

97. Рассоха, Н. Ф. Об эффективности применения регуляторов роста при выращивании томатов в зимних теплицах на минеральной вате / Н. Ф. Рассоха, Г. В. Наумова, Н. А. Жмакова // Природопользование. – 2011. – № 20. – С. 100–104.
98. Степанов, А. Ф. Урожайность огурца при выращивании в зимней теплице на малообъемной гидропонике при разном уровне освещения / А. Ф. Степанов, К. А. Пермякова, Л. А. Кротова // вестник омского государ. аграр. ун-та. – 2023. – № 3 (51). – С. 69–76.
99. Горохова, Т. Ю. Особенности использования минераловатного субстрата «Агрос» производства ОАО «Комат» (г. Ростов на Дону) для выращивания овощных культур в теплицах / Т. Ю. Горохова // Гавриш. – 2005. – № 5. – С. 8–11.
100. Куропатина, Н. Д. О необходимости экспертизы минераловатных субстратов / Н. Д. Куропатина. – Гавриш. – 2013. – № 4. – С. 20–22.
101. Данилова, Т. Н. Возможности использования гидрогелей для управления водообеспеченностью полей / Т. Н. Данилова, Л. В. Козырева // Плодородие. – 2008. – № 6. – С. 24–25.
102. Енгалычева, Н. А. Эффективность применения гидрогеля при выращивании рассады огурца для открытого грунта / Н. А. Енгалычева, Д. И. Енгалычев, К. Л. Алексеева // Известия ФНЦО. – 2021. – № 1–2. – С. 84–89.

УДК 631.8:631.416.9

## ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Л. А. Веремейчик<sup>1</sup>, А. Р. Цыганов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Международный институт управления и предпринимательства,  
г. Минск, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в связи с увеличением антропогенной нагрузки на экологические системы и раскрытия биологических основ тесного взаимодействия человека и окружающей среды особенно значимым является комплексное изучение вопросов динамики функционального состояния живого организма в зависимости от изменений, происходящих в окружающей природной среде. Анализ закономерностей функционирования экологических систем в условиях природопреобразующей деятельности для жизнеобеспечения современного общества требует выработки тактики и стратегии поведения человечества в целях оптимизации функционирования этих систем.

В настоящее время исследования по комплексной, научно обоснованной оценке влияния факторов среды обитания на здоровье населения считаются одним из приоритетных направлений в области экологии человека. Установлено, что

в развитии учения о микроэлементах отмечается новый этап, кроме специфического их участия в определенных реакциях обмена веществ особую роль придают их метаболическим взаимодействиям, которые наблюдаются как в процессе образования и трансформации планетного вещества, так и в биогеохимических процессах (аккумулирование и рассеяние химических элементов организмами). Основной принцип экологического соответствия заключается в том, что форма существования организма (включая его генетические особенности) всегда соответствует условиям жизни, эти связи формировались в длительном геологическом времени наряду с эволюцией организмов адекватно изменению среды их обитания [1].

Еще В. И. Вернадский отмечал, что химический состав живых организмов теснейшим образом связан с химическим составом земной коры, он первым пришел к выводу, что, несмотря на ничтожно малое содержание многих химических элементов в окружающей среде, они постоянно и не случайно присутствуют в растительных и животных организмах. Следовательно, организм человека можно рассматривать в качестве геохимического индикатора, интегрирующего в себе трансформации природной среды, что позволяет дать прогноз изменения биосфера в целом. Поэтому на современном этапе геохимических исследований человека, становится чрезвычайно актуальной проблема техногенного воздействия, проявляющегося на территориях разных регионов и ландшафтно-геохимических условий [2].

В условиях техногенеза биосфера роль биогеохимии резко возрастает, формируется новое научное направление – биогеохимия ноосферы. Предметом ее исследований становится техногенно преобразованные таксоны биосферы, их эволюция и пути оптимального взаимодействия человека и природы. В настоящее время биогеохимическое районирование таксонов биосферы является одним из важных элементов системы современного экологического мониторинга. Биогеохимия широко использует методы исследований минерального обмена, биологической роли микроэлементов, связи организмов с геохимической средой, изучение микроэлементозов, оценки эволюционных процессов, особенностей пищевых цепей, процессов адаптации и взаимодействия различных факторов среды и организма. Биогеохимия имеет ряд тождественных с общей экологией признаков – взаимодействие организмов с геохимической средой, зависимость их химического состава от состава среды, которые придают биогеохимии экологическую направленность [1].

