

# ОБЗОРЫ

УДК 612.392.69:616-084

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2025.2.65>**М. Р. Конорев, Н. Р. Прокошина, Т. М. Соболенко**

## **ЦИНК: ОТ ПРОФИЛАКТИКИ ДЕФИЦИТА ДО ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА. ЧАСТЬ 2**

**Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь**

*Дефицит цинка, широко распространенный во всем мире, оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье человека. Недостаток данного микроэлемента может отягощать течение различных заболеваний, сопровождающихся окислительным стрессом и процессом воспаления. Учитывая разнообразные функции цинка в организме, в последние годы возрос интерес исследователей к изучению его терапевтического потенциала. Во второй части обзора проанализированы результаты мета-анализов, систематических обзоров и клинических исследований за последние 10 лет по изучению возможности применения препаратов цинка при ряде патологических состояний. Представлены исследования по оценке положительного влияния добавок цинка на репродуктивное здоровье мужчин и женщин, снижение риска младенческой смертности, параметры роста и развития детей. Учитывая неблагоприятные последствия дефицита цинка в период беременности, обсуждается целесообразность использования добавок цинка у женщин с низким его потреблением. Показаны потенциальные возможности применения препаратов цинка в терапии респираторных вирусных инфекций, включая COVID-19, сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, ожирения, заболеваний кожи. Рассмотрены перспективы биообогащения цинком продуктов питания для коррекции нарушений кишечной микробиоты.*

**Ключевые слова:** цинк, дефицит цинка, репродуктивное здоровье, здоровье детей, инфекции верхних дыхательных путей, COVID-19, сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет, ожирение, заболевания кожи, микробиота.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Цинк (Zn) как многоцелевой микроэlement является участником широкого спектра биологических процессов, включая рост и развитие клеток, обмен веществ, функционирование системы иммунитета, репродуктивное здоровье. Признаки тяжелого дефицита Zn вследствие его наследственной (энтеропатический акродерматит) или приобретенной недостаточности четко определены, тогда как симптомы легкого дефицита зачастую остаются нераспознанными вследствие их неспецифичности [1, 2]. Учитывая разнообразные функции данного микроэлемента, в последние годы возрос интерес исследователей к изучению терапевтического потенциала препаратов Zn при патологических состояниях, сопровождающихся окислительным стрессом и процессом воспаления. Сопутствующий дефицит Zn

может оказывать негативное влияние на функцию репродуктивных органов, течение беременности и здоровье детей, осложнять течение различных заболеваний инфекционной и неинфекционной природы [3, 4].

Целью нашего обзора является представление данных современных исследований по изучению терапевтических возможностей препаратов Zn в поддержании репродуктивного здоровья мужчин и женщин, сохранении здоровья детей, лечении и профилактике ряда заболеваний (вирусные респираторные инфекции, болезни системы кровообращения, сахарный диабет, ожирение, заболевания кожи), а также влияния биообогащения Zn продуктов питания на микробиоту кишечника.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В работе использовали методы литера-

турного исследования и анализа научной литературы. Проанализированы статьи по теме исследования, проиндексированные в базах данных PubMed-NCBI, Cochrane Library, научной электронной библиотеки eLIBRARY с 2015 г. по 2024 г.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

### **Терапевтический потенциал цинка Репродуктивное здоровье**

Повышение внимания к вопросам репродуктивного здоровья связано с ухудшением демографической ситуации во многих странах. Бесплодие затрагивает около 10% населения мира и признано Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) глобальной проблемой общественного здравоохранения. В дополнение к лекарственной терапии мужского бесплодия могут применяться различные биологически активные добавки к пище (БАД). Эффективность БАД к пище  $\omega$ -3 полиненасыщенных жирных кислот, ликопина, коэнзима Q10, карнитина, витаминов, селена и Zn оценивалась в крупном мета-анализе китайских ученых, проведенном в 2023 г. и включившем 27 рандомизированных клинических исследований (РКИ). Установлено, что добавки Zn могут улучшить качество спермы бесплодных мужчин, вероятно за счет наличия мембраностабилизирующей активности (ингибирование мембраносвязанных оксидаз). Применение Zn показало преимущество в отношении частоты наступления беременности по сравнению с плацебо (разность средних, MD = 1,90; 95% доверительный интервал, ДИ от -1,16 до 4,99) [5]. В мета-анализе Zafar M.I. et al. (2023) также изучалась эффективность применения БАД к пище при мужском бесплодии. В частности, применение добавок Zn значительно улучшило показатели наступления беременности (относительный риск, ОР 5,39; 95% ДИ 1,26–23,04,  $p = 0,02$ ) [6]. Влияние антиоксидантов на показатели спермы у мужчин с олигоастенотератозооспермией оценивалась в недавнем мета-анализе Varbonetti A. et al. (2024), где показано положительное влияние препаратов Zn на общую подвижность сперматозоидов [7].

Синдром поликистозных яичников (СПКЯ) представляет собой сложное эндокринное заболевание с наследственной предрасположенностью, которым страда-

ют до 18% женщин репродуктивного возраста во всем мире. СПКЯ характеризуется высоким риском развития бесплодия и осложнений беременности. В мета-анализе Kazemi M. et al. (2022) проводилось сравнение пищевого поведения и качества диеты у женщин с СПКЯ и без него. Установлено, что женщины с СПКЯ имели более высокий уровень потребления холестерина, а также более низкий уровень потребления магния и Zn. Учитывая наблюдательный характер включенных исследований, авторы подчеркивают необходимость дальнейшего изучения особенностей пищевого поведения женщин с СПКЯ для улучшения их репродуктивного, метаболического и психологического здоровья [8].

### **Течение беременности и исходы родов**

Дефицит Zn у женщины в период беременности может привести к серьезным неблагоприятным последствиям для здоровья, включая преэклампсию/эклампсию, гестационный диабет, преждевременные роды, низкий вес новорожденного [9–11]. В настоящее время ВОЗ не рекомендует рутинное антенатальное применение добавок Zn, при этом отмечается необходимость проведения дополнительных исследований. Рассматривается целесообразность использования добавок Zn у женщин с низким его потреблением в соответствии с национальными рекомендациями/стандартами лечения [12].

Нормальный рост и развитие плода связаны со сбалансированностью питания матери. Масса тела при рождении – это один из параметров, который значительно коррелирует с последствиями для здоровья, особенно с краткосрочной выживаемостью новорожденного и развитием будущих заболеваний. В мета-анализе Atazadegan M.A. et al. (2022), объединившем 50 наблюдательных исследований, была установлена связь между концентрацией Zn в пуповинной крови и массой тела при рождении ( $r = 0,09$ ; 95% ДИ 0,04–0,15), а также положительная корреляция между концентрацией Zn в крови матери и массой тела при рождении [13].

Дефекты нервной трубки (ДНТ) относятся к группе врожденных пороков развития, включающих анэнцефалию, аномалию развития позвоночника (spina bifida), энцефалоцеле. В мета-анализе китайских

исследователей (2020) была оценена взаимосвязь между уровнем Zn в сыворотке крови матери и наличием ДНТ у младенцев. Выявлено, что у матерей с новорожденными, имеющими ДНТ, концентрация Zn в сыворотке была ниже, чем у матерей со здоровыми младенцами (стандартизированная разность средних, SMD = -0,77; 95% ДИ 1,16–0,37,  $p = 0,0001$ ). Таким образом, авторами было высказано предположение, что низкий уровень Zn в сыворотке крови матери во время беременности связан с риском развития ДНТ у новорожденных, при этом механизм этой связи еще предстоит выяснить с помощью крупномасштабных когортных исследований [14].

