

Удмуртская Республика
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
Удмуртской Республики «Лицей №14»

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
имени Б.В. Всесвятского (с международным участием)

Номинация «Юные исследователи»

Исследовательская работа

«Вклад батареек в загрязнение почвы и поиск способов её очистки»

Работу выполнил:
Мальцев Тимофей Юрьевич
учащийся 6 «Б» класса

Научный руководитель:
Константинова Анна Сергеевна
научный сотрудник кафедры
ботаники, зоологии и биоэкологии
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

Ижевск, 2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. Обзор литературы.....	4
1.1. Химический состав, принцип работы и виды батареек.....	4
1.2. Батарейки – источники загрязнения окружающей среды ...	5
1.3. Утилизация и переработка батареек в мире и в России.....	7
1.4. Пути снижения вредного воздействия батареек на окружающую среду.....	7
ГЛАВА 2. Практическая часть исследования.....	9
2.1. Материалы и методы, применяемые в исследовании.....	9
2.2. Результаты и их обсуждение.....	11
2.2.1. Анализ спроса на батарейки среди населения.....	11
2.2.2. Влияние продуктов разложения батареек на химический состав почвы.....	11
2.2.3. Оценка фитотоксичности почвы, загрязненной батарейками.....	14
2.2.4. Исследование эффективности различных способов очистки почвы от продуктов разложения батареек.....	16
ВЫВОДЫ	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	20
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	21

ВВЕДЕНИЕ

Многие знают о том, что батарейки, попадая в окружающую среду, загрязняют ее и наносят вред живым организмам. Однако, не многие прибегают к правильной их утилизации, скорее всего из-за отсутствия специализированных контейнеров по их сбору в шаговой доступности, и как следствие батарейки оказываются в мусорном ведре, а затем на свалке. И именно здесь под воздействием внешних факторов (воды, температуры) они начинают разлагаться, а продукты их разложения изменять химический состав почвы и подземных вод, оказывая негативный эффект на живые организмы.

Поэтому **целью** данного исследования было изучить влияние продуктов разложения солевых и щелочных батареек на химический состав почвы, рост растений и попытаться найти наиболее эффективный сорбент для очистки почвы.

В ходе работы мы решали следующие **задачи**:

1. Выявить какой вид батареек наиболее часто используется в быту.
2. Заложить модельный эксперимент по загрязнению почвы солевыми и щелочными батарейками.
3. Определить некоторые химические показатели почвы, загрязненной батарейками.
4. Оценить фитотоксичность загрязнённой почвы.
5. Сравнить эффективность разных способов очистки почвы от продуктов разложения батареек.

Перед исследованием мы выдвинули **ряд гипотез**:

1. Продукты разложения батареек изменяют химический состав почвы.
2. Батарейки оказывают токсический эффект на рост и развитие растений.
3. Растительные субстраты могут сорбировать избыток элементов.

Практическая значимость. В результате исследования мы выявили, что загрязнение почвы щелочными батарейками, приводит к существенному возрастанию содержания калия и резкому подщелачиванию почвы. Также мы протестировали некоторые части растений по степени очистки почвы от избыточного содержания элементов-загрязнителей. Нами в качестве сорбентов впервые исследованы такие части растений как измельченные шишки и хвоя сосны, сено и древесный опил. Как результат выявлено, что сено как бесплатный природный растительный сорбент снижает избыточное содержание элементов в почве (например, калия).

Методы, применяемые в исследовании: анализ научных публикаций из сети интернет, наблюдение, эксперимент, методы химического анализа, биотестирование, анализ и сравнение.

ГЛАВА 1. Обзор литературы

1.1. Химический состав, принцип работы и виды батареек

Батарейка – это маленький источник энергии гальванического типа, который не зависит от электросети. Благодаря своей портативности батарейки плотно вошли в повседневную жизнь людей и широко применяются в быту.

Их еще называют химическим источником тока (ХИТ), так как именно за счет химической реакции между анодом и катодом возникает разность потенциалов, которая преобразуется в электрический ток (Карасева К.Э., 2020). Если батарейку вставить в прибор, начнется взаимодействие анода, то есть цинка с электролитом. Цинк очень дружелюбный металл и щедрый, он начинает «делиться» отрицательно заряженными частицами — электронами. Поскольку их становится очень много, единственным выходом для них становится движение к положительному полюсу. Как только мы вставляем батарейку в прибор появляется дорога, по которой они и устремляются. Направленное движение электронов – это и есть электрический ток, который заставляет прибор работать (Гаврилин С.Д. и др., 2022).

Принцип работы всех батареек одинаковый. Различия могут быть в химическом составе веществ, с помощью которых выделяется электрический ток. Поэтому по составу батарейки делят на: солевые, щелочные (алкалиновые), литиевые, оксидно-серебряные, воздушно-цинковые (Иванова О.Н. и др., 2018; Карасева К.Э., 2020).

Так как в работе исследуется только 2 вида батареек, наиболее популярных среди населения, мы оставим внимание лишь на них.

Солевые батарейки (марганцево-цинковые с соевым электролитом, угольно-цинковые) появились самыми первыми во второй половине 19 века (Каримова Л.Т., Никитин С.П., 2018). Электроды таких батареек изготовлены из диоксида марганца (анод) и цинка (катод), которые помещены в электролит – раствор хлорида аммония / хлорида цинка (рис.1.). Их преимущество - цена, они более дешевые в производстве, но срок службы у них короткий.

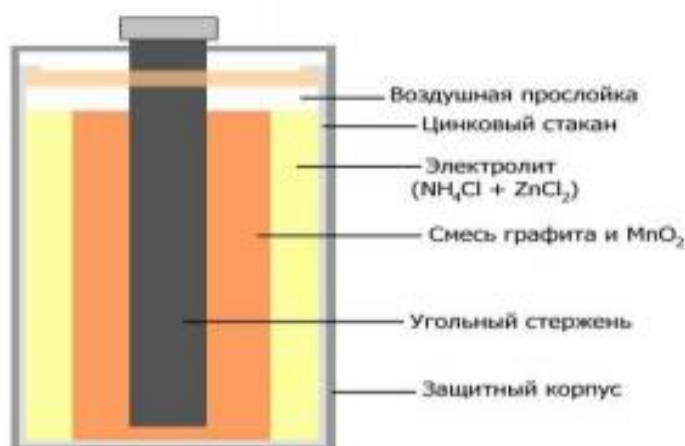


Рис.1. Схематическое строение солевой батарейки (из Белецкий Я.О., 2021)

Щелочные батарейки (марганцево-цинковые с щелочным электролитом, щелочно-марганцевые) или их еще называют «алкалиновые» изобретены в 1964 г. (Иванова О.Н. и др., 2018). Электроды такой батарейки изготовлены из цинка (катод) и диоксида марганца (анод), а в качестве электролита выступает щелочь - гидроксид калия. На сегодняшний день именно они являются самыми распространёнными, поскольку отлично подходят для большинства электронных устройств, и имеют продолжительный срок службы.

