

БУФЕРНОСТЬ: ПРИНЦИПЫ, РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ В БИОЛОГИИ И ФАРМАЦЕВТИКЕ

А.Т.Нишанбаева

*Старший преподаватель Ташкентской медицинской
академии Чирчикского филиала*

Аннотация

Буферность — это способность раствора поддерживать стабильное значение рН при добавлении кислот или оснований. Буферные системы играют жизненно важную роль в организме, контролируя кислотно-щелочной баланс, который необходим для большинства биохимических процессов. В медицинской химии буферные системы используют для стабилизации биомолекул, поддержания активности ферментов, а также для оптимизации условий введения лекарственных препаратов. Данная статья рассматривает основы механизма буферных растворов, принципы действия и их роль в биологических системах и фармацевтической промышленности. В статье детально описаны буферные системы крови, внутриклеточных жидкостей, тканей и лекарственных форм.

Annotation

Buffering is the ability of a solution to maintain a stable pH value when acids or bases are added. Buffer systems play a vital role in the body by controlling the acid-base balance, which is necessary for most biochemical processes. In medical chemistry, buffer systems are used to stabilize biomolecules, maintain enzyme activity, and optimize drug administration conditions. This article examines the basics of the mechanism of buffer solutions, the principles of action and their role in biological systems and the pharmaceutical industry. The article describes in detail the buffer systems of blood, intracellular fluids, tissues and dosage forms.

Ключевые слова: паталогия, рН раствора, ферменты, гемоглабин, денатурация.

Key words: pathology, pH of the solution, enzymes, hemoglobin, denaturation.

Введение

Буферность — важнейший компонент стабильности физиологических систем, позволяющий поддерживать оптимальные условия для протекания биохимических реакций. В медицинской химии и биологии значимость буферных систем трудно переоценить, так как даже незначительные изменения уровня рН могут привести к серьезным последствиям для организма, в том числе нарушению гомеостаза, ферментативных процессов и работы метаболических путей. Для медицинских и фармацевтических исследований

буферные растворы незаменимы, так как позволяют сохранить стабильные условия реакции и максимальную активность лекарственных средств.

Основы буферности и принципы ее действия

Буферные системы представляют собой смеси слабой кислоты и сопряженного основания или слабого основания и сопряженной кислоты. Их задача — поддерживать рН на постоянном уровне, несмотря на добавление кислот или оснований. Основным механизмом буферности является уравнивание концентраций протонов (H^+) в растворе за счет реакции слабой кислоты и основания, благодаря чему происходит нейтрализация добавленных кислот и оснований.

Формула Хендерсона–Хассельбалха

Для определения рН буферных растворов используется уравнение Хендерсона–Хассельбалха

$$pH = pK_a + \log \frac{C(\text{соли})}{C(\text{кислоты})}$$

где — это отрицательный логарифм константы кислотной диссоциации слабой кислоты. Уравнение позволяет рассчитывать рН буфера при известных концентрациях его компонентов, что дает возможность точно подбирать нужные соотношения кислот и оснований в медицинских растворах и фармацевтических препаратах.

Буферные системы в организме

Буферные системы в организме человека играют важнейшую роль в регуляции уровня рН различных жидкостей, таких как кровь, цитоплазма клеток, желудочный сок и межклеточные жидкости. Они предотвращают резкие колебания рН, способные привести к разрушению клеток и нарушению функций организма.

Бикарбонатная буферная система

Бикарбонатная система (угольная кислота — бикарбонат) является основной буферной системой крови и внеклеточных жидкостей. Благодаря уравновешенному соотношению угольной кислоты (H_2CO_3) и бикарбонат-ионов (HCO_3^-) поддерживается рН крови в диапазоне 7,35–7,45. Это особенно важно для нормальной работы сердца, мышц и нервной системы. Регуляция этой системы осуществляется через дыхание (удаление CO_2) и работу почек (выведение H^+ и HCO_3^-).



