

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

**TUPROQ BIOGEOKIMYOSI – BIOSFERANING BARQAROR
RIVOJLANISHI VA MUHOFAZASI**

xalqaro ilmiy
anjuman materiallari

TO'PLAMI

СБОРНИК

материалов международной
научной конференции

**БИОГЕОХИМИЯ ПОЧВ – УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И
ОХРАНА БИОСФЕРЫ**

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

1-SHO'BA: BIOSFERADAGI TUPROQ BIOGEOKIMYOVIY JARAYONLAR

Г.Юлдашев, М.Т.Исагалиев, А.Т.Турдалиев, У.Б.Мирзаев, И.Н.Мамажонов, С.А.Махрамхужаев, З.М.Азимов	
Гумусное и энергетическое состояние горно-коричневых почв Западной Ферганы	9
Z.A.Jabbarov, T.Abdрахmanov, U.M.Nomozov, K.A.Idirisov, S.Q.Mahammadiyev, O.N.Imomov, B.B.Abdukarimov, Sh.Z.Abdullayev, N.Y.Abdurahmonov, G.T.Djalilova, Sh.M.Xoldorov, S.M.Malgorzata, W.Boguslaw, Y.M.Tokhtasinova	
Orol dengizining qurigan tubida tarqalgan tuproq-gruntlarining radiologik xavfsizlik ko'rsatkichlari	16
А.С.Вайнберг, Е.В.Абакумов	
Микропластик в почвах: обзор экологических рисков	20
В.М.Гончаров, Е.В.Шейн	
Гранулометрия как физическая основа биогеохимических процессов	24
G.T.Parpiyev, N.J.Xushvaqto'v, A.X.Shukurov, S.Sh.Hasilbekov, H.I.Ibodullayev, D.H.Hasilbekova	
Kartoshka o'simligini <i>In vitro</i> sharoitida ko'paytirishda ozuqa muhitining tarkibi va tayyorlanish texnologiyasi	30
О.Б.Цветнова, В.М.Гончаров, Ш.Я.Эшпулатов, Г.Х.Утанова	
Влияние лесных насаждений на свойства темно-серых лесных почв	35
Е.И.Походня, Е.В.Абакумов	
Экотоксикологическая оценка почв Юнтоловского заказника	40
G'.Yuldashev, G.T.Sotiboldiyeva, X.A.Abduxakimova, Z.M.Azimov, I.N.Mamajonov, S.A.Maxramxujayev	
Gipergen sharoitda pedogen elementlar biogeokimyosi	44
U.B.Mirzayev, M.Ibroximova, F.Yulbarsova, F.Toyloqova, J.Komilov	
Farg'ona viloyati sug'oriladigan tuproqlarining unumdorligi va uni oshirish muammolari	53
A.T.Turdaliyev, I.I.Musayev, A.A.Ahmadjonov, D.O.Anafiyayeva	
Sug'oriladigan och tusli bo'z tuproqlarda biomikroelementlarning biogeokimyosi	58
Z.M.Azimov, G'.Yuldashev, N.Sh.Yusufjonova	
Madaniy fitomeliyorant o'simliklarning biogeokimyosi	64
V.Y.Isaqov, S.B.Akbarov	
Landshaft ekologik holatni Yozyovon (Markaziy Farg'ona) suv ombori ta'sirida o'zgarishi	67
K.A.Asqarov, A.A.Ahmadjonov, I.I.Musayev, A.A.Xalilov	
Sug'oriladigan tuproqlarda biomikroelementlar geokimyosi	74
I.M.Yusupov	
Tuproq unumdorligini oshirishda anaerob azotofiksator baccillaceae oilasiga kiruvchi <i>Clostridium pasteurianum</i> bakteriyasining tuproqda indikatorligi va ahamiyati	80
Z.J.Isomiddinov, S.M.Isag'aliyeva	
Janubiy Farg'ona cho'l tuproqlari va piyoz (<i>Allium cepa</i> L.) o'simligi biogeokimyosi	84
M.X.Diyorova, Q.M.O'roqov	
Sug'oriladigan och tusli bo'z tuproqlarda karbonatlar miqdori	88
H.T.Artikova, S.S.Shadiyeva	
Buxoro tumani sug'oriladigan tuproqlarining xossa-xususiyatlari tadqiqi	91
M.X.Diyorova, S.N.Holigova, M.F.Mamadiyrov	
G'uzor massivida tarqalgan qo'riq och tusli bo'z tuproqlarning agrokimyoviy xossalari	96
Z.J.Isomiddinov, M.T.Isag'aliyev, G'.Yuldashev	
Tog'li jigarrang tuproqlar va <i>Allium karataviense regel</i> , <i>Fritillaria sewerzowii regel</i> o'simliklari biogeokimyosi	101
M.T.Isag'aliyev, G'.Yuldashev, M.I.Aktamov, B.M.Qo'chqorov	
Sug'oriladigan tuproqlarda suvda oson eruvchi tuzlar geokimyosi	107

