

УДК 631.95

БАЕР К.Е., студент гр. ОУб-221 (КузГТУ)
Научный руководитель ГАЛАНИНА Т.В., к.с.-х.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НА ПРОДОВОЛЬСТВЕННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ КУЗБАССА

Продовольственная безопасность, определяемая Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) как состояние, при котором все люди постоянно имеют физический, социальный и экономический доступ к достаточному количеству безопасной и питательной пищи, необходимой для ведения активного и здорового образа жизни [7], является фундаментальным компонентом национальной безопасности и устойчивого развития. Однако в начале XXI века достижение этой цели сталкивается с беспрецедентными вызовами. Среди них выделяется деградация земельных ресурсов (и, в частности, химическое загрязнение почв), представляющая собой «тихий» кризис, масштабы и последствия которого часто недооцениваются.

Почва — это не просто инертный субстрат для роста растений; это динамичная, сложно организованная экосистема, выполняющая критически важные буферные, фильтрационные и трансформационные функции. Интенсивная промышленная и сельскохозяйственная деятельность последних десятилетий привела к глобальному накоплению в почвенном покрове токсичных веществ антропогенного происхождения. В отличие от загрязнения воздуха или воды, последствия загрязнения почвы носят кумулятивный и долгосрочный характер, создавая постоянный источник опасности. Токсиканты, накопленные в почве, постепенно включаются в трофические цепи, минуя традиционные барьеры и поступая напрямую в продукты питания. Это создает уникальную угрозу: внешне высококачественная сельскохозяйственная продукция может содержать опасные для здоровья концентрации химических веществ, не имеющих вкуса и запаха.

Загрязнение почвенного покрова носит пространственно неоднородный характер. Его источники можно классифицировать на точечные (заводы, шахты, свалки) и рассредоточенные (сельскохозяйственные поля, атмосферные выпадения). Наиболее опасными с точки зрения продовольственной безопасности являются следующие классы загрязнителей [3]:

1. Тяжелые металлы и металлоиды. Данная группа элементов представляет одну из наиболее значимых и распространенных угроз в силу своей токсичности, устойчивости и способности к биоаккумуляции:

– Кадмий (Cd). Приоритетный токсиант №1. Основные источники: фосфорные минеральные удобрения (содержат Cd как примесь), выбросы цветной металлургии (цинковая промышленность), сжигание угля, осадки сточных вод (ОСВ). Кадмий обладает высокой подвижностью в кислых почвах

и легко поглощается корневой системой растений, конкурируя с цинком. Его период полувыведения из организма человека составляет 10-30 лет [5];

– Свинец (Pb). Исторически накопленное загрязнение от этилированного бензина остается серьезной проблемой вблизи автомагистралей. Другие источники — горнодобывающая промышленность, старые свинцовые краски. Свинец плохо мигрирует в растения из почвы, но основной путь его поступления в пищу — это осаждение пыли на надземные части растений (листовые овощи, салаты);

– Мышьяк (As). Металлоид, поступающий в почву в результате деятельности золотодобывающей промышленности, использования мышьяксодержащих пестицидов (в прошлом) и орошения загрязненными водами. Высокотоксичен и канцерогенен;

– Ртуть (Hg). Глобальный загрязнитель, поступающий в основном из атмосферы в результате сжигания угля и промышленных процессов. В почве может трансформироваться в высокотоксичную метилртуть, которая легко включается в пищевые цепи [4].

2. Стойкие органические загрязнители (СОЗ). Регулируются Стокгольмской конвенцией, но благодаря своей чрезвычайной устойчивости к разложению десятилетиями сохраняются в окружающей среде:

– Полихлорированные бифенилы (ПХБ). Использовались в трансформаторах, конденсаторах. Вызывают широкий спектр заболеваний, включая хлоракне, нарушения репродуктивной функции и рак;

– Диоксины и фураны. Побочные продукты процессов сжигания, металлургии и производства целлюлозы. Обладают исключительно высокой токсичностью даже в следовых количествах, являются мощными эндокринными дизрапторами [5];

– Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Образуются при пиролизе органических материалов (сжигание древесины, угля, нефти). Многие ПАУ являются канцерогенами.

