Научно-исследовательская работа

 Химия

**Цинк – важнейший элемент в жизни человека!**

***Выполнила****:*

*Хилькова София Олеговна*

Обучающаяся в 8 «Б» классе

 МАОУ гимназия «Мариинская»

***Руководитель****:*

Рейнская Лариса Михайловна

Учитель химии

МАОУ гимназия «Мариинская»

**Содержание**

Введение………………………………………………………………2

Основная часть:

1. Химические свойства «Цинка»……………………………………3

2. Влияние цинка на человеческий организм при заболевании ..…7

3. Эпидемиология дефицита цинка в мире…………………………9

4.Дефицит цинка в Российской Федерации……………………….11

5. Эффективность применения цинка……………………………....13

6. Цинк И COVID-19…………………………………………………17

7. Социоэкономическая значимость коррекции дефицита цинка…23

8. Проявление дефицита цинка в организме…………………….....25

9. Анализы при подозрении на дефицит цинка……………........25

10. Чем опасен избыток цинка в организме?................................26

Заключение………………………………………………………27

Список литературы………………………………………………29

**Введение**

 Цинк играет важнейшую роль в организме человека и является вторым (после железа) наиболее распространенным и значимым микроэлементом.

Zn отвечает за рост и развитие костной и мышечной тканей, принимает участие в формировании полноценного иммунного ответа, секреторной активности сальных желез, а также поддержании здоровья кожи, волос, ногтей, зубов. Кроме того, цинк обеспечивает нормальную работу мозга, стимулирует умственную активность и процессы запоминания, способствует процессам регенерации и заживления ран, необходим для регулирования более 300 ферментов.

 **Объект исследования:** Химические свойства цинка и его влияние на человека.

 **Предмет исследования:** Влияние цинка на окружающую среду и человеческий организм.

 **Цель проекта:** Исследовать химические свойств цинка, выявить его основные характеристики и особенности, а также выяснить роль цинка в химических процессах человека.

 **Задачи проекта:**

1. Изучение общих химических свойств цинка.

2. Изучение применения цинка в различных областях.

4. Оценка влияния цинка на окружающую среду и человеческий организм.

 Проект направлен на решение проблемы нехватки информации по химическим свойствам цинка, его влиянию в различных областях, а главное это влияние на человека, на его органы, жизнедеятельнность, а также на осознание важности изучения данного элемента для обеспечения устойчивого развития общества.

**1. Химические свойства «Цинка»**

 Цинк - это металлический элемент блестящего голубовато-белого цвета. Он имеет атомный номер 30 и занимает 24-е место в списке наиболее распространенных [элементов](https://science4fun.info/elements/) в [земной](https://science4fun.info/planet-earth/) коре. Цинк относится к переходным металлам 12-й группы [периодической таблицы](https://science4fun.info/periodic-table/) Менделеева. В его валентной оболочке содержится 2 электрона, а в наиболее распространенном изотопе он содержит 34 нейтрона.

●       **Символ:** Zn

●       **Атомный номер:** 30

●       **Атомный вес:**65,41

●       **Температура плавления:**419,5 °C (787 °F)

●       **Температура кипения:**907 °C (1665 °F)

●       **Обнаружен:**Известен с древних времен, но изолирован в 1746 году Андреасом Сигизмундом Маргграфом.

Цинк является умеренно реакционноспособным элементом, при помещении в воздух его поверхность приобретает тускло-белый цвет. Это не очень хороший ковкий металл; слегка хрупкий при комнатной [температуре](https://science4fun.info/temperature/). Но когда он нагревается до температуры 100 градусов по Цельсию, он становится более податливым и легким в форме.

 Цинк имеет довольно низкие температуры плавления и кипения по сравнению с большинством металлов. Из-за его низкой температуры кипения людям древнего времени было трудно выделить его в элементарной форме, нагревая его [минералы](https://science4fun.info/minerals/). Цинк обладает довольно хорошей электропроводностью, чем большинство металлов.

●       Голубовато-белого цвета

●       Коррозионностойкий

●       Слегка хрупкий

●       Довольно хороший электрический и тепловой проводник

●       Умеренно реактивная

●       Сильный восстановитель

Цинк-очень хороший коррозионностойкий металл и дешев по сравнению с большинством металлов. По этой причине сегодня большая часть производимого ежегодно цинка используется для цинкования (покрытия) других металлов, таких как железо, для защиты их от коррозии.

Цинк использовался людьми древнего времени для изготовления различных сплавов с другими металлами, такими как латунь. Сегодня он также используется для изготовления сплавов для получения металла с заданными свойствами.

 Человеческое тело также содержит цинк, и нам необходимо есть пищу, содержащую цинк, чтобы поддерживать его уровень в нашем организме. Он также используется в пищевых добавках, мультивитаминных таблетках и кремах для загара.

**Где он находится?**

 ****

 *Смитсонит*

 **

 *Сфалерит*

 **

 *Вюрците*

 Сегодня цинк является 4-м наиболее часто используемым металлом в мире после железа, [алюминия](https://science4fun.info/aluminum/) и [меди](https://science4fun.info/copper/). Элемент цинка в изобилии содержится во многих минералах, найденных по всему миру, но редко встречается в элементарной форме. Кроме того, [океаны](https://science4fun.info/oceans/) Земли содержат растворенные соединения цинка в незначительном количестве.

 Существует много минералов, из которых можно извлечь цинк, но наиболее экономичными минералами являются смитсонит, сфалерит, вюрцит и гемиморфит. Среди них наиболее широко доступным и добываемым минералом является сфалерит, который наиболее экономично дает цинк.