Таблица 1

Состав батареек [по Балицкий Я.А. и др., 2017]

Тип батарейки	Основные компоненты состава	Содержание компонента, %
Марганцево-цинковые ХИТ с щелочным электролитом (щелочные ХИТ)	MnO ₂	37
	Fe	23
	Zn	16
	H ₂ O	9
	КОН	5
	С	4
	Латунь	2
Угольно-цинковые ХИТ (солевые ХИТ)	Прочие	4
	MnO ₂	27
	Zn	23
	H ₂ O	18
	С	10
	ZnCl/NH ₄ Cl	5
	Fe	4
Прочие	13	

Кроме основных компонентов (табл. 1) в состав батареек входят железо, свинец, кадмий, кобальт, литий, никель, марганец, титан и некоторые содержат ртуть (Белецкий Я.О., 2021; Карасева К.Э., 2020). В состав щелочных батареек может входить от 10 до 20 элементов таблицы Д.И. Менделеева, многие из этих элементов являются сильно токсичными веществами (Селезенев Н.С. и др., 2016).

1.2. Батарейки – источники загрязнения окружающей среды

По статистике в России ежегодно выбрасывают около 20 тыс. тонн батареек (Трибулина М., 2019), это примерно 600-650 млн. штук в год (Зиленина В.Г. и др., 2016), и лишь 1,7 % из них перерабатывается. При этом в литературе указывается факт, что 1 батарейка, попавшая в почву, за 2–3 месяца заражает опасными веществами 20 м² территории и отравляет 400 л воды (Карасева К.Э., 2020).

Батарейки, оказываясь в составе бытового мусора на свалках, под влиянием факторов внешней среды подвергаются коррозии. А внутренность батарейки – это смесь химических элементов в концентрациях чуждых природе. Оказавшись в почве, они не только изменяют ее химический состав, но с дождевыми и тальными водами могут загрязнять поверхностные и подземные воды. Именно выщелачивание содержимого батареек представляет

основную опасность для окружающей среды на протяжении всего жизненного цикла полигона (Зиленина В.Г. и др., 2016).

В.Г. Зиленина с соавторами (2016) в своей статье указывает, что по данным эксперимента тайландских ученых и результатам, проведенного ими исследования, период вскрытия ХИТ в природной среде составляет 6–7 недель. Также в их статье приводятся факты из других источников литературы, что «не все типы батарей представляют опасность для окружающей среды. В частности, трехсторонняя группа экспертов из Японии, США и Европы пришла к выводу, что алкалиновые батареи на основе марганца и цинко-углеродные (солевые) батареи не представляют большой угрозы для окружающей среды, если они используются и утилизируются надлежащим образом вместе с обычными отходами. Примерно к такому же выводу пришли исследователи из Массачусетского технологического института, в 2011 г. опубликовавшие отчет о влиянии алкалиновых батарей на окружающую среду в течение жизненного цикла».

Проведенный нами обзор литературы, выявил единичные научные работы, посвященные именно влиянию продуктов разложения батареек на конкретные свойства почвы и содержание в ней тех или иных элементов. В работе Н.С. Селезневой с соавторами (2016) установлено, что кислотность дистиллированной воды, в которую были помещены щелочные батарейки, увеличивается до 9–12 ед. рН., а количество семян кресс-салата, посаженных в почву с батарейками составило меньше 40 %.

В.Г. Петровым с соавторами в 2017 г. был поставлен эксперимент по загрязнению дерново-подзолистой и серой-лесной оподзоленной почвы вскрытыми солевыми и щелочными батарейками. Загрязнение они оценивали по содержанию в почве цинка и марганца, как основных компонентов батареек. В результате эксперимента они сделали такие выводы: «загрязнители локализуются в месте попадания в почву, а значение ПДК цинка в почве превышено более чем в 100 раз, марганца почти в 4 раза».

Таким образом, проведенный нами обзор литературы по проблеме исследования показал, что как правило приводится факт о токсичности продуктов разложения батареек для растений, а как они воздействуют на свойства самой почвы данных мало.

Согласно федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО) щелочные (алкалиновые) батарейки, поскольку содержат щелочь в своем составе, относятся ко второму классу опасности отходов. Значит, они не должны выбрасываться в окружающую среду, а должны подвергаться сбору, сортировке, утилизации и обезвреживанию.

Тогда как солевые батарейки относят к неустановленному классу опасности. Это означает, что на них не распространяются специальные требования по утилизации (Хаменешко Е.А., 2023).

1.3. Утилизация и переработка батареек в мире и в России

Обзор литературы показал, что не только сбор, но утилизация и переработка использованных батареек является сложной проблемой.

В России рынок утилизации, отработанных ХИТ, представлен тремя действующими заводами (Ермакова Л.С. и др., 2021):

– ГК "Мегаполисресурс" (г. Челябинск) работает с 2013 г. Технология переработки сочетает в себе гидрометаллургический и пирометаллургический методы, что позволяет возвращать в производство до 94,4% материалов марганцево-цинковых батареек.

– ООО «ЭП «Меркурий» (г. Санкт-Петербург) работает с 2017 г. и утилизирует: марганцево-цинковые, никель-металлогидридные, литий-ионные, серебряно-цинковые, никель-кадмиевые, литий-тионилхлоридные, свинцово-кислотные и свинцово-щелочные, ртутно-цинковые батарейки.

– Национальная экологическая компания «НЭК» (г. Ярославль). Перерабатывает более 95% марганцево-цинковых батареек.

Европейский Союз, занимающийся утилизацией батареек и аккумуляторов несколько десятков лет, достиг уровня переработки 25–45% всех образующихся ХИТ (Ермакова Л.С. и др., 2021).