Гестационный сахарный диабет (ГСД) – распространенное заболевание, которое начинается во время беременности и представляет собой аномальное изменение метаболизма глюкозы. ГСД может привести к ряду осложнений со стороны матери (развитие СД 2 типа и сердечно-сосудистых заболеваний) и плода (макросомия, гипогликемия, острый респираторный дистресс синдром новорожденных) [15].

Цинк может быть связан с поддержанием физиологического поглощения глюкозы, регуляцией утилизации глюкозы в клетках и снижением степени резистентности к инсулину. В настоящее время получены данные о роли генетических факторов в развитии ГСД. Ген SLC30A8 кодирует транспортер цинка ZnT8. Функция этого белка состоит в переносе атомов Zn в  $\beta$ -клетки поджелудочной железы, где он необходим для секреции инсулина. Было обнаружено, что полиморфизм rs2466293 SLC30A8 связан с повышенным риском развития ГСД, тогда как полиморфизм rs13266634 связан со снижением риска развития ГСД у женщин в возрасте  $\geq 30$  лет [16].

По данным мета-анализа Fan J et al. (2021), содержание Zn в сыворотке крови женщин с ГСД ниже по сравнению с контрольной группой (SMD = -0,56; 95% ДИ от -1,07 до -0,04,  $p = 0,03$ ). Аналогичная тенденция установлена среди беременных азиатского происхождения (по сравнению с европеоидным происхождением) и во 2-м триместре [17].

В мета-анализе пяти РКИ с участием 263 пациентов была оценена эффективность добавок Zn для улучшения метабо-

лического статуса при ГСД. Установлено, что прием добавок Zn связан со значительным снижением уровня глюкозы плазмы крови натощак (SMD = -0,52; 95% ДИ от -0,82 до -0,21,  $p = 0,0008$ ); инсулина (SMD = -0,68; 95% ДИ от -0,98 до -0,37,  $p < 0,0001$ ); индекса инсулинорезистентности HOMA-IR (SMD = -0,77, 95% ДИ от -1,08 до -0,45,  $p < 0,00001$ ) и повышением индекса чувствительности к инсулину QUICKI (SMD = 0,58; 95% ДИ 0,28–0,89,  $p = 0,0002$ ), но не оказывает заметного влияния на уровень общего холестерина, ХС (SMD = -0,28; 95% ДИ от -0,63 до -0,07,  $p = 0,11$ ) и ХС липопротеинов низкой плотности (SMD = -0,13; 95% ДИ от -0,43 до -0,17;  $p = 0,40$ ) по сравнению с группой контроля [15].

Преэклампсия (ПЭ) – полиорганный синдром, развивающийся во второй половине беременности, который является второй по значимости причиной материнской смертности в мире. В ряде исследований сообщается о связи между уровнем Zn в сыворотке крови матери и ПЭ. В мета-анализе китайских ученых (2022), включившем 51 исследование (6947 участников из 23 стран), показано, что уровни Zn в сыворотке крови были ниже у женщин с ПЭ, чем у здоровых беременных женщин (SMD = -1,00, 95% ДИ от 1,29 до -0,70). Таким образом, авторы подтвердили, что уровни Zn в сыворотке матери отрицательно связаны с риском ПЭ. Эта корреляция была более выражена в азиатских странах и странах с низким уровнем дохода, а также обратно пропорциональна тяжести ПЭ [18].

В систематическом обзоре и мета-анализе Tesfa E. et al. (2021) обобщены данные о связи между уровнями Zn в сыворотке крови африканских женщин и ПЭ. Средние значения уровня Zn были значительно ниже у женщин с ПЭ по сравнению с беременными женщинами с нормальным артериальным давлением (Zn =  $59,40 \pm 22,80$  мкг/дл и  $80,24 \pm 16,04$  мкг/дл соответственно). Это позволяет предположить, что Zn может быть вовлечен в этиопатогенез ПЭ, однако специфические функции Zn в патогенезе данного синдрома должны быть доказаны в крупномасштабных клинических исследованиях [19].

### **Здоровье детей**

Уровень младенческой смертности является важным аспектом оценки состо-

яния здоровья населения во всем мире. Основные причины смерти среди новорожденных – преждевременные роды, острые респираторные инфекции, внутриутробные осложнения, врожденные аномалии, диарея. Дефицит Zn во время беременности приводит к низкой массе тела ребенка при рождении и задержке роста, что может привести к неонатальной смертности. Rouhani P. et al. (2022) провели систематический обзор и мета-анализ (28 РКИ, 237068 участников) для оценки влияния добавок Zn на смертность детей в возрасте до 5 лет. Установлено, что прием добавок Zn детьми младше 5 лет снизил риск смертности от всех причин на 16% (суммарный относительный риск, SRR 0,84, 95% ДИ 0,74–0,96). У младенцев с низкой массой тела при рождении прием Zn снижал смертность от всех причин на 52% (SRR 0,48, 95% ДИ 0,23–1,00). Добавки Zn значительно снизили риск смерти от пневмонии (SRR 0,70, 95% ДИ 0,64–0,98) и инфекции (SRR 0,54, 95% ДИ 0,39–0,76), а также уменьшили риск смертности от диареи на 15% (SRR 0,85, 95% ДИ 0,70, -1,03) и сепсиса на 57% (SRR 0,43, 95% ДИ 0,18–1,02). Значимое снижение было обнаружено в исследованиях с приемом добавок Zn в дозе 10 мг/сут и более, при максимальной продолжительности приема в течение 11 месяцев [20].

Дефицит Zn является важным фактором, который может повлиять на рост и развитие ребенка [21]. Иранские ученые в 2023 г. провели мета-анализ 8 РКИ (1586 участников), в которых оценивалось влияние добавок Zn на антропометрические параметры у здоровых детей старше 2 лет. Показано, что добавки Zn достоверно значимо увеличивают рост ( $p < 0,001$ ), вес ( $p < 0,001$ ), индекс HAZ (антропометрический показатель рост/возраст) ( $p < 0,001$ ) [22].

### **Вирусные инфекции верхних дыхательных путей и COVID-19**

Вирусные инфекции верхних дыхательных путей (ИВДП) являются одними из самых распространенных заболеваний в мире, приводящих к значительному экономическому ущербу в связи с потерей трудоспособности и затратами на лечение [23]. С целью профилактики и сокращения продолжительности вирусных ИВДП в качестве адьювантной терапии предлагается использование различных витаминов и

минералов [24, 25]. В Кокрейновском обзоре, опубликованном в 2024 г., проведена оценка эффективности и безопасности препаратов Zn в сравнении с плацебо для профилактики и лечения вирусных ИВДП. Обзор включал 34 РКИ и 8526 участников (дети и взрослые). В большинстве исследований (17/34) оценивалась эффективность приема пастилок Zn в форме ацетата, глюконата и оротата. Наиболее часто (9/17) применялись пастилки с глюконатом Zn. Глюконат Zn назначался в дозах 45–276 мг/день длительностью от 4,5 до 21 дня. Помимо пастилок в 1 из 34 РКИ применялись капсулы, в 3 – порошки для приготовления раствора для приема внутрь, в 5 – таблетки, в 4 – сиропы и в 4 – интраназальные формы. Выводы авторов обзора: добавки Zn могут иметь незначительный эффект или вообще не влиять на профилактику вирусных ИВДП, но могут сократить их продолжительность с увеличением количества несерьезных нежелательных реакций [26].