 Цинк производится во многих странах, но крупнейшими производителями являются Китай, Австралия и Перу.

Цинк известен человечеству с древних времен, но недавние археологические факты свидетельствуют о том, что цинк был впервые обнаружен металлургами до 1000 года до нашей эры. Цинк был очень полезным металлом для людей древности при изготовлении латуни – сплава цинка и меди.

 Хотя цинк использовался для изготовления латуни, он не был выделен в своей чистой элементарной форме. В древние времена латунь изготавливалась путем совместного нагрева меди, древесного угля и каламина (минерала цинка).

 Для выделения цинка требовался нагрев цинковых минералов более чем до тысячи градусов по Цельсию – выше точки кипения цинка. При такой высокой температуре цинк не экстрагировался, а превращался в пары. Цинк был впервые выделен в его элементарной форме в 1746 году Андреасом Сигизмундом Маргграфом.

***Факты***

*●       Когда цинк сгорает в газообразном кислороде, он дает голубовато-зеленое пламя и образует оксид цинка.*

*●       У взрослого человека в организме может содержаться от 2 до 4 граммов цинка.*

*●       Престаль - это сплав цинка и алюминия, который ведет себя как пластик, но по прочности сравним со сталью.*

**2. Влияние цинка на человеческий организм при заболевании**



 Цинк необходим человеку для поддержания обмена веществ, нормальной работы репродуктивной, сердечно-сосудистой, нервной системы, но не менее важен для иммунной системы – деления и созревания лейкоцитов (клеток, часть которых способны захватывать и переваривать чужеродные микроорганизмы, а другие – вырабатывать антитела). Цинк также активно участвует в регуляции воспаления. Таким образом, нормальное содержание цинка в организме поддерживает его устойчивость к воспалительным и инфекционным заболеваниям.

 Цинк (Zn) относится к элементам IIB группы таблицы Менделеева и занимает 23-е место по содержанию в земной коре. История изучения эссенциальности (жизненной необходимости) цинка насчитывает более 150 лет. Его важность для плесневых грибов Aspergillus niger была продемонстрирована в 1869 г., для растений – в 1926 г., для лабораторных грызунов – в 1933 г., для свиней – в 1955 г. и для человека – в 1963г. Существенная роль цинка в живых организмах опосредована его участием во множестве физиологических процессов. Более 300 ферментов и белков являются цинкзависимыми и регулируются более чем 2000 факторами транскрипции. В частности, цинк играет важную роль в регуляции клеточного цикла, репликации и репарации дезоксирибонуклеиновой кислоты, пролиферации и дифференцировке клеток, апоптозе, метаболизме липидов и углеводов, а также других процессах.

 Посредством влияния на данные процессы, а также специфические метаболические пути цинк участвует в функционировании иммунной системы, процессах нейрогенеза и синаптической передачи, синтезе инсулина и передаче его сигнала, функционировании сердечно-сосудистой, репродуктивной системы, а также других органов и систем.

 Из-за участия цинка в различных физиологических процессах дефицит этого микроэлемента приводит к метаболической дисфункции и ассоциированным с ней заболеваниям. Дефицит цинка, а также доказательства его эссенциальности были обнаружены профессором А.S. Prasad на Ближнем Востоке, где он описал случай дефицита цинка у 21-летнего иранского фермера, имеющего гепатоспленомегалию, анемию, карликовость и гипогонадизм. Более поздние исследования А.S. Prasad охарактеризовали дополнительные клинические проявления дефицита цинка.

 Для оценки обеспеченности организма цинком используется широкий спектр параметров, включающий, с одной стороны, его содержание в крови, моче и волосах, тогда как с другой – тесно связанные с обеспеченностью цинком функциональные показатели, такие как активность цинкзависимых ферментов (например, карбоангидраза) и ряд иммунологических показателей (например, экспрессия интерлейкина 2).

 С тех пор все большее количество исследований демонстрирует роль измененного статуса цинка в различных патологических процессах и заболеваниях. Так, было показано, что дефицит цинка связан с нейропсихиатрическими и нейросенсорными расстройствами, поражениями кожи, акродерматитом, гипогонадизмом и бесплодием, задержкой роста, а также атрофией тимуса и иммунной дисфункцией. Менее выраженный хронический дефицит цинка связан с нарушением цинк-зависимых функций и сопровождается развитием сердечно-сосудистой патологии, сахарного диабета 2-го типа (СД2), репродуктивной дисфункции, нервно-психических заболеваний и широким спектром других патологий.

 Таким образом, коррекция обмена цинка может рассматриваться в качестве возможного инструмента профилактической медицины. Однако данные относительно эффективности применения цинка в профилактике различных заболеваний крайне недостаточны. В этой связи целью настоящей работы явился обзор литературных данных о распространенности дефицита цинка в современном мире, а также эффективности и значимости коррекции обмена цинка для практической медицины.

 **3. Эпидемиология дефицита цинка в мире.**

 Хотя риск низкого потребления цинка с пищей значительно снизился с 22 до 16% за период 1992–2011 гг., распространенность дефицита цинка по-прежнему значительна. Существующие данные о текущем статусе цинка в разных регионах сильно различаются. Было показано, что статус цинка тесно связан с экономическим развитием регионов. Дефицит цинка составляет более 20% в большинстве стран с низким и средним уровнем доходов.