Установлено, что геохимический состав окружающей среды, в том числе микроэлементный фон почв, в основном из-за мозаичности содержания микроэлементов, играет огромную роль в возникновении различных заболеваний у населения. Почва – основное средство сельскохозяйственного производства, является начальным звеном цепи возможного поступления различных элементов в организм человека: «почва – вода – растение – животный организм – человек», вместе с продуктами питания человек может получать как полезные, так и вредные вещества, содержащиеся в почве. Кроме того, отмечается, что как недостаток, так и избыток микроэлементов в почве, наряду с иными причинами, приводят к дисбалансу их поступления с продуктами питания в организм человека, что в дальнейшем обуславливает возникновение возможных патологических изменений обмена веществ, которые негативно влияют на его здоровье и жизнедеятельность [3].

Следовательно, с учетом того что, почва, с имеющимися отклонениями от оптимального содержания микроэлементов, оказывает негативное влияние на состояние человека, именно поэтому в современном мире одной из важных сторон исследований является выяснение природы биогеохимических эндемий как причин ряда микроэлементозов человека.

## МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данном исследовании проведен анализ современных специализированных литературных источников и актуальных научных данных, обобщен и систематизирован материал о взаимосвязи содержания микроэлементов в почве и их воздействии на безопасность жизнедеятельности человека, в первую очередь на его здоровье. Актуальным явилось изучение спектра основных микроэлементов, определяемых в пахотных почвах Республики Беларусь, и проведение оценки уровня их содержания в сравнении с фоновыми концентрациями в почве, а также степень их значимости для организма человека. Представлены основные подходы к решению проблемы по оптимизации обеспеченности почв микроэлементами с учетом гигиенического и экологического нормирования.

Цель исследования – проанализировать показатели крупномасштабного агрохимического обследования пахотных почв по накоплению основных микроэлементов (цинк, медь, бор), определить, как может проявляться их дефицитное или избыточное содержание в форме заболеваний человека, вызванных нарушением баланса микроэлементов в организме, рекомендовать требования, разработанные Министерством здравоохранения Республики Беларусь, при применении агрохимикатов и удобрений для увеличения безопасности населения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Анализ содержания микроэлементов в пахотных почвах Республики Беларусь.** Почва – это природный ресурс, который необходим для любой деятельности человека, особенно для производства сельскохозяйственной продукции. Микроэлементы являются неотъемлемой частью биосфера, они в незначительных количествах необходимы для всех без исключения растений, животных и человека. Практически все микроэлементы относятся к группе тяжелых элементов и необходимо своевременно принимать контрмеры, позволяющие предотвратить возможное их отрицательное воздействие на агроценозы и окружающую среду в целом. Тяжелые элементы могут усваиваться живыми организмами непосредственно из воды и воздуха. Попадание микроудобрений в грунтовые и поверхностные воды также может отрицательно сказаться на здоровье животных и человека. Опасность загрязнения окружающей среды, в частности почвы, сводится к тому, что, попадая в почву, тяжелые элементы усиливают минерализацию органического вещества и вызывают негативные воздействия на почвенно-поглощающий комплекс, вследствие замещения кальция и магния. При этом снижается биологическая активность почвы, подавляется активность ферментов, что отрицательно сказывается на жизнеспособности микроорганизмов, а также приводит к деградации почвы и снижает ее способность к самоочищению [4].

