



## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНЫХ РЕКУЛЬТИВАНТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

**М. Ю. Глуховская**, кандидат технических наук, заведующий кафедры экологии и природопользования, [comtarina97@mail.ru](mailto:comtarina97@mail.ru), Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия,

**М. Ю. Гарицкая**, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и природопользования,

**Т. А. Евстифеева**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и природопользования, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия,

**П. И. Герасин**, начальник отдела по охране окружающей среды ООО «Полигон ПГС», [poligon\\_pgs\\_eco@mail.ru](mailto:poligon_pgs_eco@mail.ru), г. Москва, Россия

**Аннотация.** Одним из направлений совершенствования деятельности в области обращения с отходами является повышение объема отходов, вовлекаемых в процессы переработки в новые продукты и материалы. Результатом реализации программы реновации в России стало резкое увеличение массы строительных отходов, которые по своим физическим и химическим характеристикам являются достаточно безопасными и могут быть широко использованы в качестве вторичного сырья. Одним из направлений их повторного применения является включение таких отходов в состав техногенных грунтов, предназначенных для рекультивации и восстановления нарушенного ландшафта. Работа посвящена экологической оценке готового продукта — рекультиванта минерального марок «РМ-Техно» и «РМ-Био», производимого с включением строительных отходов, образующихся на территории г. Москвы и Московской области. В рамках решения поставленной задачи в ходе исследований отбирались пробы готового рекультиванта, которые в дальнейшем были проанализированы по показателям, позволяющим оценить соответствие рекультиванта требованиям безопасности для окружающей среды и здоровья человека. Результаты полученных данных позволили дать оценку производимому продукту как не представляющему опасности. Все нормируемые показатели имеют значения, не превышающие нормативные требования.

**Abstract.** One of the ways to improve activities in the field of waste management is to increase the volume of waste involved in the processing of new products and materials. The result of the implementation of the renovation program in Russia was a sharp increase in the mass of construction waste, which, in terms of their physical and chemical characteristics, is quite safe and can be widely used as secondary raw materials. One of the directions of their reuse is the inclusion of such wastes in the composition of technogenic soils intended for reclamation and restoration of the disturbed landscape. The work is devoted to the environmental assessment of the finished product — mineral recultivator of the “RM-Techno” and “RM-Bio” brands, produced with the inclusion of construction waste generated in Moscow and the Moscow Region. As part of the solution of the task in the course of the research, the samples of the finished recultivator were taken, which were subsequently analyzed according to the indicators that allow assessing the compliance of the recultivator with safety requirements for the environment and human health. The results of the obtained data made it possible to evaluate the produced product as not dangerous. All normalized indicators have values that do not exceed the standard ones.

**Ключевые слова:** минеральный рекультивант; строительные отходы; «РМ-Био»; «РМ-Техно»; технологический продукт; утилизация отходов; рекультивация; экологическая оценка, коэффициент концентрации; интегральная оценка.

**Keywords:** mineral reclamation; construction waste; “RM-Bio”; “RM-Techno”; technological product; recycling; reclamation; environmental assessment, concentration factor; integral assessment.

### Введение

Одной из актуальнейших проблем в России является использование и переработка отходов, что обусловлено быстрыми темпами увеличения объемов их образования. Активная предпринимательская деятельность по обороту отходов может служить дополнительным источником экономического роста и обеспечения экологической устойчивости территорий.

Высокий уровень строительной активности, реализация в России программы сноса ветхого и аварийного жилья привели к значительному повышению массы отходов, образующихся в процессе строительства, реставрации и реконструкции зданий.

Статистические данные Росприроднадзора показывают, что за 2020 год в стране образовалось более 71 млн т строительных отходов, а от правилась на переработку лишь малая их часть —

22 % (15,5 млн т). Исследователи Г. Г. Лунев и Ю. М. Прохоцкий полагают, что в период с 2020 по 2030 год прирост количества строительных отходов может составить 60 %.