 Несмотря на сообщения о низкой распространенности дефицита цинка в ряде стран, включая Афганистан, Нигерию и Китай, эти результаты могут быть получены из-за использования необычно низких пороговых значений.

 Высокая частота дефицита цинка наблюдается в Латинской Америке и странах Карибского бассейна с наибольшей распространенностью неадекватного потребления цинка в популяции в Гайане (44%), Сент-Винсенте и Гренадинах (42,9%), Боливии (40,1%), Гватемале (38,6%), Парагвае (37,8%), Панаме (36,5%), Перу (34,5%), Сальвадоре (34,5%), Никарагуа (33%), Гондурасе (31,6%), Суринаме (31,6%) и Гаити (31,2%)].

 Анализ национальных и субнациональных данных из африканских стран показал, что самая высокая распространенность дефицита цинка наблюдается у женщин репродуктивного возраста и беременных женщин в Нигерии (63%), за которой следуют Южная Африка (39%) и Эфиопия (32%).

 Ближневосточный регион также характеризуется высокой распространенностью дефицита цинка, хотя существующие данные сильно различаются. В исследовании, проведенном в Бандар-Аббасе (Иран), распространенность дефицита цинка у детей в возрасте от 6 месяцев до 12 лет оценивалась как 17,5% с более высоким показателем у мальчиков (20,94%).

 В Турции субклинический дефицит цинка наблюдался у 27,8% детей и подростков (6–18 лет). У пожилого населения из Эр-Рияда (Саудовская Аравия) уровень дефицита цинка составил 36%.

Показано, что распространенность дефицита цинка в Индии сильно варьирует из-за различий в местах проживания и исследуемых группах. Также было продемонстрировано, что распространенность неоптимального потребления цинка в Индии значительно увеличилась с 17,1 до 24,6% в период с 1983 по 2012 г.

 Напротив, статус цинка в Китае за последние десятилетия значительно улучшился. Данные Китайского обследования питания и здоровья за 2002 и 2012 гг. показали, что распространенность дефицита цинка у школьников значительно изменилась – с 44,4 до 10,2% . Тем не менее, согласно Китайскому когортному исследованию по переходному режиму питания (China Nutritional Transition Cohort Survey – CNTCS) 2015 г., до 31% взрослого населения Китая подвержено высокому риску дефицита цинка из-за низкого его потребления с пищей.

 Несмотря на высокую неоднородность, существующие данные показывают, что распространенность дефицита цинка в развивающихся странах составляет ~ 20%, хотя более высокие показатели могут быть характерны для уязвимых групп, таких как дети первого года жизни, беременные женщины, пожилые люди или группы с низким доходом. Систематические данные о статусе цинка в западных странах менее доступны.

 Результаты NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey, Национальное обследование здоровья и питания) за 2005–2012 гг. показали, что 15% взрослого населения США характеризуется неадекватностью поступления цинка. По более поздним оценкам (NHANES 2011–2014) распространенность низкого содержания цинка в сыворотке крови составляла 3,8, 8,6 и 8,2% у детей, взрослых мужчин и женщин соответственно.

 В Японии распространенность субнормальной обеспеченности цинком у взрослых мужчин и женщин оценивалась как 46 и 38,4% соответственно, тогда как дефицит цинка был выявлен у 0,4% мужчин и 0,6% женщин. В другом исследовании из Японии самый высокий уровень дефицита цинка наблюдался у детей в возрасте 2–3 лет и пожилых людей – 19,7%.

 У людей в возрасте 60–84 лет, участвовавших в Берлинском исследовании старения II, низкие уровни цинка в плазме были обнаружены у 18,7%.

 Таким образом, имеющиеся данные показывают, что даже в экономически развитых странах распространенность дефицита цинка может достигать 10%, особенно в нескольких группах риска. Как правило, существующие данные о распространенности дефицита цинка сильно различаются, что усложняет оценку распространенности низкого статуса цинка во всем мире. Предполагается, что дефицит цинка наблюдается примерно у 17% мирового населения, хотя эти значения относятся к 2012 г.

 **4. Дефицит цинка в Российской Федерации.**

 По современным оценкам, риск дефицита цинка отмечается более чем у полутора миллиардов человек в мире. В России дефицит этого элемента встречается у 20–40% населения, в отдельных регионах достигая 60%. Учитывая важнейшую роль цинка в регуляции иммунитета, справедливо предположить, что его недостаток может являться фактором риска инфекционных заболеваний.

 В Российской Федерации проведена популяционная оценка уровня цинка в волосах и она показала, что повышенный риск дефицита цинка может наблюдаться у 18–46% населения в зависимости от региона. Референсные значения содержания цинка в волосах взрослых обследуемых составляют 134,7–301,9 мкг/г, взрослых мужчин и женщин: 125,7–262,8 (δ = 0,007) и 140,0–315,1 мкг/г (δ = 0,004) соответственно. Сравнительный анализ содержания цинка в волосах жителей различных регионов продемонстрировал, что у мужчин наименьший уровень цинка отмечается в Кабардино-Балкарской Республике и Ростовской области, тогда как наибольшее содержание металла выявлено в Ханты-Мансийском автономном округе и Республике Мордовия. Географические особенности обеспеченности цинком были практически аналогичными у женщин. В частности, наименьшая обеспеченность организма цинком отмечалась у жителей Кабардино-Балкарской и Карачаево-Черкесской республик (рис.).



