

**ИСТОРИЯ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ В СПОРТЕ**

**ТАМБОВЦЕВА Р.В.  
Д.б.н., профессор  
РГУФКСМиТ, МОСКВА**

# ИСТОРИЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ СПОРТА

- **Началом биоэнергетических исследований** в классическом понимании, следует считать работы известного французского испытателя Антуана Лавуазье.
- Лавуазье был гениальным ученым своего времени, внесшим немалый вклад в становлении естественных наук (фундаментальный «закон сохранения веществ», открытый им в XVIII веке, хотя и после М.В.Ломоносова, но независимо от него).
- В 1789 г. Лавуазье проводит исследование, посвященное газообмену организма человека в покое. Для этих целей была построена специальная камера, куда помещался человек, и были проведены первые эксперименты по газоанализу.
- **СЛЕДУЕТ ПОМНИТЬ**, что научно обоснованное понимание биоэнергетики невозможно без **БИОХИМИИ**.
- Биохимия зародилась в начале XIX века в рамках органической химии. Окончательное отделение биохимии от органической химии произошло в 40-х годах, когда российский профессор А.И.Ходнев издал первый учебник по биохимии.
- До конца XIX столетия, новая наука биохимия, в основном, занималась наработкой и классификацией первичных данных по обмену веществ в живых организмах, исследуя при этом организм в состоянии покоя.
- В конце XIX столетия работавший в Лейпцигском университете немецкий ученый К. Цунц предложил теорию, согласно которой при мышечной деятельности в организме человека происходят те же биологические процессы, что и в состоянии покоя, а работа лишь активизирует их. **Это умозаключение было грубой ошибкой.**
- Потребовались опыты на спортсменах в самых различных режимах мышечной деятельности.
- Поэтому должен был появиться человек, который в начале XX века написал следующую фразу: «Наибольшее количество сконцентрированных физиологических данных содержится не в книгах по физиологии, а в мировых рекордах по бегу».

■ *Антуан Лоран Лавуазье, выдающийся французский ученый, родился 26 августа 1743 г. в Париже. Он, как и М.В. Ломоносов последовательно применял для решения основных проблем химии теоретические представления и методы физики своего времени, что позволило достигнуть очень важных научных результатов.*

*Большой заслугой Лавуазье является приведение в систему огромного фактического материала, накопленного химией. Он разработал рациональную химическую номенклатуру, произвел точную классификацию всех известных в то время веществ (элементов и химических соединений).*