Избыточное накопление микроэлементов в верхнем слое почвы оказывает разрушительное воздействие на наземную экосистему и представляет угрозу для ее обитателей. При накоплении в почве в значительных количествах они оказывают токсическое действие на растения, а через них по пищевой цепи могут попасть в организм животных и человека. Проникая в растения, тяжелые элементы частично сохраняются в виде неактивных соединений в клетках и клеточных мембранах, а также активно включаются в метаболические процессы. Это приводит к изменениям в направленности физиолого-биохимических процессов и реализации генетической программы растений, нарушаются естественно сложившиеся фитоценозы, в результате снижается величина урожая, ухудшается качество продукции. Химические соединения микроэлементов довольно устойчивы и долго сохраняют свои токсические свойства, поэтому необходимо учитывать скорость их накопления в почве, размер поступления в растения и факторы, усиливающие эти процессы [4].

Из загрязненной почвы вредные вещества поступают в растения, растения без видимых признаков отравления могут накапливать их в токсичных для человека и животных количествах. Это вызывает особую опасность, так как по трофическим цепям с кормом и продуктами питания они попадают в организм животных и человека, вызывая различные заболевания, включая онкологические. Нарушение сбалансированности питания растений макро- и микроэлементами приводит к различным заболеваниям и ухудшению фитосанитарного состояния почвы. Следует учитывать, что у микроэлементов очень узок оптимальный и безвредный интервал концентрации – это усиливает их опасность. Однако это не означает отказ от включения микроэлементов в систему удобрения севооборота, так как приведет к резкому снижению эффективности вносимых минеральных удобрений и недобору урожая. В долгосрочной перспективе последствия загрязнения в совокупности с климатическими изменениями могут привести к сокращению количества доступной пищи, снижению ее качества, в конце концов, к нехватке продовольствия, что может обернуться глобальной катастрофой [4–6].

Биогеохимические исследования свидетельствуют об определенной зависимости между содержанием микроэлементов в почвах, величиной урожайности сельскохозяйственных культур и качеством продукции соответствующей гигиеническим нормативам для продовольственных и кормовых культур. Следует учитывать, что многие почвы, в том числе пахотные почвы Беларуси, не содержат необходимое количество микроэлементов. Вместе с тем им принадлежит важное место в комплексе приемов природоохранной агротехники возделывания сельскохозяйственных культур. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования трансформации тяжелых элементов по всей экологической цепи почва – растение – животное – человек с целью улучшения гигиенического качества продукции и среды обитания человека [4].

Установлено, что недостаточное содержание подвижных форм микроэлементов в почве является фактором, лимитирующим формирование урожая и качества продукции сельскохозяйственного производства. Особенно это актуально для высокококультуренных почв, которые отличаются оптимальной кислотностью, высоким содержанием гумуса, фосфора и калия. В настоящее время в Республике Беларусь площади пахотных почв с pH более 6,0 составляют 38,2 %, с повышенным и высоким содержанием гумуса – 62,5 %, фосфора – 52,3 %, калия – 44,8 %. На

таких почвах потребность растений в микроэлементах и роль сбалансированности минерального питания возрастает в условиях интенсивных технологий, направленных на формирование высокопродуктивных посевов. Кроме непосредственного влияния на развитие растений, микроэлементы усиливают активность микробиологических процессов в почве, при этом отмечается улучшение использования из минеральных удобрений фосфора и калия. Так как применение микроудобрений на дерново-подзолистых высокоокультуренных почвах повышает эффективность азотных, фосфорных и калийных удобрений, поэтому для повышения эффективности сельскохозяйственного производства важно оптимизировать систему применения микроудобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: дозы, сочетания и сроки некорневых подкормок микроудобрениями [7].

С целью определения обеспеченности почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь микроудобрениями с 1986 г. проводится крупномасштабное обследование на содержание в них подвижных форм микроэлементов – бора, меди и цинка. Полученные результаты сравниваются с установленными градациями их содержания в почве, которые разделяются на четыре группы: низкое, среднее, высокое и избыточное. Полученные данные используются для разработки системы применения микроудобрений на определенных удобляемых участках. При этом учитывается, что на участках при второй группе обеспеченности микроэлементами почв, соответствующей оптимальным параметрам, требуется только компенсирующее вынос микроэлементов внесение микроудобрений в виде некорневых подкормок, обработки семян, применение органических удобрений. На почвах третьей группы обеспеченности внесение микроудобрений не требуется, на этих почвах рекомендуется для повышения качества продукции обработка семян сельскохозяйственных культур микроэлементами или некорневые подкормки. На почвах с избыточным содержанием микроэлементов – четвертая группа, вообще исключается применение соответствующих микроудобрений [8].