Предполагается, что имеющийся дефицит Zn может являться фактором риска тяжелого течения заболевания, вызванного SARS-CoV-2 (COVID-19) и высокой смертности от него [27]. Кроме того, низкие уровни Zn, наблюдаемые у пациентов с COVID-19, могут быть результатом реакций острой фазы воспаления на инфекцию SARS-CoV-2 [28]. Потенциальные терапевтические преимущества при лечении COVID-19 также связывают с возможным подавляющим влиянием Zn на вирус SARS-CoV-2. Известно, что Zn нарушает репликацию ряда РНК-вирусов, включая вирусы полиомиелита, гриппа и SARS-CoV-2, путем ингибирования основной протеазы [29]. Zn может препятствовать проникновению вируса в клетки, связываясь с рецепторами ангиотензинпревращающего фермента-2 на клеточной мембране [30]. Иммунорегуляторные и антиоксидантные свойства Zn, вероятно, играют роль в подавлении воспаления и смягчении окислительного стресса [31].

Однако данные клинических исследований об эффективности препаратов Zn для профилактики и лечения инфекции COVID-19 до настоящего времени остаются противоречивыми. В мета-анализе Tabatabaeizadeh S.A. (2022), который включил 5 исследований (1506 участников), установлено, что прием добавок Zn в неко-

торых случаях приводил к значительному снижению риска смертности по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,001$ ) [32]. В то же время, результаты комплексного систематического обзора и мета-анализа по оценке клинического значения добавок витамина D, витамина С и Zn (Beran A. et al., 2022 г.) не показали связи их применения со снижением смертности у пациентов с COVID-19 [33]. Эффективность применения лекарственных препаратов для профилактики инфекции COVID-19 оценивалась в систематическом обзоре с мета-анализом Bartoszko J.J. et al. (2021). Из 16 проанализированных профилактических препаратов, включая Zn, ни для одного не было получено убедительных доказательств снижения риска лабораторно подтвержденной инфекции SARS-CoV-2 [34].

Нарушения обоняния и вкуса являются характерными клиническими проявлениями COVID-19 [35]. Дефицит Zn занимает второе место (14,5%) после приема лекарственных препаратов (21,7%) среди причин нарушения вкуса. Выявлено, что низкое содержание Zn в слюне связано со снижением уровня густина, который является основным Zn-содержащим белком слюны. Нарушение секреции густина было связано с аномалиями роста и развития вкусовых рецепторов и, как следствие, потерей вкуса [36]. В исследовании египетских ученых у пациентов, госпитализированных с инфекцией COVID-19 различной степени тяжести и потерей/снижением обоняния (аносмией/гипосмией), оценивались уровни Zn в сыворотке крови и эффективность дополнительного приема 220 мг сульфата Zn (эквивалентно 50 мг элементарного Zn) два раза в день. Установлено, что статус Zn у пациентов с COVID-19 не оказывал существенного влияния на развитие аносмии/гипосмии и тяжесть заболевания. В тоже время терапия Zn оказала существенную роль в сокращении продолжительности восстановления обоняния у этих пациентов, не влияя на общую продолжительность выздоровления от COVID-19. Медианная продолжительность восстановления обонятельной функции у пациентов, получавших сульфат Zn, составила 7 дней (диапазон 5–9 дней), что было достоверно ниже, чем у не получавших данную терапию (медиана 18 дней с диапазоном 14–22 дня) [37].

### **Сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет и ожирение**

Противовоспалительные и антиоксидантные свойства Zn могут оказывать широкий спектр терапевтического воздействия на сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) [38–40]. В мета-анализе Nazari M. et al. (2023), включившем 75 РКИ, оценивалось возможное влияние добавок Zn на факторы риска ССЗ. В соответствии с результатами данного исследования, прием Zn способствовал улучшению липидного профиля за счет уменьшения уровня триглицеридов (ТГ) и общего ХС, снижения глюкозы в крови натощак, гликированного гемоглобина, индекса резистентности к инсулину НОМА-IR, С-реактивного белка, интерлейкина-6, фактора некроза опухоли- $\alpha$ , оксида азота, малонового диальдегида, общей антиоксидантной способности и глутатиона, без изменения уровней ХС липопротеинов низкой (ЛПНП) и высокой плотности (ЛПВП), инсулина, систолического и диастолического артериального давления, аспарагиновой и аланиновой аминотрансфераз [41].

В мета-анализе Romano L. M., You E. (2021) изучалось влияние дозы и продолжительности приема добавок Zn, а также биофортификации Zn сельскохозяйственных культур на факторы риска СД 2 типа и ССЗ. Установлено, что применение Zn в низких дозах ( $< 25$  мг/сут) значительно улучшили уровень глюкозы в крови натощак, резистентность к инсулину, уровень ТГ, общего ХС и ХС ЛПНП. Высокие дозы добавок Zn ( $\geq 25$  мг/сут) способствовали снижению гликированного гемоглобина и резистентности к инсулину. Кратковременное применение добавок ( $< 12$  недель) привело к снижению резистентности к инсулину, уровней глюкозы и ТГ в крови, а применение  $\geq 12$  недель также снизило и показатели общего ХС, ХС ЛПНП. Предполагается, что низкие дозы Zn, вводимые в течение длительного времени через биообогащенные культуры, могут аналогичным образом влиять на эти факторы риска [42].

В 2024 г. иранские ученые провели мета-анализ 23 РКИ с целью исследования влияния добавок Zn на факторы риска ССЗ у лиц с преддиабетом и СД 2 типа. Показано, что прием добавок Zn приводит к снижению уровня ТГ, общего ХС, глюкозы крови натощак, гликированного гемогло-

бина, С-реактивного белка и повышению уровня ХС ЛПВП. Из-за высокой степени гетерогенности исследований и низкого уровня их качества авторы указывают на необходимость дальнейших хорошо спланированных исследований для подтверждения полученных результатов [43].

Связь между уровнем Zn в сыворотке и избыточным весом/ожирением оценивалась в мета-анализе Gu K. et al. (2019). Было выявлено, что у детей и взрослых с избыточным весом/ожирением уровень Zn в сыворотке крови был достоверно ниже по сравнению с контрольной группой (SMD = -1,13; 95% ДИ от -2,03 до -0,23 и SMD = -0,41; 95% ДИ от -0,68 до -0,15 соответственно). Для подтверждения этих результатов необходимы более крупные обзорные исследования [44].

Бариатрическая хирургия является в настоящее время наиболее эффективным методом лечения морбидного ожирения. В недавнем мета-анализе, включившем 107 статей с участием 47432 пациентов, изучены изменения уровней минералов после бариатрических операций. Установлено, что распространенность послеоперационного дефицита Zn была на втором месте (18,3%) после дефицита железа (20,1%) [45].