Увеличение объема строительных отходов — общемировая тенденция. С каждым годом в мире возрастает и доля переработки этой группы вторичных ресурсов. В странах европейского сообщества каждый год утилизируется свыше 50 млн т бетонных и железобетонных отходов, образующихся в процессе разрушения зданий и сооружений, в США — около 60 млн тонн. В таких странах, как Япония, Германия и Дания, практически весь строительный лом подвергается переработке и отсутствует практика захоронения таких отходов, так как измельченные строительные отходы вводят в качестве заполнителей в строительные смеси. Эта тенденция наиболее распространена, но параллельно развиваются другие направления повторного использования продуктов сноса различных конструкций. В России до настоящего момента нет единого подхода к контролю всех этапов от образования до утилизации (транспортировка, размещение) строительных отходов, вследствие чего значительная их часть оказывается на несанкционированных свалках окраин городов.

При этом федеральный проект «Экономика замкнутого цикла» требует к 2030 году вывести вторичное использование стройматериалов на уровень 40 % от объема образования таких отходов.

В рамках решения поставленных задач ООО «Полигон ПГС», участник проекта «Сколково», с 1999 года проводит работы по утилизации отходов строительства, переработке бетонных и железобетонных конструкций, утративших потребительские свойства, а также рекультивации нарушенных земель, для чего предприятием разработан продукт — рекультивант минеральный марок «РМ-Техно» и «РМ-Био», представляющий собой дисперсный несвязанный продукт, который по составу, структуре, физико-механическим показателям и другим свойствам является разновидностью техногенных грунтов, последующее использование которого позволяет решать проблемы освоения нарушенных территорий и восстановления элементов нарушенного ландшафта.

Для использования в целях рекультивации продукт должен соответствовать целому ряду требований, в том числе экологическим и санитарно-гигиеническим императивам.

Целью данной работы является оценка рекультиванта марок «РМ-Техно» и «РМ-Био» на соответствие требованиям безопасности для окружающей среды и здоровья человека.

## Объекты и методы исследования

Объект исследования — рекультивант марок «РМ-Техно» и «РМ-Био», получаемый из измельченных строительных отходов, которые впоследствии подвергаются перемешиванию с грунтом непосредственно на восстанавливаемой территории. Технология производства рекультиванта имеет положительное заключение государственной экологической экспертизы (приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования № 51 от 22.02.2019). «РМ-Техно» может быть использован в ходе технической рекультивации нарушенных земель, при вертикальной планировке участков и поднятии уровня грунта, а «РМ-Био» — для целей биологической рекультивации и ландшафтного строительства. Рассматриваемые рекультиванты в качестве антропогенных грунтов могут быть использованы также при благоустройстве и озеленении территорий.

Отбор проб, определение физических характеристик, а также химического состава исследуемого материала производились в соответствии с требованиями ГОСТ 5180—2015, ГОСТ 17.4.4.02—2017 и соответствующих ПНД Ф [1; 2]. Для оценки безопасности используемых рекультивантов для экосистем применялись методы, утвержденные ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10—04, ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12—06 [3; 4].

Радиационная безопасность получаемого продукта определялась в соответствии с требованиями СП 2.6.1.2612—10 [5].

Отбор и анализ проб осуществлялся трижды в год в течение бесснежного периода, в трехкратной повторности. Все исследования проводились аккредитованной лабораторией ФГБУ «ЦЛАТИ по ЦФО».

## Результаты исследований и их обсуждение

В качестве исходного сырья в производстве рекультиванта используются отходы, включенные в ФККО (Федеральный классификационный каталог отходов). Химический состав рекультиванта зависит от состава утилизируемых отходов. В отличие от «РМ-Техно», в состав рекультиванта «РМ-Био» входят не только отходы минерального происхождения, но и органического, поэтому к «РМ-Био», по причине возможного отнесения его к техногенным питательным грунтам должны предъявляться дополнительные санитарно-эпидемиологические требования, исключающие наличие в нем патогенных микроорганизмов и жизнеспособных яиц и личинок [6].