Результаты агрохимического обследования по республике свидетельствуют, что в период с 1997 г. по 2008 г. наблюдался тренд снижения содержания микроэлементов в пахотных почвах, так, средневзвешенная концентрация цинка снизилась на 24,7 %, меди и бора – на 19,0 и 14,1 % соответственно. Анализ данных крупномасштабного агрохимического обследования сельскохозяйственных земель за период 2017–2020 гг. показывает, что средневзвешенное содержание бора на пахотных почвах составляет 0,61 мг В на 1 кг почвы, что близко к оптимальному значению, в соответствии с принятой градацией ко второй группе относятся почвы с содержанием В 0,31–0,70 мг/кг почвы. Средневзвешенное содержание меди в пахотных почвах составляет 1,81 мг/кг, ко второй группе обеспеченности почв Cu относятся почвы с содержанием 1,51–3,00 мг/кг почвы. Следует отметить, что площади пахотных почв первой и второй групп обеспеченности с содержанием меди менее 3,0 мг/кг составляют 89,5 %. Пахотные почвы республики недостаточно обеспечены цинком, 64,8 % почв относятся к первой группе с содержанием Zn менее 3,0 мг/кг. Средневзвешенное содержание цинка в пахотных почвах на данный период обследования равно 3,05 мг/кг, что ниже оптимального уровня – 5,0 мг/кг почвы. Отмечается значительное варьирование содержания подвижных форм микроэлементов в почвах по полям и участкам, что создает предпосылки для дифференциации доз при использовании микроудобрений на пахотных почвах [8].

**Анализ воздействия микроэлементов на здоровье населения.** На современном этапе при оценке состояния естественных и антропогенных экосистем важно учитывать такое понятие, как «здоровье – интегральный показатель качества среды обитания». Благоприятная окружающая среда является важнейшей составляющей комфортных условий для жизни. Микроэлементы выполняют важнейшие функции в организме человека входят в состав структуры биологически активных веществ: ферментов, гормонов и витаминов, участвуют в обмене белков, жиров, углеводов, синтезе белка в организме, теплообмене, кроветворении, костеобразовании, размножении, реакциях иммунитета. Большую часть микроэлементов человек получает извне вместе с едой, водой, воздухом. Они должны поступать в организм человека регулярно, в небольших количествах с продуктами питания, их длительный недостаток или выраженный избыток в питании ведет к нарушениям обмена веществ и заболеваниям. Содержание микроэлементов в организме человека невысоко, общее их количество составляет менее 0,01 % массы тела [9].

Известно, что недостаток или избыток микроэлементов в почве приводит также к их недостаточному или избыточному содержанию в растениях, организме животных и человека. Установлена тесная связь между гигиеной почвы и здоровьем жителей, чем более загрязнена почва, тем больше в данном населенном пункте обнаруживается специфических заболеваний у населения. С учетом геохимических факторов разработаны рекомендации по первичной профилактике многих социально-значимых заболеваний. Заболевания, связанные с недостатком или избытком микроэлементов, получили название эндемических. Считается, что наиболее часто при тяжелых заболеваниях следует ожидать развитие нарушений со стороны цинка (Zn), меди (Cu), марганца (Mn), селена (Se), молибдена (Mo), йода (I), железа (Fe), хрома (Cr) и кобальта (Co). Нарушение баланса микроэлементов имеет свое медицинское название – дисэлементоз [9, 10].