### **Заболевания кожи**

Добавки Zn широко используются в клинической практике при различных заболеваниях кожи, включая инфекционные (вирусные бородавки, генитальный герпес, кожный лейшманиоз, проказа), воспалительные (гнойный гидраденит, обыкновенные угри, розацеа, экзематозный дерматит, себорейный дерматит, псориаз, болезнь Бехчета, красный плоский лишай полости рта), пигментные (витилиго, мелазма) заболевания, заболевания волос (алопеция), базальноклеточный рак и др. В ряде исследований установлено снижение уровня Zn в сыворотке крови и волосах у пациентов с такими заболеваниями, как бородавки, гнойный гидраденит, кожный лейшманиоз, акне, экзема, псориаз, алопеция. Препараты Zn применяются наружно, перорально, в виде локальных инъекций и даже в качестве одежды (ткани, пропитанные оксидом Zn) [46, 47].

Акне – это очень распространенное заболевание кожи, затрагивающее более 85% подростков и около 9,4% населения плане-

ты. В мета-анализе Yee B. E. et al. (2020) изучены уровни Zn в сыворотке крови и эффективность лечения препаратами Zn при обыкновенных угрях. В исследование было включено 12 РКИ и 13 проспективных наблюдательных исследований из 13 стран Европы, Азии, Ближнего Востока, Африки и США. Установлен значительно более низкий исходный уровень Zn в сыворотке крови у пациентов с акне. При лечении акне топическими и/или пероральными препаратами Zn наблюдался лучший ответ (уменьшение среднего количества воспалительных папул) по сравнению с группой контроля [48].

Zn играет важную роль в поддержании барьерной функции кожи, что может иметь значение в патогенезе атопического дерматита (АД). В 2019 г. Gray N. A. et al. провели систематический обзор (14 наблюдательных исследований и 2 РКИ), в котором оценивались связь между уровнями Zn и АД, а также эффективность пероральных добавок Zn в лечении АД. Продемонстрированы значительно более низкие показатели Zn сыворотки крови (SMD = 0,66; 95% ДИ 0,21–1,10,  $p = 0,004$ ), волос (SMD = 0,95; 95% ДИ 0,38–1,52,  $p = 0,001$ ) и эритроцитов (SMD = 0,95; 95% ДИ 0,38–1,52,  $p = 0,001$ ) у участников с АД по сравнению с контрольной группой. В одном РКИ пероральный прием добавок Zn сопровождался снижением распространенности и тяжести АД среди пациентов с дефицитом Zn, тогда как другое РКИ среди всех пациентов с АД не выявило значительного улучшения. Таким образом, для оценки эффективности добавок Zn в лечении или профилактике АД необходимы дальнейшие исследования высокого качества [49].

### **Микробиота кишечника**

Бактерии, колонизирующие желудочно-кишечный тракт, поддерживают свою активность за счет минералов. Биообогащение продуктов питания – это стратегия, направленная на увеличение поставок микронутриентов, витаминов и минералов различным группам населения. В настоящее время имеются данные, свидетельствующие о том, что биообогащенные продукты могут модулировать полезные бактериальные таксоны хозяина. В обзоре Juste Contin Gomes M. et al. (2021) проанализированы данные 5 исследований, проведенных в экспериментальных усло-

виях *in vivo*, которые связывают биообогащенные железом и Zn продукты питания и модуляцию микробиома кишечника. Несмотря на высокую межиндивидуальную изменчивость состава микробиоты, экспериментальные результаты показали, что потребление биообогащенных продуктов питания Fe и Zn изменяет локальную микробную экологию: увеличивает численность бактериальными популяций *Lactobacillus* и *Ruminococcus*, продуцирующих короткоцепочечные жирные кислоты, и снижает численность условно патогенных бактерий, таких как *Streptococcus*, *Escherichia* и *Enterobacter*. Потенциальное благотворное влияние на кишечную микробиоту было подтверждено при включении в рацион примерно 50% продуктов, обогащенных железом и Zn. В результате было установлено, что биообогащенные продукты могут способствовать улучшению здоровья кишечника без увеличения колонизации патогенных бактерий. Авторы считают необходимым проведение дополнительных исследований для дальнейшего изучения воздействия биофортификации продуктов питания на микробиом кишечника [50].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дефицит Zn, широко распространенный во всем мире, оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье человека. Недостаток данного микроэлемента может отягощать течение различных заболеваний, в связи с чем в последние годы возрос интерес исследователей к изучению терапевтического потенциала Zn.

Согласно данным анализа современных исследований, показано положительное влияние препаратов Zn на репродуктивное здоровье мужчин: улучшение качества спермы и подвижности сперматозоидов, повышение показателей наступления беременности.

У женщин дефицит Zn может привести к осложненному течению беременности, включая преэклампсию/эклампсию, гестационный диабет, преждевременные роды, низкий вес и пороки развития новорожденного. Несмотря на то, что в настоящее время ВОЗ не рекомендует рутинное применение добавок Zn беременными женщинами, отмечается необходимость дополнительного изучения целесообразности их

использования у женщин с низким потреблением данного микронутриента.

Дефицит Zn во время беременности приводит к низкой массе тела ребенка при рождении и задержке роста, что может привести к неонатальной смертности. Установлено, что прием добавок Zn детьми младше 5 лет снижал риск смертности от всех причин. Дефицит Zn является важным фактором, который может повлиять на рост и развитие ребенка. Показано, что добавки Zn достоверно увеличивают антропометрические параметры у здоровых детей старше 2 лет.

Препараты Zn традиционно применяются для адьювантной терапии и профилактики вирусных респираторных инфекций. Установлено, что добавки Zn могут сократить продолжительность ИВДП. Иммунорегуляторные и антиоксидантные свойства Zn вероятно играют роль в уменьшении воспаления и смягчении окислительного стресса при инфекции COVID-19. Потенциальные терапевтические преимущества при лечении COVID-19 также связывают с возможным подавляющим влиянием Zn на вирус SARS-CoV-2. Однако данные клинических исследований по оценке эффективности препаратов Zn для профилактики и лечения COVID-19 до настоящего времени остаются противоречивыми. Показана целесообразность терапии Zn для сокращения продолжительности восстановления обоняния у пациентов с инфекцией COVID-19.

Установлена положительная роль приема добавок Zn в коррекции таких факторов риска ССЗ, как дислипидемия, СД, нарушение толерантности к глюкозе и ожирение, что, вероятно, обусловлено противовоспалительными и антиоксидантными свойствами данного микроэлемента.

Также Zn необходим для здоровья кожи: уменьшает воспаление, ускоряет заживление ран. Препараты Zn для системного и наружного применения широко используются при различных инфекционных, воспалительных, пигментных заболеваниях кожи, заболеваниях волос.

Перспективными являются исследования по изучению воздействия биообогащения Zn продуктов питания на состав и функцию микробиоты кишечника.

Таким образом, научные данные, полученные в последние годы, свидетельствуют о том, что препараты Zn могут приме-

няться не только для коррекции дефицита данного микроэлемента, но и быть потенциально полезными в качестве дополнительной терапии ряда заболеваний.

### SUMMARY

M. R. Konorev, N. R. Prakoshyna,  
T. M. Sabalenka  
ZINC: FROM DEFICIENCY  
PREVENTION TO THERAPEUTIC  
POTENTIAL. PART 2

Zinc deficiency widespread throughout the world has an adverse effect on human health. Lack of this microelement can aggravate the course of various diseases accompanied by oxidative stress and inflammation. Given the diverse functions of zinc in the body, in recent years, researchers have shown increasing interest in studying its therapeutic potential. The second part of the review analyzes the results of meta-analyses, systematic reviews and clinical studies over the past 10 years on the possibility of using zinc preparations in a number of pathological conditions. Studies are presented to assess the positive effect of zinc supplements on the reproductive health of men and women reducing the risk of infant mortality, and growth and development parameters in children. Given the adverse effects of zinc deficiency during pregnancy, the advisability of using zinc supplements in women with low zinc intake is discussed. The potential uses of zinc preparations in the treatment of the respiratory viral infections, including COVID-19, cardiovascular diseases, diabetes, obesity, and skin diseases are shown. The prospects of biofortification of food products with zinc to correct intestinal microbiota disorders are considered.