3. Пестициды и их метаболиты. Несмотря на то, что многие стойкие пестициды (например, ДДТ) запрещены, их остатки до сих пор обнаруживаются в почвах. Современные пестициды, хотя и менее стойкие, могут проявлять «эффект коктейля» — совместное токсическое действие при одновременном присутствии в малых дозах. Особую озабоченность вызывают системные неоникотиноиды, которые проникают во все ткани растения, включая пыльцу и нектар, и фосфорорганические соединения.

4. Эмерджентные загрязнители. К этой категории относятся вещества, чье негативное воздействие стало осознаваться сравнительно недавно:

– Микропластик (<5 мм). Поступает в почву с осадками сточных вод, из компоста, разложения пластиковой мульчи и атмосферных осадков. Микропластик может выступать как в качестве самостоятельного стресс-фактора для почвенной биоты, так и в качестве сорбента для других токсикантов (тяжелых металлов, СОЗ), облегчая их транспорт;

– Фармацевтические препараты и средства личной гигиены. Попадают в почву с ирригационными водами, очищенными сточными водами и навозом животных, получавших антибиотики. Способствуют развитию антибиотикорезистентности в окружающей среде;

– Наноматериалы. Использование наночастиц в промышленности и агротехнологиях (например, в качестве носителей пестицидов) создает потенциальные, еще плохо изученные риски;

Поступление токсикантов в пищевую продукцию - сложный процесс, зависящий от множества почвенных, климатических и биологических факторов. Факторы подвижности загрязнителей в почве:

– Кислотно-основные условия (рН). В кислых почвах ($\text{pH} < 6$) подвижность большинства катионов тяжелых металлов (Cd, Zn, Ni, Pb) резко возрастает. Подвижность мышьяка, напротив, увеличивается в щелочных условиях;

– Окислительно-восстановительный потенциал (Eh). Влияет на валентность элементов. Например, в анаэробных условиях нерастворимые сульфаты могут восстанавливаться до высокотоксичных сульфидов;

– Содержание органического вещества и глинистых минералов. Гумус и глина обладают высокой сорбционной способностью, связывая ионы металлов и молекулы органических загрязнителей, снижая их биодоступность;

– Катионообменная емкость (КОЕ). Почвы с высокой КОЕ прочнеедерживают катионы, препятствуя их вымыванию и поглощению растениями.

Большой негативный вклад в процессы деградации и уничтожения почвенного покрова на территории Кемеровской области – Кузбасса вносят горнодобывающие предприятия, особенно при открытой добыче угля, с образованием в зоне действия объектов техногенных ландшафтов. По данным официального сайта Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, наличие нарушенных земель на начало отчетного года — 96,471 тыс. га; в 2024 году на территории области нарушено земель 4,768 тыс. га, из них при разработке месторождений полезных ископаемых — 4,264 тыс. га, при строительных работах — 0,171 тыс. га. В течение 2024 года рекультивировано 2,083 тыс. га земель (43,7% от нарушенных земель). Наличие нарушенных земель на конец отчетного года — 99,156 тыс. га.

Развитие негативных процессов нарушения качественного состояния земель связано не только с интенсивным промышленным освоением, но также с развитием сопутствующих негативных процессов: эрозии, засоления, заболачивания. При использовании земель объектами транспорта также наблюдается неблагоприятное воздействие на сельскохозяйственные угодья: изъятие земель, уплотнение почв, эрозия, заболачивание, загрязнение земель.

С учётом агрохимического обследования пахотных почв в 2024 году площадь кислых почв составляет 921,0 тыс. га и 161,9 тыс. га с низким содержанием подвижного фосфора. По сравнению с прошлым годом наблюдается увеличение на 0,6% площадей кислых почв пашни, на 0,9% — площадей почв с низким содержанием подвижного фосфора.

В 2024 году на санитарно-химические показатели исследовано 1095 проб почвы, из них не соответствовало гигиеническим нормативам 11,9%; на микробиологические показатели исследованы 1209 пробы, из них 132 не соответствовало гигиеническим нормативам (9,8%); на паразитологические показатели исследовано 1440 проб, из них не соответствовали гигиеническим нормативам 0,6 % [2].

Загрязнение почвы подрывает основные компоненты продовольственной безопасности, определенные ФАО.

1. Наличие и доступность. Деградация значительных площадей плодородных земель в результате сильного загрязнения выводит их из сельскохозяйственного оборота. Это сокращает общий объем производства продовольствия, что может приводить к росту цен и снижению физической и экономической доступности пищи для наименее обеспеченных слоев населения.