Дисбаланс определенных микроэлементов приводит к ряду проявлений в организме: нехватка марганца, цинка или хрома вызывает избыток веса, с которым трудно бороться; при нехватке хрома или цинка возможны нарушения процесса пищеварения; при дефиците цинка может возникать расстройство микробной флоры кишечника; дефицит цинка, селена вызывает аллергию на пищу; проблемы с поступлением хрома, цинка, марганца, молибдена приводят к повышению сахара крови; при дефиците селена, цинка, йода могут быть нарушения работы простаты; дефицит железа, цинка, меди вызывает ломкость ногтей, секущиеся волосы; при дефиците меди, селена или марганца появляется пигментация на коже; нехватка селена, меди, цинка приводит к появлению прыщей на лице и теле [10].

Следует отметить особую роль для здоровья населения микроэлементов, которые определяются в пахотных почвах Республики Беларусь – это цинк, медь и бор.

Цинку отводится важная роль в развитии иммунологических реакций, особенно клеточного иммунитета. В организме человека цинк является кофактором более чем 300 ферментов, участвующих в биохимических процессах. Будучи связанным с ферментами, гормонами, витаминами, цинк оказывает значительное влияние на кроветворение, обмен белков, жиров, углеводов и др., принимает участие в функционировании гормонов гипофиза, надпочечников, поджелудочной железы. Он незаменим для нормального развития и работы органов чувств: вкуса, зрения,

обоняния. Цинк необходим для синтеза инсулина, укрепления иммунной системы, образования гормонов, его недостаток вызывает риск развития депрессии, снижение иммунной защиты, проблемы с волосами и ногтями [11, 12].

Медь принимает активное участие в построении многих необходимых человеку белков и ферментов, участвует в процессах роста и развития клеток и тканей, способствует образованию эластина – соединительной ткани, образующей внутренний слой, выполняющий функцию каркаса сосудов. Медь необходима для нормального процесса кроветворения и работы иммунной системы, транспортирует железо из печени, поддерживая состав крови и нормальное состояние всех органов и тканей, делает здоровыми и крепкими кости, предотвращает развитие остеопороза. Вместе с аскорбиновой кислотой медь поддерживает иммунную систему в активном состоянии, помогая ей защищать организм от инфекций. Медь стимулирует активность гормонов гипофиза и поддерживает в норме работу эндокринной системы, нормализует процесс пищеварения и защищает пищеварительную систему от повреждений и воспалений. Без меди не может нормально формироваться мозг и нервная система – медь является основным компонентом миelinовых оболочек, без которых нервные волокна не могут проводить импульсы, а потом просто разрушаются. Медь поддерживает здоровье кожи, ее дефицит вызывает заболевания: анемии разного типа, дерматиты, проблемы пигментации, психические расстройства, нарушение терморегуляции [11, 12].

Бор содержится в окружающей среде, натуральной пище и пищевых добавках. Этот элемент не встречается в природе в чистом состоянии, а только в формах его солей (боратов, полиборатов), борной кислоты, аспартата, глюконата бора и прочих. Эксперты признают, что он может быть одним из самых сложных минералов на земле. Пока его не классифицируют как важное питательное вещество для организма, так как еще не определена его основная биологическая функция, но его наибольшие концентрации обнаружены в пище растительного происхождения. Организм всасывает до 90 % компонента, поступающего с пищей, все свойства этого микроэлемента пока до сих пор не изучены. Статус минерала обычно не измеряется в клинической практике. Однако интерес к нему постепенно растет и все больше исследований подтверждают его пользу для человека. Установлено, что он поддерживает здоровье костей, функции стероидных гормонов, укрепляет мышцы и улучшает мозговую деятельность. Симптомы дефицита бора: нехватка минерала в организме связана с плохим иммунитетом, повышенным риском смертности, остеопорозом, дефицит изучен недостаточно, поскольку встречается очень редко [13, 14].

## ВЫВОДЫ

Таким образом, применение микроудобрений должно быть сбалансированно с обязательным учетом их взаимодействия с объектами окружающей среды. Внесение в почву или накопление в ней загрязняющих веществ вследствие применения избыточного количества удобрений может создавать недопустимую угрозу для здоровья человека, животных или для окружающей среды. Применение высоких норм удобрений зачастую не только не способствует увеличению урожая и улучшению его качества, но и приводит к потерям элементов питания, снижению экономической эффективности производства. В то же время в условиях дефицита

микроэлементов нарушаются процессы обмена веществ в растениях, задерживается их развитие, снижается устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды и болезням. Недостаточное применение удобрений подразумевает внесение питательных веществ в объемах ниже потребностей соответствующих культур, что приводит к снижению в них содержания питательных веществ, ухудшению качества продукции, уменьшению потенциальной урожайности, уменьшению возврата углерода в почву, что отрицательно сказывается на ее плодородии. Необходимо помнить, что труднее устранить токсичность микроэлементов, чем восстановить их недостаток.