**РИС.** Содержание цинка в волосах взрослого населения в возрасте 25–50 лет (мужчины и женщины), проживающего
в различных регионах Российской Федерации.
Примечание: насыщенность цвета пропорциональна содержанию цинка в волосах обследуемых (мкг/г). Серым цветом отмечены регионы
Российской Федерации, в которых количество обследуемых было недостаточным.

 Корреляционный анализ продемонстрировал статистически значимую взаимосвязь между уровнем цинка в волосах и заболеваемостью, являющуюся более выраженной у детей. В частности, содержание цинка в волосах взрослых обследуемых отрицательно коррелирует с заболеваемостью сердечно-сосудистыми заболеваниями (коэффициент корреляции Пирсона (r) = -0,67; p = 0,002), астмой (r = -0,63; p = 0,005), эндокринной патологией (r = -0,66; p = 0,003) и атопическим дерматитом (r = -0,47; p = 0,050).

 Содержание цинка в волосах также коррелировало с биохимическими маркерами метаболических нарушений. В частности, отмечалась отрицательная корреляция между уровнем цинка и активностью щелочной фосфатазы (r = -0,450; p = 0,001), амилазы (r = -0,457; p = 0,001), панкреатической амилазы (r = -0,368; p = 0,016), а также концентрацией общего холестерина (r = -0,263; p = 0,029) и креатинина (r = -0,446; p = 0,005). У женщин содержание цинка в волосах также отрицательно коррелировало с активностью аланиновой (r = -0,198; p = 0,015) и аспарагиновой аминотрансфераз (r = -0,210; p = 0,011).

**5. Эффективность применения цинка.**

 Профилактическое применение цинка рассматривается в качестве высокоэффективного и экономически выгодного мероприятия в развивающихся странах с высокой долей дефицита цинка среди детей. Согласно данным Кокрановских систематических обзоров, дополнительное введение цинка детям в возрасте от 2 до 59 месяцев сопровождалось снижением заболеваемости пневмонией на 13–41%, а дополнительный прием цинка детьми в возрасте от 6 месяцев до 12 лет из развивающихся стран сопровождался статистически значимым снижением частоты диареи на 13%. Более того, прием цинк-содержащих препаратов детьми с дефицитом цинка из развивающихся стран приводил к достоверному снижению заболеваемости пневмонией на 19%. На основании этих данных предлагается включение приема цинка в список Инструментов для спасения жизней (Lives Saved Tool), содержащий мероприятия по улучшению здоровья матерей, новорожденных и детей. С 2004 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Международный чрезвычайный фонд помощи детям при Организации Объединенных Наций (ЮНИСЕФ) рекомендуют курсовой прием препаратов цинка наряду с регидратационной терапией в ходе лечения острой диареи.

 С целью анализа эффективности применения цинка для профилактики и лечения различных заболеваний проведен анализ документов, проиндексированных в базах данных Cochrane Library, PubMed/Medline, Scopus, Web of Science, Google Scholar, опубликованных на английском языке с 2000 г. по настоящее время. Поиск осуществлялся на основании ключевых слов “zinc”, “zinc supplementation”, “zinc treatment” и “trial”, “meta-analysis”, “systematic review”.

 Результаты метаанализа, включающие данные 986 пациентов, продемонстрировали, что применение цинка сопровождалось практически двукратным снижением риска летального исхода неонатального сепсиса: относительный риск (ОР) = 0,48; 95% доверительный интервал (ДИ): 0,25–0,94; p = 0,03.

 Еще в одном Кокрановском систематическом обзоре показано, что применение цинка в период беременности сопровождалось 14% снижением частоты преждевременных родов, однако в более позднем анализе авторы не выявили значимого эффекта. Более того, в рекомендациях ВОЗ по антенатальной профилактике от 2021 г. рассматривается вопрос об использовании препаратов цинка с целью снижения частоты преждевременных родов у женщин с низким потреблением цинка или плохим питанием, при этом, однако, отмечается необходимость в дополнительных исследованиях.

 Результаты обширного метаанализа, включавшего 36 исследований, показали, что дополнительный прием цинксодержащих препаратов в популяции детей младше 5 лет из развивающихся стран сопровождается улучшением физического развития, проявляющегося увеличением роста на 0,37 (±0,25) см в ответ на прием цинка в дозе 10 мг/день в течение 24 недель. Результаты более позднего систематического обзора из библиотеки Кокрана продемонстрировали, что энтеральное введение цинка недоношенным детям также способствует увеличению прибавки в весе (стандартизованная разница средних 0,46; 95% ДИ 0,28–0,64) и в меньшей степени линейного роста (стандартизованная разница средних 0,75; 95% ДИ 0,36–1,14), а также может снизить общую смертность (ОР 0,55; 95% ДИ 0,31–0,97).

 В то же время результаты метаанализа, включающего исследования как из развивающихся, так и из развитых стран, также продемонстрировали положительное влияние на рост как в развитых (Япония, Франция), так и в развивающихся странах (Китай, Эфиопия).

 Помимо влияния цинка на развивающийся организм в перинатальный и постнатальный периоды, отдельные работы выявили взаимосвязь обмена данного элемента с показателями состояния здоровья взрослого и пожилого населения. Систематический обзор и метаанализ 2012 г., который включал данные 14 клинических исследований, показал, что прием цинка пациентами с СД2 сопровождается статистически значимым снижением уровня глюкозы, общего холестерина, а также холестерина липопротеинов низкой плотности.