Фосфатная буферная система

Фосфатный буфер (дигидрофосфат $H_2PO_4^-$ и гидрофосфат HPO_4^{2-}) играет ключевую роль в поддержании внутриклеточного рН, особенно в мышечных и

костных тканях, а также в почках. Его значение рН составляет около 6,8, что делает его особенно эффективным в нейтрализации кислых продуктов обмена, образующихся в клетках. Кроме того, фосфатная система регулирует обмен кальция и фосфора в организме, влияя на прочность костной ткани.

Белковая буферная система

Белки, такие как гемоглобин и альбумины, способны связывать или отдавать ионы H^+ , выполняя буферную функцию. Гемоглобиновый буфер играет особую роль в транспортировке углекислого газа и поддержании рН в тканях и эритроцитах. Гемоглобин связывает кислород при высоком рН в легких и отдает его при снижении рН в тканях, что связано с эффектом Бора и помогает оптимально обеспечивать ткани кислородом.

Буферность в фармацевтической химии

Поддержание стабильности лекарственных препаратов

Буферные растворы обеспечивают стабильность лекарств, особенно чувствительных к изменениям рН. Например, антибиотики, инсулин и вакцины нуждаются в строгом контроле рН для сохранения активности и предотвращения разрушения активных веществ. Введение препаратов без соответствующей буферизации может привести к раздражению тканей, снижению эффективности и даже возникновению побочных реакций.

Лекарственные формы и контролируемое высвобождение

Буферные системы также используются для контролируемого высвобождения активных ингредиентов в различных лекарственных формах, таких как таблетки, капсулы и инъекционные препараты. Введение буферных веществ помогает управлять скоростью высвобождения активных компонентов, влияя на биодоступность и эффективность лечения.

Примеры буферных растворов

Фосфатно-буферный физиологический раствор (PBS): широко применяется для стабилизации биологических образцов в лабораториях и трансплантологии.

Ацетатный буфер: используется для хранения некоторых гормонов и вакцин.

Цитратный буфер: применяется для стабилизации крови и предотвращения свертывания, что важно для проведения диагностических тестов и хранения образцов крови.

Биологическое значение буферности

Поддержание стабильного рН необходимо для поддержания активности ферментов и белков, так как их структуры и функции зависят от рН среды. В организме колебания рН могут привести к денатурации белков, изменению активности ферментов и разрушению клеточных структур, что особенно критично для тканей, таких как мозг и сердце. Буферные системы позволяют

минимизировать риски нарушения биологических процессов и предотвращают развитие патологий, связанных с изменением кислотно-щелочного баланса.

Клинические последствия и патологии, связанные с нарушением буферности

Нарушения буферной системы могут привести к тяжелым состояниям, таким как ацидоз и алкалоз.

Метаболический ацидоз: состояние, при котором уровень кислот в крови повышается, что может быть вызвано нарушением функции почек или диабетическим кетоацидозом.

Респираторный алкалоз: вызван гипервентиляцией, когда уровень CO_2 в крови понижается.

Эти состояния требуют медицинского вмешательства, так как могут привести к серьезным последствиям для здоровья, включая снижение артериального давления, сердечные аритмии и снижение активности центральной нервной системы.

Заключение

Буферные системы являются критически важными для поддержания физиологического гомеостаза и стабильности pH как в организме, так и в фармацевтических препаратах. Понимание их механизма и роли имеет важное значение для разработки медицинских решений и лечения заболеваний, связанных с нарушением кислотно-щелочного баланса. Изучение и применение буферных растворов в медицинской химии открывает новые возможности для более эффективного контроля биохимических реакций и разработки устойчивых лекарственных форм.

Литература:

1. Alberty, R. A., & Silbey, R. J. (2001). *Physical Chemistry*. Wiley.
2. Stryer, L., Berg, J. M., & Tymoczko, J. L. (2002). *Biochemistry*. Freeman.
3. Lodish, H., Berk, A., & Zipursky, S. L. (2000). *Molecular Cell Biology*. Freeman.
4. Lehninger, A. L., Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2008). *Principles of Biochemistry*. Macmillan.
5. Trissel, L. A. (2001). *Handbook on Injectable Drugs*. ASHP.
6. Voet, D., & Voet, J. G. (2004).