестником создания кибернетики.

Другим важным предшественником развития физиологической кибернетики был В. Ю. Чаговец. Здесь целесообразно отметить, что в жизни В. Ю. Чаговца есть яркая страница, связанная с его сотрудничеством с И. П. Павловым. Краткая биография крупного ученого сообщает скудные сведения о его жизненном пути, незаслуженно умалчивая о его значительном вкладе в отечественную науку. Василий Юрьевич Чаговец родился 18 (30) апреля 1873 года на хуторе Патычис Роменского уезда Полтавской губернии, ныне Сумская область, советский физиолог, академик АН УССР (1939 г.). Он окончил Военно-медицинскую академию в 1897 году. В. Ю. Чаговец в 1903–1909 годах занимался физиологией в лаборатории И. П. Павлова в Военно-медицинской академии, с 1910 года — профессор и заведующий кафедрой физиологии медицинского факультета Киевского университета (позже Киевского медицинского института). Его основные труды имеют отношение к электрофизиологии. Он

исследовал физико-химическую природу электрических потенциалов в живых тканях и механизм электрического раздражения последних, впервые применив для объяснения этих процессов теорию электролитической диссоциации. Ионная теория происхождения биоэлектрических явлений В. Ю. Чаговца имела большое значение для развития дальнейших исследований механизма возникновения биопотенциалов. В 1906 году В. Ю. Чаговец развил конденсаторную теорию электрического раздражения живых тканей и дал физико-химическое объяснение раздражающего действия электрического тока. В. Ю. Чаговец экспериментально показал, что живые ткани поляризуются под влиянием электрического тока, определил величины электрической емкости для некоторых тканей.

В своих работах В. Ю. Чаговец прозорливо сформулировал мысль о ценности математического метода в анализе физиологических явлений: «Если обратиться к изучению того пути, идя по которому физиология достигла столь большого успеха, то легко убедиться, что это был путь эксперимента, путь опыта. Только овладевши экспериментальным методом, физиология в состоянии была установить целый ряд биологических законов, регулирующих отношения между живой материей — с одной стороны, и действующими на нее факторами внешней неодушевленной природы — с другой. Однако, устанавливая с несомненностью строгую зависимость между этими двумя категориями явлений, то есть между живым организмом и окружающей его средой, экспериментальный метод, тем не менее, представляет одну слабую сторону, а именно, он очень часто оказывается не в состоянии дать возможность судить об интимном характере этой зависимости и о том, принимают ли во взаимодействии между рассматриваемыми двумя явлениями участие, кроме рассмотренных в данном случае, еще какие-либо неизвестные факторы или нет. Сознывая это, физиологи уже не раз делали попытки воспользоваться для своей цели и другим не менее важным методом, которым располагает научная мысль, а именно методом математическим. Преимущества этого метода заключаются в том, что, устанавливая некоторую причинную зависимость между двумя или несколькими явлениями, он дает в то же время возможность решать вопрос не только о том, в какой форме выражается эта зависимость между ними, но также и в какой мере одно из них зависит от других, и таким образом позволяет

в некоторых случаях совершенно исключить из данного взаимодействия те или иные моменты, участие которых можно было бы здесь предположить» [16, С. 471–472]. Таким образом, В. Ю. Чаговец одним из первых использовал метод математической обработки экспериментально полученных медико-биологических данных, что впоследствии стало известным и нарицательным понятием как «доказательная медицина». Такой подход существенно обогатил физиологическую науку и медицину в частности, поскольку переводил ее из области созерцательно-эмпирической в фундаментально-практическую плоскость.

В начале прошлого века Василий Юрьевич резюмировал: «...Ясно видно, какое громадное значение при изучении биологических законов, установленных путем эксперимента, может иметь математический их анализ, применение которого в настоящее время значительно облегчается благодаря успехам, полученным за последние годы в этом направлении физико-химией. Его главное и неопределимое преимущество заключается в том, что, устанавливая не только качественную, но и строго количественную зависимость между жизненными проявлениями живого вещества и наличностью совершающихся в нем физико-химических процессов, он тем самым устраняет возможность допущения для объяснения этого взаимодействия разного рода вспомогательных гипотез чисто спекулятивного характера, применение которых, не внося по существу в науку ничего нового, только усложняет и без того трудную задачу изучения жизни. И чем скорее примем мы за культивирование этого метода в области биологических наук, тем будет лучше» [16, С. 475].

