

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Бутюгина Мария Алексеевна, бакалавр 1 курса Института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, m.butyugina@yandex.ru

Воронина Анастасия Анатольевна, бакалавр 1 курса Института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, nastyavor07@gmail.com

Астахова Валерия Владимировна, бакалавр 1 курса Института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, v1421266@gmail.com

(Научный руководитель – Бородина Кира Сергеевна, ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, k.bor@rgau-msha.ru)

Аннотация: за последние годы производство и использование пластика стремительно выросло, пластиковые изделия тесно вошли в нашу повседневную жизнь. Но что его ждет после окончания срока службы? Пластик распадется на микропластик, оказывающий большое влияние на природные и почвенные процессы. В статье мы рассмотрели путь пластиковых частиц в почве и предложили способы сокращения пластиковых отходов.

Ключевые слова: микропластик, почва, разложение, почвенная микробиота, физико-химические свойства почвы.

Микропластик (МП) — это синтетические частицы органических полимеров размером менее 5 мм, которые могут образовываться как из первичных источников (например, промышленных гранул), так и из вторичных (например, пластиковых отходов). Эти частицы попадают в почвенные экосистемы в результате сельскохозяйственных работ (например, мульчирования пластиком, внесения осадка сточных вод), а также из диффузных источников (например, атмосферных осадков, стоков).

Актуальность: за последние годы было произведено пластика больше, чем за все предыдущее время, он буквально вытеснил все остальное, ведь его легко и дешево производить. На разложение пластика понадобится более 100 лет, которые он проведет в почве, влияя на ее свойства, что неизбежно при таком масштабе производства. Важно как можно раньше найти решение проблемы, ведь чем раньше найдено решение, тем больше шансов что, приняв соответствующие меры, удастся ее решить с меньшим ущербом для природы.

Цель исследования: изучить воздействие микропластика на свойства почвы и найти возможные пути решения проблемы.

Задачи работы:

1. Определить основные источники микропластика в почве;
2. Проанализировать влияние микропластика на почву;
3. Изучить влияние микропластика на почвенную биоту;
4. Предложить способы уменьшения микропластика в почве;

Объект исследования: почва, загрязнённая микропластиком.

Предмет исследования: воздействие микропластика на почвенные свойства.

Методы исследования:

- теоретические – обзор литературы по теме исследования;
- эмпирические – описание, сравнение, обработка и анализ результатов.

Распределение микропластика при утилизации пластиковых отходов

Выброшенный пластик либо утилизируется, либо фрагментируется и попадает в цикл сточных вод. В составе твёрдых отходов пластмассы попадают на свалки и со временем распадаются на микропластики, которые смываются в водоёмы и грунтовые воды. Микропластик, попадающий в очистительные сооружения, может задерживаться в сточных водах и использоваться в качестве орошения сельскохозяйственных угодий. Большая часть видов микропластика на очистных сооружениях отделяется вместе с твердыми биологическими веществами, которые используются в качестве удобрения. [3]

Качественный (химический) состав МП влияет на его попадание в почву и дальнейшую судьбу, так как разные типы пластика обладают разной устойчивостью к дегенерации.

Плотность полимера: определяет, на какой глубине задержатся частицы: на поверхности, в верхних слоях или глубже в потоках воды. Полимеры плотностью меньше воды (полиэтен или полипропилен) склонны оставаться ближе к поверхности, в то время как более плотные (полиэтилентерефталат или поливинилхлорид) могут легче проникать в более глубокие слои почвы. [3]

Химические добавки: Пластификаторы, красители и другие добавки могут изменять физические свойства полимера и влиять на его взаимодействие с почвенной средой и микроорганизмами. Также эти добавки могут влиять на способность микропластика связываться с другими частицами или органическим веществом, которые также попадают в почву. [3]

Старение и деградация: под воздействием солнечного света, воды, ветра и микроорганизмов происходит процесс старения и фрагментации МП. Изменяется его структура и поверхностные свойства, что в свою очередь влияет на мобильность и проникновение в почву. [3]

Таким образом, качественный состав определяет физико-химические свойства МП, которые являются ключевыми факторами, влияющими на его взаимодействие с почвенными частицами, водой и биотой и, следовательно, на проницаемость и вертикальное распределение в почвенном профиле.

Влияние микропластика на микроорганизмы

Почвенная микробиота важна, так как участвует в ключевых биогеохимических процессах, способствующих поддержанию плодородия и обеспечению растений питательными веществами.

Химические добавки (пластификаторы, антипирены, стабилизаторы), высвобождающиеся из пластика, могут повреждать клеточные мембраны бактерий, вызывать окислительный стресс, что приводит к повреждению ДНК, белков и липидов, ингибировать ферменты напрямую, связываясь с их активными центрами.