2-SHO'BA: TUPROQ UNUMDORLIGI – LANDSHAFTNING BARQAROR RIVOJLANISH OMILI

J.Ismonov, O'.X.Mamajanova, G.N.Kattayeva, A.T.Do'saliyev	
Orol dengizi qurigan tubi tuproq-gruntlarida elementlarning geokimyoviy akkumulyatsiyasi	113



UO'K: 57.049

МИКРОПЛАСТИК В ПОЧВАХ: ОБЗОР ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ**MICROPLASTICS IN SOILS: A REVIEW OF ENVIRONMENTAL RISKS****TUPROQLARDA MIKROPLASTIKLAR: EKOLOGIK XAVFLAR SHARHI****Вайнберг Анастасия Сергеевна¹** ¹Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород, Россия,**Абакумов Евгений Васильевич²** ²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,**Аннотация**

Высокие темпы производства, низкий уровень переработки и длительный срок службы пластика привели к значительному накоплению материала в окружающей среде. В том числе, фрагментов пластика <5 мм, которые принято называть микропластиком (МП). В настоящее время, наибольшее внимание уделяется изучению частиц полимеров в водной среде, значительно меньшее число исследований посвящено почвам. В то же время, содержание МП в почвенных экосистемах может достигать значений в 4–23 раза более высоких, чем в морской воде и наиболее значительным является загрязнение в сельскохозяйственных и городских районах. Получены данные о том, что МП способен значимо изменять физико-химические свойства почвы (pH, содержание органического вещества, способность удерживать влагу, плотность сложения и др.) и негативно воздействовать на воспроизводство, рост, особенности питания и выживаемость всего спектра почвенной биоты. В данной статье рассмотрены основные последствия внесения различных полимеров МК в почву и обозначены перспективные направления дальнейших исследований.

Abstract

High production rates, low plastic recycling levels, and the long lifespan of plastics have led to significant accumulation of the material in the environment. This includes plastic fragments <5 mm, commonly referred to as microplastics (MPs). Currently, the greatest focus is on studying polymer particles in aquatic environments, with significantly fewer studies dedicated to soil. However, the content of MPs in soil ecosystems can be 4-23 times higher than in seawater, with the most significant contamination occurring in agricultural and urban areas. Data suggests that MPs can significantly alter the physical and chemical properties of soil (pH, organic matter content, water-holding capacity, bulk density, etc.) and negatively impact reproduction, growth, nutritional characteristics, and survival of the entire spectrum of soil biota. This article examines the main consequences of introducing various MP polymers into the soil and outlines promising directions for future research.

