



Анализ существующих методологических подходов к проблеме установления границ почвенного загрязнения основными загрязнителями и металлсодержащими наночастицами в районах расположения несанкционированных свалок

И.О. Туктарова^{1*} , Р.А. Болотов^{1,2} 

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия

² Южно-Уральское межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия

*Контакты: e-mail: umrko@mail.ru

РЕЗЮМЕ: Введение. Несанкционированные свалки – это не разрешенные и не обустроенные в соответствии с действующим законодательством территории, на которых размещаются отходы. Большинство несанкционированных свалок, как промышленных, так и твердых коммунальных отходов (ТКО), относятся к объектам накопленного вреда. В связи с увеличением использования в инженерных материалах наночастиц различного генезиса возникает потребность в оценке их воздействия на компоненты окружающей среды (ОС) и здоровье человека. Одними из основных маркерных веществ, определяющих экотоксикологическое воздействие свалок, являются тяжелые металлы, в том числе поступающие в ОС в форме металлсодержащих наночастиц. Их идентификация, определение процессов горизонтальной и вертикальной миграции, выявление интенсивности негативных процессов являются необходимой информацией для принятия решений по выбору способов и технологий рекультивации нарушенных территорий. В настоящее время отсутствуют нормативные правовые акты (НПА), учитывающие специфику таких объектов при исследовании территорий в рамках инженерно-экологических изысканий (ИЭИ), которые в обязательном порядке предшествуют выполнению проектной документации по рекультивации. Актуальной задачей является разработка методологического подхода к диагностике состояния территорий, нарушенных вследствие размещения отходов, и достоверному определению границ почвенного загрязнения с учетом современных тенденций развития нанотехнологий. **Методы и материалы.** В основу аналитического исследования были положены результаты ИЭИ по четырем несанкционированным свалкам Республики Башкортостан (три свалки твердых бытовых отходов (ТБО) и одна свалка промышленных отходов), проведенных в 2019–2020 годах. **Результаты и обсуждение.** Было проведено изучение достоверности и полноты определения уровня почвенного загрязнения на территории расположения свалок. Выявлены отклонения от требований СП 11-10-97, ГОСТ 17.4.3.01-83 по количеству точек отбора и их пространственному расположению. Установлено, что не были учтены требования статьи 1 и статьи 80.1 Федерального закона от 10.01.2001 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» о выявлении негативных изменений окружающей среды и установлении способности загрязняющих веществ (ЗВ) к миграции в иные компоненты природной среды. **Выводы.** Существующие методологические подходы к установлению границ почвенного загрязнения в районах расположения несанкционированных свалок требуют доработки и конкретизации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: отходы, несанкционированные свалки, почвы, загрязняющие вещества (ЗВ), наночастицы металлов, инженерно-экологические изыскания (ИЭИ), окружающая среда (ОС).

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Туктарова И.О., Болотов Р.А. Анализ существующих методологических подходов к проблеме установления границ почвенного загрязнения основными загрязнителями и металлсодержащими наночастицами в районах расположения несанкционированных свалок // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 3. – С. 193–200. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-193-200.

ВВЕДЕНИЕ

Несанкционированные свалки являются одними из наиболее распространенных объектов накопленного вреда (негативного воздействия, возникшего в результате прошлой экономической и иной деятельности, обязанности по устранению которого не были выполнены либо были выполнены не в полном объеме) и источниками поступления в окружающую среду целого спектра загрязняющих веществ [1–4].

По данным Федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 годы, в результате хозяйственной деятельности к настоящему времени на территории Российской Федерации накоплено 31,6 млрд т отходов, из которых 2–2,3 млрд т являются токсичными [5]. Из 121 внесенных в реестр особо опасных объектов накопленного вреда окружающей среде (ОС) на территории РФ 69 – это свалки и полигоны отходов [6].

Специфика несанкционированных свалок как объектов загрязнения, в первую очередь, заключается в отсутствии информации об отходах, размещаемых на них, и, как следствие, непредсказуемости характера и уровней воздействия. На территориях несанкционированных свалок не ведется контроль состояния и компонентного состава ТКО и не соблюдается установленный период размещения ТКО [7].

При этом основным компонентом ОС, испытывающим негативное влияние, являются почвы, в которых происходит ухудшение морфологических, физических свойств, нарушаются водный, воздушный, тепловой, окислительно-восстановительный режимы, изменяются условия, необходимые для существования почвенных животных и микроорганизмов, роста и развития растений.