Двумя годами позже в своей фундаментальной работе «Электрофизиология нервного процесса» Ю. В. Чаговец сформулировал теорию процесса нервного возбуждения и проведения нервного импульса по периферической и центральной нервной системе. В ней он предложил «электрическую» и «гидравлическую» модели, в которых рассматривались случаи контактного строения центральной нервной системы или при непрерывном переходе отростков нервных клеток и нервных волокон одного в другое. Подобные вопросы возникали в связи с тем, что в то время еще недостаточно была изучена морфология нервной ткани и еще не были определены закономерности проведения нервного импульса в этой ткани.

В рамках настоящего обсуждения нас будут интересовать приемы мысленного информацион-

ного моделирования изучаемых Ю. В. Чаговцем процессов, дающих определенные ответы на поставленные вопросы. Например, в случае существования непосредственного перехода между отростками нервных клеток в периекстраллярных сплетениях и других подобных случаях, им была предложена следующая информационная модель: «В этом последнем случае мы будем иметь дело с обстановкой, аналогичной той, как если бы мы конец телеграфного кабеля соединили с целым рядом проводников или конденсаторов большой емкости, перепутанных в самом причудливом порядке между собой и соединенных целой сетью разнообразно переплетающихся проволок. При зарядке такого телеграфного кабеля процесс происходил бы, очевидно, таким образом, что сначала зарядились бы до более или менее значительного потенциала ближайшие, соединенные с концами кабеля конденсаторы, в то время, как потенциал более отдаленных сначала возрастал бы очень мало, затем постепенно заряджение распространялось бы на всю систему соединенных с кабелем конденсаторов, и, в конце концов, стационарное состояние наступило бы тогда, когда вся система была бы заряжена до одного и того же потенциала, равного потенциалу у начала кабеля. Чем больше емкость находящихся на конце кабеля проводников и конденсаторов, тем дольше будет продолжаться процесс зарядки, и в определенном случае, когда емкость эта бесконечно велика по сравнению с емкостью самого кабеля, мы будем иметь перед собой такой же случай, как при соединении конца с землей» [16, С. 416–417].

Естественно, что с позиций современной нейробиологической науки предложенная модель выглядит очень упрощенной. Однако в то время такое информационное моделирование дало существенный толчок к пониманию сложных процессов, происходящих в тканях организма. Поэтому совершенно очевидно, что описывая подобную модель работы коры головного мозга, Ю. В. Чаговец практически впервые в отечественной науке применил метод кибернетического моделирования сложного процесса передачи импульса по нервному волокну.

Одно из основных свойств любой живой системы — реактивность, то есть способность отвечать реакцией на воздействия (раздражения) внешней среды. Это свойство присуще любой клетке и всему организму в целом. Оно лежит в основе процессов восприятия, переработки и передачи информации.

На раздражение многие клетки организма (нервные, мышечные, некоторые секреторные) отвечают специфическим процессом — возбуждением. Раскрытие механизмов возбуждения клетки — одно из наиболее крупных достижений биологии XX века, и эти работы по праву были отмечены рядом Нобелевских премий. Основоположниками этого направления можно считать отечественных ученых Н. Е. Введенского, В. Ю. Чаговца, немецких исследователей Г. Германа, Ю. Бернштейна [7, 10, 14].

Первая попытка применения теории электролитической диссоциации к объяснению механизмов биоэлектrogenеза принадлежит В. Ю. Чаговцу в бытность его студентом третьего курса Санкт-Петербургской Военно-медицинской академии. Чаговец 14 мая 1896 года выступил в Русском физико-химическом обществе с докладом «О применении теории диссоциации Аррениуса к электромоторным явлениям на живых тканях». Через год после окончания Академии он опубликовал эту работу в «Неврологическом вестнике» (1898 г.). Последующие публикации В. Ю. Чаговца по электрофизиологии следовали одна за другой (1898 г., 1903 г., 1906 г.), объясняя и дополняя фундаментальные механизмы электрофизиологии клетки.