В Японии собирают и складировать ХИТ до момента, пока будет изобретена оптимальная технология, т.к. на сегодняшний день экологически чистого и рентабельного метода не существует. В США и Канаде пункты приёма батареек находятся повсюду, что помогает обрабатывать около 60% всей массы. Самых высоких результатов достигла Германия. Там собирается около 90% отработанных батареек, половина из которых перерабатывается. Повсеместно установлены пункты сбора. Правительство мотивирует граждан скидками при покупке новых батарей. (Ермакова Л.С. и др., 2021).

На заводах ХИТ утилизируют в несколько этапов (Жемчугова К.А. и др., 2021; Каримова Л.Т., Никитин С.П., 2018) (рис.2):

1. Ручная сортировка для распределения по типам.
2. Контейнерная линия доставляет батарейки в дробилку.
3. Измельченное сырье попадает под магнитную ленту для отделения элементов металлического корпуса.
4. Повторное дробление оставшейся части и просеивание.
5. Оставшаяся часть подвергается процессу нейтрализации.

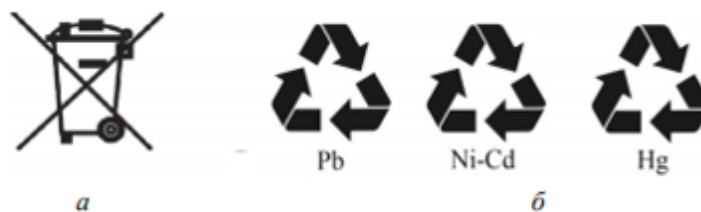
1.4. Пути снижения вредного воздействия батареек на окружающую среду

Человечество понимает, что отказаться от использования батареек не возможно, а значит единственным путем снижения вреда является изменение их компонентного состава, экологическое просвещение населения и разработка малоотходных технологий их утилизации.

Например, одним из важных шагов, принятых в Евросоюзе, было снизить содержание тяжелых металлов в батарейках, в частности свинца, ртути, кадмия.

Согласно Директиве Евросоюза маркировка ХИТ должна содержать 2 символа: символ раздельного сбора и символ, указывающий на содержание определенного тяжелого металла (Зиленина В.Г. и др., 2016).

Если обратить внимание на батарейки, то на них действительно можно увидеть вот такие знаки:



В России с 2008 г. все ХИТ и их упаковка должны быть маркированы специальным символом сбора, который сообщает потребителям, что батарейки нельзя выбрасывать вместе с домашними отходами (Балицкий Я.А. и др., 2017).

Другим важным шагом является повсеместная установка контейнеров для сбора батареек, чтобы они были в шаговой доступности.

Важным шагом является совершенствование технологий переработки отработанных батареек для вторичного использования их компонентов.

И конечно немаловажную роль играет экологическое просвещение населения.



Рис. 2. Пути переработки и вторичного использования компонентов батареек (взято из Кнауб В.В., Коваленко А.Е., 2021)

ГЛАВА 2. Практическая часть исследования

2.1. Материалы и методы исследования, использованные в работе

Исследование проводилось в период с декабря 2023 по ноябрь 2024 г. и состояло из нескольких этапов: изучение спроса на батарейки (декабрь 2023 г.) – закладка модельного эксперимента (декабрь 2023 г. – июль 2024 г.) – проведение химического анализа (август 2024 г., ноябрь 2024) – биотестирование (сентябрь 2024 г.) – постановка опыта с сорбентами (октябрь 2024 г.).

В ходе работы мы применили и освоили следующие методы исследования:

1. Статистическое наблюдение мы использовали для изучения спроса населения на разные виды батареек. Так как в моём доме установлен контейнер для сбора батареек, то для статистики использовали содержащиеся в нем батарейки. По моим наблюдениям пустой 5 л контейнер был установлен на 1 этаже одноподъездного 70-квартирного дома в августе. Подсчет и сортировка батареек по видам и фирмам были произведены в начале декабря 2023 г., когда контейнер заполнился.

2. С помощью эксперимента мы решили проверить, что произойдет с почвой, если батарейка окажется в ней. Будут ли продукты разложения батареек оказывать влияние на нее? Для этого нами был заложен модельный лабораторный эксперимент по загрязнению почвы батарейками 2 видов: солевые и щелочные. Мы поместили в контейнеры купленную для рассады почву и закопали в неё использованные батарейки из расчета в 200 грамм почвы 3 батарейки. В качестве контроля выступала не загрязненная почва. Повторность каждого варианта трехкратная. Эксперимент проводился с декабря 2023 г. по июль 2024 г. (всего 8 месяцев). Примерно раз в неделю почву поливали дистиллированной водой.

3. Химический анализ почвы был проведен в лаборатории почвенной экологии кафедры ботаники, зоологии и биоэкологии ФГБОУ ВО «УдГУ»:

– перед химическим анализом провели пробоподготовку почвы. Для этого почву измельчили с помощью ступки и пестика, затем просеяли через сито 1 мм.

– определение актуальной кислотности почвы проводили потенциометрическим методом на приборе Иономер-160. Ход анализа: 5 г почвы залили 125 мл дистиллированной воды (соотношение 1:25), встряхнули на ротаторе 3 минуты и измерили кислотность.

– определение калия в почве проводили методом пламенной фотометрии на приборе Пламенный фотометр ПФА-22. Измерение проводили в водных почвенных вытяжках. Ход анализа: 5 г почвы залили 125 мл дистиллированной воды (соотношение 1:25), встряхнули на ротаторе 5 минут, затем профильтровали.

– определение элементного состава почвы, загрязненной продуктами разложения батареек, проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа на

приборе Спектроскан. Данный вид анализа проводился инженером лаборатории в ноябре 2024 г.

4. Метод биотестирования. Для оценки фитотоксичности почвы, загрязненной продуктами разложения батареек, в качестве тест-растений использовались луковицы лука (Allium-тест) и семена кресс-салата. Повторность опыта с луком трехкратная. Луковицы высаживались на водный почвенный фильтрат (соотношение почва:вода 1:25). А семена кресс-салата высаживались непосредственно в загрязненную почву по 50 шт. в каждый вариант. В течение двух недель велось наблюдение за ростом и развитием растений.

5. Эксперимент по изучению эффективности сорбентов по очистке почвы от продуктов разложения батареек. Степень очистки оценивали по остаточному содержанию подвижного калия в почвенном фильтрате. Для эксперимента использовался только фильтрат от почвы, загрязненной щелочными батарейками. Потому что, как показали наши результаты исследования именно эти батарейки оказали существенное влияние на изменение содержания калия и кислотности почвы. Изучали следующие виды сорбентов:

- Шишки сосны,
- Хвоя сосны,
- Древесный опил,
- Сено из разнотравья,
- Ионообменная смола,
- Активированный уголь, купленный в аптеке,
- Диатомит,
- Торф,
- Глина.