Как показывают исследования [8], при загрязнении почвы значительному воздействию подвергается система почвенной матрицы и связанная с ней работа всех нанореакторов. При этом нанотехнологические процессы в почвах (образование агрегатов, гумуса, подстилки и др.), которые напрямую связаны с ее плодородием, не учитываются в системе экологического нормирования, хотя именно они могли бы дать решающую информацию о степени деградации почвенных экосистем.

Почва является основным аккумулятором техногенных наночастиц, поступающих в ОС в результате хозяйственной и иной деятельности. Техногенные наночастицы металлов в почве в основном представлены следующими соединениями: TiO_2 , ZnO , AlO , CuO , Ag , MgO , FeO_x , NiO , MnO_x [9–13]. Источниками их поступления из свалок в почвы являются отходы упаковочных материалов, бытовой

химии, агрохимических препаратов, отработанных промышленных катализаторов, зола термического обезвреживания отходов и пр.

В структуре нормативных правовых актов [14–18], регламентирующих объемы исследований по определению допустимости негативного воздействия на почвы, мы сталкиваемся с традиционно принятым определением степени деградации по уровню химического загрязнения.

В этом подходе не учтены возможность совместного действия вредных факторов, зависимость воздействия от симбатности факторов, определение экологических рисков и, тем более, определение формы химических соединений (подвижной, неподвижной, макродисперсной, наночастиц и пр.).

Хотя химическое загрязнение почв и грунтов в рамках ИЭИ оценивается по суммарному показателю (Z_c), учитывающему аддитивность ZB , оно является индикатором неблагоприятного воздействия только на здоровье населения.

Данный методологический подход осложняется отсутствием требований к объемам исследований при изысканиях (количеству проб) для таких сложных объектов, как несанкционированные свалки. Соответственно, возникают сложности с определением зон влияния объектов и степеней деградации почв.

Согласно МР 1.2.2639-10 «Использование методов количественного определения наноматериалов на предприятиях nanoиндустрии» [19] в ряде контролируемых объектов рекомендовано определять наличие наночастиц в компонентах ОС (атмосферном воздухе, водных объектах, почвах). Наличие данного документа отражает важность комплексного подхода к выявлению степени и характера загрязнений.

В рамках проведения государственной экологической экспертизы все вышеуказанные моменты приобретают особую важность, т.к. материалы по оценке воздействия на окружающую среду должны быть научно обоснованы, достоверны и отражать результаты исследований, выполненных с учетом взаимосвязи различных экологических факторов [20].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу данной работы были положены результаты анализа ИЭИ за 2019–2020 годы в части достоверности и полноты определения уровня почвенного загрязнения на территории расположения четырех несанкционированных свалок Республики Башкортостан. Проведено изучение соответствия материалов ИЭИ требованиям действующей нормативной документации к геоэкологическому опробованию почв.

Свалка № 1 – несанкционированная свалка ТКО. Год начала эксплуатации свалки – 1993 г. Тело свалки представляет собой смесь ТКО, перекрытых слоями изолирующего грунта. Предположительная система складирования отходов – по картам методом надвига.

Свалка № 2 – несанкционированная свалка ТКО. Свалочное тело представляет собой насыпь с крутыми склонами, частично заросшими сорной растительностью. В теле свалки отсутствуют промежуточные слои изолирующего грунта.

Свалка № 3 – свалка промышленных отходов. Начало складирования отходов – 1970-е годы. Свалка представляет собой открытый котлован, в котором производилось складирование твердых и смолообразных отходов (различные отработанные катализаторы, содержащие тяжелые металлы) и размещение жидких тяжелых углеводородов в технологических картах.

Свалка № 4 – несанкционированная свалка ТКО. Свалочное тело представляет собой насыпь мусора, в основном перекрытую грунтом и заросшую сорной растительностью травяного яруса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первый вопрос, с которым сталкиваемся при оценке достаточности материалов ИЭИ, – это количество и пространственное расположение отобранных проб (определение полноты и репрезентативности результатов исследований).

В пункте 4.19 СП 11-102-97 [14] дана ссылка на ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб» [15], в котором имеется следующая рекомендация по количеству проб: не менее одной объединенной пробы на 0,5–1,0 га при неоднородном почвенном покрове и не менее одной объединенной пробы на 1,0–5,0 га при однородном. Область применения [15] – при общих и локальных загрязнениях.