 В ходе более позднего метаанализа 2019 г. также продемонстрировано статистически значимое снижение концентрации инсулина и индекса инсулинорезистентности HOMA-IR (Homeostasis model assessment of insulin resistance), а также уровня гликозилированного гемоглобина. Среди маркеров метаболизма липидов наиболее выраженное влияние приема цинка пациентами с СД2 оказывало на концентрацию триглицеридов. При этом в недавнем метаанализе детальное изучение доз и длительности применения цинка у пациентов с СД2 показало, что более эффективным является длительное (в течение 12 и более недель) применение низких доз цинка (менее 25 мг/день) по сравнению с краткосрочным приемом более высоких доз.

 Несмотря на наличие указаний на нормализацию липидного спектра сыворотки крови при приеме цинка, данные относительно влияния последнего на заболеваемость сердечно-сосудистыми заболеваниями недостаточны. В то же время результаты метаанализа 2020 г. продемонстрировали статистически значимое снижение величины систолического, но не диастолического артериального давления при приеме цинка, что согласуется с данными о значимой обратной взаимосвязи между уровнем цинка в сыворотке крови и наличием артериальной гипертензии.

 Прием цинка статистически значимо снижает концентрацию маркеров воспаления, С-реактивного белка и фактора некроза опухолей альфа. В частности, снижение концентрации С-реактивного белка при приеме цинка составило в среднем -1,68 мг/л (95% ДИ: от -2,4 до -0,9; р < 0,001), причем наиболее выраженное снижение (-7,43 мг/л; 95% ДИ: от -12.57 до -2,29; р = 0,005) отмечалось у пациентов с почечной недостаточностью.

 В ряде исследований также демонстрируется эффективность приема цинка в снижении заболеваемости взрослого населения инфекционными заболеваниями с позиций доказательной медицины. Так, в метаанализе 2017 г. было выявлено, что прием цинка при простудных заболеваниях сопровождается 3-кратным (ОР 3,1; 95% ДИ 2,1–4,7; р < 0,05) снижением длительности заболевания вне зависимости от пола, возраста, наличия аллергии или курения. Более того согласно результатам метаанализа шести клинических исследований с включением 2216 пациентов, использование цинка в качестве адъювантного средства при лечении тяжелых пневмоний сопровождалось более чем двукратным снижением риска летального исхода (ОР 0,43; 95% ДИ 0,22–0,83; р = 0,01).

**6. Цинк и COVID-19**

 Цинк рассматривается в качестве средства неспецифической профилактики и адъювантной терапии новой коронавирусной инфекции (COrona VIrus Disease 2019, COVID-19) в связи с его противовоспалительной, антиоксидантной, иммуномодулирующей активностью, а также протективной ролью в отношении дыхательной системы. В исследовании, включающем 249 пациентов с COVID-19, была выявлена статистически значимая обратная взаимосвязь между уровнем цинка в сыворотке крови и тяжестью заболевания, причем наибольшая тяжесть и частота летальных исходов отмечались у пациентов с концентрацией цинка ниже 50 мкг/дл. Более того, в исследовании с использованием клеточной культуры Vero E6 выявлена более выраженная вирусная экспансия возбудителя COVID-19 – коронавируса тяжелого острого респираторного синдрома – 2 (Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2, SARS-CoV-2) в инфицированных клетках с дефицитом цинка . В ходе ранее проведенного исследования нами также выявлено снижение концентрации цинка в сыворотке крови на 8% у пациентов с COVID-19 по сравнению со здоровыми обследуемыми, причем концентрация цинка была обратно взаимосвязана с концентрацией С-реактивного белка, процентом поражения легких, а также степенью тяжести заболевания, при этом будучи напрямую взаимосвязанной с насыщением крови кислородом.

 Среди индийских пациентов с COVID-19 дефицит цинка статистически значимо коррелировал с длительностью госпитализации и частотой осложнений, острым респираторным дистресс синдромом и смертностью. Причем в in vitro экспериментах авторы также продемонстрировали, что дефицит цинка способствует взаимодействию между ангиотензин-превращающим ферментом 2 (ACE2) и спайк-протеином SARS-CoV-2 [[54]](https://www.sechenovmedj.com/jour/article/view/881?locale=ru_RU). Концентрация цинка в пределах референсных значений, наряду с уровнем селенопротеина Р, является одним из предикторов благоприятного исхода у пациентов с COVID-19.

 Таким образом, предполагается, что коррекция обмена цинка может предотвращать избыточную воспалительную реакцию вследствие цитокинового шторма у пациентов с новой коронавирусной инфекцией.

 Несмотря на убедительные данные о взаимосвязи дефицита цинка и тяжести COVID-19, данные относительно эффективности применения цинка у пациентов с новой коронавирусной инфекцией достаточно противоречивы.

 С одной стороны, в большинстве исследований показано, что применение цинка повышает эффективность лечения COVID-19. С другой стороны, в отдельных исследованиях не было выявлено сколько-нибудь значимого влияния приема цинка на выживаемость пациентов с COVID-19. Подобные разногласия могут быть опосредованы различиями в обеспеченности цинком обследуемых. В частности, терапевтически значимый эффект наиболее вероятно наблюдается у пациентов с субоптимальным уровнем цинка или его дефицитом, тогда как у лиц с адекватной обеспеченностью цинком дополнительное его введение может иметь низкую эффективность. В то же время, учитывая высокую распространенность дефицита цинка в мире и в Российской Федерации в частности, а также более тяжелое течение COVID-19 у пациентов с дефицитом цинка, его применение представляется перспективным инструментом.

