

Убейкина Зарина Николаевна

студентка

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Даминова Айсылу Азатовна

студентка

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Добросмылова Ирина Анатольевна

канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Фролова Мария Александровна

канд. хим. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Санёрова Елена Владимировна

канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

педагогический университет им. И.Я. Яковлева»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Добросмыслов Светослав Анатольевич

учащийся

МАОУ «СОШ №3»

г. Канаш, Чувашская Республика

Журавлев Анатолий Петрович

DOI 10.31483/r-168467

РОЛЬ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ В ФОРМИРОВАНИИ УНИКАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ВОДЫ

***Аннотация:** в статье представлены результаты изучения физико-химических свойств воды и их роли в природных и биологических системах. Проведён анализ структуры молекулы воды, экспериментально продемонстрированы её ключевые характеристики – высокая теплоёмкость и избирательная растворяющая способность, а также оценено значение этих свойств для стабилизации окружающей среды и поддержания жизнедеятельности. Целью исследования являлась демонстрация фундаментальной значимости аномальных свойств воды, часто воспринимаемых как обыденные. Результаты подтверждают, что полярность молекулы H_2O , развитая система водородных связей и обусловленные ими физико-химические характеристики определяют незаменимую роль воды в физических, химических и биологических процессах [4, с. 15–30].*

***Ключевые слова:** вода, физико-химические свойства, растворитель, теплоёмкость, структура молекулы, научные исследования, природные процессы.*

Вода H_2O – одно из наиболее распространённых и биологически значимых веществ на Земле: она покрывает около 71% земной поверхности и участвует в глобальных круговоротах вещества и энергии. Несмотря на кажущуюся простоту состава, вода обладает рядом аномальных физико-химических свойств, нехарактерных для соединений аналогичного молекулярного веса. К таким аномалиям относятся высокая теплоёмкость, аномальное расширение при замерзании, высокое поверхностное натяжение и выраженная растворяющая способность [3, с. 45–52; 4, с. 50–75].

Перечисленные характеристики обусловлены особенностями строения молекулы воды и межмолекулярными взаимодействиями, прежде всего водородными связями [5, с. 112–115]. Данные свойства делают воду не только средой для протекания биохимических реакций, но и активным фактором, определяющим стабильность условий в экосистемах и живых организмах – от клеточного метаболизма до формирования климатических паттернов [2, с. 18–23; 8, с. 210–235].

Актуальность работы обусловлена необходимостью наглядной демонстрации этих закономерностей, а также популяризацией базовых физико-химических принципов, лежащих в основе биологической роли воды. Практическая значимость исследования состоит в воспроизводимости экспериментов и их пригодности для учебно-демонстрационных целей [1, с. 52–55].

Цель работы – изучить уникальные свойства воды, выявить структурно-функциональные связи, определяющие эти свойства, и экспериментально подтвердить их проявление в доступных условиях.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать строение молекулы воды и характер межмолекулярных взаимодействий как основу её аномальных свойств [4, с. 35–60].
2. Описать ключевые физические свойства воды (теплоёмкость, плотность, поверхностное натяжение) и раскрыть их экологическое и физиологическое значение [3, с. 45–52].
3. Изучить поведение воды как полярного растворителя и объяснить избирательность её действия [6, с. 1–12; 8, с. 120–140].
4. Оценить роль воды в природных и физиологических процессах [9, с. 45–60; 4, с. 180–200].
5. Провести экспериментальную проверку основных свойств воды с использованием стандартного учебного и бытового оборудования (рис. 1, 2) [1, с. 52–55].

Эксперименты выполнены в лабораторных и домашних условиях с применением мерной посуды, контактного термометра и стандартного нагревательно-

го оборудования. Для минимизации внешних влияний соблюдались стандартизированные условия: начальная температура жидкостей – 20°C, идентичные объёмы образцов, фиксированное расстояние от источника нагрева, контроль температуры окружающей среды.



Рис. 1. Стаканы с одинаковыми объёмами холодной воды и растительного масла



Рис. 2. Стаканы с растворёнными веществами

Основные методы исследования.

Сравнительный термический анализ: измерение температуры воды и растительного масла каждые 3 минуты в течение 30 минут при равномерном нагреве для демонстрации различий в теплоёмкости [6, с. 1–12].

Эксперимент по растворимости: наблюдение за поведением сахара, поваренной соли, растительного масла и песка в воде с фиксацией фазовых изменений, скорости растворения и формирования однородных либо неоднородных систем [8, с. 130–150].

Аналитическая интерпретация: сопоставление наблюдаемых эффектов с известными физико-химическими закономерностями (полярность молекул, водородные связи, энергия сольватации, правило «подобное растворяется в подобном») [4, с. 90–110; 7, с. 8–9].

Критериями оценки служили: темп роста температуры жидкостей, степень и скорость растворения веществ, формирование межфазных границ и осадков. Обработка данных включала сравнительный анализ и элементарные расчёты тепловых эффектов на основе справочных значений удельной теплоёмкости; статистическая обработка не применялась ввиду демонстрационного характера экспериментов [6, с. 1–12].

Эксперимент 1. Демонстрация высокой теплоёмкости воды. Высокая теплоёмкость воды проявляется в её способности поглощать значительное количество тепловой энергии при относительно небольшом повышении температуры. В эксперименте вода нагревалась существенно медленнее, чем растительное масло, что обусловлено затратами энергии на частичное разрушение водородных связей между молекулами H_2O перед увеличением их кинетической энергии [6, с. 1–12].

