ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА БУФЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Абдурахмонов Анваржон Абдулазиз угли,

Толибов Камолиддин Бегзод угли,

Абдусаломов Сардор Абдусаматович

Студенты 1-го курса лечебного факультета Самаркандского государственного медицинского университета

Научный руководитель:

Кодиров Бехзод Гофурович

Ассистент кафедры медицинской химии

Самаркандского государственного медицинского университета

Самарканд, Узбекистан

Аннотация. В статье освещаются влияние биологически активных веществ на функционирование буферных систем организма человека, их роль в поддержании кислотно-основного равновесия, а также биохимические основы этих процессов. Стабильность внутренней среды организма имеет важное значение для активности ферментов, клеточного метаболизма, обмена электролитов и нормального протекания физиологических процессов. Проанализированы химические свойства бикарбонатной, фосфатной, белковой и гемоглобиновой буферных систем, а также взаимодействие этих систем с аминокислотами, ферментами, витаминами, минеральными веществами и метаболитами. Рассмотрено, как изменения обмена биологически активных веществ влияют на кислотно-основное равновесие и каковы механизмы развития ацидоза и алкалоза. Представленные сведения служат важной теоретической основой для понимания значения буферных систем в медицинской химии, биохимии, физиологии и фармации.

Ключевые слова: биологически активные вещества, буферная система, кислотно-основное равновесие, бикарбонат, фосфат, гемоглобин, белки, ферменты, метаболизм, ацидоз, алкалоз.

THE EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON THE BUFFER SYSTEMS OF THE HUMAN BODY

Abdurakhmonov Anvarjon Abdulaziz ugli,

Tolibov Kamoliddin Begzod ugli,

Abdusalomov Sardor Abdusamatovich

First-year students of the Faculty of General Medicine,

Samarkand State Medical University

Scientific Supervisor:

Kodirov Bekhzod Gofurovich

Assistant Lecturer, Department of Medical Chemistry, Samarkand State Medical University

Samarkand, Uzbekistan

Abstract. This article highlights the effects of biologically active substances on the functioning of buffer systems in the human body, their role in maintaining acid–base balance, and the biochemical foundations of these processes. The stability of the body's internal environment is essential for enzyme activity, cellular metabolism, electrolyte exchange, and the normal functioning of physiological processes. The chemical properties of the bicarbonate, phosphate, protein, and hemoglobin buffer systems are analyzed, along with the interactions of these systems with amino acids, enzymes, vitamins, minerals, and metabolites. The article examines how changes in the metabolism of biologically active substances affect acid–base balance and the mechanisms underlying the development of acidosis and alkalosis. The information presented provides an important theoretical basis for understanding the significance of buffer systems in medical chemistry, biochemistry, physiology, and pharmacy.

Keywords: biologically active substances, buffer system, acid–base balance, bicarbonate, phosphate, hemoglobin, proteins, enzymes, metabolism, acidosis, alkalosis.

Введение

Жизненно важные процессы, протекающие в организме человека, осуществляются в определённых физико-химических условиях. Нормальная деятельность клеток, скорость ферментативных реакций, обмен веществ,

образование энергии и структурная стабильность биологических молекул непосредственно зависят от кислотно-основного состояния внутренней среды. Поэтому поддержание концентрации ионов водорода в определённых пределах является одной из важных физиологических функций организма.

Показатель pH крови обычно поддерживается в диапазоне 7,35–7,45. Значительные изменения этого значения могут отрицательно влиять на активность ферментов, проницаемость клеточных мембран, а также деятельность сердечно-сосудистой и нервной систем [1, 2]. Такая стабильность обеспечивается согласованной работой буферных систем, лёгких и почек.

Буферные системы ограничивают резкие изменения pH под действием кислот или щелочей. Лёгкие регулируют выведение углекислого газа, а почки участвуют в поддержании равновесия посредством выведения ионов водорода и реабсорбции бикарбонат-ионов.

Биологически активные вещества участвуют во многих этапах этих процессов. Белки и аминокислоты способны связывать или отдавать протоны. Ферменты ускоряют метаболические реакции, витамины в составе коферментов обеспечивают обмен веществ, а минеральные ионы участвуют в регуляции электролитного баланса и активности ферментов. В связи с этим изучение взаимосвязи биологически активных веществ и буферных систем является актуальной задачей медицинской химии и биохимии.