МП влияет не только на состав микроценоза, но и на его функциональное состояние. Отмечено снижение активности ключевых ферментов: уреазы является одним из показателей плодородия почвы, а активность дегидрогеназы может использоваться как биоиндикатор, позволяющий определить деградационные процессы, связанные с с/х воздействием, загрязнением поллютантами, переувлажнением и оглеением [4]. Можно сделать вывод, что понижение активности данных ферментов негативно влияет на питание растений, что может значительно снизить размер урожая. <https://jbks.ru/archive/issue-50/article-3>

Пластиковые частицы нарушают водный и газовый режим, изменяют структуру почвы, снижая доступность кислорода и влаги, что усугубляет стрессовые условия для микроорганизмов.

МП способен адсорбировать пестициды, тяжёлые металлы, усиливая их токсичность. Даже относительно инертный полимер становится вторичным носителем загрязнителей, влияя на микрофлору косвенным путём. Кроме того, полимерные добавки могут самостоятельно проявлять токсические свойства, нарушая клеточные мембраны, ингибируя ферменты или повреждая ДНК. Воздействие МП на почвенные организмы также включает токсическое воздействие различных загрязнителей окружающей среды, прикрепленных к их поверхности. Присутствие МП также может влиять на миграцию и осаждение бактерий в почве и на потерю генов устойчивости к антибиотикам [2].

Влияние на физико-химические свойства почвы

В почве пластик как загрязнитель является частью сложной смеси с органическим веществом и минералами, так как поверхностный заряд пластика обычно отрицателен и взаимодействует с положительно заряженными частицами или ионами, присутствующими в почвенном растворе и/или матрице. По этой причине пластиковые частицы в почве могут влиять на некоторые свойства, такие как емкость катионного обмена, растворенное органическое вещество, водоудерживающая способность, стабильность агрегатов и объемная плотность, структуру почвы, плотность почвы, скорость инфильтрации почвенной влаги, а также содержание растворенных органических фосфора, азота и углерода [2].

Почвенные частицы (глина, ил, песок) естественным образом образуют устойчивые агрегаты. Микропластик, особенно волокна, может нарушать процесс их формирования, делая почву **более рыхлой или, наоборот, уплотняя ее**. Меняется движение воды и воздуха, что критично для корней и микроорганизмов, поддерживающих плодородие.

Основными носителями отрицательного заряда (то есть высокой ЕКО) в почве являются глинистые минералы и гумус. Если частицы микропластика "обволакивают" эти высокоактивные частицы, они физически блокируют места для связывания катионов, **снижая общую ЕКО** почвенного комплекса [2].

Несколько исследований подтверждают, что МП **может влиять на pH почвы**. Кислая реакция почв оказывает негативное влияние на условия питания растений, потому что недостаточно катионов кальция, магния, молибдена и др. элементов, при этом токсично влияют катионы водорода и, особенно, алюминия и марганца. При этом нарушается питание растений фосфором и азотом.

Накопление МП в почве также может повлиять **на рост растений**. Исследования показали, что накопление остатков пластиковой пленки в почве приводит к снижению эффективности использования удобрений пшеницей и кукурузой, уменьшению урожайности и торможению роста корней. Установлено, что микропластик размером 100 нм оказывает ингибирующее действие на рост фасоли, а его генотоксичность выше, чем у МП размером 5 мкм. Результаты другого исследования показали, что полистироловые МП размером 100 нм могут проникать в корни бобовых растений, блокируя устьица клеточной стенки и межклеточные соединения и влияя на перемещения питательных веществ.

Микропластик, прилипший к внешней поверхности **почвенных организмов**, может напрямую препятствовать их подвижности. Зачастую проглатывание МП происходит случайно, поскольку организмы ошибочно принимают его за пищу. Проглатывание микропластика может вызвать ложное насыщение, что снижает потребление углеродной биомассы и в дальнейшем приводит к истощению энергии, замедлению роста и даже смерти. Кроме того, микропластик также может вызывать механическое повреждение пищевода, кишечную непроходимость, снижение репродукции и биохимических реакций.

Способы уменьшения содержания микропластика

Изучив все негативное действие микропластика, хочется рассмотреть возможные пути улучшения положения. Конечно, самым очевидным способом будет сокращение использования пластика. Но важно понимать, что пластиковые изделия уже очень плотно вошли в нашу жизнь, а аналогичного материала, обладающего такой же прочностью, дешевизной и надежностью на сегодня нет. Именно поэтому рационально искать способы замены пластиковых изделий.