Одной из первых теорий происхождения биоэлектрических потенциалов была диффузионная теория отечественного физиолога В. Ю. Чаговца (1896 г.), основанная на теории электролитической диссоциации Аррениуса. В. Ю. Чаговец установил, что в раздражаемом участке возбудимой ткани (мышца, нерв) повышается обмен веществ и усиленно образуется  $H_2CO_3$ , которая быстро диссоциирует на положительно заряженные ионы  $H^+$  и отрицательно заряженные анионы  $HCO_3^-$ . Из этого участка ионы  $H^+$  быстро диффундируют по всей ткани, а  $HCO_3^-$  — медленно, в результате чего возникает разность потенциалов между нормальными и раздражаемыми участками ткани [15].

В дальнейшем Ю. Бернштейном (Julius Bernstein, 1902 г.) была сформулирована мембранно-ионная концепция электрогенеза живых тканей, а в 1908 году была опубликована модель В. Нернста. Все эти представления были развиты исследованиями ряда других ученых (Hodgkin F. L., Huxley A. F., 1939 г.; Boyle P. J., 1952 г.; Conway E. J., 1941 г. и др.) и привели к современным представлениям (модель Гольдмана-Ходжкина-Катца) о происхождении потенциала покоя и потенциала действия в клетках возбудимых тканей.

Наряду с изучением электролитической диссоциации и объяснением механизмов биоэлектrogenеза В. Ю. Чаговцу принадлежит первенство в изучении биоэлектрических явлений в желудке при деятельности его секреторного аппарата, что стало возможным лишь после того, как В. Ю. Чаговец обратился к павловскому методу работы на оперированных животных в условиях хронического эксперимента. В опытах на собаках с желудочной фистулой и эзофаготомией во время «многого» кормления мясом была обнаружена тесная связь между величиной биоэлектрического потенциала и секреторной деятельностью железистого аппарата желудка, выражающаяся падением потенциала (уменьшения силы входящего тока) при возникновении желудочной секреции. Прекращение отделения желудочного сока вызывало возвращение показателей потенциала к исходным величинам. В. Ю. Чаговец и его сотрудники (А. И. Венчиков, Л. Л. Гиждеу, Е. С. Стальненко, Е. А. Столярская) при кормлении собак с простыми фистулами дна желудка получали типичные ЭГГ, дающие возможность судить о характере желудочной секреции, а также установили связь между голодными сокращениями желудка и величиной его биоэлектрического потенциала [2, 5, 6].

Приведенные данные показывают, что благодаря трудам В. Ю. Чаговца и его сотрудников был накоплен большой материал по всестороннему изучению биоэлектрических явлений, происходящих в желудке в условиях хронического эксперимента.

При изучении теории электролитической диссоциации для выяснения природы электрических явлений в живых тканях, В. Ю. Чаговец пришел к заключению, что биоэлектрические потенциалы возникают в результате разницы концентрации электролитов в ткани. В дальнейшем В. Ю. Чаговец развил представление, что основу раздражения нерва составляет изменение концентрации ионов в раздражаемом участке. Каждая энергосистема и орган связаны со своей группой активных нервных скоплений (акупунктурных точек), среди которых есть так называемые репрезентативные точки (те, которые несут максимум достоверной информации о своей системе). Именно их и следует использовать в диагностических методиках [3]. То, что диагноз различных заболеваний человека можно поставить не только на основании органических изменений в организме, которые выявляются при проведении различных клинических обследований или выяснении жалоб пациента, но и на основании функциональных

нарушений, было открыто еще Р. Дюбуа в 1857 году. Затем функциональной зависимостью акупунктурных точек с системами организма занимались: И. Р. Тарханов — 1889 г.; В. Ю. Чаговец — 1903 г.; С. Вейдман — 1956 г. Дальнейшее изучение этого вопроса (А. К. Подшибякин — 1952–1960 гг.; И. Накатани — 1958 г.; А. И. Нечушкин — 1973 г.; Ф. Г. Портнов; П. Ножье; Р. Фолль; И. Брату и др.) позволило разработать и утвердить различные электронные диагностические методики. Таким образом, В. Ю. Чаговец стоял у истоков современной электрорефлексотерапии, и внес свою научную лепту в новое направление психофизиологического воздействия на человека с целью коррекции его функционального состояния.

С именем В. Ю. Чаговца и его сотрудников связано научное обоснование возможности применения электрогастрографии для изучения у человека в комплексе с другими методами исследования, функционального состояния желудка в норме и при различных заболеваниях.