Keywords: zinc, zinc deficiency, reproductive health, children's health, upper respiratory tract infections, COVID-19, cardiovascular diseases, diabetes mellitus, obesity, skin diseases, microbiota.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Stiles, L. I. Role of zinc in health and disease / L. I. Stiles, K. Ferrao, K. J. Mehta // *Clinical and experimental medicine*. – 2024. – Vol. 24, N 1. – DOI: 10.1007/s10238-024-01302-6.
2. Acrodermatitis enteropathica / S. Kumar, V. Thakur, R. Choudhary, K. Vinay // *The Journal of pediatrics*. – 2020. – Vol. 220. – P. 258–259. – DOI: 10.1016/j.jpeds.2020.01.017.
3. Multifunctional role of zinc in human

health: an update / D. P. Kiouri, E. Tsoupra, M. Peana [et al.] // *EXCLI journal*. – 2023. – Vol. 22. – P. 809–827. – DOI: 10.17179/excli2023-6335.

4. Recent aspects of the effects of zinc on human health / C. T. Chasapis, P. A. Ntoupa, C. A. Spiliopoulou, M. E. Stefanidou // *Archives of toxicology*. – 2020. – Vol. 94, N 5. – P. 1443–1460. – DOI: 10.1007/s00204-020-02702-9.

5. Effectiveness of non-pharmaceutical intervention on sperm quality: a systematic review and network meta-analysis / Z. Chen, Z. Hong, S. Wang [et al.] // *Aging*. – 2023. – Vol. 15, N 10. – P. 4253–4268. – DOI: 10.18632/aging.204727.

6. Effectiveness of nutritional therapies in male factor infertility treatment: A systematic review and network meta-analysis / M. I. Zafar, K. E. Mills, C. D. Baird [et al.] // *Drugs*. – 2023. – Vol. 83, N 6. – P. 531–546. – DOI: 10.1007/s40265-023-01853-0.

7. Effect of antioxidants on semen parameters in men with oligo-astheno-teratozoospermia: a network meta-analysis / A. Barbonetti, D. Tienforti, C. Castellini [et al.] // *Andrology*. – 2024. – Vol. 12, N 3. – P. 538–552. – DOI: 10.1111/andr.13498.

8. Comparison of dietary and physical activity behaviors in women with and without polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis of 39471 women / M. Kazemi, J. Y. Kim, C. Wan [et al.] // *Human reproduction update*. – 2022. – Vol. 28, N 6. – P. 910–955. – DOI: 10.1093/humupd/dmac023.

9. Analysis of serum calcium, sodium, potassium, zinc, and iron in patients with preeclampsia in Bangladesh: A case-control study / S. M. N. Uddin, M. Haque, M. A. Barek [et al.] // *Health science reports*. – 2023. – Vol. 6, N 2. – DOI: 10.1002/hsr2.1097. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9895321/pdf/HSR2-6-e1097.pdf> (date of access: 22.05.2025).

10. Biochemical markers in the prediction of pregnancy outcome in gestational diabetes mellitus / V. Mandić-Marković, Z. Dobrijević, D. Robajac [et al.] // *Medicina*. – 2024. – Vol. 60, N 8. – P. 1250. – DOI: 10.3390/medicina60081250.

11. Mazurek, D. The concentration of selected elements in the placenta according to selected sociodemographic factors and their effect on birth mass and birth length of newborns / D. Mazurek, K. Łoźna, M. Bronkowska // *Journal of trace elements in medicine and biology*. – 2020. – Vol. 58. – DOI: 10.1016/j.jtemb.2019.126425.

12. World Health Organization. Nutritional interventions update: zinc supplements during pregnancy. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240030466> (date of access: 19.05.2025).

13. Association of selenium, zinc and copper concentrations during pregnancy with birth weight: a systematic review and meta-analysis / M. A. Atazadegan, M. Heidari-Beni, R. Riahi, R. Kelishadi // *Journal of trace elements in medicine and biology*. – 2022. – Vol. 69. – DOI:

10.1016/j.jtemb.2021.126903.

14. Cheng, Q. Maternal serum zinc concentration and neural tube defects in offspring: a meta-analysis / Q. Cheng, L. Gao // *The journal of maternal-fetal & neonatal medicine*. – 2022. – Vol. 35, N 24. – P. 4644–4652. – DOI: 10.1080/14767058.2020.1860930.

15. Li, X. The influence of zinc supplementation on metabolic status in gestational diabetes: a meta-analysis of randomized controlled studies / X. Li, J. Zhao // *The journal of maternal-fetal & neonatal medicine*. – 2021. – Vol. 34, N 13. – P. 2140–2145. – DOI: 10.1080/14767058.2019.1659769.

16. Association of solute carrier family 30 A8 zinc transporter gene variations with gestational diabetes mellitus risk in a Chinese population / Q. Zeng, B. Tan, F. Han [et al.] // *Frontiers in endocrinology*. – 2023. – Vol. 14. – DOI: 10.3389/fendo.2023.1159714.

17. Is serum zinc status related to gestational diabetes mellitus? A meta-analysis / J. Fan, T. Zhang, Y. Yu, B. Zhang // *Maternal & child nutrition*. – 2021. – Vol. 17, N 4. – P. e13239. – DOI: 10.1111/mcn.13239.

18. Jin, S. Maternal serum zinc level is associated with risk of preeclampsia: A systematic review and meta-analysis / S. Jin, C. Hu, Y. Zheng // *Frontiers in public health*. – 2022. – Vol. 10. – DOI: 10.3389/fpubh.2022.968045.

19. Tesfa, E. Maternal serum zinc level and pre-eclampsia risk in African women: a systematic review and meta-analysis / E. Tesfa, E. Nibret, A. Munsha // *Biological trace element research*. – 2021. – Vol. 199, N 12. – P. 4564–4571. – DOI: 10.1007/s12011-021-02611-7.

20. Rouhani, P. Effect of zinc supplementation on mortality in under 5-year children: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials / P. Rouhani, M. Rezaei Kelishadi, P. Saneei // *European journal of nutrition*. – 2022. – Vol. 61, N 1. – P. 37–54. – DOI: 10.1007/s00394-021-02604-1.

21. Zinc supplementation for the promotion of growth and prevention of infections in infants less than six months of age / Z. S. Lassi, J. Kurji, C. S. D. Oliveira [et al.] // *The Cochrane database of systematic reviews*. – 2020. – Vol. 4, N 4. – DOI: 10.1002/14651858.CD010205.pub2.

22. The effect of zinc supplementation on anthropometric measurements in healthy children over two years: a systematic review and meta-analysis / V. Monfared, A. Salehian, Z. Nikniaz [et al.] // *BMC Pediatr*. – 2023. – Vol. 23, N 1. – P. 414. – DOI: 10.1186/s12887-023-04249-x.