Одной из ключевых стратегий является переход на биоразлагаемые упаковки, создаваемые на основе растительных отходов - экологически безопасных материалов [1]. Но важно понимать, что они могут уступать по техническим данным пластику, иметь особые правила эксплуатации. Нужно дальше искать технологию создания универсальной биоразлагаемой упаковки.

Другой способ – переработка пластика, которая позволит ему пройти правильную переработку и быть использованным снова, что сократит производство нового пластика, а МП будет меньше попадать в почву. Для этого нужно создание заводов, владеющих данной технологией, а также осведомленность населения о необходимости сдачи пластика в определенные пункты приема. Как бы это печально не звучало, но намного дешевле сегодня производство новой пластиковой тары, чем правильная утилизация или переработка старой. Поэтому главным минусом здесь играет экономический расчет, а экологической стороной пренебрегают.

Также можно использовать пластиковые изделия вторично в быту. Например, сходить в магазин с пакетом, купленным ранее, или многократно использовать бутылку для воды. А лучшим решением будет и вовсе замена таких предметов на тканевую сумку и стеклянную бутылку. Грамотная и посильная замена пластиковых изделий приблизит нас к решению проблемы [1].

Важным шагом должна быть экологическая просвещённость людей. Проведение тематических субботников, акций по сдаче макулатуры, пластика и батареек, экоигр для школьников, а также экоротики в соцсетях могут стать хорошим началом для повышения экологической грамотности людей, что станет хорошим решением проблемы.

Таким образом, микропластик оказывает комплексное негативное воздействие на почву, существенное влияет на жизнь нашей планеты. Изучив все негативные воздействия на почву и почвенную биоту, приходит понимание масштаба проблемы загрязнения микропластиком. Он сильно сокращает плодородие почвы, угнетает деятельность микроорганизмов и влияет на физико-химические свойства почвы. Использование почвы для выращивания с/х культур растений не только не эффективно, но и опасно из-за движения микропластика по цепям питания. Для сохранения здоровья нашей биосферы необходимо найти универсальное решение вопроса, сочетающее экологическую и экономическую выгоду. Уже сегодня мы можем начать вторично использовать пластиковые изделия, заменить пластик на аналоги из других материалов, сдавать пластик на переработку. Важным остается и экопросвещение людей.

Выводы:

1. главные источники микропластика в почве — это антропогенная деятельность, сельское хозяйство и атмосферные осадки;

2. микропластик ухудшает качество почвы, изменяет физико-химические свойства почвы: емкость катионного обмена, структуру почвы, содержание гумуса и важные для растений минералов. Микропластик нарушает структуру и плодородие почвы, это создает масштабную угрозу для экосистем;

3. микропластик оказывает токсическое воздействие на почвенную биоту, нарушая жизнедеятельность микроорганизмов;

4. для сокращения пластиковых отходов нужно искать альтернативный материал, не уступающий по своим свойствам пластику. Необходимо снижать использование пластика, правильно его утилизировать, повышать экопросвещение людей.

Список литературы

1. Бердыева, А. Экологические последствия использования пластика и пути борьбы с пластиковым загрязнением окружающей среды / А. Бердыева // Инновационная наука. – 2024. – № 5-1. – С. 214-216. – EDN KUV CIR.

2. Бурак Л. Ч., Ермошина Т. В., Королева Л. П. Загрязнение почвенной среды микропластиком, факторы влияния и экологические риски // Экология и промышленность России. – 2023. – Т. 27. – №. 5. – С. 58-63.

3. Морачевская Е. В., Воронина Л. П. Источники и пути транслокации микропластика в почве и растениях // Проблемы агрохимии и экологии. – 2022. – № 1. – С. 40-49.

4. Ручкина, К. В. Влияние микропластика на почву / К. В. Ручкина, О. Э. Мерзляков // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Международной научно-практической конференции, Киров, 23–25 апреля 2024 года. – Киров: Вятский государственный университет, 2024. – С. 34-38. – EDN SCXBNE.

ГИДРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ КУРОРТА «КЛЮЧИ»)

Волдырева Надежда Михайловна, магистрант 1 курса, Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика Д.Н. Прянишникова, nvoldyрева@inbox.ru

(Научный руководитель – **Кондратьева Мария Александровна**, доцент, к. геогр. наук, Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика Д.Н. Прянишникова, mariya.kondrateva03@mail.ru)

Аннотация: Для почв курорта «Ключи» установлены параметры уравнения ван Генухтена-Муалема: водоудерживающая способность Θ_r составила 0,04–0,10, влажность насыщения $\Theta_s=0,4–0,5$, коэффициент насыщенной гидравлической проводимости K_s равен 12–13 см/сут. в аллювиальной серогумусовой стратифицированной почве. В аллювиальной