С целью наиболее полного обеспечения охраны окружающей среды и рационального использования удобрений, более обоснованного использования территории хозяйства следует учитывать агроэкологические параметры на отдельных локальных участках удобряемой площади, использовать данные крупномасштабного агрохимического обследования по содержанию микроэлементов в почве. Вместе с тем, важное место в комплексе приемов принадлежит природоохранной агротехнике возделывания сельскохозяйственных культур, недопустимо нарушение технологической дисциплины при внесении микроудобрений. Для предотвращения загрязнения окружающей среды при работе с микроудобрениями важно соблюдать научно обоснованные рекомендации: вносить оптимальные дозы в соответствующие сроки; выбирать оптимальный способ использования; применять хелатные формы микроэлементов; равномерно распределять их по удобряемой площади [4].

Предотвращению нарушения равновесия экосистемы, обеспечению безопасности применения микроудобрений будет способствовать строгое соблюдение технологической дисциплины их внесения, следует, прежде всего, предотвратить все потери от завода до поля, соблюдать требования, начиная с их транспортировки и хранения. Большое значение имеет технология внесения удобрений, для более полного их использования растениями необходимо добиться равномерного распределения удобрений по поверхности. При использовании туковысыевающей техники следует строго соблюдать точное расстояние между проходами и выбирать оптимальную ширину их захвата. Это позволит повысить коэффициенты использования питательных элементов растениями и снизить их непроизводительные потери [4].

Рациональная система удобрения должна предусматривать обязательную оценку негативного влияния агрохимикатов на агроценозы и его минимизацию, обеспечивать безопасность населения, сохраняя при этом их высокую эффективность. Министерством здравоохранения Республики Беларусь утверждены новые требования к безопасному применению указанных средств. Предотвращение загрязнения среды обитания человека при обращении с агрохимикатами обеспечивается механизацией и автоматизацией работ, соблюдением регламентов применения и способов внесения препаратов. При использовании препаратов должны соблюдаться меры безопасности, установленные нормативными правовыми актами; к выполнению работ связанных с использованием препаратов допускаются работающие в соответствии с требованиями законодательства об охране труда; не допускается нахождение посторонних лиц на участках, обрабатываемых препаратами; необходимо обеспечить через средства массовой информации или иным способом оповещение населения близлежащих населенных пунктов, на

границе с которыми размещаются подлежащие обработкам площади; применение препаратов не должно приводить к превышению показателей, определенных гигиеническим нормативом [15].