Далее по тексту пункта 4.19 [14] указано, что количество и расположение проб, а также расстояние между пробами устанавливаются в *программе изысканий* в зависимости от вида и назначения проектируемого объекта, природно-техногенных условий района исследований и стадии проектно-изыскательских работ.

В табл. 1 представлены особенности рассматриваемых свалок, влияющие на распространение ЗВ в почвенном профиле и возможность возникновения очагов вторичного загрязнения почв.

Пункт 4.16 [14], устанавливающий требования по оценке загрязнения в зоне влияния хозяйственных объектов, также дает отсылку на программу изысканий – «Размещение точек опробования уста-

навливается в программе изысканий в зависимости от ожидаемой структуры поля загрязнений, геологического строения территории».

Таким образом, качество проведения работ напрямую связано с ответственностью заказчика, составляющего техническое задание на проведение ИЭИ. В ИЭИ по всем объектам в программах изысканий объемы работ ограничиваются и/или привязаны к «территории размещения объекта» в соответствии с данными Градостроительного плана земельного участка [21].

В этом контексте возникает множество юридических ограничений, и отбор проб на смежных территориях в самом лучшем случае осуществляется только в пределах санитарно-защитных зон (СЗЗ) объектов. Хотя почвенные загрязнения в местах расположения свалок часто бывают вторичными, все же часть поллютантов вымывается с атмосферными осадками и грунтовыми водами, обеспечивая аккумуляцию загрязнений на расстоянии от объектов [22–24].

Тот же пункт 4.16 [14] регламентирует, что «принятая система опробования должна обеспечивать изучение зоны загрязнения в плане и в вертикальном разрезе по основным компонентам окружающей среды, выявление источников загрязнения, путей миграции, ареалов и потоков рассеяния и аккумуляции веществ-загрязнителей».

Как видно из табл. 2, количество точек (площадок) отбора не соответствует требованиям [14, 15] в части полноты исследований: неверно выбрана глубина отбора проб. При хроническом антропогенном воздействии (от 30 до 50 лет по объектам исследований), которое складывается на несанкционированных свалках, недопустимо анализировать только поверхностный слой. Опробование грунтов должно проводиться в каждом инженерно-геологическом элементе.

Согласно табл. 1, во всех объектах присутствует загрязнение поверхностных и подземных вод, что при совместном анализе с данными почвенных исследований (табл. 2) может говорить лишь о том, что неверно выбраны точки контроля почв и не установлены пути миграции и достоверная глубина аккумуляции ЗВ.

Важным моментом, показывающим качество исследовательских работ, является определение, наряду с валовыми формами металлов, их подвижных форм. По количеству подвижных соединений металлов оценивают количество доступных для растений микроэлементов, а также экологическое состояние загрязненных почв. Основные механизмы воздействия подвижных форм на почву – комплексобразование и ионный обмен. Установлено, что форма поступления тяжелых металлов в почву существенно влияет

Таблица 1

Общие данные по объектам исследования

Наименование показателя	Свалка № 1	Свалка № 2	Свалка № 3	Свалка № 4
Площадь территории свалки, га	18,12	12,05	4,13	10,07
Объем (масса) накопленных отходов	1 434 369 м ³	442 472 м ³	30 000 т	850 000 м ³
Особенности гидрогеологических условий	Подтопляемая территория	Подтопляемая территория	–	Подтопляемая территория, напорные подземные воды
Наличие превышений ПДК ЗВ в грунтовых (подземных водах)	Данные отсутствуют	Сульфат-ион, кальций, магний, литий	Бенз(а)пирен, фенол, никель	БПК, сухой остаток, хлорид-ион, хром, свинец, железо, кадмий, магний, ртуть, барий, литий, нефтепродукты
Наличие превышений ПДК ЗВ в поверхностных водных объектах (в т.ч. донных отложениях)	БПК, взвешенные вещества	Медь, мышьяк, хром, ртуть, свинец, нефтепродукты	Бенз(а)пирен, фенолы, нитрат-ионы	Медь, мышьяк, хром, ртуть, свинец, нефтепродукты
Наличие фильтра в теле свалки	Да	Нет	Нет	Да
Тип почв прилегающей территории	Урбаноземы, карбонатных черноземов	Урбаноземы, черноземы, выщелоченные среднегумусные среднетощие	Урбаноземы, выщелоченные черноземы	Урбаноземы, выщелоченные черноземы

на трансформацию техногенных соединений и на их распределение [25], а именно тяжелые металлы являются основными ЗВ, поступающими в компоненты ОС с объектов захоронения отходов [26].