*Умер в 1794 году.*



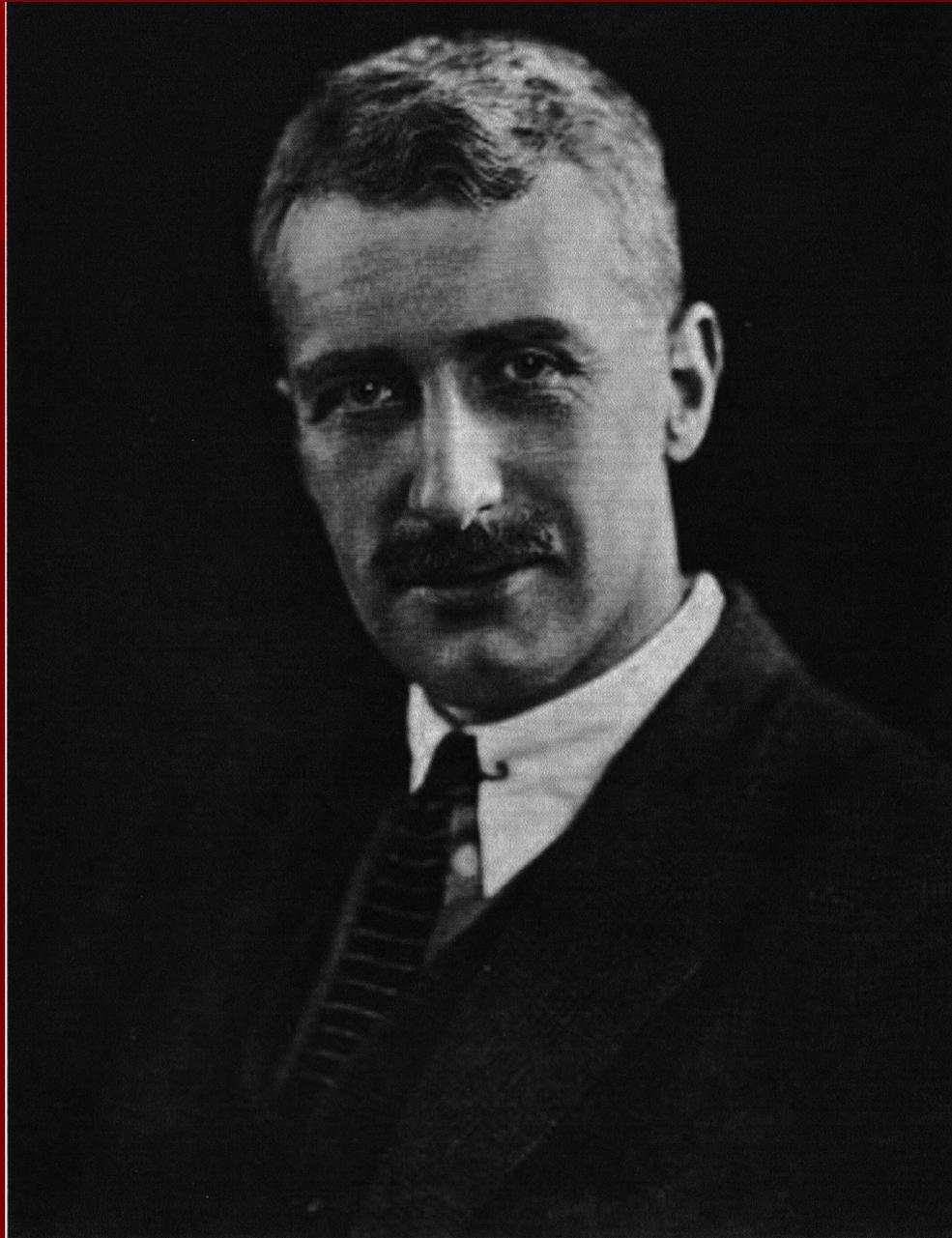
## ИСТОРИЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ СПОРТА

- Этим человеком был англичанин АРЧИБАЛЬД ВИВЬЕН ХИЛЛ, который за исследования в области биоэнергетики стал Нобелевским лауреатом.
- А пока в 1913 г. Вышла «итоговая» работа Бенедикта и Кэтскарта ( «Muscular Work») и состоялся Международный конгресс по физиологии мышечной деятельности.
- Известный российский биохимик М.И.Виноградов в своей книге «Очерки по энергетике мышечной деятельности человека», вышедшей весной 1941 г., пишет, что всю историю биоэнергетики можно условно разделить на два периода – до Хилла и после него.
- Именно А.В. Хилл положил конец «цунцевским» заблуждениям. Именно он- первый понял, что одним лишь физиологическим подходом (замер давления крови, ЧСС и.т. д.) плюс внешние проявления газообмена невозможно выявить принципиальную разницу между метаболизмом состояния покоя и активной мышечной деятельностью.
- А.В.Хилл был одним из тех, кто понимал, что для выяснения истинной картины требуется серьезные биохимические исследования и еще до проведения подобных исследований высказал гениальную мысль о том, **МЫШЕЧНАЯ РАБОТА РАЗНОЙ МОЩНОСТИ ДОЛЖНА ОБЕСПЕЧИВАТЬСЯ ПРИНЦИПИАЛЬНО РАЗЛИЧНЫМИ по своей сути МЕТАБОЛИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ.**
- Расцвет экспериментальных разработок А.В.Хилла приходится на 20-е годы.
- Среди его достижений особо следует выделить открытие, экспериментальное подтверждение (на легкоатлетах-бегунах) и теоретическое обоснование такого принципиально важного понятия, как **КИСЛОРОДНЫЙ ДОЛГ.**
- В 1924 г. Хилл делает еще одно принципиальное открытие. Он устанавливает экспериментально факт продолжающегося повышения концентрации молочной кислоты в крови после окончания тяжелой мышечной работы.