В. П. Горев, один из сотрудников и учеников В. Ю. Чаговца в экспериментальных условиях, а также в клинике, проводя исследование биотоков кожи (по Тарханову) с одновременным определением биопотенциалов желудка, установил, что при воздействии на кору головного мозга строго и закономерно одновременно отмечались изменения биопотенциалов желудка и кожи [2].

Таким образом, приведенные факты показывают, что знаменательная деятельность отечественного электрофизиолога В. Ю. Чаговца способствовала развитию не только клинической электрогастрографии, но и других направлений электрофизиологии [14, 17–19].

Особо необходимо подчеркнуть, что И. П. Павлов и В. Ю. Чаговец изучали различные информационные аспекты деятельности организма. Если И. П. Павлов больше внимания уделял целостным

поведенческим сторонам функционирования организма, то В. Ю. Чаговец — природе проводимости в различных тканях организма. Вместе работы этих ученых охватывали множество аспектов деятельности организма, что, в последующем, привлекло внимание ученых различных областей физиологической науки: представителей кибернетики Н. Винера, Н. М. Амосова и других; представителей физиологии труда М. И. Виноградова, З. М. Золину, С. А. Косилова, К. М. Смирнова, В. В. Розенבלата, Н. Ф. Измерова, А. Л. Решетюка, Г. В. Фольборта, С. И. Горшкова, А. О. Навакатикяна и др.

В заключение следует отметить, что для становления нашего института приглашение академика В. Ю. Чаговца в качестве заведующего лаборатории физиологии труда, а фактически научного руководителя всего Киевского института гигиены труда и профзаболеваний, явилось мощным импульсом для создания направлений научной деятельности, что определило работу учреждения на длительную перспективу, а также способствовало созданию новой школы физиологов труда. Под его руководством прошли становление как ученые-физиологи и блестящие организаторы Н. К. Витте, В. П. Горев, М. В. Лейник, В. А. Нови, С. И. Фудель-Осипова, Е. Я. Янкилевич и др. Можно с уверенностью констатировать, что В. Ю. Чаговец создал собственную научную ветвь на древе Павловской школы — школу физиологов-гигиенистов.

С приходом в Институт академика А. О. Навакатикяна, известного гигиениста, физиолога и патофизиолога, ученика П. К. Анохина, продолжателя бессмертного учения И. П. Павлова, произошло слияние двух ответвлений Павловской школы и укрепление новой дисциплины — физиологии труда как научного направления, которая и поныне продолжает отстаивать принципиальные положения учения великих корифеев, а именно экспериментального методологического подхода в психофизиологии труда.

5. Воронцов Д. С. В. Ю. Чаговец — основоположник сучасної електрофізіології / Д. С. Воронцов. — К.: Вид-во КДУ ім. Т. Г. Шевченка, 1957. — С. 43.

6. Воронцов Д. С. Общая электрофизиология / Д. С. Воронцов. — М., 1961.

7. Гальвани А. Избранные работы о животном электричестве / А. Гальвани, А. Вольта. — М. — Л., 1937.

8. Дудкин К. Н. Принципы высшей нервной деятельности И. П. Павлова — надежный фундамент современной когнитивной нейрофизиологии / К. Н. Дудкин // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. — 2001. — Т. 87, № 6. — С. 829 — 846.

## Литература

1. Беритов И. С. Общая физиология мышечной и нервной системы / И. С. Беритов. Т. 1–2. — М., 1959. — С. 663.

2. Борин Я. В. Академик В. Ю. Чаговец — основоположник отечественной электрогастрографии (к 100-летию со дня рождения) / Я. В. Борин // Организация здравоохранения и история медицины. — 1973. — С. 133–135.

3. Брейзье М. Электрическая активность нервной системы; пер. с англ. / М. Брейзье. — М., 1955.

4. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине / Винер Н. — М.: Наука, 1983. — 340 с.

9. Дудкин К. Н. И. П. Павлов и нейрофизиология познавательных процессов / К. Н. Дудкин.– СПб.: Изд-во ИФ им. И. П. Павлова РАН, 2007.– 296 с.

10. Костюк П. Г. Физиология центральной нервной системы / П. Г. Костюк.– [2 изд.]– К., 1977.

11. Мазур Ю. О. О воле: к вопросу о тематизации проявлений воли в периоды жизненных кризисов / Ю. О. Мазур // ЧФ: Социальный психолог.– 2009.– № 2.– С. 42–48.