2. Безопасность. Это наиболее уязвимый компонент. Потребление продуктов, содержащих даже низкие концентрации токсикантов, в течение длительного времени приводит к их хроническому воздействию:

- Нейротоксические эффекты. Свинец и метилртуть являются мощнейшими нейротоксинами. Воздействие свинца на детей вызывает необратимое снижение коэффициента интеллекта (IQ), проблемы с вниманием и усиление антисоциального поведения. По оценкам ВОЗ, воздействие свинца является причиной 674 000 смертей ежегодно [8];

- Нефротоксичность. Кадмий избирательно накапливается в почках, вызывая повреждение проксимальных канальцев, что приводит к протеинуре и, в конечном итоге, к почечной недостаточности (болезнь итай-итай в Японии — классический пример) [6];

- Канцерогенез. Мышияк ассоциирован с раком кожи, легких и мочевого пузыря. ПАУ, диоксины и ПХБ являются доказанными канцерогенами;

- Эндокринные нарушения. Многие СОЗ (диоксины, некоторые пестициды) являются эндокринными дизрапторами. Они имитируют или блокируют действие естественных гормонов, приводя к нарушениям репродуктивной функции, раннему половому созреванию, врожденным дефектам и увеличению частоты гормонально-зависимых форм рака (рак груди, простаты).

3. Стабильность. Загрязнение почвы создает постоянную, не зависящую от погодных условий или экономической конъюнктуры угрозу для стабильности поставок безопасных продуктов питания. Локальная экологическая катастрофа (разлив нефти, авария на химическом заводе) может на десятилетия сделать регион непригодным для безопасного ведения сельского хозяйства.

Решение проблемы загрязнения почв и продовольственной безопасности Кузбасса требует многоуровневого подхода, сочетающего предотвращение дальнейшего загрязнения, восстановление уже загрязненных земель и минимизацию рисков для потребителя.

1. Нормативно-правовые и мониторинговые меры:

– Совершенствование нормативной базы: пересмотр и ужесточение ПДК для почв и пищевой продукции с учетом новых научных данных, особенно по «эффекту коктейля»;

– Создание геоинформационных систем (ГИС): разработка детальных карт загрязнения почв на основе регулярного агроэкологического мониторинга. Это позволяет проводить зонирование территорий и дифференцировать подходы к их использованию.

2. Агротехнологические и агрохимические методы:

– Известкование: Эффективный и экономичный способ снижения подвижности катионов тяжелых металлов в кислых почвах. Повышение рН до 6,5-7,0 резко снижает биодоступность Cd, Pb, Zn;

– Внесение органических удобрений и сорбентов: Применение биогумуса, торфа, цеолитов, бентонитовой глины увеличивает сорбционную емкость почвы иочно связывает токсианты;

– Севообороты с фиторемедиантами: Выращивание специализированных растений-гипераккумуляторов, способных накапливать в своей биомассе огромные концентрации разных загрязнителей.

3. Инженерные и физико-химические методы. Применение на небольших участках с чрезвычайно высоким уровнем загрязнения. Это дорогостоящие и часто разрушительные для почвенной экосистемы методы: выемка и захоронение загрязненного грунта, промывка почв, термическая десорбция.

Загрязнение почв является системной угрозой глобальной продовольственной безопасности, подрывая ее ключевой компонент — безопасность потребления. Накопление токсичных веществ в агроэкосистемах носит необратимый в краткосрочной перспективе характер и создает постоянный канал скрытого поступления опасных ксенобиотиков в организм человека, что проявляется в росте хронических неинфекционных заболеваний [1].

Решение этой многогранной проблемы не имеет простого и универсального ответа. Оно требует трансдисциплинарного подхода, объединяющего усилия экологов, почвоведов, агрономов, медиков, химиков, инженеров и законодателей.

Список литературы:

1. Госстандарт России. ГОСТ Р ИСО 22000-2019. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции.
2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2024 году
3. Онищенко Г.Г. Гигиеническая оценка и регламентирование химического загрязнения почв. – М.: Медицина, 2018. – 356 с.
4. Приходько В.Е. Тяжелые металлы в системе «почва-растение-животное»: монография. – СПб.: Лань, 2020. – 420 с.

-
5. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 2019. – 335 с.
 6. Alloway, B.J. (Ed.). Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. – Springer, 2013.
 7. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. – Rome: FAO, 2023.
 8. World Health Organization (WHO). Lead poisoning and health. Fact sheet. – 2021.