Предварительно растительные субстраты (шишки, сено, опил и хвою) измельчили на лабораторной мельнице, а затем просеяли через систему сит с диаметром ячеек (2 мм – 1 мм – 0,25 мм). Таким образом, для исследования взято 3 фракции: < 0,25 мм, 0,25-1 мм и 1-2 мм.

Ход работы: в 15 мл фильтрата добавляли 100 мг сорбента (в пересчете на массу почвы, взятую для приготовления фильтрата, это составило примерно 30%).

6. Обработка результатов исследования. Для обработки полученных числовых данных и построения графиков использовалась программа Excel пакет «Анализ данных».

2.2. Результаты исследования и их обсуждение

2.2.1. Анализ спроса на батарейки среди населения

В моём доме установлен самодельный контейнер для сбора отработанных батареек (рис. 3). По нашим наблюдениям в среднем пятилитровый контейнер заполняется батарейками за 4 месяца в доме из 70 квартир.

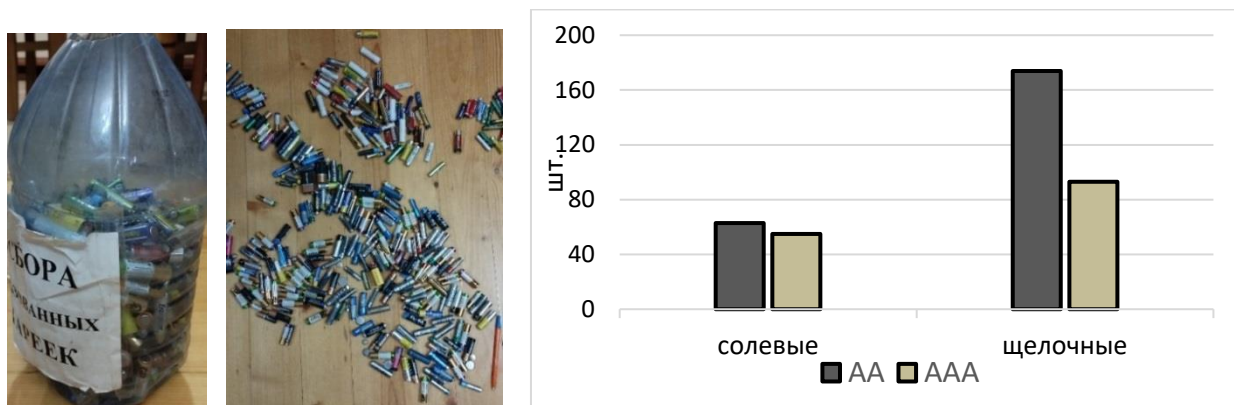


Рис.3. Результаты сортировки и подсчета отработанных батареек, собранных в контейнер, установленный в многоквартирном доме (Заречное шоссе, 21)

Мы провели сортировку батареек по производителю, виду и типоразмеру батареек. Обнаружили, что наибольшим спросом среди жителей пользуются щелочные (алкалиновые) батарейки по сравнению с солевыми. Всего на долю щелочных батареек приходится 267 батареек, а количество солевых составляет 118 штук (рис. 3). Это в первую очередь обусловлено большей емкостью щелочных батареек, а значит и более долгим сроком работы, хотя цена их в разы дороже. Остальные виды батареек встречаются единично.

2.2.2. Влияние продуктов разложения батареек на химический состав почвы

Для оценки влияния продуктов разложения батареек на химический состав почвы мы первоначально решили взять такие химические показатели как кислотность почвы и содержание в ней ионов калия. Выбор этих показателей обусловлен их важностью для роста и развития растений, а также простотой и относительной быстротой определения. Данные показатели определялись в водной вытяжке, т.к. из нее в первую очередь элементы доступны для растений.

Кислотность почвы – это один из важнейших показателей качества почвы, характеризует концентрацию свободных ионов водорода в почвенном растворе. От величины pH зависит развитие и жизнедеятельность растений, микроорганизмов, почвенных животных, скорость протекания химических реакций, токсичность загрязняющих веществ. Результаты определения актуальной кислотности представлены на рис. 4).

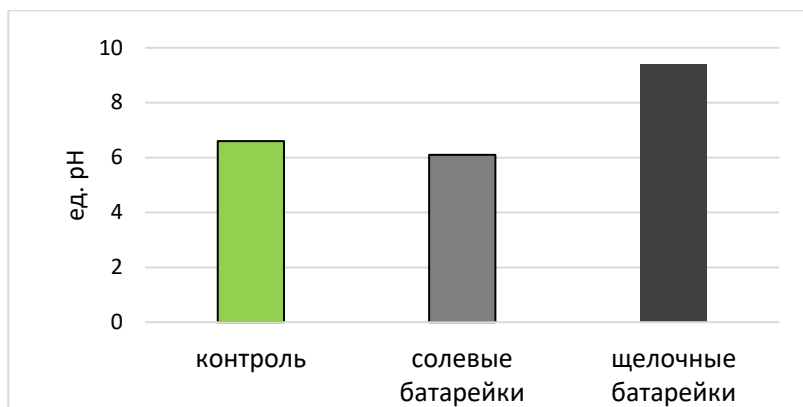


Рис. 4. Актуальная кислотность почвы, загрязненной продуктами разложения батареек

Как видим из рис. 4 при нахождении батареек в почве в течение 8 месяцев наблюдается изменение показателя ее кислотности. В контрольном варианте показатель актуальной кислотности равен 6,6 ед. Изменение уровня кислотности, прежде всего, связано с химическим составом батареек. Так щелочные батарейки, в состав которых входит щёлочь, резко подщелачивают почву до 9,4 ед. А солевые батарейки, в состав которых входит, хлорид аммония и цинка (кислая соль) подкисляет почву до 6,1 единицы рН. Из литературы я узнал, что при высокой щелочности снижается доступность многих элементов для растений, например фосфора, цинка, железа, молибдена и др., жизненно необходимых для роста и развития растений.

Также, по литературным данным, сильнощелочные почвы, как правило, бесструктурны и плохо пропускают воду. Действительно в нашем эксперименте мы наблюдали, что почва, загрязненная продуктами разложения щелочных батареек, стала очень плотной (ее даже сложно было размолоть с помощью пестика), темноокрашенной и плохо впитывала воду (рис. 5).