12. Павлов И. П. Рефлекс свободы / Павлов И. П.– СПб.: Питер, 2001.– 432 с.

13. Сеченов И. М. Физиология нервной системы / И. М. Сеченов, И. П. Павлов, Н. Е. Введенский // Избранные труды. Вып. 1. Под общей редакцией академика К. М. Быкова.– М.: Государственное издательство медицинской литературы, 1952.– С. 143–211.

14. Ходоров Б. И. Общая физиология возбудимых мембран (Руководство по физиологии) / Б. И. Ходоров.– М., 1975.

15. Чаговец В. Ю. Очерк электрических явлений на живых тканях с точки зрения новейших физико-химических теорий. Вып. 2 / В. Ю. Чаговец.– СПб., 1903.– 96 с.

16. Чаговец В. Ю. Избранные труды в одном томе / В. Ю. Чаговец.– К.: Из-во АН УССР, 1957.– 513 с.

17. Erlanger J. Electrical signs of nervous activity / J. Erlanger, H.S. Gasser.– Phil., 1937.

18. Schaefer H. Elektrophysiologie / H Schaefer.– 1940.– Bd. 1-2.– P.42.

19. Hubbard J. Electrophysiological analysis of synaptic transmission / J. Hubbard, R. Llinas, D. Quastel.– L., 1969.

**Кальниш В. В., Пишнов Г. Ю.**

## **І. П. ПАВЛОВ, В. Ю. ЧАГОВЕЦЬ: ПЕРЕДВІСНИКИ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ НАПРЯМІВ У ФІЗІОЛОГІЇ**

### **До 140-річчя В. Ю. Чаговця та 85-річчя Інституту медицини праці НАМН України**

У статті наведено огляд наукових робіт І. П. Павлова і його учня В. Ю. Чаговця в площині вивчення інформаційної складової управління діяльності мозку і організму в цілому, що відіграє суттєву роль у фізіологічних процесах організму. При цьому зазначено, що І. П. Павлов більше уваги приділяв цілісним поведінковим сторонам функціонування організму, але В. Ю. Чаговець – природі провідності в різних тканинах організму. Разом роботи цих вчених охоплювали безліч аспектів діяльності організму, що надалі привернуло увагу вчених різних областей фізіологічної науки: М. Вінера, М. М. Амосова, М. І. Виноградова, З. М. Золіної, С. О. Косилова, К. М. Смирнова, В. В. Розенблата, М. Ф. Измерова, О. Л. Решетюка, Г. В. Фольборта, С. І. Горшкова, О. О. Навакатікяна та ін. і дало поштовх до наступного розвитку наукових напрямів фізіологічної кібернетики та фізіології праці.

**Ключові слова:** фізіологічна кібернетика, інформаційна складова, функціональний стан, фізіологія праці

**Kalnysh V., Pyshnov G.**

## **I. P. PAVLOV, V. Y. CHAGOVETS: PRECURSORS OF DEVELOPMENT OF MODERN DIRECTIONS OF PHYSIOLOGY**

### **(to 140<sup>th</sup> anniversary of V. Y. Chagovets and 85<sup>th</sup> anniversary of the Institute for Occupational Health of NAMS Ukraine)**

The paper presents a review of I. P. Pavlov's scientific works and those of his follower V. Y. Chagovets in the fields of studying an information constituent in management of brain activity and the human body in general, playing a significant role in physiological processes. It was stated that if I. P. Pavlov paid more attention to integrity sides of the body functioning, V. Y. Chagovets was mostly interested in the nature of conduction in various body tissues. In total, works of these scientists covered many aspects of the body functions, involving scientists of various branches of physiological science in future to study similar problems. These were: N. Viner, N. M. Amosov, M. I. Vinogradov, Z. M. Zolina, S. A. Kasilov, K. M. Smirnov, V. V. Rosenblat, N. F. Izmerov, A. L. Reshetyuk, G. V. Folbort, S. I. Gorshkov, A. O. Navakatikyan and others, resulting in the impact to further development of scientific directions in physiological cybernetics and physiology of work.

**Key words:** physiological cybernetics, information constituent, functional state, physiology of work

*Поступила: 18.11.2013 г.*

**Контактное лицо:** Пишнов Г. Ю., лаборатория психофизиологии труда, ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины», д. 75, ул. Саксаганского, г. Киев, 01033. Тел.: +38 0 44 289 46 05.