Цель исследования

На основе научной литературы проанализировать влияние биологически активных веществ на функционирование буферных систем организма человека, химические и физиологические механизмы поддержания ими кислотно-основного равновесия, а также их медицинское значение.

Материалы и методы исследования

Статья носит теоретико-аналитический характер. Были изучены научные источники по медицинской химии, биохимии и физиологии, химические уравнения буферных систем и механизмы регуляции кислотно-основного равновесия. Использованы методы сравнения, обобщения и биохимического анализа. Прямое и

опосредованное влияние биологически активных веществ на буферные системы оценивалось с учётом их химических свойств и функций в метаболизме.

Основные буферные системы организма и их значение

Буферная система - это химическая система, которая препятствует резкому изменению pH раствора при добавлении небольшого количества сильной кислоты или щёлочи. Обычно она состоит из слабой кислоты и её сопряжённого основания либо слабого основания и его сопряжённой кислоты.

Свойства буферной системы описываются уравнением Гендерсона-Гассельбаха:

$$\mathbf{pH = pKa + \log([A^-]/[HA])}$$

Здесь pKa - отрицательный десятичный логарифм константы диссоциации слабой кислоты, $[A^-]$ - концентрация сопряжённого основания, [HA] - концентрация слабой кислоты.

В организме имеется несколько основных буферных систем, каждая из которых выполняет важные функции в определённой биологической среде.

Бикарбонатная буферная система

Бикарбонатная буферная система является одной из важнейших буферных систем плазмы крови. Её действие основано на равновесии между углекислым газом, водой, угольной кислотой и бикарбонат-ионами:

$$\mathbf{CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-}$$

Важную роль в ускорении этой реакции играет фермент карбоангидраза. Бикарбонат-ионы связывают избыток ионов водорода, ограничивая резкое снижение pH. Лёгкие поддерживают работу этой системы посредством выведения углекислого газа, а почки - посредством регуляции содержания бикарбоната.

Фосфатная буферная система

Фосфатная буферная система основана на равновесии между однозамещёнными и двузамещёнными фосфат-ионами:

$$\mathbf{H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}}$$

Фосфатный буфер имеет важное значение во внутриклеточной жидкости и почечных канальцах. В почках фосфат-ионы связывают ионы водорода, способствуя

их выведению с мочой. Этот механизм участвует в удалении из организма избытка кислот.

Белковая и гемоглобиновая буферные системы

Аминогруппы, карбоксильные группы и некоторые боковые цепи белков способны связывать или отдавать протоны. Поэтому белки вносят вклад в буферную ёмкость биологических жидкостей.

Гемоглобин, находящийся в эритроцитах, не только переносит кислород, но и участвует в поддержании кислотно-основного равновесия. В тканях углекислый газ поступает в эритроциты, где его часть превращается в бикарбонат-ионы. Часть образовавшихся ионов водорода связывается гемоглобином. В лёгких связывание кислорода с гемоглобином влияет на обмен протонов и способствует выведению углекислого газа [1, 3].

Влияние биологически активных веществ на буферные системы

Биологически активные вещества регулируют химические реакции в организме и воздействуют на кислотно-основное равновесие посредством различных механизмов. Некоторые из них непосредственно участвуют в обмене протонов, тогда как другие изменяют скорость и направление метаболических процессов.

Аминокислоты и белки

Аминогруппы и карбоксильные группы аминокислот обусловливают их амфотерные свойства. В кислой среде аминогруппа может протонироваться, а в щелочной среде карбоксильная группа может отдавать протон. В этих процессах участвуют также боковые цепи некоторых аминокислот.

Имидазольная группа гистидина имеет важное значение для связывания и отдачи протонов в физиологических условиях. Поэтому присутствие гистидина в составе гемоглобина и других белков способствует проявлению их буферных свойств.

Белки плазмы крови, например альбумин, также взаимодействуют с ионами водорода и участвуют в поддержании стабильного pH плазмы. Следовательно, белки выполняют не только структурные и транспортные функции, но и играют важную роль в поддержании кислотно-основного равновесия организма.