Удельная теплоёмкость воды составляет $c=4200$ Дж/(кг·°C), что примерно в 4 раза превышает аналогичный показатель для растительного масла. Это свойство имеет важное природное значение: водоёмы сглаживают температурные колебания, смягчают климат и обеспечивают термостабилизацию среды, а в живых организмах участвуют в механизмах терморегуляции [2, с. 18–23; 3, с. 45–52; 7, с.8–9].

Таблица 1

Температура нагревания воды и масла

Время, мин	Температура воды, °C	Температура масла, °C
0	20	20
3	22	28
6	24	35

Время, мин	Температура воды, °С	Температура масла, °С
9	26	41
12	28	46
15	30	50
18	32	53
21	34	55
24	36	57
27	38	58
30	40	59

Наблюдаемая динамика подтверждает, что при одинаковых условиях теплового воздействия вода сохраняет более низкую температуру в течение длительного времени, тогда как масло быстро прогревается [6, с. 1–4].

Эксперимент 2. Избирательная растворяющая способность воды. Вода как полярный растворитель демонстрирует избирательное взаимодействие с различными веществами. Принцип «подобное растворяется в подобном» объясняет способность воды эффективно сольватировать полярные и ионные соединения [8, с. 135–145; 2, с. 18–23].

Наблюдаемые эффекты:

- сахар и поваренная соль растворяются с образованием прозрачных однородных растворов;
- растительное масло не смешивается с водой и формирует отдельную фазу (верхний слой);
- песок не растворяется, образует взвесь и затем оседает на дно под действием силы тяжести.

Избирательность воды обусловлена полярностью её молекул и способностью к сольватации: диполи воды окружают ионы и полярные фрагменты растворённого вещества, компенсируя энергию кристаллической решётки или межмолекулярные силы. Для неполярных веществ (например, масла) энергия сольватации недостаточна, поэтому растворение не происходит. Нерастворимые

твёрдые частицы (песок) не образуют устойчивых дисперсий и выпадают в осадок [4, с. 95–105]. Эти закономерности лежат в основе множества природных и биологических процессов – от транспорта питательных веществ в клетках до формирования атмосферных явлений [9, с. 70–90].

Проведённое исследование подтвердило, что уникальные свойства воды – высокая теплоёмкость, избирательная растворяющая способность, аномальное поведение при фазовых переходах и выраженное поверхностное натяжение – обусловлены полярностью молекулы H_2O и развитой системой водородных связей [3, с. 45–52]. Эти характеристики обеспечивают воде фундаментальную роль в стабилизации физико-химических условий биосферы, в поддержании гомеостаза живых организмов и в реализации ключевых биохимических процессов [4 с. 200–250; 8, с. 220–240]. Полученные экспериментальные данные согласуются с общепринятыми физико-химическими представлениями и наглядно демонстрируют значимость воды как основы жизни и регулятора природных процессов [1, с. 52–55; 6, с. 1–12].

Список литературы

1. Гудасова А.Э. Удивительные свойства воды / А.Э. Гудасова, Г.В. Михальцевич // Юный учёный. – 2023. – №2 (65). – С. 52–55. EDN MHWVOT
2. Влияние агрономической биофортификации на биохимические показатели гороха / И.А. Добросмыслова, Т.Г. Константинова, Ю.Р. Максимова, А.П. Журавлёв // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2024. – №1 (28). – С. 18–23. – DOI: 10.48612/vch/4pbu-pzat-xfbt. – EDN RMLRHY.
3. Козлов Д.С. Аномальная плотность воды: фундаментальные аспекты и прикладное значение / Д.С. Козлов, Л.М. Иванова // Физико-химические процессы. – 2022. – №3. – С. 45–52.
4. Лебедев Р.В. Вода: от молекулы до глобальных процессов / Р.В. Лебедев. – М.: Интеллект, 2019. – 296 с.
5. Морозова Н.П. Структурированная вода в биологических системах / Н.П. Морозова, О.В. Кузнецов // Материалы Всероссийской научной конферен-

ции «Современные проблемы биологии и экологии» (Санкт-Петербург, 15–17 мая 2023 г.). – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2023. – С. 112–115.

6. Приданов В.Г. Термодинамические свойства воды в интервале температур 0–100 °С и давлений 1–9 кбар / В.Г. Приданов, В.И. Хоничев // Журнал физической химии. – 2021. – Т. 95, №1. – С. 1–12. DOI 10.31857/S0044453721010234. EDN ADORHK

7. Семенова О.С. Биологическая очистка сточных вод / О.С. Семенова, И.В. Добросмыслова // Региональная научная студенческая конференция: сборник трудов XLIV научной студенческой конференции по гуманитарным, естественным и техническим наукам Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова: кафедра охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. – 2010. – С. 8–9. – EDN QHOQGV. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49268500> (дата обращения: 04.07.2026).

8. Смирнов И.А. Уникальные свойства воды и их значение / И.А. Смирнов. – М.: Научный мир, 2018. – 380 с.

9. Шишелова Т.И. Перспективы и направления в исследовании воды / Т.И. Шишелова. – М.: Академия Естествознания, 2014. – 128 с. EDN TJNSQT