Основные характеристики по физическим свойствам рекультиванта минерального марок

**Таблица 1**  
**Основные физические характеристики**  
**рекультиванта минерального**

| Наименование показателя                      | «РМ-Техно»        | «РМ-Био» |
|--|-------------------|----------|
| Внешний вид (допускается наличие комков)     | однородная масса  |          |
| Цвет   | коричневый, серый |          |
| Зерновой состав, % от общей массы, не менее: |                   |          |
| — до 10 мм                                   | 5—10              | 3—5      |
| — до 200 мм                                  | 10—20             | 1—3      |
| — до 500 мм                                  | 80—90             | 90—95    |
| Влажность, % не более                        | 70                | 70       |

«РМ-Техно» и «РМ-Био» представлены в таблице 1.

С целью определения качества произведенного продукта марок «РМ-Техно» и «РМ-Био», оценки возможности его широкомасштабного применения для восстановления нарушенных земель и планировки территорий производился отбор и химический анализ качественного и количественного состава проб рекультиванта по отдельным показателям.

Рекультивант марки «РМ-Техно» анализировался в течение двух лет. Пробы для анализа химического состава рекультиванта минерального «РМ-Био» отбирались трижды в течение одного года.

Критерием установления возможного негативного влияния рекультивантов является несо-

ответствие результатов комплексного химического анализа (КХА) проб нормативным требованиям в области охраны окружающей среды. Анализ полученных результатов позволил установить, что все нормируемые определяемые показатели имеют значения, не превышающие требования по содержанию опасных веществ к питательным грунтам [6].

Безопасность рекультивантов как антропогенных грунтов оценивали также по суммарному показателю ( $Z_{\phi}$ ), характеризующему степень химического загрязнения исследуемых объектов. Данный показатель определяется как сумма коэффициентов концентраций отдельных поллютантов, равных частному от деления массовой доли  $i$ -го вещества в загрязненной и «фоновой» среде (коэффициентов концентраций) [7].

Результаты расчетов коэффициентов концентраций веществ в составе получаемых антропогенных грунтов исследуемых марок представлены в таблице 2.

Анализ полученных данных позволил определить категорию загрязнения исследуемых рекультивантов. Для всех проб, в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685—21, она была признана допустимой (менее 16), колеблясь при этом незначительно, в интервале от 7,24 до 7,48 для «РМ-Техно» и 7,35—7,43 для «РМ-Био» [8].

Безопасность рекультиванта определяется безвредностью входящих в него компонентов. По степени воздействия на организм человека, согласно критериям ГОСТ 12.01.007—76, рекуль-

**Таблица 2**  
**Коэффициенты концентраций и суммарный показатель химического загрязнения**

| Наименование показателя                    | Значения коэффициентов концентраций ( $K_c$ ) |       |       |                      |       |       |          |       |       |
|--|---|-------|-------|----------------------|-------|-------|----------|-------|-------|
|  | «РМ-Техно»                                    |       |       |                      |       |       | «РМ-Био» |       |       |
|  | 1-й год исследования                          |       |       | 2-й год исследования |       |       | весна    | лето  | осень |
|  | весна   | лето  | осень | весна                | лето  | осень |          |       |       |
| Марганец                                   | 0,223   | 0,240 | 0,238 | 0,254                | 0,262 | 0,282 | 0,267    | 0,260 | 0,268 |
| Медь                                       | 0,372   | 0,426 | 0,459 | 0,415                | 0,459 | 0,526 | 0,381    | 0,393 | 0,456 |
| Никель                                     | 1,39  | 1,39  | 1,39  | 1,39                 | 1,39  | 1,39  | 1,39     | 1,39  | 1,39  |
| Цинк                                       | 0,381   | 0,432 | 0,415 | 0,408                | 0,430 | 0,434 | 0,488    | 0,419 | 0,433 |
| Свинец                                     | 0,386   | 0,386 | 0,386 | 0,386                | 0,386 | 0,386 | 0,385    | 0,385 | 0,385 |
| Кадмий                                     | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0                  | 1,0   | 1,0   | 1,0      | 1,0   | 1,0   |
| Железо                                     | 0,134   | 0,147 | 0,145 | 0,132                | 0,117 | 0,121 | 0,134    | 0,136 | 0,132 |
| Мышьяк                                     | 0,03  | 0,03  | 0,03  | 0,03                 | 0,03  | 0,03  | 0,03     | 0,03  | 0,03  |
| Ртуть                                      | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2                  | 2,2   | 2,2   | 2,22     | 2,22  | 2,22  |
| Нефтепродукты                              | 0,893   | 0,893 | 0,893 | 0,893                | 0,893 | 0,893 | 0,031    | 0,029 | 0,028 |
| Титан                                      | 0,032   | 0,030 | 0,029 | 0,026                | 0,024 | 0,023 | 0,893    | 0,893 | 0,893 |
| Бенз(а)пирен                               | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,2                  | 0,2   | 0,2   | 0,2      | 0,2   | 0,2   |
| Суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) | 7,24  | 7,37  | 7,38  | 7,33                 | 7,39  | 7,48  | 7,42     | 7,35  | 7,43  |