В настоящее время существует не так много исследований по определению путей миграции наночастиц в почвах и определению их роли в деградации почвенных экосистем. Однако установлено [9], что природные почвенные коллоиды являются переносчиками наночастиц металлов через почвенные профили. Основные тенденции распространения металлосодержащих наночастиц имеют сходную картину с распространением других загрязняющих веществ в почвах, при этом наночастицы обладают более высокой миграционной способностью и биодоступностью.

Контроль качества почв по химическим показателям и определение степени опасности был выполнен в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы» [27], в которых установлены требования к качеству почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий (табл. 3). Аддитивная оценка степени хими-

ческого загрязнения почвы и грунтов на участках изысканий производилась на основании суммарного показателя химического загрязнения (Z_c), являющегося индикатором неблагоприятного воздействия на население.

В контексте несанкционированных свалок имеет значение не только соблюдение гигиенических нормативов, но и учет других критериев функционирования экосистем – ферментативной активности почвенной микробиоты, потенциального плодородия, потенциальной фито- и зоотоксичности почв, интенсивности нанотехнологических почвенных процессов. Именно они могут дать достоверную информацию о величинах экологического риска и дать долгосрочный прогноз восстановления территорий, что непосредственно может повлиять на технологические решения по ликвидации негативного воздействия и рекультивации нарушенных земель.

Другим подходом к сравнению и оценке уровней химического загрязнения является сопоставление концентраций поллютантов с «фоновыми» значениями – содержанием анализируемых веществ в антропогенно не нарушенных природных объектах-ана-

Таблица 2

Объем исследований в рамках ИЭИ по установлению почвенного загрязнения в районах расположения свалок

Наименование показателя	Свалка № 1	Свалка № 2	Свалка № 3	Свалка № 4
Границы исследуемой территории	В пределах СЗЗ (500 м от границы свалки)	В пределах СЗЗ (115 м от границы свалки)	В пределах СЗЗ (1000 м от границы свалки)	В пределах СЗЗ (320 м от границы свалки)
Количество точек отбора и/или пробных площадок (ПП)	5 скважин по периметру тела свалки, 4 ПП в радиусе 50 м от тела свалки	3 ПП в радиусе 50 м от тела свалки	3 скважины в радиусе 100 м от тела свалки	5 скважин по периметру тела свалки, 3 ПП в радиусе 50 м от тела свалки
Количество проб	20 проб из скважин послойно, 4 объединенные пробы (методом конверта с ПП)	3 объединенные пробы (методом конверта) с ПП	18 проб из скважин послойно	20 проб из скважин послойно, 4 объединенные пробы (методом конверта с ПП)
Вертикальное обследование на глубину	0,0–3,0 м послойно в скважинах 0,0–0,2 м на ПП	0,0–0,2 м на ПП	0,3–15,0 м послойно в скважинах	0,0–3,0 м послойно в скважинах 0,0–0,2 м на ПП
Наличие фоновой пробы, отобранной вне сферы локального антропогенного воздействия	Нет	Нет	Нет	Да
Оценка плодородия почв	Нет	Нет	Нет	Да
Анализ загрязнения по токсико-химическим показателям	Никель, медь, цинк, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, кобальт, марганец, хром, нефтепродукты, бенз(а)пирен	Никель, медь, цинк, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, кобальт, нефтепродукты, бенз(а)пирен	Никель, медь, цинк, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, нефтепродукты, бенз(а)пирен	Никель, медь, цинк, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, марганец, хром, кобальт, нефтепродукты, бенз(а)пирен
Определение подвижных форм металлов	Нет	Нет	Нет	Нет
Определение наночастиц, в том числе металлосодержащих	Нет	Нет	Нет	Нет
Исследования грунтов основания свалки	Отсутствуют	Отсутствуют	4 точки	2 точки

логах. Однако и данный подход не нашел отражения в ИЭИ по трем объектам из четырех анализируемых.