Annotatsiya

Plastikni yuqori ishlab chiqarish sur'atlari, past qayta ishlash darajasi va plastmassalarning uzoq umr ko'rish muddati materialning atrof-muhitda sezilarli darajada to'planishiga olib keldi. Bunga odatda mikroplastiklar (MP) deb ataladigan <5 mm bo'lgan plastmassa bo'laklari kiradi. Hozirgi vaqtda eng katta e'tibor polimer zarralarini suv muhitida o'rganishga qaratilgan bo'lib, tuproqqa bag'ishlangan sezilarli darajada kamroq tadqiqotlar. Biroq, tuproq ekotizimlarida MPlarning tarkibi dengiz suviga qaraganda 4-23 baravar yuqori bo'lishi mumkin, eng muhim ifloslanish qishloq xo'jaligi va shaharlarda sodir bo'ladi. Ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, mikroplastiklar tuproqning fizik va kimyoviy xususiyatlarini (pH, organik moddalar miqdori, suvni ushlab turish qobiliyati, massa zichligi va boshqalar) sezilarli darajada o'zgartirishi va ko'payish, o'sish, ozuqaviy xususiyatlar va tuproqning butun spektrining omon qolishiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. biota. Ushbu maqola turli xil MP polimerlarini tuproqqa kiritishning asosiy oqibatlarini o'rganadi va kelajakdagi tadqiqotlar uchun istiqbolli yo'nalishlarni belgilaydi.

Ключевые слова: микропластик, экологических риск, полимеры, тяжелые металлы, физико-химические свойства почвы.

Key words: microplastics, environmental risk, polymers, heavy metals, soil physicochemical properties.

Kalit so'zlar: mikroplastik, ekologik xavf, polimerlar, og'ir metallar, tuproqning fizik-kimyoviy xususiyatlari.

ВВЕДЕНИЕ

Сложно представить нашу повседневную жизнь без пластика – универсального, прочного, долговечного и недорогого материала для производства огромного разнообразия товаров. Практическая польза использования пластика для общества впечатляет, но не менее впечатляющим выглядят экологические последствия повсеместного применения материала. Мировое годовое производство пластика в 2020 году достигло 367 миллионов тонн. Высокие темпы производства, в том числе одноразовой продукции (около 50% пластиковых изделий – посуда, пакеты, упаковка) [1], низкий уровень переработки и длительный срок службы пластика привели к значительному накоплению материала в окружающей среде. Наиболее распространенными полимерами являются полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), полиэтилен низкой плотности (ПЭВД), поливинилхлорид (ПВХ), полистирол (ПС), полипропилен (ПП) и полиэтилентерефталат (ПЭТ) на долю которых в совокупности приходится около 90% общего производства пластика в мире.

Под воздействием ультрафиолетового излучения, морской воды, гидролиза, эрозии почвы или биологического воздействия крупные пластиковые отходы деградируют до мелких частиц. Фрагменты пластика <5 мм принято называть микропластиком (МП) [2]. Источниками также могут являться напрямую промышленные гранулы, пластиковые шарики из косметики, однако именно постепенно фрагментирующийся крупные пластиковые отходы составляют основную часть МП, попадающего в различные природные среды. Кроме того, МП возникает в результате биологической ферментации отходов, процесса компостирования, сельскохозяйственного орошения, атмосферных осадков, износа шин и обработки ила на очистных сооружениях [3].

В настоящее время, наибольшее внимание уделяется изучению частиц полимеров в водной среде, значительно меньшее число исследований посвящено почвам. В то же время, содержание МП в почве может достигать значений в 4–23 раза более высоких, чем в морской воде, при этом его содержание варьируется от 0,03% до 6,70% [4].

В данной статье приведён обзор основных последствия внесения различных полимеров микропластика в почву и обозначены перспективные направления дальнейших исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данный обзор составлен на основе поиска соответствующей рецензируемой литературы в сентябре 2024 года с использованием двух баз данных онлайн-публикаций: PubMed и ScienceDirect.

РЕЗУЛЬТАТ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее значительным в почвенных экосистемах является загрязнение пластиком в сельскохозяйственных и городских районах.

Являясь полимером, МП отличается от частиц почвы по составу, поверхностным характеристикам и гидрофобности.

Получены данные о том, что он способен значимо изменять физико-химические свойства почвы, например, pH, содержание органического вещества, способность удерживать влагу и плотность сложения. Показано, что в кислой почве обнаруживается значительно меньшее количество МП, чем в нейтральной [5]. Кислая почва (низкий pH) удерживает МП своим положительным зарядом, замедляя движение частиц полимеров вглубь почвы.