В настоящее время это новое научное направление развивается многими учеными, непрекращающая роль принадлежит биогеохимии в оценке новых материалов и технологий, обеспечивающих здоровье человека и животных, целостность и организованность биосфера. Развитие проблемы концентрирования микроэлементов организмами дает не только новые знания о механизмах поведения химических элементов, особенностях их обмена и влиянии на физиологические процессы, но и служит основой создания новых технологий в экологии, микробиологии, растениеводстве, медицине и ветеринарии. Результаты биогеохимических исследований используются в биотехнологии при разработке технологий получения биопрепараторов и лекарств с определенным содержанием микроэлементов, производстве микроудобрений. Развиваются биогеохимический инжиниринг, новые методы биогеохимической индикации экологического состояния территорий, внедряются новые инфокоммуникационные системы, позволяющие отслеживать биогеохимические процессы в динамике [1].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков, В. В. Современное развитие биогеохимических идей В. И. Вернадского: [сайт] / В. В. Ермаков // Геохимия. – 2023. – Т. 68. – № 10. – С. 995–1008. – URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=geokhim&y=2023&v=68&n=10&a=GeoKhim2310004Ermakov> (дата обращения: 15.10.2025).
2. Игнатова, Т. Н. Элементный состав организма человека и его связь с факторами среды обитания: автореф. дис... канд. геолого-минералогических наук: 25.00.36 / Т. Н. Игнатова ; Томский политех. ун-т. – Томск, 2010. – 22 с.
3. Ибрагимова, С. С. Медико-экологическое значение содержания некоторых микроэлементов в почвах равнинной зоны Дагестана / С. С. Ибрагимова // Журнал медико-биологических исследований. – 2021. – Т. 9. – № 1. – С. 69–76.
4. Шеуджен, А. Х. Экологическая агрохимия: учеб. пособие / А. Х. Шеуджен, Н. И. Аканова, Т. Н. Бондарева. – Майкоп: ООО «Полиграф-ЮГ», 2018. – 575 с.
5. Загрязнение почвы: экологическая угроза и способы решения проблемы [сайт] // Экология, 11 мая 2025. – URL: <https://science.mail.ru/articles/1860-zagryaznenie-pochvy-ekologicheskaya-ugroza-i-sposoby-resheniya-problemy> (дата обращения: 25.09.2025).
6. ФАО опубликовала «Международный кодекс поведения в области устойчивого использования удобрений и управления ими» (Кодекс по удобрениям) [сайт] – URL: <https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/mikroelementy-kakie-byvayut-zachem-nuzhny-i-kak-vliyayut-na-zdorove> (дата обращения: 25.09.2025).
7. Регламент применения микроудобрений в технологии возделывания озимого рапса и ярового ячменя / М. В. Рак, Е. Н. Пукалова, Н. С. Гузова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2023. – № 2(71). – С. 119–126.
8. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017–2020 гг.) / И. М. Богдевич, В. В. Лапа, М. В. Рак [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – 276 с.

9. Щетинина, С. Ю. Значение минеральных веществ для здоровья человека / С. Ю. Щетинина // Биологические науки. – International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2024. – Vol. 4(91). – С. 27–31.
10. Нарушение баланса микроэлементов [сайт]. – URL: <https://www.smclinic-spb.ru/zabolevan9iya/narushenie-balansa-mikroelementov> (дата обращения: 01.10.2025).
11. Роль макро и микроэлементов в организме человека [сайт] / Н. В. Ежикова. – URL: <https://12sanepid.ru/press/publications/3650.html> (дата обращения: 01.10.2025).
12. Микроэлементы и здоровье [сайт] / В. В. Лешкевич. – URL: <https://www.10gkb.by/informatsiya/stati/mikroelementy-i-zdorove> (дата обращения: 02.10.2025).
13. Бор в организме человека: к чему приводит дефицит, в каких продуктах содержится [сайт] / Т. В. Матвеева. – URL: <https://el-klinika.ru/bor-v-organizme-cheloveka-k-chemu-privodit-deficxit-v-kakih-produktah-soderzhitsya> (дата обращения: 15.10.2025).
14. Бор (B) – значение для организма и здоровья + 25 источников [сайт] / Н. Ткачева. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bor-v-znachenie-dlya-organizma-i-zdorovaia-25-istochnikov/viewer> (дата обращения: 15.10.2025).
15. Санитарно-эпидемиологические требования к применению средств защиты растений, агрохимикатов и минеральных удобрений / Об утверждении санитарных норм и правил; постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 11 декабря 2024 г. № 171. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://mshp.gov.by/uploads/Files/sanpravila/postanovlenie2024.171.pdf> (дата обращения: 25.09.2025).

## THE INFLUENCE OF TRACE ELEMENTS ON HUMAN HEALTH

L. A. Veremeychik, A. R. Tsyanov

### Summary

This article evaluates the accumulation of the main trace elements (Cu, Zn and B) in the soil, the environmental problems associated with the impact of trace elements on the environment, separately analyzed the potentially adverse effects of the impact of trace elements on the human body and their impact on health, the technology of safe application of microfertilizers is considered.

Поступила 24.10.25