23. Eccles, R. Common cold / R. Eccles // *Frontiers in allergy*. – 2023. – Vol. 4. – DOI: 10.3389/falgy.2023.1224988. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10324571/pdf/falgy-04-1224988.pdf> (date of access: 04.06.2025).

24. Wang, M. X. Zinc supplementation reduces common cold duration among healthy adults: A systematic review of randomized controlled trials with micronutrients supplementation /

M. X. Wang, S. S. Win, J. Pang // *The American journal of tropical medicine and hygiene*. – 2020. – Vol. 103, N 1. – P. 86–99. – DOI: 10.4269/ajtmh.19-0718.

25. Конорев, М. Р. Роль витамина С в адьювантной терапии вирусных инфекций верхних дыхательных путей и COVID-19: реалии и перспективы. Часть 1 / М. Р. Конорев, Н. Р. Прокошина, Т. М. Соболенко // *Вестник фармации*. – 2023. – № 1. – С. 79–90. – DOI: 10.52540/2074-9457.2023.1.79.

26. Zinc for prevention and treatment of the common cold / D. Nault, T. A. Machingo, A. G. Shipper [et al.] // *The Cochrane database of systematic reviews*. – 2024. – Vol. 5, N 5. – DOI: 10.1002/14651858.CD014914.pub2.

27. Zinc deficiency as a possible risk factor for increased susceptibility and severe progression of Corona Virus Disease 19 / I. Wessels, B. Rolles, A. J. Slusarenko, L. Rink // *The British journal of nutrition*. – 2022. – Vol. 127, N 2. – P. 214–232. – DOI: 10.1017/S0007114521000738.

28. Evaluation of zinc, copper, and Cu:Zn ratio in serum, and their implications in the course of COVID-19 / I. D. Ivanova, A. Pal, I. Simonelli [et al.] // *Journal of trace elements in medicine and biology*. – 2022. – Vol. 71. – DOI: 10.1016/j.jtemb.2022.126944.

29. The role of zinc in antiviral immunity / S. A. Read, S. Obeid, C. Ahlenstiel, G. Ahlenstiel // *Advances in nutrition*. – 2019. – Vol. 10, N 4. – P. 696–710. – DOI: 10.1093/advances/nmz013.

30. A comprehensive insight into the role of zinc deficiency in the renin-angiotensin and kinin-kallikrein system dysfunctions in COVID-19 patients / A. S. Gouda, F. G. Adbelruhman, R. N. Elbendary [et al.] // *Saudi journal of biological sciences*. – 2021. – Vol. 28, N 6. – P. 3540–3547. – DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.03.027.

31. The nutritional roles of zinc for immune system and COVID-19 patients / D. Jin, X. Wei, Y. He [et al.] // *Frontiers in nutrition*. – 2024. – DOI: 10.3389/fnut.2024.1385591.

32. Tabatabaeizadeh, S. A. Zinc supplementation and COVID-19 mortality: a meta-analysis / S. A. Tabatabaeizadeh // *European journal of medical research*. – 2022. – Vol. 27, N 1. – P. 70. – DOI: 10.1186/s40001-022-00694-z.

33. Clinical significance of micronutrient supplements in patients with coronavirus disease 2019: a comprehensive systematic review and meta-analysis / A. Beran, M. Mhanna, O. Srouf [et al.] // *Clinical nutrition ESPEN*. – 2022. – Vol. 48. – P. 167–177. – DOI: 10.1016/j.clnesp.2021.12.033.

34. Prophylaxis against COVID-19: living systematic review and network meta-analysis / J. J. Bartoszko, R. A. C. Siemieniuk, E. Kum [et al.] // *BMJ*. – 2021. – Vol. 373. – DOI: 10.1136/bmj.n949.

35. Olfactory and gustatory dysfunctions as a clinical presentation of mild-to-moderate forms of the coronavirus disease (COVID-19): a mul-

ticenter European study / J. R. Lechien, C. M. Chiesa-Estomba, D. R. De Siati [et al.] // *European archives of oto-rhino-laryngology*. – 2020. – Vol. 277, N 8. – P. 2251–2261. – DOI: 10.1007/s00405-020-05965-1.

36. The effectiveness of zinc supplementation in taste disorder treatment: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / B. Mozaffar, A. Ardavani, H. Muzafar, I. Idris // *Journal of nutrition and metabolism*. – 2023. – DOI: 10.1155/2023/6711071.

37. Olfactory disturbances as presenting manifestation among Egyptian patients with COVID-19: possible role of zinc / A. A. Abdelmaksoud, A. A. Ghweil, M. H. Hassan [et al.] // *Biological trace element research*. – 2021. – Vol. 199, N 11. – P. 4101–4108. – DOI: 10.1007/s12011-020-02546-5.

38. Fukunaka, A. Role of zinc homeostasis in the pathogenesis of diabetes and obesity / A. Fukunaka, Y. Fujitani // *International journal of molecular sciences*. – 2018. – Vol. 19, N 2. – P. 476. – DOI: 10.3390/ijms19020476.

39. Impact of zinc deficiency during prenatal and/or postnatal life on cardiovascular and metabolic diseases: experimental and clinical evidence / F. Mendes Garrido Abregú, C. Caniffi, C. T. Arranz, A. L. Tomat // *Advances in nutrition*. – 2022. – Vol. 13, N 3. – P. 833–845. – DOI: 10.1093/advances/nmac012.

40. The role of Lp-PLA2 as a mediator between serum magnesium and zinc levels and cardiovascular risk in patients with metabolic syndrome / K. A. Manik, P. P. S. Joice, I. A. Jagadal [et al.] // *Cureus*. – 2024. – Vol. 16, N 10. – DOI: 10.7759/cureus.72107.

41. Zinc supplementation and cardiovascular disease risk factors: a GRADE-assessed systematic review and dose-response meta-analysis / M. Nazari, D. Ashtary-Larky, M. Nikbaf-Shandiz [et al.] // *Journal of trace elements in medicine and biology*. – 2023. – Vol. 79. – DOI: 10.1016/j.jtemb.2023.127244.

42. Pompano, L. M. Effects of dose and duration of zinc interventions on risk factors for type 2 diabetes and cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis / L. M. Pompano, E. Boy // *Advances in nutrition*. – 2021. – Vol. 12, N 1. – P. 141–160. – DOI: 10.1093/advances/nmaa087.

43. Zinc supplementation in individuals with prediabetes and type 2 diabetes: a GRADE-assessed systematic review and dose-response meta-analysis / M. Nazari, M. Nikbaf-Shandiz, F. Pashayee-Khamene [et al.] // *Biological trace element research*. – 2024. – Vol. 202, N 7. – P. 2966–2990. – DOI: 10.1007/s12011-023-03895-7.

44. The association between serum zinc level and overweight/obesity: a meta-analysis / K. Gu, W. Xiang, Y. Zhang [et al.] // *European journal of nutrition*. – 2019. – Vol. 58, N 8. – P. 2971–2982. – DOI: 10.1007/s00394-018-1876-x.

45. Change in mineral status after bariatric surgery: a meta-analysis / L. Cao, S. Liang,

X. Yu [et al.] // *Obesity surgery*. – 2023. – Vol. 33, N 12. – P. 3907–3931. – DOI: 10.1007/s11695-023-06888-6.

46. Trace element zinc and skin disorders / P. Zou, Y. Du, C. Yang, Y. Cao // *Frontiers in medicine*. – 2023. – Vol. 9. – DOI: 10.3389/fmed.2022.1093868.