Рис.5. Модельные контейнеры с загрязненной батарейками почвой после 8 месяцев эксперимента

Также зная химический состав батареек и, руководствуясь имеющейся приборной базой лаборатории, мы предположили, что в почве может увеличиться содержание калия, входящего в состав щелочи электролита щелочных батареек. Калий мы определяли в водной вытяжке на пламенном фотометре (рис.6). Калий – один из основных элементов питания растений, наряду с азотом и фосфором.

Как показал наш эксперимент при вскрытии щелочных батареек в почве в десятки раз возрастает содержание калия до 6 г/кг почвы (рис.6). Вероятно, хоть и калий важный и необходимый элемент питания растений, но такие концентрации вряд ли будут благоприятными. Солевые же батарейки не оказывают существенного влияния на содержание калия в почве.

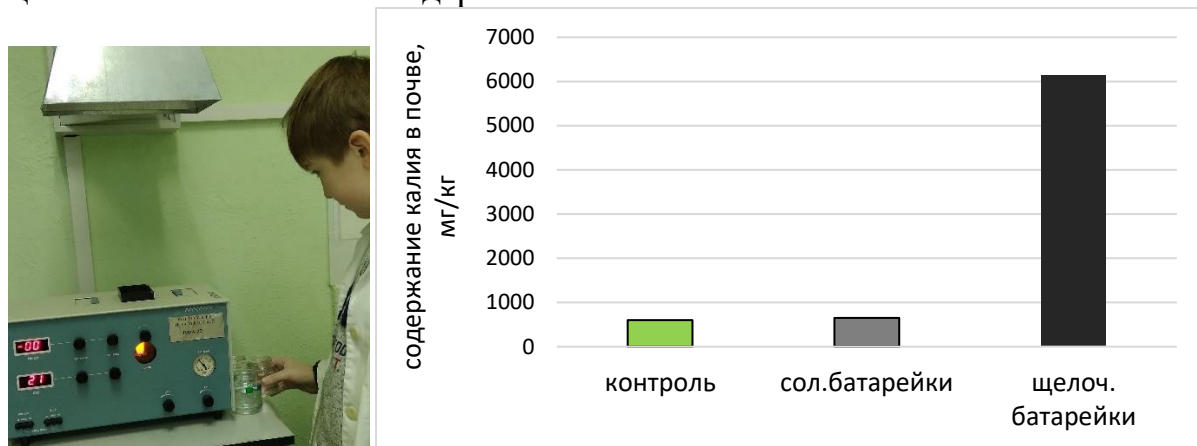


Рис. 6. Содержание ионов калия в почве, загрязненной продуктами разложения батареек

Получив такие интересные результаты по содержанию калия, нам стало интересно узнать увеличивается ли в почве при разложении батареек содержание тяжелых металлов, относящихся к разряду загрязнителей?

Определение тяжелых металлов в экспериментальной почве проводилось специально обученным инженером по работе на приборе Спектроскан. Почва исследовалась на валовое содержание таких элементов как хром, марганец, железо, никель, цинк, свинец. Полученные концентрации металлов сравнивались с разработанными предельно-допустимыми (ПДК) и ориентировочно-допустимыми (ОДК) концентрациями данных элементов в почве (СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»). Результаты анализа отражены на рис. 7.

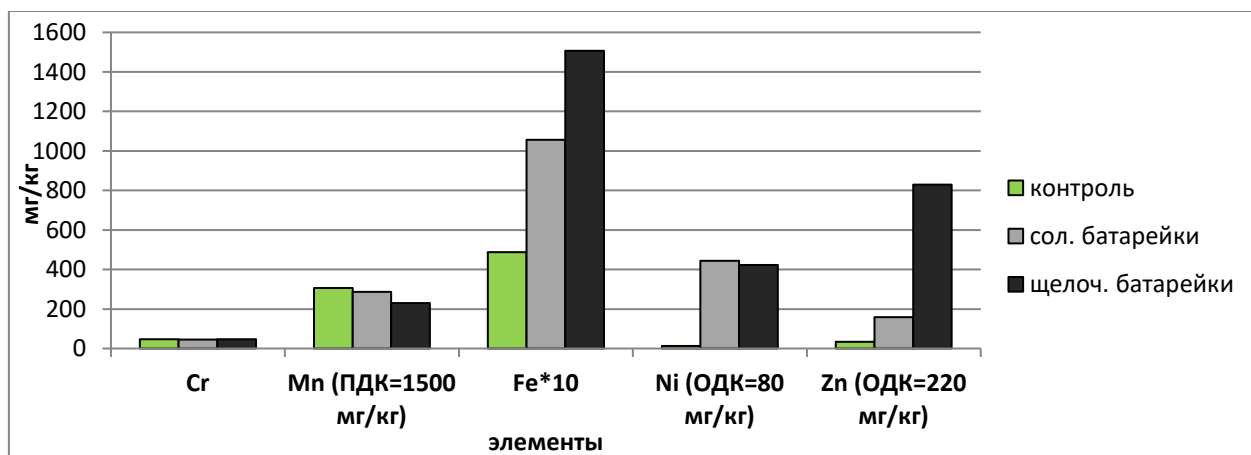


Рис. 7. Содержание тяжелых металлов в почве, загрязненной продуктами разложения батареек

Как видим из рис.7 батарейки не оказали влияния на содержание в почве хрома и марганца. Хотя в состав батареек входит оксид марганца, но по-видимому, он малорастворим.

Содержание свинца в почве, загрязненной батарейкой, ниже предела обнаружения и составляет < 30 мг/кг.

Сравнивая результаты по железу видно, что его содержание в почве в варианте с солевыми батарейками увеличивается в 2,2 раза по сравнению с контролем и составляет 10555,05 мг/кг, а с щелочными батарейками – в 3,1 раза (15063,77 мг/кг). Т.е. под воздействием влаги происходит коррозия корпуса, которая усиливается при щелочной реакции почвы.

Также из обзора литературы мы знаем, что в состав батареек в качестве электролита входит цинк. И действительно содержание цинка в загрязненной батарейками почве возрастает. Содержание цинка в почве в варианте с солевыми батарейками увеличивается относительно контроля в 4,6 раза. В варианте с щелочными батарейками содержание цинка в почве увеличивается в 24 раза по сравнению с контролем, и превышает гигиенический норматив равный 220 мг/кг в 3,8 раза.