тивант минеральный марок «PM-Техно» и «PM-Био» относится к IV классу опасности. Снижение токсичности используемых отходов достигается путем внесения в исходные смеси комплексного сорбента на основе алюмосиликатного минерала — глауконита [9, 10].

Применение биотесторов с разной степенью чувствительности дает возможность получения наиболее объективной оценки степени токсичности анализируемого субстрата. В аналитических исследованиях использовалось два тест-объекта: *Chlorella vulgaris* Beijer и *Daphnia magna* Straus (табл. 3).

Согласно результатам токсикологического анализа, острого токсического действия водной вытяжки из рекультивантов на тест-организмы не выявлено.

Безвредная кратность разбавления водной вытяжки для *Daphnia magna*, вызывающая гибель не более 10 % биотесторов, определена при продолжительности наблюдения в 96 часов (без разбавления). Для *Chlorella vulgaris* — снижение более чем на 20 % или увеличение более чем на 30 % величины оптической плотности тест-культуры в процессе культивирования в течение 22 часов, по сравнению с контролем не наблюдалось (без разбавления). В соответствии с критериями гл. 3

(приложение № 5), определяемыми приказом МПР России № 536 от 4 декабря 2014 г., исследуемые пробы по кратности разведения водной вытяжки можно отнести к V классу опасности для окружающей среды [11].

С учетом интегративного характера применяемых биоиндикационных методов, полученные результаты можно использовать для оценки и прогноза экологической ситуации на рекультивируемых участках.

Строительные материалы, как природного, так и техногенного происхождения, могут обладать радиоактивностью. С целью обеспечения радиационной безопасности производимого рекультиванта на предприятии осуществляется входящий радиологический контроль исходного сырья [5]. Проверка производится с помощью экспресс-методов с использованием переносных дозиметров, в соответствии с требованиями ГОСТ 30108—94 [12].

К механизмам реализации процесса обеспечения радиационной безопасности технологий и продуктов относятся также мероприятия по контролю удельной эффективной активности содержащихся в производимом рекультиванте естественных радионуклидов ( $A_{эфф}$ ). Результаты радиологических исследований сырья и продукции представлены в таблице 4.

Таблица 3

Результаты биотестирования

| Условия приготовления водной вытяжки                        | Тест объект               | Продолжительность, час | Безвредная кратность разбавления (БКР) | Результаты исследования          | Оценка тестируемой пробы                   |
|---|---------------------------|------------------------|--|----------------------------------|--|
| 10 см <sup>3</sup> /1,0 г, t + 20 °С, рН <sub>исх</sub> 8,1 | <i>Daphnia magna</i>      | 96                     | б/р < БКР < 50                         | Гибель — 1,5 %                   | Не оказывает острого токсического действия |
| 10 см <sup>3</sup> /1,0 г, t + 20 °С, рН <sub>исх</sub> 7,3 | <i>Chlorella vulgaris</i> | 22                     | б/р < БКР < 50                         | Изменение скорости роста — 2,0 % |  |

Примечание. б/р — без разведения.