Щелочная почва (высокий pH) позволяет МП проникать быстрее и глубже. Биоразлагаемые и обычные микро- и макроразмерные остатки пластиковой продукции из полиэтилена низкой плотности оказывают влияние на pH, электропроводность почвы, соотношение углерода к азоту (C:N) и микробиом ризосферы. Наблюдались изменения биофизических свойств почвы, таких как микробная активность, состав растительной ткани, биомасса и характеристики корней [6]. Полиэтилен снижает уровень калия (K), общего азота (TN) и общего фосфора (TP) в почве, но, в то же время, полистирол и полипропилен увеличивают содержание органических веществ в почве [7]. Некоторые типы МП оказывают влияние на углеродный цикл, способствуя образованию углерода [8]. Однако авторы различных исследований, касающихся изучения воздействия МП на данный процесс

1-SHOBA: BIOSFERADAGI TUPROQ BIOGEOKIMYOVIY JARAYONLAR

получают разные результаты: стимуляция, ингибирование или нейтральный. Предполагалось, что эти влияния связаны со структурой микробиологического сообщества почвы, функциональным содержанием генов и активностью ферментов. Выработка CO_2 отражает содержание органического углерода, доступного микроорганизмам: почвенные бактерии вносят основной вклад в минерализацию органического вещества и круговорот питательных веществ. МП способен изменять структуру микробиома почвы на 94,7%, при одновременном снижении разнообразия бактерий на 1,6% [9]. Однако негативное воздействие МП возможно воспроизводство, рост, особенности питания и выживаемость всего спектра почвенной биоты (животных, растений, грибов и микробов).

Изучен вероятный транспорт осажденных на поверхности пластиковых частиц разных размеров в результате деятельности дождевых червей. Дождевые черви *Aleisc* могут физически перемещать частицы в почву, а также хорошо известны тем, что изменяют гидравлические свойства почвы (образование биопор), что также может способствовать проникновению микропластика в почву [10]. Помимо биоты, образующей биопоры, другая живые организмы также может способствовать вертикальному и горизонтальному движению частиц микропластика. Вполне возможно, что термиты или нематоды перемещают пластиковые микрочастицы в почве, хотя, вероятно, в меньшем масштабе, чем то, что наблюдали у дождевых червей. Важную роль могут сыграть такие животные, как суслики, кроты или полевки.

Перенос МП вниз по профилю почвы может способствовать дополнительному увеличению времени разрушения полимера, который изначально медленно перерабатывается окружающей средой (разложение органического материала обычно происходит медленнее в глубине почвы, где микробных популяций меньше). Таким образом, по мере разработки методов количественного определения МП в почве необходимо учитывать не только верхние, но и глубже залегающие горизонты.

Вследствие экстенсивных методов сельскохозяйственного возделывания всё больше обременяются загрязнением МП, почвы сельскохозяйственных угодий, что в перспективе способно повлиять на количество и качество сельскохозяйственной продукции.

Спектр применения пластика в сельском хозяйстве широк: теплицы, туннели, трубы, покрытия, сетки, мульчирующая плёнка, силосная пленка и т.д. Они способствуют повышению урожайности, защищают растения от вредителей (являясь в том числе альтернативой гербицидам или фунгицидам для обработки семян) и климатических факторов, улучшают свойства почвы (водный режим и др.) Однако, к примеру, мульчирующие пленки, которые в основном используются для односезонных овощных культур часто значительно разрушаются к концу сезона, фрагменты пластика оказываются разбросанными по полю. Зарегистрированные концентрации МП в сельскохозяйственных почвах колеблются от 0,008 мг/кг до 540 мг/кг (хотя в промышленных зонах обнаруживаются гораздо более высокие концентрации - до 67 500 мг/кг) [11]. Понимание влияния МП на сельскохозяйственные почвенные экосистемы является неполным, хотя имеет важное для защиты окружающей среды и эффективности агрохозяйства. Частицы пластмасс могут закупоривать корневые системы, снижая способность растений поглощать питательные вещества и воду из почвы [12] и вызывать у растений стрессовые реакции с выработкой активных форм кислорода, вызывающих окислительный стресс, что может замедлить рост растений и снизить общую урожайность. Конкретные механизмы и результаты воздействия различаются в зависимости от типа пластика, вида растения и преобладающих экологических аспектов.