## **АРЧИБАЛЬД ВИВЬЕН ХИЛЛ**

- Выдающийся британский ученый, заложивший основы современной биохимии, физиологии и биоэнергетики спорта. В 1921 году он вместе с Отто Мейергофом был удостоен Нобелевской премии в области медицины и биологии за разработку и экспериментальное обоснование «молочнокислой теории мышечного сокращения». В 1929 году после открытия Лундегардом первичной роли АТФ в процессах мышечного сокращения А.Хилл обратился в Нобелевский Комитет с письмом, в котором предложил снять с них присужденную ранее нобелевскую премию, поскольку выдвинутая ими «молочно-кислая теория мышечного сокращения» не выдержала испытания под влиянием вновь открывшихся экспериментальных фактов. Нобелевский Комитет, обсудив письмо А.В.Хилла, ответил ему, что хотя «молочнокислая теория мышечного сокращения» не выдержала испытания временем, все экспериментальные факты, положены в ее основу, не потеряли научного значения. Вплоть до настоящего времени А.В.Хилл остается единственным из всех ученых, занимавшимся спортивными науками, кому было присуждено почетное звание Нобелевского лауреата.
- Мне довелось встречаться с А.В.Хиллом в 1964 году на научном Конгрессе в Токио, где он выступал с пленарной лекцией на одном из заседаний конгресса. Я презентовал ему свою статью о динамике молочной кислоты у спортсменов при напряженной мышечной деятельности, которую он одобрил, и рекомендовал мне продолжить исследования в этом направлении (Волков Н.И.).

*Арчибалд Вивьен Хилл*



## ИСТОРИЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ СПОРТА

- Однако это открытие («повышение концентрации молочной кислоты в крови после окончания работы») сыграло роковую роль в жизни А.В.Хилла. Оно привело к появлению очередной ошибочной теории: Молочную кислоту ( $C_3H_6O_3$ ), этот остаточный метаболит гликолитического процесса, Хилл принял за основной субстрат, обеспечивающий мышечную деятельность человека.
- С этих позиций Хилл рассматривал анаэробный процесс как первичный (дающий энергию), а аэробный, как вторичный (обеспечивающий восстановление через окисление); для молочной кислоты им даже был придуман соответствующий термин – «регулятор окисления» (governor of oxydation).
- Сторонники этой теории разработали тактическую концепцию стайерского бега, в соответствии с которой длинную дистанцию следовало бежать рывками. Считалось, что во время рывка организм подпитывается энергией и далее какое-то время может работать на этой энергии.
- Кроме этой принципиальной ошибки у А.В.Хилла был еще один существенный просчет: результаты отдельных колориметрических исследований на изолированной мышце он распространял (простым суммированием) на группы мышц и на весь организм в целом, получая при этом заведомо неверные данные.
- **НЕ ОШИБАЕТСЯ ТОТ, КТО НИЧЕГО НЕ ДЕЛАЕТ.**
- В 1925 г. А.В.Хилл, еще не подозревавший о своих просчетах, принимает приглашение ведущего американского биоэнергетика профессора Дэвида Б.Дилла и в течение года путешествует по США, выступая с лекциями в крупнейших университетах, рассказывая о своих открытиях и проведенных им экспериментах.
- В 1928 г. А.В.Хиллу была присвоена Нобелевская премия.