47. Searle, T. Zinc in dermatology / T. Searle, F. R. Ali, F. Al-Niimi // *The Journal of dermatological treatment*. – 2022. – Vol. 33, N 5. – P. 2455–2458. – DOI: 10.1080/09546634.2022.2062282.

48. Serum zinc levels and efficacy of zinc treatment in acne vulgaris: A systematic review and meta-analysis / B. E. Yee, P. Richards, J. Y. Sui, A. F. Marsch // *Dermatologic therapy*. – 2020. – Vol. 33, N 6. – P. e14252. – DOI: 10.1111/dth.14252.

49. Zinc and atopic dermatitis: a systematic review and meta-analysis / N. A. Gray, A. Dhana, D. J. Stein, N. P. Khumalo // *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. – 2019. – Vol. 33, N 6. – P. 1042–1050. – DOI: 10.1111/jdv.15524.

50. Juste Contin Gomes, M. Effects of iron and zinc biofortified foods on gut microbiota in vivo (*Gallus gallus*): a systematic review / M. Juste Contin Gomes, H. Stampini Duarte Martino, E. Tako // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13, N 1. – P. 189. – DOI: 10.3390/nu13010189.

## REFERENCES

1. Stiles LI, Ferrao K, Mehta KJ. Role of zinc in health and disease. *Clin Exp Med*. 2024;24(1). doi: 10.1007/s10238-024-01302-6

2. Kumar S, Thakur V, Choudhary R, Vinay K. Acrodermatitis enteropathica. *J Pediatr*. 2020;220:258–9. doi: 10.1016/j.jpeds.2020.01.017

3. Kiouri DP, Tsoupra E, Peana M, Perlepes SP, Stefanidou ME, Chasapis CT. Multifunctional role of zinc in human health: an update. *EXCLI J*. 2023;22:809–27. doi: 10.17179/excli2023-6335

4. Chasapis CT, Ntoupa PA, Spiliopoulou CA, Stefanidou ME. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Arch Toxicol*. 2020;94(5):1443–60. doi: 10.1007/s00204-020-02702-9

5. Chen Z, Hong Z, Wang S, Qiu J, Wang Q, Zeng Y, et al. Effectiveness of non-pharmaceutical intervention on sperm quality: a systematic review and network meta-analysis. *Aging (Albany NY)*. 2023;15(10):4253–68. doi: 10.18632/aging.204727

6. Zafar MI, Mills KE, Baird CD, Jiang H, Li H. Effectiveness of nutritional therapies in male factor infertility treatment: A systematic review and network meta-analysis. *Drugs*. 2023;83(6):531–46. doi: 10.1007/s40265-023-01853-0

7. Barbonetti A, Tienforti D, Castellini C, Giulio FD, Muselli M, Pizzocaro A, et al. Effect of antioxidants on semen parameters in men with oligo-astheno-teratozoospermia: a network meta-analysis. *Andrology*. 2024;12(3):538–52. doi:

10.1111/andr.13498

8. Kazemi M, Kim JY, C. Wan C, Xiong JD, Michalak J, Xavier IB, et al. Comparison of dietary and physical activity behaviors in women with and without polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis of 39471 women. *Hum Reprod Update*. 2022;28(6): 910–55. doi: 10.1093/humupd/dmac023

9. Uddin SMN, Haque M, Barek MA, Chowdhury MNU, Das A, Uddin MG, et al. Analysis of serum calcium, sodium, potassium, zinc, and iron in patients with pre-eclampsia in Bangladesh: A case-control study. *Health Sci Rep*. 2023;6(2). doi: 10.1002/hsr2.1097. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9895321/pdf/HSR2-6-e1097.pdf> (date of access: 2025 May 22)

10. Mandić-Marčović V, Dobrijević Z, Robajac D, Miljuš G, Šunderić M, Penezić A, et al. Biochemical markers in the prediction of pregnancy outcome in gestational diabetes mellitus. *Medicina (Kaunas)*. 2024;60(8):1250. doi: 10.3390/medicina60081250

11. Mazurek D, Łoźna K, Bronkowska M. The concentration of selected elements in the placenta according to selected sociodemographic factors and their effect on birth mass and birth length of newborns. *J Trace Elem Med Biol*. 2020;58. doi: 10.1016/j.jtemb.2019.126425

12. World Health Organization. Nutritional interventions update: zinc supplements during pregnancy. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240030466> (date of access: 2025 May 19)

13. Atazadegan MA, Heidari-Beni M, Riahi R, Kelishadi R. Association of selenium, zinc and copper concentrations during pregnancy with birth weight: a systematic review and meta-analysis. *J Trace Elem Med Biol*. 2022;69. doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126903

14. Cheng Q, Gao L. Maternal serum zinc concentration and neural tube defects in offspring: a meta-analysis. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2022;35(24):4644–52. doi: 10.1080/14767058.2020.1860930

15. Li X, Zhao J. The influence of zinc supplementation on metabolic status in gestational diabetes: a meta-analysis of randomized controlled studies. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2021;34(13):2140–5. doi: 10.1080/14767058.2019.1659769

16. Zeng Q, Tan B, Han F, Huang X, Huang J, Wei Y, et al. Association of solute carrier family 30 A8 zinc transporter gene variations with gestational diabetes mellitus risk in a Chinese population. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023;14. doi: 10.3389/fendo.2023.1159714

17. Fan J, Zhang T, Yu Y, Zhang B. Is serum zinc status related to gestational diabetes mellitus? A meta-analysis. *Matern Child Nutr*. 2021;17(4):e13239. doi: 10.1111/mcn.13239

18. Jin S, Hu C, Zheng Y. Maternal serum zinc level is associated with risk of preeclampsia: A systematic review and meta-analysis.

*Front Public Health*. 2022;10. doi: 10.3389/fpubh.2022.968045

19. Tesfa E, Nibret E, Munshea A. Maternal serum zinc level and pre-eclampsia risk in African women: a systematic review and meta-analysis. *Biol Trace Elem Res*. 2021;199(12):4564–71. doi: 10.1007/s12011-021-02611-7

20. Rouhani P, Rezaei Kelishadi M, Saneei P. Effect of zinc supplementation on mortality in under 5-year children: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Eur J Nutr*. 2022;61(1):37–54. doi: 10.1007/s00394-021-02604-1

21. Lassi ZS, Kurji J, Oliveira CSD, Moin A, Bhutta ZA. Zinc supplementation for the promotion of growth and prevention of infections in infants less than six months of age. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020;4(4). doi: 10.1002/14651858.CD010205.pub2

22. Monfared V, Salehian A, Nikniaz Z, Ebrahimpour-Koujan S, Faghfoori Z. The effect of zinc supplementation on anthropometric measurements in healthy children over two years: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pediatr*. 2023;23(1):414. doi: 10.1186/s12887-023-04249-x

23. Eccles R. Common cold. *Front Allergy*. 2023;4. doi: 10.3389/falgy.2023.1224988. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10324571/pdf/falgy-04-1224988.pdf> (date of access: 2025 June 4)

24. Wang MX, Win SS, Pang J. Zinc supplementation reduces common cold duration among healthy adults: A systematic review of randomized controlled trials with micronutrients supplementation. *Am J Trop Med Hyg*. 2020;103(1):86–99. doi: 10.4269/ajtmh.19-0718

25. Konorev MR, Prokoshina NR, Sobolenko TM. The Role of Vitamin C in Adjuvant Therapy for Viral Upper Respiratory Tract Infections and COVID-19: Realities and Prospects. Part 1. *Vestnik farmatsii*. 2023;(1):79–90. doi: 10.52540/2074-9457.2023.1.79. (In Russ.)