Наибольший вклад в загрязнение почвы батарейки вносят по никелю. Оба типа батареек практически в равных количествах обогащают почву никелем, и по сравнению с контролем здесь его содержание увеличивается в 33 раза. Также содержание никеля в загрязненной батарейками почве превышает гигиенический норматив (ОДК никеля в почве = 80 мг/кг) в 5 раз.

Таким образом, полученные результаты показали, что батарейки загрязняют почву элементами токсичными для окружающей среды и человека.

2.2.3. Оценка фитотоксичности почвы, загрязненной батарейками

Для оценки токсичности почвы, загрязненной батарейками, мы исследовали реакцию двух видов растений: лука и кресс-салата.

Визуальные наблюдения за развитием семян кресс-салата, посеянные в почву после загрязнения батарейками, также показали токсический эффект. Семена в данном варианте проклюнулись, но затем погибли из-за недоразвития корневой системы (рис. 8).



Рис. 8. Наблюдение за развитием семян кресс-салата, выращенных на почве, загрязненной батарейками, в начале опыта и спустя 7 дней

Луковицы лука мы выращивали на водной вытяжке из загрязненной почвы (рис.9).

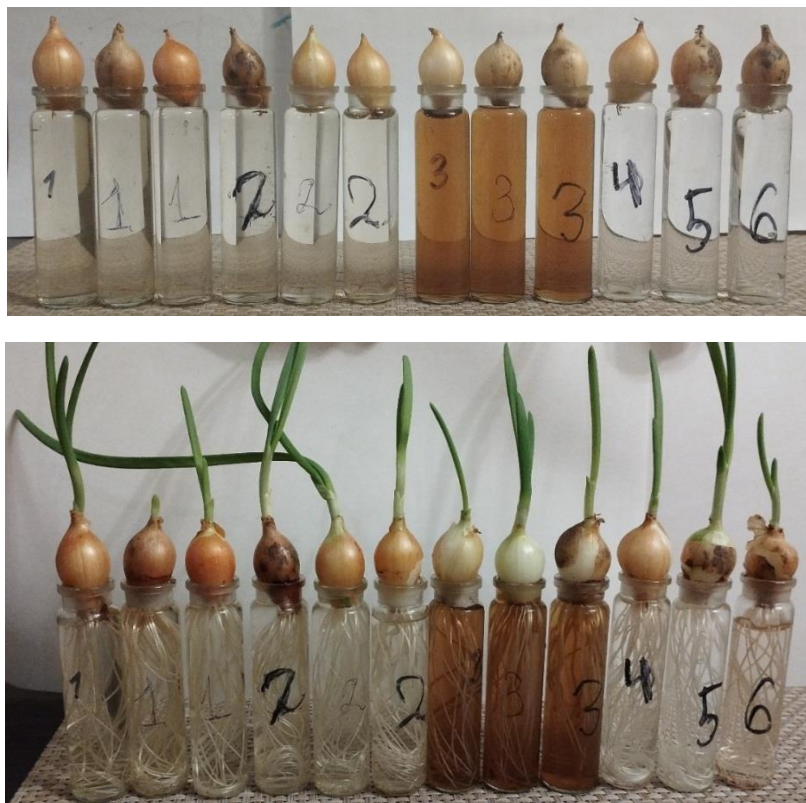


Рис. 9. Наблюдение за развитием луковиц лука, выращенных на водной вытяжке из почвы, загрязненной батарейками, в начале опыта и спустя 13 дней

Как показали наши результаты вытяжка из почвы, загрязнённой щелочными батарейками, даже разбавленная в 20 раз оказала угнетающий эффект на рост корней лука. В данном варианте длина корней на 22 % короче, чем в контроле. Кончики корней лука в данном варианте окрашены в темный цвет (рис. 10).

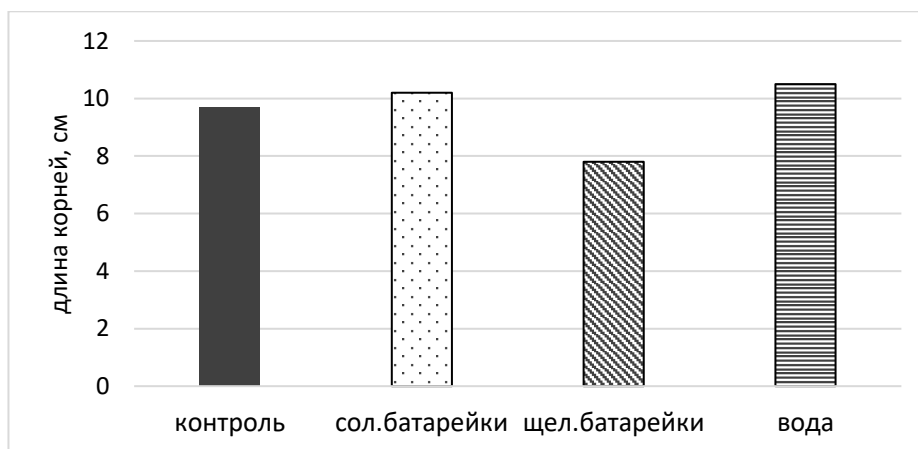


Рис. 10. Длина корневой системы лука, выращенного на водной вытяжке из почвы, загрязненной батарейками

2.2.4. Исследование эффективности различных способов очистки почвы от продуктов разложения батареек

Так как в ходе исследования выяснилось, что продукты разложения щелочных батареек существенно изменяют химический состав почвы и оказывают токсический эффект на растения, то возникает вопрос как очистить загрязнённую почву. Мы решили исследовать два приёма, которые широко используются, например при засолении и нефтезагрязнении почвы, – это промывка водой и использование сорбентов.

Оценивать эффективность сорбентов мы решили по остаточному содержанию иона калия в водной вытяжке из почвы, загрязненной щелочными батарейками, т.к. почвы было не много.

Нами впервые в качестве сорбентов использовались такие субстраты как: измельчённые шишки и хвоя сосны, сено из злакового разнотравья и древесные опилки (рис. 11). Мы их выбрали потому, что они легкодоступны в природе. Причём у органических растительных сорбентов мы исследовали эффективность сорбции загрязнителя с помощью трёх фракций (<0,25 мм, 0,25-1 мм, 1-2 мм). Также исследованы традиционные сорбенты: глина, торф и химически-синтезированные: активированный уголь и ионообменная смола.