 Ученые доказали, что цинк и связывающие его вещества могут замедлять работу РНК-полимеразы (фермента, синтезирующего молекулы РНК) коронавирусов и подавлять их распространение в организме. Одно из веществ, стимулирующих поступление цинка в клетку, хлорохин, уже испытывался на пациентах с SARS-CoV-2, но его сильные побочные эффекты заставляют искать другие соединения с похожим действием либо использовать цинк отдельно. Однако оба этих варианта еще не изучены в достаточной мере и не опробованы.

 Наблюдения за ходом развития других вирусов, например риновирусов (в это семейство входят возбудители острых респираторных заболеваний), показывают, что повышение уровня цинка в клетках [подавляет](https://www.nature.com/articles/248588a0) репликацию (размножение) вируса и [стимулирует](https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/jir.1997.17.469) выработку интерферона альфа, обладающего противовирусной активностью.

 Кроме того, дефицит цинка считается одним из факторов риска для развития пневмонии: он [увеличивает](https://academic.oup.com/nutritionreviews/article/68/1/30/1817246) вероятность заболеть и продолжительность болезни. Отдельные исследования показывают эффективность цинкосодержащих препаратов для [сокращения времени](https://journals.lww.com/ebp/Citation/2020/01000/Does_zinc_improve_symptoms_of_viral_upper.32.aspx) проявления симптомов и [снижения распространенности](https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD005978.pub3/full) пневмонии. Однако в целом данные о применении цинка в качестве терапии, а не профилактики, противоречивы.

 Еще одно направление возможного применения цинка – регуляция воспаления. Существующие исследования [показывают](https://www.mdpi.com/2072-6643/9/6/624), что ионы цинка оказывают противовоспалительное действие, снижая повреждение тканей легких при пневмонии. Цинк также помогает организму сопротивляться бактериям, а бактериальная пневмония нередко наблюдается у пациентов с вирусными инфекциями.

 «Исследование, проведенное недавно американскими учеными, [подтвердило](https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.05.02.20080036v1) наши предположения, продемонстрировав влияние приема цинка на риск тяжелого течения и необходимость в искусственной вентиляции легких у пациентов с COVID-19», – отметил соавтор статьи, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной диетологии Сеченовского университета Алексей Тиньков.

 Таким образом, согласно современным исследованиям, нормальное содержание цинка в организме может снижать вероятность инфекционных заболеваний дыхательных путей, пневмонии и ее осложнений. Также существуют косвенные указания на то, что препараты цинка могут быть эффективны в борьбе с коронавирусом, однако пока данных для рекомендаций недостаточно.

 В свете возрастных особенностей клиники COVID-19 особый интерес представляет взаимосвязь между развитием и течением пневмонии и обеспеченностью организма цинком у взрослых и пожилых лиц. Показано, что дефицит цинка является фактором риска развития пневмонии у пожилых, причем увеличение уровня цинка в крови связано с уменьшением частоты пневмонии, а также длительности заболевания и применения антибиотиков по сравнению с лицами с лабораторными признаками дефицита цинка. Результаты метаанализа, включающего данные обследования более 2200 пациентов, показали, что несмотря на отсутствие достоверного влияния цинка на динамику клинического течения тяжелой пневмонии, прием цинксодержащих препаратов снижал риск летального исхода у пациентов с тяжелой пневмонией на 57% .В то же время, стоит отметить и роль дефицита цинка и его коррекции в развитии и лечении пневмонии у детей. Концентрация цинка у детей с пневмонией была на 22% ниже нормальных значений, выявленных у здоровых детей, что указывает на взаимосвязь между дефицитом цинка и риском воспаления легких у детей. В связи с этим, целый ряд работ был направлен на изучение потенциального защитного эффекта приема цинка в отношении пневмонии у детей. Так, наиболее актуальный систематический обзор и мета-анализ данных, опубликованный в базе данных доказательной медицины Cochrane Database, продемонстрировал, что введение прием дополнительных доз цинка детьми сопровождается достоверным снижением заболеваемости пневмонией на 13% и снижением распространенности на 41%, что указывает на доказанный эффект цинка в профилактике пневмоний у детей. При этом наряду с профилактикой воспаления легких у детей в ряде работ отмечается эффективность цинка в качестве вспомогательного средства при лечении пневмонии, способствующего улучшению симптоматики, в том числе снижению одышки и восстановления насыщения крови кислородом, равно как и иммунологических перестроек организма. Наряду с развитием пневмонии как таковой, имеются указания на связь уровня цинка в организме с осложнениями искусственной вентиляции легких, часто применяемой в тяжелых случаях течения COVID-19 инфекции. Так, установлено, что низкая концентрация цинка в крови предрасполагает к ИВЛ-индуцированным повреждениям легких у пациентов интенсивной терапии. При этом применение соединений цинка сопровождается снижением риска развития пневмонии при длительной ИВЛ. Также стоит упомянуть о роли цинка в развитии инфекций верхних и нижних дыхательных путей, имеющими вирусную природу.

 Так, концентрация цинка у детей с пневмонией, вызванной респираторным синцитиальным вирусом (РСВ), также была ниже нормальных показателей. Интересно также отметить результаты анализа, опубликованного в базе доказательной медицины Cochrane database, указывающие на статистически достоверное снижение длительности и риска развития простудных заболеваний (ОРВИ) при применении цинка. Цинк рекомендован к применению в составе комплексной терапии COVID-19 инфекции в Китае за счет как прямого, так и непрямого (иммуномодулирующего) противовирусного эффекта.