Ферменты и коферменты

Ферменты как биологические катализаторы ускоряют метаболические реакции. Их активность зависит от значения pH среды: изменение pH может изменять состояние ионизации групп в активном центре фермента.

Карбоангидраза занимает особое место в работе бикарбонатной буферной системы. Она ускоряет реакцию углекислого газа с водой и участвует в процессах образования угольной кислоты и бикарбоната.

Витамины группы В входят в состав коферментов многих ферментов. Например, производные тиамина, рибофлавина и ниацина играют важную роль в обмене углеводов и других веществ. Дефицит этих витаминов может нарушать отдельные метаболические пути. В результате может изменяться равновесие между образованием и утилизацией метаболитов, что опосредованно влияет на кислотно-основное состояние.

Минеральные вещества и электролиты

Ионы натрия, калия, хлора, магния, кальция и фосфата участвуют в обеспечении нормальной клеточной функции, активности ферментов и поддержании электролитного баланса.

Бикарбонат-ионы являются одним из основных буферных компонентов крови и вместе с ионами натрия формируют ионный состав внеклеточной жидкости. Распределение ионов калия внутри и вне клеток взаимосвязано с кислотно-основным состоянием. При ацидозе и алкалозе могут возникать изменения обмена калия, однако их направление зависит от причины нарушения и состояния организма.

Фосфат-ионы участвуют во внутриклеточном буферировании и выведении ионов водорода почками. Магний является необходимым кофактором для функционирования многих ферментов.

Таким образом, минеральные вещества необходимы для поддержания нормального химического состава буферных систем и функционирования регулирующих их физиологических механизмов.

Метаболические процессы и кислотно-основное равновесие

В результате обмена углеводов, жиров и белков в организме образуются различные метаболиты. Изменение их количества может влиять на кислотно-основное равновесие.

При обмене углеводов глюкоза в процессе гликолиза расщепляется до пирувата. В определённых условиях может усиливаться образование лактата и повышаться его концентрация в крови. Увеличение количества лактата может свидетельствовать о нарушении равновесия между его образованием и утилизацией и в некоторых случаях сопровождается метаболическим ацидозом.

При обмене жиров образуются кетоновые тела. При недостатке инсулина или длительном голодании их количество может увеличиваться. Избыточное накопление ацетоацетата и бета-гидроксибутирата может приводить к снижению запаса бикарбоната и развитию метаболического ацидоза.

Распад белков и обмен аминокислот также связаны с образованием соединений, обладающих кислотно-основными свойствами. Печень участвует в переработке этих метаболитов, а почки - в выведении ионов водорода и восстановлении запаса бикарбоната.

Буферные системы ограничивают влияние кислот, образующихся в ходе метаболических процессов, на pH. Однако при чрезмерной кислотной нагрузке или нарушении функции почек и лёгких буферных механизмов может оказаться недостаточно.

Клиническое и фармацевтическое значение буферных систем

Оценка кислотно-основного равновесия имеет большое значение для диагностики многих заболеваний и наблюдения за состоянием пациента. Значение pH артериальной крови, парциальное давление углекислого газа и концентрация бикарбоната используются для дифференциации респираторных и метаболических нарушений.

Ацидоз связан с процессами, приводящими к снижению pH крови, а алкалоз - с процессами, вызывающими его повышение. Эти нарушения могут иметь метаболические или респираторные причины. При их оценке лабораторные

результаты анализируют совместно с клиническими симптомами и общим состоянием пациента [2, 4].

В фармации буферные растворы применяются для поддержания pH лекарственных средств в заданных пределах. Значение pH среды влияет на химическую стабильность препарата, его растворимость и в некоторых случаях биодоступность. Буферные компоненты выбирают с учётом свойств лекарственного вещества и способа применения.

Буферные растворы имеют большое значение и в лабораторных исследованиях. Контроль pH среды необходим для проведения ферментативных реакций, анализа биологических образцов и стандартизации аналитических методов.

Обсуждение

Взаимосвязь биологически активных веществ и буферных систем включает многоэтапные механизмы. Белки и аминокислоты проявляют буферные свойства непосредственно, связывая или отдавая протоны. Ферменты, витамины и минеральные вещества воздействуют преимущественно через метаболические реакции, обмен электролитов и механизмы физиологической регуляции.