Длительное воздействие окружающей среды на МК приводит к постепенному высвобождению химикатов и добавок, которые используют в ходе обработки и производства пластмасс для улучшения характеристик конечного продукта, а также многочисленных поллютантов, которые частицы полимеров абсорбируют на своей поверхности - полициклических ароматических углеводородов, полихлорированных бифенилов, диоксиноподобных химических веществ, полибромдифениловых эфиров, тяжёлых металлов, гидрофильных органических соединений (ципрофлоксацин) и фармацевтических препаратов (антибиотиков и антидепрессантов) из окружающей среды [13,14].

1-SHOBA: BIOSFERADAGI TUPROQ BIOGEOKIMYOVIY JARAYONLAR

Кроме того, МП попадающий в почву, может в дальнейшем распадаться до нанопластика, который порождает дополнительные экологические риски.

ВЫВОДЫ

Необходимо продолжение научной работы по изучению влияния загрязнения МП на микроструктуру почвы и почвенную биоту. Несмотря на рост числа исследований, существует крайне ограниченное количество работ, в которых сравнивалось бы влияние МП на различные типы почв, воздействие различного размера МП на свойства почвы и влияние pH почвы на взаимодействие с МП. Недостаточно изучены также влияние МП на трансформацию углерода и выбросы углекислого газа (CO₂).

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госконтракт № 075-15-2024-629, МегаГрант).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. De Souza Machado, A.A. et al. Impacts of Microplastics on the Soil Biophysical Environment // *Environmental Science & Technology*. 2018. V. 52.
2. Barnes, D. K. A. et al. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments // *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2009. V. 364 (1526). P. 1985-1998.
3. Wang, W. et al. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China // *Sci Total Environ*. 2017. V. 575. P. 1369-1374.
4. Fuller, S.G., Gautam, A. A Procedure for Measuring Microplastics using Pressurized Fluid Extraction // *Environmental Science and Technology*. 2016. V. 50(11). P. 5774-5780.
5. Cao, L. et al. Occurrence, distribution and affecting factors of microplastics in agricultural soils along the lower reaches of Yangtze River, China // *Science of The Total Environment*. 2021. V. 794.
6. De Souza Machado, A.A. et al. Microplastics Can Change Soil Properties and Affect Plant Performance // *Environ Sci Technol*. 2019. V. 53(10). P. 6044-6052.
7. Yu, Y. et al. Changes in soil microbial community structure and function following degradation in a temperate grassland // *Journal of Plant Ecology*. 2021. V. 14 (3). P. 384-397.
8. Rillig, M.C. et al. Microplastic effects on carbon cycling processes in soils // *PLoS Biol*. 2021. V. 19 (3).
9. Li, Y. et al. Soil microbial community parameters affected by microplastics and other plastic residues // *Front Microbiol*. 2023. V. 14.
10. Nizzetto, L., Langaas, S., Futter, M. Pollution: Do microplastics spill on to farm soils? // *Nature*. 2016. V. 537. P. 488-488.
11. Bük, F., Kaupenjohann, M. Global concentrations of microplastics in soils - A review // *Soil*. 2020. V. 6 (2). P. 649-662.
12. Iqbal, B. et al. Influence of soil microplastic contamination and cadmium toxicity on the growth, physiology, and root growth traits of *Triticum aestivum* L. // *South African Journal of Botany*. 2023. V. 160. P. 369-375.
13. Li, H.-X. et al. Effects of Toxic Leachate from Commercial Plastics on Larval Survival and Settlement of the Barnacle *Amphibalanus amphitrite* // *Environ Sci Technol*. 2016. V. 50. P. 924-931.
14. Brennecke et al. Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2016. V. 178. P. 189-195.