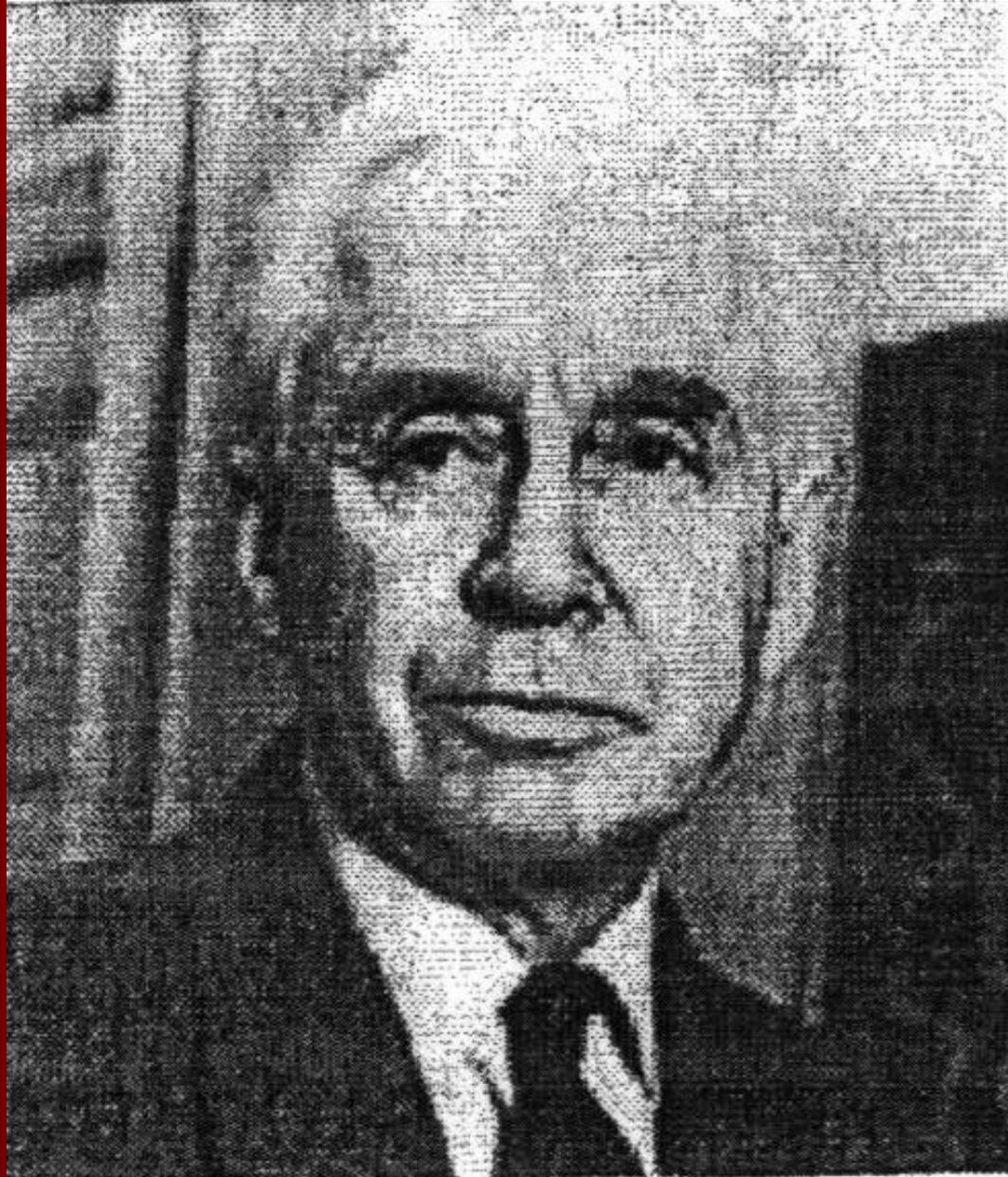
## **ИСТОРИЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ СПОРТА**