Еще одно требование СП 11-102-97 [14] в части анализируемых ЗВ не принято во внимание по исследованиям на несанкционированных свалках: пункт 4.29 регламентирует опробование грунтов на содержание легколетучих токсикантов (бензол, толуол, ксилол, этилбензол, хлорированные угле-

водороды, нефть и нефтепродукты) и других загрязнителей, проникающих в подпочвенные горизонты на глубину до 3,0–3,5 м.

По свалкам № 1 и № 4 исследования по нефтепродуктам проводились на глубину до 3,0 м в скважинах и до 0,2 м на ПП, на свалке № 2 – только на ПП до 0,2 м. На свалке промышленных отходов, где органические загрязнители могли быть в составе

Таблица 3

Категория загрязнения грунтов по СанПиН 2.1.7.1287-03 [27]

Область исследований	Категория загрязнения по СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы»			
	Свалка № 1	Свалка № 2	Свалка № 3	Свалка № 4
Грунты основания свалки	–	–	Допустимая	Допустимая
Прилегающая территория	Скважины: 0,00–0,20 м (умеренно опасная); 0,2–3,0 м (допустимая) ПП: умеренно опасная, допустимая	ПП: допустимая, умеренно опасная	Скважины: 0,3–1,0 м; 1,0–2,0 м; 2,0–3,0 м; 3,0–5,0 м (допустимая); 5,0–10,0 м; 10,0–15,0 м (чистая) 1,0–2,0 м; 5,0–10,0 м (допустимая); 0,3–1,0 м; 2,0–3,0 м; 3,0–5,0 м; 10,0–15,0 м (чистая) 1,0–2,0 м; 3,0–5,0 м (допустимая); 0,3–1,0 м; 2,0–3,0 м; 5,0–10,0 м; 10,0–15,0 м (чистая)	ПП: допустимая

размещаемых отходов, все нефтяные углеводороды учтены как «нефтепродукты». Хотя в контексте токсичности и воздействия на почвенные процессы ароматические углеводороды (бензол), в отличие от нефтепродуктов, имеют установленные значения ПДК и более высокий уровень опасности [28].

ВЫВОДЫ

В настоящее время накоплен большой научно-практический опыт по диагностике почвенных экосистем, подверженных воздействию при несанкционированном размещении и захоронении отходов. Однако требования природоохранной нормативной документации, определяющие состав и структуру исследований в рамках ИЭИ, больше ориентированы на объекты строительства (а не ликвидации накопленного вреда) и соблюдение требований гигиенических нормативов в свете влияния ЗВ на здоровье человека. При этом «негативное воздействие на ОС» в законодательстве определено гораздо шире – как «воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества ОС» [29].

С развитием научных исследований, новых технологий и производств расширяется и перечень веществ, необходимых для диагностики и контроля. В связи

с наличием на свалках разнородных инженерных материалов и формированием особого загрязнения за счет миграции тяжелых металлов рекомендуется расширять подходы к оценке воздействия данных объектов на ОС, в том числе и с учетом экотоксикологического действия металлосодержащих наночастиц.

В настоящее время полнота и достоверность исследований напрямую зависит от квалификации разработчиков изысканий и требований заказчика проектной документации по ликвидации (рекультивации) несанкционированных свалок.

Существующие методологические подходы к установлению границ почвенного загрязнения в районах расположения несанкционированных свалок требуют доработки и конкретизации в части:

- требований к количеству и пространственному распределению точек отбора проб, учитывающих специфику объектов размещения отходов;
- требований к перечню анализируемых веществ с установлением маркерных веществ для каждого объекта;
- учета структурных, генетических, биохимических особенностей почв, для которых проводится оценка воздействия на ОС;
- учета оценки экологического потенциала почв, устойчивости к воздействию и способности к восстановлению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загорская Е.П., Чигарев Р.И. Несанкционированные свалки – стихийный антропогенный фактор на урбанизированных территориях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 5(4). – С. 593–598.
2. Степанов Е.Г., Туктарова И.О., Маликова Т.Ш. Проблемы размещения промышленных отходов на полигонах в индустриальном городе // Нанотехнологии в строительстве. – 2017. – Том 9, № 2. – С. 103–118. – DOI: [10.15828/2075-8545-2017-9-2-103-118](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-2-103-118).
3. Кульсайтова Л.Р., Бахтиярова Р.С., Туктарова И.Ф. Анализ состояния почв на территории объекта размещения отходов // Актуальные проблемы науки и техники-2017: сб. статей, докладов и выступлений X Междунар. науч.-практ. конф. молод. ученых (Уфа, 14 апреля - 19 мая 2017 г.). – Уфа: Издательство «Нефтегазовое дело», 2017. – Т. 1. – С. 182–184.
4. Янгирова З.З., Туктарова И.О. Экогеология урбанизированных территорий: учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2019. – 68 с.
5. Паспорт Федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 годы Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – <http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2015/03/ФЦП-Ликвидация-накопленного-экологического-ущерба-на-2014–2025.pdf> (дата обращения 01.03.2021)
6. Министерство природных ресурсов и экологии РФ. – http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/likvidatsiya_nakoplennoego_ekologicheskogo_ushcherba/ (дата обращения 01.03.2021)
7. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения 01.03.2021)
8. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Нанотехнологии в почве // Теоретическая и прикладная экология. – 2009. – № 1. – С. 4-7.
9. Гладкова М.М., Терехова В.А. Инженерные наноматериалы в почве: Источники поступления и пути миграции // Вестн. Моск. ун-та. – Сер. 17. Почвоведение. – 2013. – № 3. – С. 34–39.
10. Xu C., Peng C., Sun L., Zhang S., Huang H., Chen Y., J. Shi. Distinctive effects of TiO₂ and CuO nanopar-ticles on soil microbes and their community structures in flooded paddy soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 2015; 86: 24–33.
11. Колесников С.И., Тимошенко А.Н., Казеев К.Ш., Акименко Ю.В. Влияние загрязнения наночастицами оксидов никеля и железа на биологические свойства чернозема обыкновенного североприазовского // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1(189). – С. 71–75.
12. Андрусина И.Н., Голуб И.А., Дидикин Г.Г., Литвин С.Е., Громовой Т.Ю., Горчев В.Ф., Мовчан В.А. Структура, свойства и токсичность наночастиц оксидов серебра и меди // Биотехнология. – 2011. – Т. 4. – № 6. – С. 51–59.
13. Цицашвили В.С., Минкина Т.М., Невидомская Д.Г., Раджпут В.Д., Манджиева С.С., Сушкова С.Н., Байэр Т.В., Бурачевская М.В. Воздействие наночастиц меди на растения и почвенные микроорганизмы (обзор литературы) // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – № (3) 39. – С. 93-100.
14. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – <http://docs.cntd.ru/document/871001220> (дата обращения 01.03.2021)
15. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. – <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-4-3-01-83> (дата обращения 01.03.2021)
16. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – <http://docs.cntd.ru/document/1200158951> (дата обращения 01.03.2021)
17. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб – <http://docs.cntd.ru/document/1200023554>.
18. ГОСТ Р 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005). Качество почвы. Отбор проб. Часть 5. Руководство по изучению городских и промышленных участков на предмет загрязнения почвы. – <http://docs.cntd.ru/document/1200074384>
19. Использование методов количественного определения наноматериалов на предприятиях nanoиндустрии: Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 82 с.
20. Приказ Госкомэкологии РФ от 16 мая 2000 г. № 372 «Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации». – <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=27864&dst=100000001%2C0#08611060435041569>.
21. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ. – <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=373276&dst=100000001%2C0#04225181759092682>.
22. Fedotov P.S., Ermolin M.S., Karandashev V.K., Ladonin D.V. Characterization of size, morphology and elemental composition of nano-, submicron, and micron particles of street dust separated using field-flow fractionation in a rotating coiled column. *Talanta*. 2014; 130: 1–7.
23. Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2019 году. – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун». – 2019. – 118 с.

24. Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2019 году. – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», – 2020. – 129 с.
25. Иванова Ю.С., Горбачев В.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами под влиянием несанкционированных свалок (медико-экологический аспект) // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2012. – № 1. – С. 119–124.
26. Замотаев И.В., Иванов И.В., Михеев П.В., Белобров В.П. Оценка состояния почв и растительности в районах размещения свалок и полигонов твердых бытовых отходов (обзор) // Почвоведение. – 2018. – № 7. – С. 907–924.
27. СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».
28. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».
29. Федеральный закон от 10.01.2001 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/ (дата обращения 01.03.2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Туктарова Ирэн Ольвертовна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4731-1394>, e-mail: umrko@mail.ru

Болотов Роман Александрович, и.о. руководителя Южно-Уральского межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6598-8126>, e-mail: rpn02@rpn.gov.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 09.04.2021.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 28.04.2021.

Статья принята к публикации: 14.05.2021.