26. Nault D, Machingo TA, Shipper AG, Antiporta DA, Hamel C, Nourouzpour S, et al. Zinc for prevention and treatment of the common cold. *Cochrane Database Syst Rev*. 2024;5(5). doi: 10.1002/14651858.CD014914.pub2

27. Wessels I, Rolles B, Slusarenko AJ, Rink L. Zinc deficiency as a possible risk factor for increased susceptibility and severe progression of Corona Virus Disease 19. *Br J Nutr*. 2022;127(2):214–32. doi: 10.1017/S0007114521000738

28. Ivanova ID, Pal A, Simonelli I, Atanasova B, Ventriglia M, Rongioletti M, et al. Evaluation of zinc, copper, and Cu:Zn ratio in serum, and their implications in the course of COVID-19. *J Trace Elem Med Biol*. 2022;71. doi: 10.1016/j.jtemb.2022.126944

29. Read SA, Obeid S, Ahlenstiel C, Ahlenstiel G. The role of zinc in antiviral immunity. *Adv Nutr*. 2019;10(4):696–710. doi: 10.1093/advances/nmz013

30. Gouda AS, Abdelruhman FG, Elben-dary RN, Alharbi FA, Alhamrani SQ, Megarbane B. A comprehensive insight into the role of zinc deficiency in the renin-angiotensin and kinin-kallikrein system dysfunctions in COVID-19 patients. *Saudi J Biol Sci.* 2021;28(6):3540–7. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.03.027
31. Jin D, Wei X, He Y, Zhong L, Lu H, Lan J, et al. The nutritional roles of zinc for immune system and COVID-19 patients. *Front Nutr.* 2024. doi: 10.3389/fnut.2024.1385591
32. Tabatabaeizadeh SA. Zinc supplementation and COVID-19 mortality: a meta-analysis. *Eur J Med Res.* 2022;27(1):70. doi: 10.1186/s40001-022-00694-z
33. Beran A, Mhanna M, Srour O, Ayesh H, Stewart JM, Hjouj M, et al. Clinical significance of micronutrient supplements in patients with coronavirus disease 2019: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr ESPEN.* 2022;48:167–77. doi: 10.1016/j.clnesp.2021.12.033
34. Bartoszko JJ, Siemieniuk RAC, Kum E, Qasim A, Zeraatkar D, Martinez JPD, et al. Prophylaxis against COVID-19: living systematic review and network meta-analysis. *BMJ.* 2021;373. doi: 10.1136/bmj.n949
35. Lechien JR, Chiesa-Estomba CM, De Siaty DR, Horoi M, Le Bon SD, Rodriguez A, et al. Olfactory and gustatory dysfunctions as a clinical presentation of mild-to-moderate forms of the coronavirus disease (COVID-19): a multicenter European study. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2020;277(8):2251–61. doi: 10.1007/s00405-020-05965-1
36. Mozaffar B, Ardavani A, Muzafar H, I. Idris I. The effectiveness of zinc supplementation in taste disorder treatment: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Nutr Metab.* 2023. doi: 10.1155/2023/6711071
37. Abdelmaksoud AA, Ghweil AA, Hassan MH, Rashad A, Khodeary A, Aref ZF, et al. Olfactory disturbances as presenting manifestation among Egyptian patients with COVID-19: possible role of zinc. *Biol Trace Elem Res.* 2021;199(11):4101–8. doi: 10.1007/s12011-020-02546-5
38. Fukunaka A, Fujitani Y. Role of zinc homeostasis in the pathogenesis of diabetes and obesity. *Int J Mol Sci.* 2018;19(2):476. doi: 10.3390/ijms19020476
39. Mendes Garrido Abregú F, Caniffi C, Arranz CT, Tomat AL. Impact of zinc deficiency during prenatal and/or postnatal life on cardiovascular and metabolic diseases: experimental and clinical evidence. *Adv Nutr.* 2022;13(3):833–45. doi: 10.1093/advances/nmac012
40. Manik KA, Joice PPS, Jagadal IA, TK J, Samundeeswari V, Madompoyil B, et al. The role of Lp-PLA2 as a mediator between serum magnesium and zinc levels and cardiovascular risk in patients with metabolic syndrome. *Cureus.* 2024;16(10). doi: 10.7759/cureus.72107
41. Nazari M, Ashtary-Larky D, Nikbaf-Shandiz M, Goudarzi K, Bagheri R, Dolatshahi S, et al. Zinc supplementation and cardiovascular disease risk factors: a GRADE-assessed systematic review and dose-response meta-analysis. *J Trace Elem Med Biol.* 2023;79. doi: 10.1016/j.jtemb.2023.127244
42. Pompano LM, Boy E. Effects of dose and duration of zinc interventions on risk factors for type 2 diabetes and cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *Adv Nutr.* 2021;12(1):141–60. doi: 10.1093/advances/nmaa087
43. Nazari M, Nikbaf-Shandiz M, Pashayee-Khamene F, Bagheri R, Goudarzi K, Hosseinnia NV, et al. Zinc supplementation in individuals with prediabetes and type 2 diabetes: a GRADE-assessed systematic review and dose-response meta-analysis. *Biol Trace Elem Res.* 2024;202(7):2966–90. doi: 10.1007/s12011-023-03895-7
44. Gu K, Xiang W, Zhang Y, Sun K, Jiang X. The association between serum zinc level and overweight/obesity: a meta-analysis. *Eur J Nutr.* 2019;58(8):2971–82. doi: 10.1007/s00394-018-1876-x
45. Cao L, Liang S, Yu X, Guan B, Yang Q, Ming WK, et al. Change in mineral status after bariatric surgery: a meta-analysis. *Obes Surg.* 2023;33(12):3907–31. doi: 10.1007/s11695-023-06888-6
46. Zou P, Du Y, Yang C, Cao Y. Trace element zinc and skin disorders. *Front Med (Lausanne).* 2023;9. doi: 10.3389/fmed.2022.1093868
47. Searle T, Ali FR, Al-Niaimi F. Zinc in dermatology. *J Dermatolog Treat.* 2022;33(5):2455–8. doi: 10.1080/09546634.2022.2062282
48. Yee BE, Richards P, Sui JY, Marsch AF. Serum zinc levels and efficacy of zinc treatment in acne vulgaris: A systematic review and meta-analysis. *Dermatol Ther.* 2020;33(6):e14252. doi: 10.1111/dth.14252
49. Gray NA, Dhana A, Stein DJ, Khumalo NP. Zinc and atopic dermatitis: a systematic review and meta-analysis. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2019;33(6):1042–50. doi: 10.1111/jdv.15524
50. Juste Contin Gomes M, Stampini Duarte Martino H, Tako E. Effects of iron and zinc biofortified foods on gut microbiota *in vivo* (*Gallus gallus*): a systematic review. *Nutrients.* 2021;13(1):189. doi: 10.3390/nu13010189

**Адрес для корреспонденции:**

210009, Республика Беларусь,

г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,

УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», кафедра общей и клинической фармакологии с курсом ФПК и ПК,

тел. раб.: 8 (0212) 58 13 87,

Конорев М. Р.

Поступила 06.06.2025 г.