- В 1922 г. Потомственный академик А.В.Палладин (его отец В.И.Палладин – один из основоположников биологической теории окисления был академиком еще в царские времена) пришел к выводу о существенной роли КРЕАТИНА в химизме мышечного сокращения.
- Немецкий биохимик Густав Эмбден, работавший во Франкфуртском университете, своими экспериментами (1925-1927 гг.), доказал, что при анаэробном режиме мышечной деятельности энергия черпается не из окисляющихся углеводов и не из молочной кислоты, а из некой неизвестной реакции. Это была первая «мина замедленного действия», заложенная под «теорию молочной кислоты» Хилла.
- В 1927 г. Чета английских ученых Эглетонов обнаружили в мышце ФОСФАГЕН, то есть какую-то производную фосфора.
- В 1927 г. Ц.Фиске и Ю. Субароу экспериментально доказали, что этот фосфаген является продуктом соединения креатина с фосфорной кислотой и назвали его – КРЕАТИНФОСФАТ. Так было открыто вещество, которому суждено было сыграть важную роль в биоэнергетике.
- Наиболее сильным сторонником А.В.Хилла в Европе являлся немецкий ученый Отто Мейергоф. В 1932 г. А.В.Хилл выступает с фундаментальной статьей «Революция в мышечной физиологии», в которой он подводит итоги своим исследованиям и делает попытку согласовать свои выводы с новейшими данными.
- Однако наступление экспериментальной науки продолжалось.
- В 1932 г. Российский академик В.А.Энгельгард открыл явление дыхательного фосфорилирования, то есть образование фосфатных соединений в результате окисления субстратов при помощи кислорода, поступающего в организм в процессе дыхания. Эксперименты В.А.Энгельгарда позволили построить недостающий «мостик» от процессов окисления к функциям органов.

## *В.А.Энгельгард*

- **Один из основателей и организаторов отечественной биохимии и молекулярной биологии. В первом номере журнала «Теория и практика физической культуры» за 1927 год, опубликовал обзорную статью о работах Арчибальда Хилла и произошедшей революции в мышечной физиологии. Основываясь на обобщении накопленных к тому времени результатов экспериментальных исследований, выдвинул постулат о темпоральных взаимодействиях, происходящих метаболических процессов во время работы и восстановления, которые в последующем в теории и практике физиологического исследования в спорте получили наименование «правило Энгельгарда», в том что, чем быстрее совершаются биохимические процессы в организме при работе, тем быстрее происходит их восстановление в период отдыха после завершения работы. В.А.Энгельгард в 1933 году установил связь между процессами образования макроэргических фосфорных соединений и интенсивностью происходящих процессов в клетке. В 1948 году вместе с С.И.Любимовой он в деталях изучил ферментативные свойства сократительного белка миозина и установил его первенство в активности мышечного сокращения.**

*В.А.Энгельгард*



## *История биоэнергетики спорта*

- В 1931-1934 гг. академик А.В.Палладин с сотрудниками осуществляет целый ряд опытов на кроликах, имеющих исключительно «спортивное» значение. Было экспериментально доказано уменьшение выделения молочной кислоты под влиянием тренированности. Если у нетренированных кроликов стандартная работа увеличивала содержание молочной кислоты в крови на 106%, то у тренированных только на 40% (в 2,5 раза меньше). Эти данные также шли вразрез с теорией Хилла.
- В 1933 г. Тот же эффект, но в отношении рН и  $\text{CO}_2$ , был впервые обнаружен российскими учеными Г.Владимировым, Г.Дмитриевым и А.Уринсоном. Следует подчеркнуть, что на этот раз опыты проводились уже не на кроликах, а на людях.
- В 1934 г. Немецкий ученый Карл Ломан открыл реакцию дефосфоризации между АТФ и креатином. Сегодня она известна как КРЕАТИНФОСФОКИНАЗНАЯ РЕАКЦИЯ .
- В 1930 г. Шведский ученый Эрик Лундсгард предложил термины: «лактацидный», то есть связанный с окислением молочной кислоты (которую в то время еще считали основой биоэнергетики) и «алактацидный», то есть связанный с веществом иной, нелактатной природы.
- В 1934 г. Р.Маргария, Д.Дилл, Х.Эдвардс провели эксперименты по разделению частей кислородного долга. В арсенале биоэнергетиков появились термины лактатный и алактатный.
- Эксперименты, проведенные в США Р.Маргария, Д.Диллом, Х.Эдвардсом показали, что погашение открытого А.Хиллом кислородного долга (происходящее при восстановлении спортсмена после напряженной мышечной работы), осуществляется по двум направлениям. В первую очередь, небольшой объем кислорода расходуется на восстановление запасов креатинфосфата в клетках работающих мышц (посредством упоминавшейся выше, открытой В.А.Энгельгардом, реакции дыхательного фосфорилирования. Эта меньшая часть кислородного долга получила название алактатной.