Поскольку бикарбонатная буферная система тесно связана с функцией лёгких и почек, она занимает важное место в поддержании общего кислотно-основного равновесия организма. Фосфатный, белковый и гемоглобиновый буферы дополняют этот процесс в различных биологических средах.

При развитии метаболического ацидоза или алкалоза буферные системы действуют как первичный защитный механизм. Однако их возможности ограничены, поэтому для поддержания равновесия в течение длительного времени необходима нормальная работа лёгких и почек. Следовательно, влияние биологически активных веществ следует оценивать не только в рамках отдельных химических реакций, но и с учётом взаимосвязанных биохимических систем всего организма.

Заключение

Биологически активные вещества имеют важное значение для функционирования буферных систем организма человека и поддержания кислотно-основного равновесия. Их влияние реализуется посредством непосредственных

химических реакций, метаболических процессов и механизмов физиологической регуляции.

Бикарбонатная, фосфатная, белковая и гемоглобиновая буферные системы ограничивают резкие изменения концентрации ионов водорода. Аминокислоты и белки участвуют в связывании и отдаче протонов. Ферменты и витамины обеспечивают нормальное протекание метаболических реакций, а минеральные вещества поддерживают электролитный баланс и клеточную функцию.

Метаболиты, образующиеся при обмене углеводов, жиров и белков, могут влиять на кислотную нагрузку организма. Наряду с буферными системами важную роль в этих процессах играют лёгкие и почки.

В целом изучение взаимодействия биологически активных веществ и буферных систем является важной теоретической основой для понимания биохимических механизмов метаболических нарушений, совершенствования лабораторной диагностики и фармацевтических технологий.

Список использованной литературы:

1. Hall J. E., Hall M. E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th ed. Philadelphia: Elsevier, 2021.

2. Boron W. F., Boulpaep E. L. Medical Physiology. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier, 2017.

3. Nelson D. L., Cox M. M. Lehninger Principles of Biochemistry. 8th ed. New York: Macmillan Learning, 2021.

4. Hamm L. L., Nakhoul N., Hering-Smith K. S. Acid-base homeostasis. Clinical Journal of the American Society of Nephrology. 2015;10(12):2232–2242.

6. Эргашева Н. О., Улашева С. М. Функции и медицинское значение буферных систем в организме человека // Экономика и социум. 2026. № 4-2 (143). С. 1455–1460.

7. Sapaev J. et al. Development of automated water detection device // American Institute of Physics Conference Series. 2022. Vol. 2432. No. 1. P. 020018.

8. Эргашева Н. О., Улашева С. М. Функции и медицинское значение буферных систем в организме человека // Экономика и социум. 2026. № 4-2 (143). С. 1455–1460.

9. Mustafoyev A. I. et al. Stabilization Processes of Ceramic Materials Based on Local Raw Materials Processed in a Solar Device // Spanish Journal of Innovation and Integrity. 2025. Vol. 40. P. 56–60.
10. Kodirov B. et al. Silicon carbide synthesis in a solar oven from natural raw materials // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2024. Vol. 508. P. 01005.
11. Mustafoyev A. I. et al. Based on a Large Solar Device Technological Features of Selection of Local Raw Materials // American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture. 2025. Vol. 3. No. 2. P. 43–47.
12. Садинова Ш. У., Бахриев А. А. Значение экстракционных процессов в медицине // Экономика и социум. 2026. № 4-2 (143). С. 1422–1426.
13. Таджибаева Р. Д., Тожибоева М. Т. Биологически активные комплексные вещества в фармации и их полезное действие // Экономика и социум. 2026. № 4-2 (143). С. 1434–1438.
14. Suvanova L. S. et al. Studying the Technological Possibilities of the Large Sun Face in the Localization of Imported Jewelry Stones // American Institute of Physics Conference Series. 2022. Vol. 2432. P. 020016.
16. Тургунов Д. Э., Рахманова Ф. Э., Каржавов А. Р. Терапевтическое применение и токсичность шафрана // Universum: медицина и фармакология. 2023. № 4-5 (98). С. 47–51.
17. Fayzullayev N., Akmalaiuly K., Karjavov A. Catalytic synthesis of a line by acetylene hydration // Известия НАН РК. Серия химии и технологии. 2020.