Рис.11. Эксперимент по изучению эффективности сорбентов по очистке, загрязненного продуктами разложения батареек почвенного фильтрата

Как видим из рис.12, наиболее эффективно очистила фильтрат от калия ионообменная смола, снизив его содержание в 3,5 раза. Ионообменная смола – это синтетически синтезированный полимер, основное назначение которого и состоит в адсорбции ионов из среды.

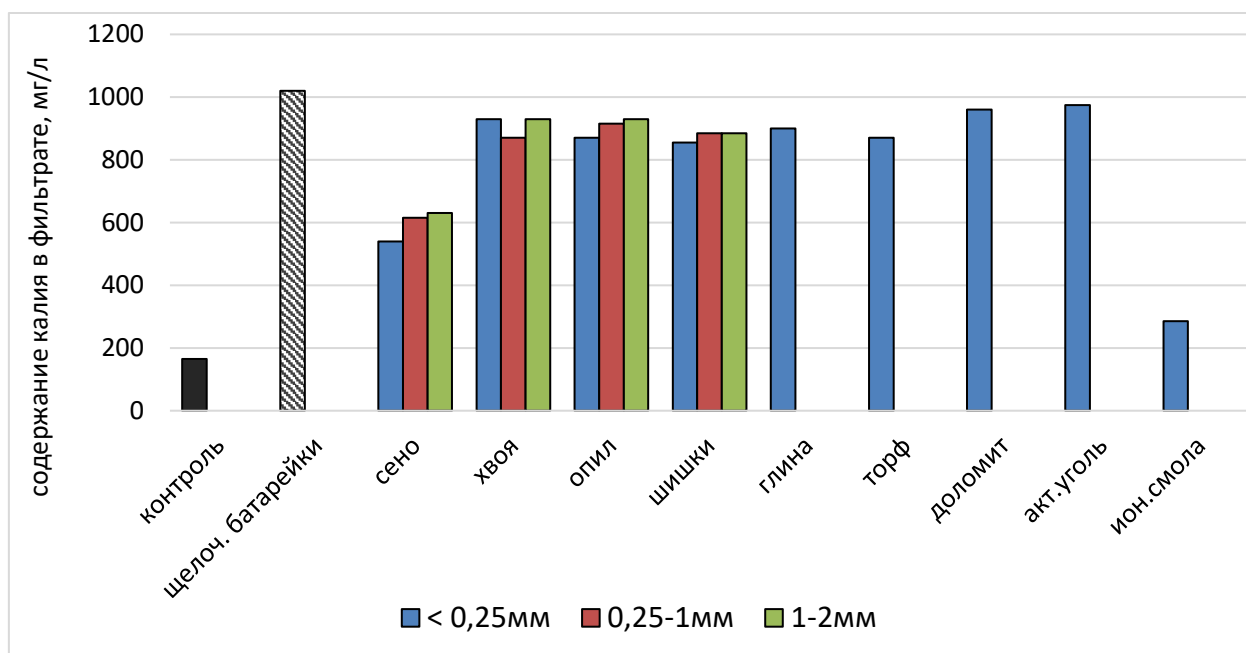


Рис.12. Содержание ионов калия в почвенном фильтрате из-под щелочных батареек после выдержки с разными сорбентами

Из предложенных нами растительных сорбентов лучше всего с задачей снижения количества калия в фильтрате справилось сено с фракцией частиц меньше 0,25 мм. В данном варианте количество калия уменьшилось почти в 2 раза или на 50 % (рис. 12). Считаем, что данный установленный факт требует дальнейшего исследования, т.к. может быть перспективным.

Остальные исследованные растительные сорбенты приблизительно в равной степени снизили содержание калия примерно на 9–15% (рис. 12).

Также мы измерили содержание калия в контрольной и в загрязненной батарейками почве, но после однократной ее отмывки дистиллированной водой в соотношении 1:25 в течение суток (рис.13). Как видим, после промывки содержание калия в почве снизилось в 4 раза. Тогда как на содержание тяжелых металлов этот метод очистки не оказал существенного влияния. Вероятно, потому что данные элементы прочно связаны на поверхности почвенных частиц, в отличие от калия, который легко переходит в водную фазу.

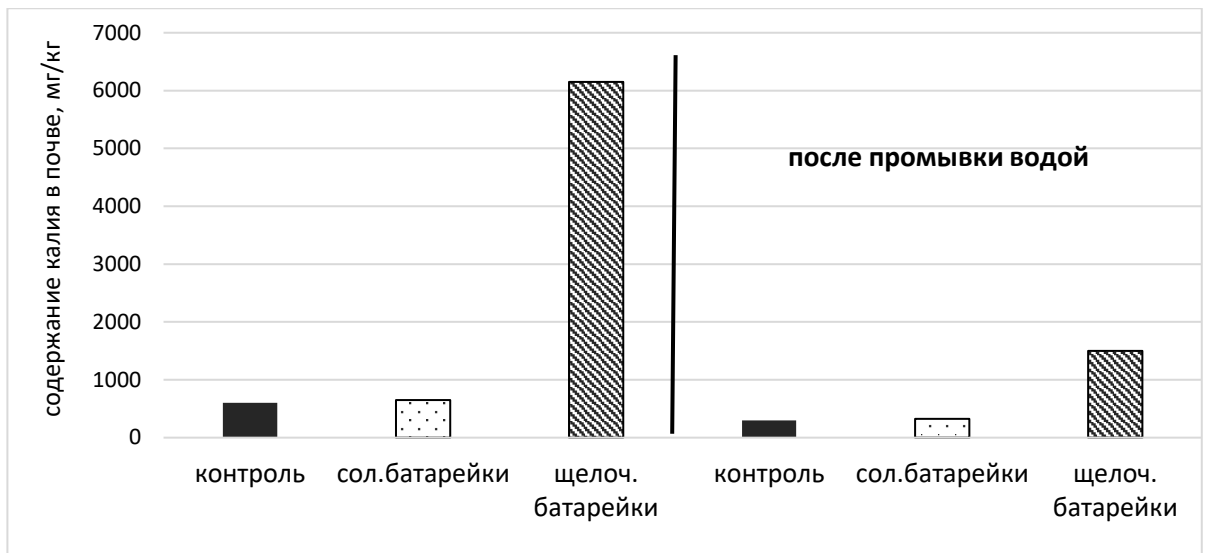


Рис. 13. Содержание ионов калия в почве после однократной экспозиции в течение суток в дистиллированной воде

ВЫВОДЫ

1. Горожане в 2,3 раза чаще используют в быту щелочные (алкалиновые) батарейки по сравнению с солевыми.