## ***Р.Маргария***

- **Один из классиков мышечной биоэнергетики свою принадлежность к числу ведущих специалистов в этой научной дисциплине, пограничной между биохимией и физиологией мышечной деятельности, он начинал в конце двадцатых годов прошлого столетия. Осваивал аспирантский курс в Кембридже под руководством А.В.Хилла. Завершал свое биоэнергетическое образование профессор М.Маргария под руководством Д.Л.Дилла в лаборатории утомления Гарвардского университета. Экспериментальное исследование биохимической природы феномена кислородного долга, которое М.Маргария выполнил в содружестве с Д.Л.Диллом, вошло в теорию и практику физиологии спорта как основополагающая концепция двойственной природы анаэробной работоспособности человека, дифференциально отражающей в себе участие в общей биоэнергетике напряженной мышечной работы креатинфосфокиназной реакции (алактатный анаэробный процесс) и анаэробного гликолиза (гликолитический анаэробный процесс).**
- **Очное знакомство с профессором М.Маргария у меня произошло в июне 1969 года, когда он приехал в г.Ленинград для участия в Международном симпозиуме по физической работоспособности. Он с интересом воспринял мой доклад, посвященный кинетическому анализу кислородного долга, и мы совсем уж подружились с ним, когда я презентовал ему значок с кудрявым молодым Лениным. Это его очень тронуло, поскольку оказалось, что в Италии он находился в составе коммунистической партии с 1926 года. При консультациях профессора М.Маргария в начале семидесятых годов прошлого столетия, мы активно опробовали и внедряли в лабораторную практику стандартизированный метод оценки максимальной анаэробной работоспособности при работе на велоэргометре (Волков Н.И.).**

# Р.Маргария



## История биоэнергетики спорта

- Вторая большая часть кислородного долга идет на постепенную ликвидацию накопившейся при работе молочной кислоты, которая частично окисляется, а частично откладывается в печени и мышцах, превращаясь там в гликоген. Эта большая часть кислородного долга получила название лактатной.
- В этом открытии вместе с американскими учеными участвовал Роберт Маргария - итальянец. Р.Маргария в 20-х годах был стажером у Д.Дилла и после много лет проработал в Штатах.
- В 1937 г. Английский ученый Д.Милликен экспериментально доказал, что переносчиком кислорода внутри клетки является миоглобин. Оказалось, что гемоглобин крови осуществляет транспорт кислорода только до клеточной мембраны, а далее, внутри клетки, непрерывно действует «Миоглобиновый челнок», доставляющий молекулы  $O_2$  к митохондриям.
- В 1939 г. В.А.Энгельгард вместе с М.Н.Любимовой установили экспериментальным путем **ПРИНЦИПИАЛЬНУЮ РОЛЬ АТФ** в химизме мышечного сокращения. Была дописана недостающая формула АТФ-азной реакции. Экспериментально было доказано, что получающийся в результате гидролиза АТФ остаток энергии (в размере 8 ккал с одной грамм-молекулы  $H_3PO_4$ ) переходит не в тепловую, а в механическую энергию, обеспечивающую сокращение мышцы. Стало ясно, что основным реагентом биоэнергетических процессов является АТФ (а не молочной кислоты).
- Когда известие об этом открытии дошло до А.В.Хилла, то в 1940 г. Он обратился в Нобелевский комитет с заявлением, в котором добровольно отказывался от лауреатства ввиду совершенной им научной ошибки. Нобелевский комитет, рассмотрев заявление, пришел к выводу, что лишать А.В.Хилла Нобелевской премии не следует, т.к. помимо ошибок у него имеются неоспоримые заслуги перед наукой.