 Данные относительно прямого противовирусного эффекта крайне недостаточны, что безусловно связано с недостаточным временем, прошедшим с момента начала эпидемии. В то же время, результаты исследования 2010 года показали, что ионы цинка способны ингибировать РНК полимеразу короновируса, снижая его репликацию. На основе этих данных высказано предположение, что препараты, высвобождающие цинк, могут являться одним из средств неспецифической терапии COVID-19.

 Аналогично, разработка цинксодержащих вакцин также может способствовать достижению клинического эффекта как за счет прямого противовирусного действия, так и за счет повышения эффективности иммунизации. В отдельных источниках указывается на потенциальную эффективность сочетания хлорохина и цинка при лечении инфекции COVID-19. При этом эффект может достигаться не только за счет суммации противовирусной активности цинка и хлорохина, но и за счет взаимного влияния веществ. С одной стороны, хлорохин может выполнять функции ионофора цинка, тогда как с другой, цинк повышает цитотоксическое действие хлорохина, таким образом, приводя к потенцированию эффекта. В то же время, необходимы дальнейшие исследования для изучения механизмов и оценки эффективности использования цинка отдельно или в сочетании с хлорохином в отношении инфекции COVID-19. Так или иначе, литературные данные убедительно свидетельствуют о потенциальной роли цинка в качестве профилактического средства или же средства адъювантной терапии при лечении инфекции COVID-19 как за счет возможного противовирусного действия, так и за счет отчетливо продемонстрированного защитного эффекта в отношении дыхательной системы и иммуностимулирующего эффекта. Важно также отметить и антисептическое и иммуностимулирующее действие цинка на покровных тканях, в том числе слизистых, являющихся входными воротами SARS-CoV.

Частота дефицита цинка составляет от 10 до 30–40% населения в экономически развитых и развивающихся странах соответственно. Установлено, что дефицит цинка ассоциирован с 0,7% общей смертности и 1,0% утраченных по нетрудоспособности лет жизни (disability-adjusted life years, DALYs) по всему миру. В свою очередь, данные многочис­ленных исследований, посвященных изучению эффективности применения цинка, продемонстрировали, что коррекция обеспеченности организма цинком может снижать риск преждевременных родов, способствует физическому развитию детей, а также обладает протективным эффектом в отношении компонентов метаболического синдрома. Отмечено положительное влияние цинка на выздоровление при пневмониях, диареях и простудных заболеваниях.

 Ожидается, что наиболее выраженный эффект применения цинка может отмечаться у лиц с субклиническим или выраженным его дефицитом. В связи с высокой частотой дефицита цинка, а также его значительным вкладом в широкий спектр патологий коррекция этого дефицита является экономически обоснованным мероприятием. Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют об эффективности применения цинка для профилактики или в качестве средства адъювантной терапии широкого спектра заболеваний.

**7. Социоэкономическая значимость коррекции дефицита цинка.**

 Таким образом, положительные эффекты цинка отмечаются как в популяции, характеризующейся дефицитом цинка на фоне повышения потребности (интенсивный рост и развитие, беременность), так и в популяции старшего возраста с нормальными или пограничными показателями обеспеченности цинком.

 При этом следует отметить, что в большинстве своем работы были основаны на анализе данных, полученных в развивающихся странах с низким уровнем дохода и выраженным дефицитом цинка. Несмотря на тот факт, что Российская Федерация относится к территориям с низким риском развития дефицита, отдельные области (например, Волгоградская область, Карачаево-Черкесская, Кабардино-Балкарская республики) характеризуются достаточно высоким риском дефицита цинка. Более того, имеются отдельные группы лиц, проживающие в условиях бедности (10,5% жителей страны по данным Росстата, что составляет порядка 15,3 млн человек), которые, согласно ВОЗ, характеризуются высоким риском развития дефицита цинка.

 Установлено, что дефицит цинка ассоциирован с 0,7% общей смертности и 1,0% утраченных по нетрудоспособности лет жизни (disability-adjusted life years, DALYs) по всему миру. В то же время существенную долю в данной оценке занимают страны Африки, характеризующиеся резко выраженным дефицитом цинка. Более близкие к нашей стране показатели частоты дефицита цинка могут быть получены при анализе ситуации в Китае, где дефицит цинка связан с утратой по нетрудоспособности 352 млн лет жизни, что в пропорции населения Российской Федерации может составлять порядка 38 млн. Предполагается, что соотношение расходов и экономии средств при проведении мероприятий по коррекции обеспеченности цинком составляет от 1:5 при использовании цинксодержащих препаратов до 1:18 при осуществлении фортификации (обогащения) продуктов питания цинком.

 Также отмечены экономические эффекты мониторинга уровня цинка в организме и применения цинксодержащих добавок. Так, применение цинка на 5% снижало стоимость лечения тяжелой диареи, являющейся одной из ведущих причин детской смертности в развивающихся странах, путем снижения интенсивности и длительности заболевания. Показано, что превентивное применение цинксодержащих добавок у детей в возрасте 12–59 месяцев, входящих в группу риска, может сохранять до 145 тысяч жизней, тогда как стоимость сохранения жизни с использованием цинка может составить 159 $. Так, 2-месячный курс приема цинка (5 мг цинка глюконата) с целью профилактики выраженного дефицита цинка и его клинических проявлений в пересчете на 1 ребенка составляет лишь 0,9 $. В то же время фортификация продуктов цинком может являться экономически более выгодной, поскольку стоимость мероприятий в пересчете на 1 человека в год составляет от 0,06 до 0,24 $ в зависимости от используемых соединений цинка. В соответствии с этими расчетами показано, что предотвращение утраты одного трудоспособного года жизни посредством приема мультиэлементных добавок обходится в 12,20 $, в то время как расходы на предотвращение утраты трудоспособного года жизни посредством приема препаратов цинка составляют 73 $. В то же время фортификация является более длительным процессом, поскольку требует разработки соответствующих технологий и их внедрения.