2. Продукты разложения щелочных батареек по сравнению с солевыми существенно изменяют элементный состав почвы. В эксперименте с щелочными батарейками актуальная кислотность почвы смещается в щелочную сторону на 2,8 ед. и составляет 9,4 ед., содержание водорастворимого калия возрастает более чем в 10 раз и составляет 6 г/кг. Напротив, солевые батарейки незначительно на 0,5 ед. смещают показатель кислотности почвы в кислую сторону, а на содержание калия в почве не оказывают влияния. Оба типа батареек загрязняют почву такими тяжелыми металлами, как железо, цинк и никель. В почве, загрязненной продуктами разложения щелочных батареек, содержание железа увеличивается в 3 раза, цинка – в 24 раза, никеля – в 33 раза. На содержание хрома и марганца в почве батарейки не оказали влияния.

3. Почва, загрязненная продуктами разложения солевых батареек, не оказывает существенного влияния на рост и развитие тест-растений. Тогда как в почве, загрязненной продуктами разложения щелочных батареек полностью угнетается развитие корневой системы семян кресс-салата.

4. Из всех исследованных сорбентов с очисткой почвенной вытяжки от избыточного содержания калия лучше справилась ионообменная смола, снизив его содержание в 3,6 раза. А из предложенных нами растительных сорбентов наиболее эффективно с задачей очистки справилось сено из злакового разнотравья с размером частиц $<0,25$ мм, снизив содержание калия в 2 раза.

5. Другим эффективным способом избавления почвы от избыточного содержания водорастворимых элементов является промывка почвы водой. В результате которой, например, содержание калия в почве, загрязненной продуктами разложения щелочных батареек, снижается в 4 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное исследование на конкретных данных показало, что батарейки, особенно щелочные оказывают отрицательный эффект на химический состав почвы, делая ее не пригодной для роста и развития растений. А значит, чтобы очистить загрязненную почву необходимо проводить рекультивационные мероприятия. В качестве таких мы можем предложить снимать загрязненный слой почвы, а затем методом промывки и внесения растительных сорбентов очищать ее от избыточного содержания элементов-загрязнителей.

И конечно, чтобы как можно меньше батареек оказывалось в составе бытового мусора на свалках необходимо воспитывать бережное отношение людей к окружающей их среде и экологически просвещать население о возможных последствиях. Сейчас разделному сбору мусора уделяется значительное внимание, однако, контейнеров по сбору батареек до сих пор очень мало. Чего нельзя сказать про мой дом, в котором живут сознательные жильцы и ими управляет экологически грамотная компания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балицкий Я.А., Ханнанов Д.А., Петров В.Г., Шумилова М.А. Подвижность соединений цинка в почве при ее загрязнении использованными химическими источниками тока // Труды ИМ УрО РАН «Проблемы механики и материаловедения», 2017. с. 194–200.
2. Белецкий Я.О. Переработка щелочных и угольно-цинковых батареек // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова: Материалы конференции (Белгород, 30 апреля – 20 мая 2021 г.). Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. С. 2477–2482. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46382444> (дата обращения: 05.10.2024).
3. Гаврилин С.Д., Миронович В.Ю., Поликарпова Ю.Р., Ромашкина М.Ю. Влияние батареек на рост и развитие растений // Юный ученый. 2022. № 3 (55). С. 118–126. URL: <https://moluch.ru/young/archive/55/2821/> (дата обращения: 30.09.2024).
4. Ермакова Л.С., Кудрявцева Ю.С., Горлов С.С. Мировой и российский опыт утилизации химических источников // Лучшая научная статья: Сборник статей XLV международного научно-исследовательский конкурса. Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2021. С.198–200.
5. Жемчугова К.А., Вшивцева К.В., Жемчугова Е.Ю. Батарейка как источник опасности для окружающей среды // Экологические проблемы региона и пути их разрешения: Материалы XV Международной научно-практической конференции (Омск, 13-14 мая 2021 г.) / Под общ. ред. Е.Ю. Тюменцевой. Омск: Омский государственный технический университет, 2021. С. 13-16. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47216634> (дата обращения: 17.09.2024).
6. Зиленина В.Г., Уланова О.В., Дорнак К. Сравнительный анализ обращения с отработанными источниками тока в России и европейских странах // Прикладная экология. Урбанистика. 2016. № 3(23). С. 20–38. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27204604> (дата обращения: 01.10.2024).
7. Иванова О.Н., Тарасова О.Г., Самарцева А.Г., Малюта О.В., Таланцев В.И. Химические источники тока и их влияние на живые организмы // Синергия наук. 2018. № 20. С. 343–349. URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article1800> (дата обращения: 30.09.2024).
8. Карасева К.Э., Ракишева Д.А. К вопросу об утилизации опасных отходов ламп и батареек // Обращение с отходами: современное состояние и перспективы: сборник статей II Международной научно-практической конференции (Уфа, 10 ноября 2020 г.). Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2020. С. 117–123. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44482593> (дата обращения: 10.10.2024).
9. Каримова Л.Т., Никитин С.П. Это нужная и вредная // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 3-8. С. 1273–1275. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34933122> (дата обращения: 10.10.2024).

10. Кнауб В.В., Коваленко А.Е. Влияние батареек на окружающую среду и здоровье человека // Молодой ученый. 2021. № 3 (345). С. 343-345. URL: <https://moluch.ru/archive/345/77671/> (дата обращения: 15.10.2024).
11. Петров В.Г., Балицкий Я.А., Ханнанов Д.А., Шумилова М.А. Исследование загрязнения почвы использованными химическими источниками тока // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 4. С. 115–123. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.04.09
12. Селезенев Н.С., Балаев А.Н., Никонов В.А. Последствия загрязнения объектов окружающей среды портативными гальваническими элементами / // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. Т. 1. № 12. С. 937–938. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27032114> (дата обращения: 14.10.2024).
13. Трубилина М. Как в России утилизируют батарейки / Интернет-портал «Российской газеты» (дата выпуска статьи 18.11.2019). URL: <https://rg.ru/2019/11/18/reg-cfo/kak-v-rossii-utiliziruiut-batarejki.html?ysclid=m35kw2hjsh595356226> (дата обращения: 15.10.2024).
14. Хаменешко Е.А. Накопление и передача на обезвреживание отходов II класса опасности // Экология производства. 2023. Сентябрь. С. 98–103.