## ***ИСТОРИЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ СПОРТА***

- **Р.Маргария, вернувшись после мировой войны на родину, подвел итог многолетним исследованиям ученых разных стран, в которых впервые дает законченную конечную систему энергообеспечения организма человека при различных режимах мышечной деятельности.**
- **Р.Маргария констатирует, что основным субстратом, необходимым для сокращения мышц, является АТФ и в организме человека существуют четыре различных варианта воспроизводства (ресинтеза) АТФ, определяемых уровнем мощности производимой работы.**
- **Так же как М.И.Виноградов, Р.Маргария называет эти различные биоэнергетические процессы – источниками энергии.**
- **В качестве первого источника, функционирующего при максимально мощной физической работе, Р.Маргария впервые выделяет фосфагенный ресинтез АТФ, то есть получение АТФ из креатинфосфата в результате креатинфосфокиназной реакции. В качестве второго источника Р.Маргария назвал анаэробный гликолиз, т.е. получение АТФ из гликогена бескислородным путем.**
- **В качестве третьего источника энергии Р.Маргария обозначил аэробный углеводный ресинтез АТФ, то есть получение АТФ из гликогена при помощи реакции дыхательного фосфорилирования.**
- **Четвертым источником энергии служит аэробный липидный ресинтез АТФ, то есть получение АТФ из липидов при помощи реакции дыхательного фосфорилирования.**
- **В 50х П.О.Астранд и Ирма Риминг исследовали максимальные возможности потребления кислорода организмом человека при соответствующих режимах мышечной деятельности.**
- **В 1954 г. ими была предложена номограмма для практического определения показателя МПК при помощи велоэргометра или степ-теста.**

## ***ИСТОРИЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ СПОРТА***

- Шведский ученый Т.Шестранд, проводивший исследования в Каролинском университете г. Стокгольма, предложил к использованию тест  $PWC_{170}$  (Physical Working Capacity -170), характеризующий мощность физической работы при пульсе 170.
- Учитывая, что прямой замер показателя МПК сопровождается изнурительными нагрузками, были разработаны формулы, позволяющие аналитически определить уровень МПК по тесту  $PWC_{170}$ , предусматривающему щадящие нагрузки.
- В 1964 г. Американский биохимик К.Вассерман предложил для нового показателя официальный термин ПАО (порог анаэробного обмена).
- В 1964 г. Впервые была опубликована графическая интерпретация системы энергообеспечения, предложенной Р.Маргариа. Был изображен спектр биоэнергетических источников в спринтерском диапазоне мышечной деятельности. Это сделал один из ведущих ученых биохимиков Н.И.Волков.
- Н.И.Волков предложил для скорости передвижения (или мощности), соответствующей уровню МПК, термин критическая скорость или критическая мощность.
- В конце 70х американский исследователь Джеймс Скинер предложил еще один критерий – аэробный порог (АП). Аэробный порог – это такой уровень гомеостаза, начиная с которого регистрируется увеличение исходного содержания лактата в крови (10-20 мг%).
- В конце 70х была уточнена роль митохондрий в энергетическом метаболизме. Было обнаружено, что митохондрии способны размножаться делением, что особенно сильно проявляется под воздействием определенных видов нагрузки (связанных с выносливостью).

## *История биоэнергетики спорта*

- В начале 80х была представлена концепция САКСА. Суть открытия сводилась к обнаружению «креатинфосфатного челнока», доставляющего фосфат от митохондрий к миофибриллам. Согласно с данной концепцией креатинфосфатный ресинтез АТФ функционирует постоянно.
- В первой половине 80х г. В работах ведущих биохимиков были обоснованы такие понятия, как мощность и емкость метаболических процессов.
- Под мощностью подразумевается расход превалирующего субстрата в единицу времени. Емкость характеризуется запасами данного субстрата в организме спортсмена и адекватна работе, которую можно выполнить на этом «топливе».
- К началу 90х многие исследователи пришли к выводу о локализации основных метаболических путей ресинтеза АТФ на основных типах мышечных волокон.
- После 1975 г. Наступил период более детального, углубленного изучения биоэнергетических процессов на клеточном уровне, в результате которого был сделан ряд важных открытий.

■ **БЛАГОДАРЮ**

■ **За**

■ **ВНИМАНИЕ**