 **8. Проявление дефицита цинка в организме.**

 На начальном этапе развития дефицит цинка протекает практически бессимптомно и может в течение долгого времени оставаться незамеченным человеком.

 По мере того, как дефицит становится средне выраженным, возникают такие признаки:

• нарушение сна;
• снижение качества ночного зрения;
• ухудшение состояния кожи, ногтей, волос (возможно их интенсивное выпадение);
• снижение аппетита;
• апатия;
• увеличение периода продолжительности заживления ран.

 Перечисленные признаки могут быть важными диагностическими маркерами. Такие симптомы могут указывать не только о развитии дефицита цинка, но и о других проблемах в работе организма. Внезапное проявление и длительное присутствие этих признаков должно стать поводом для обращения к врачу общей практики.

 **9. Анализы при подозрении на дефицит цинка.**

 Наиболее информативными являются исследования плазмы и сыворотки крови. Именно эти обследования следует пройти перед тем, как восполнить дефицит цинка в организме. Направление на обследование можно получить у врача общей практики, семейного доктора или терапевта. В некоторых случаях требуется дополнительная консультация иммунолога.

 Если дефицит цинка составляет не более 5-10% от нижней границы допустимого интервала, восстановить баланс поможет правильное питание, а именно введение в рацион определённых продуктов:

* устрицы;
* мясо крупного рогатого скота;
* тыквенные семечки;
* кунжут;
* ядра подсолнуха и чиа;
* орехи;
* шпинат и зеленый салат;
* шоколад.

 **10. Чем опасен избыток цинка в организме**?

 Избыток цинка диагностируют довольно редко. Такое состояние не может развиваться из-за чрезмерного поступления вещества совместно с продуктами питания. Тем не менее, недооценивать опасность гиперцинкоза нельзя. Повышенная концентрация цинка в организме может стать причиной перерождений поджелудочной железы фиброзного характера. В ряде случаев нарушение приводит к увеличению уровня глюкозы в крови. Хронический избыток цинка опасен развитием аутоиммунных заболеваний.

**Заключение**

 Несмотря на существенные улучшения в качестве питания населения подавляющего большинства регионов мира, частота дефицита цинка остается внушительной, составляя от 10% населения в экономически развитых странах до более чем 30–40% в развивающихся странах.

 Учитывая взаимосвязь между обеспеченностью организма цинком и развитием широкого спектра заболеваний, дефицит цинка представляется значительной медико-социальной проблемой.

 В свою очередь, данные многочисленных исследований, посвященных изучению эффективности применения цинка, продемонстрировали, что коррекция обеспеченности организма цинком может снижать риск преждевременных родов, способствует физическому развитию детей, а также обладает протективным эффектом в отношении компонентов метаболического синдрома, таких как инсулинорезистентность, дислипидемия, артериальная гипертония, системное воспаление.

 Отмечено положительное влияние цинка на выздоровление при пневмониях, диареях и простудных заболеваниях. Также имеются указания на взаимосвязь низкого уровня цинка и тяжести течения новой коронавирусной инфекции, в связи с чем активно изучается возможность его применения в качестве средства неспецифической профилактики и адъювантной терапии при COVID-19. Ожидается, что наиболее выраженный эффект применения цинка может отмечаться у лиц с субклиническим или выраженным дефицитом цинка.
 В связи с высокой частотой дефицита цинка, а также его значительным вкладом в широкий спектр патологий, коррекция дефицита цинка является экономически обоснованным мероприятием.

 Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о перспективности использования цинка в качестве инструмента профилактики широкого спектра заболеваний, что имеет принципиальное значение для практической медицины.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Сальникова Е. В. Цинк – эссенциальный микроэлемент (обзор) // Вестник ОГУ. 2012. №10 (146). https://cyberleninka.ru/article/n/tsink-essentsialnyy-mikroelement-obzor
2. Прохорова О.В., Олина А.А.  Питание и дефицит цинка при беременности: обзор литературы. Уральский государственный медицинский университет, 2020. http://rrmedicine.ru/media/medicine/2020/4/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%B4.\_%D0%92%D1%8B%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA\_4\_2020-105-119.pdf
3. Ших Е.В., Махова А.А., Гребенщикова Л.Ю. Профилактика недостатка цинка у беременных женщин // Consilium Medicum. 2015. №6. https://cyberleninka.ru/article/n/profilaktika-nedostatka-tsinka-u-beremennyh-zhenschin
4. Сальникова Е.В. Потребность человека в цинке и его источники (обзор). Оренбургский государственный университет, 2016. http://journal.microelements.ru/trace\_elements\_in\_medicine/2016\_4/11\_2016\_7(4).pdf
5. Халиуллина С.В. Клиническое значение дефицита цинка в организме ребенка (обзор литературы) // Вестник современной клинической медицины. 2013. №3. https://cyberleninka.ru/article/n/klinicheskoe-znachenie-defitsita-tsinka-v-organizme-rebenka-obzor-literatury
6. Дефицит цинка. МГМУ им. И.М. Сеченова. <https://www.sechenov.ru/pressroom/publications/defitsit-tsinka1/>