Таблица 4

Сравнительная оценка допустимой эффективной удельной активности природных радионуклидов с результатами измерения

| Наименование показателя   | «PM-Техно»                |                  |                   |                 | «PM-Био»         |                  |                   |                 |
|---|---------------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|
|   | Наименование радионуклида |                  |                   |                 |                  |                  |                   |                 |
|   | <sup>13</sup> Cs          | <sup>22</sup> Ra | <sup>223</sup> Th | <sup>40</sup> K | <sup>13</sup> Cs | <sup>22</sup> Ra | <sup>223</sup> Th | <sup>40</sup> K |
| Результат измерения, Бк/кг  | 2                         | 21               | 42                | 305             | 3                | 25               | 31                | 298             |
| Эффективная удельная активность природных радионуклидов, Бк/кг            | 93                        |                  |                   |                 | 89               |                  |                   |                 |
| Допустимая эффективная удельная активность природных радионуклидов, Бк/кг | норма                     |                  |                   |                 | норма            |                  |                   |                 |
|   | ≤370                      |                  |                   |                 | ≤370             |                  |                   |                 |

Критерием допуска к использованию рекультиванта для реконструкции и благоустройства территорий является эффективная удельная активность природных радионуклидов, не превышающая 370 Бк/кг. Полученные результаты измерения рекультиванта минерального марок «РМ-Техно» и «РМ-Био» соответствуют требованиям нормативных требований СП 2.6.1.2612—10 (ОСПОРБ-99/2010) и СанПиН 2.6.1.2523—09 (НРБ-99/2009) [5; 13].

### Заключение

Комплексный химический анализ, биотестирование и проведенные расчеты интегральных величин уровня загрязнения позволили оценить состояние рекультиванта минерального «РМ-Техно» и «РМ-Био», как не представляющее опасности. Готовый технологический продукт относится к V классу опасности (практически неопасный). Уровень активности природных радионуклидов в

исследуемых пробах рекультиванта соответствует нормативным требованиям.

Проведенная экологическая оценка основных характеристик рекультиванта марок «РМ-Техно» и «РМ-Био» позволила сделать вывод о соответствии требованиям безопасности для окружающей среды и здоровья человека. Получаемый продукт является экологически безопасным и позволяет использовать его при решении задач рационального природопользования и охраны окружающей среды. К преимуществам применения рекультиванта минерального можно отнести его практическую универсальность.

Безопасность анализируемого техногенного грунта подтверждает возможность его применения для рекультивации нарушенных земель, способствует восстановлению характеристик, утраченных в процессе антропогенного воздействия и сохранению биотического потенциала ландшафтов.

### Библиографический список

1. ГОСТ 5180—2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/71358914>.
2. ГОСТ 17.4.4.02—2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/72083128>.
3. ПНД Ф Т 14.1.2:3:4.10—04. Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления [Электронный ресурс] // Библиотека нормативной документации. <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293763/4293763986.htm>.
4. ПНД Ф Т 14.1.2:3:4.12—06. Токсикологические методы контроля. Методика измерений количества *Daphnia magna* Straus для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета [Электронный ресурс] // Библиотека нормативной документации. <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293767/4293767837.htm>.
5. СП 2.6.1.2612—10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. <https://docs.cntd.ru/document/902214068>.
6. ГОСТ Р 53381—2009. Почвы и грунты. Грунты питательные. Технические условия [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/2174305>.
7. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия: утв. Министерством природных ресурсов РФ 30.11.1992 [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/2156865>.
8. СанПиН 1.2.3685—21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. <https://docs.cntd.ru/document/573500115>.
9. ГОСТ 12.01.007—76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/3922227>.
10. Гарицкая М. Ю., Глуховская М. Ю., Рашкина П. В. Экологическая оценка технологических процессов, реализуемых ООО «Полигон ПГС» в ходе рекультивационных работ // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. LXIV междунар. науч.-практ. конф. — Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2023. — С. 38—40.
11. Об утверждении критериев отнесения отходов к I—V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду: приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 04.12.2014 № 536 [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/71296500>.
12. ГОСТ 30108—94. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/3922240>.
13. СанПиН 2.6.1.2523—09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. <https://docs.cntd.ru/document/902170553>.

## ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF MINERAL RECLUTIVANTS PRODUCED USING CONSTRUCTION WASTE

**M. Yu. Glukhovskaya**, Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Head of the Ecology and Nature Management Department, commarina97@mail.ru,

**M. Yu. Garitskaya**, Ph. D. (Biology), Associate Professor of the Ecology and Nature Management Department, m.garitskaya@yandex.ru,

**T. A. Evstifeeva**, Ph. D. (Agriculture), Associate Professor of the Ecology and Nature Management Department, ta\_evst@mail.ru Orenburg State University (Orenburg, Russian Federation)

**P. I. Gerasin**, Head of the Environmental Protection Department; LLC "Polygon PGS", polygon\_pgs@mail.ru (Moscow, Russian Federation)

### References

1. GOST 5180—2015. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya fizicheskikh harakteristik [Elektronnyj resurs] // Garant.ru. <https://base.garant.ru/71358914/>, date of access 28.04.2023 [in Russian].
2. GOST 17.4.4.02—2017. Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza [Elektronnyj resurs]. Garant.ru. <https://base.garant.ru/72083128/>, date of access 02.05.2023 [in Russian].
3. PND F T 14.1.2:3:4.10—04. Toksikologicheskie metody kontrolya. Metodika izmerenij opticheskoy plotnosti kul'tury vodorosli hlorella (*Chlorella vulgaris* Beijer) dlya opredeleniya toksichnosti pit'evykh, presnykh prirodnykh i stochnykh vod, vodnykh vytyazhek iz gruntov, pochv, osadkov stochnykh vod, othodov proizvodstva i potrebleniya [Elektronnyj resurs]. Biblioteka normativnoj dokumentacii. <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293763/4293763986.htm/>, date of access 22.04.2023 [in Russian].
4. PND F T 14.1.2:3:4.12—06. Toksikologicheskie metody kontrolya. Metodika izmerenij kolichestva *Daphnia magna* Straus dlya opredeleniya toksichnosti pit'evykh, presnykh prirodnykh i stochnykh vod, vodnykh vytyazhek iz gruntov, pochv, osadkov stochnykh vod, othodov proizvodstva i potrebleniya metodom pryamogo scheta [Elektronnyj resurs]. Biblioteka normativnoj dokumentacii. <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293767/4293767837.htm/>, date of access 12.05.2023 [in Russian].
5. SP 2.6.1.2612—10. Osnovnye sanitarnye pravila obespecheniya radiacionnoj bezopasnosti (OSPORB-99/2010) [Elektronnyj resurs]. Elektronnyj fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. <https://docs.cntd.ru/document/902214068/>, date of access 10.05.2023 [in Russian].
6. GOST R 53381—2009. Pochvy i grunty. Grunty pitatel'nye. Tekhnicheskie usloviya [Elektronnyj resurs]. Garant.ru. <https://base.garant.ru/2174305/>, date of access 12.05.2023 [in Russian].
7. Kriterii ocenki ekologicheskoy obstanovki territorij dlya vyavleniya zon chrezvychajnoj ekologicheskoy situacii i zon ekologicheskogo bedstviya: utv. Ministerstvom prirodnykh resursov RF 30.11.1992 [Elektronnyj resurs]. Garant.ru. <https://base.garant.ru/2156865/>, date of access 30.04.2023 [in Russian].
8. SanPiN 1.2.3685—21. Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov srede obitaniya [Elektronnyj resurs]. Elektronnyj fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. <https://docs.cntd.ru/document/573500115/>, date of access 30.04.2023 [in Russian].
9. GOST 12.01.007—76. Sistema standartov bezopasnosti truda. Vrednye veshchestva. Klassifikaciya i obshchie trebovaniya bezopasnosti [Elektronnyj resurs]. Garant.ru. <https://base.garant.ru/3922227/>, date of access 30.04.2023 [in Russian].
10. Garitskaya M. Yu., Glukhovskaya M. Yu., Rashkina P. V. Ekologicheskaya ocenka tekhnologicheskikh processov, realizuemykh OOO "Poligon PGS" v hode rekultivacionnykh rabot // Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovacii: sb. st. LXIV mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Penza, MCNS Nauka i prosveshchenie, 2023. P. 38—40 [in Russian].
11. Ob utverzhdenii kriteriev otneseniya othodov k I—V klassam opasnosti po stepeni negativnogo vozdejstviya na okruzhayushchuyu sredu: prikaz Ministerstva prirodnykh resursov i ekologii RF ot 04.12.2014 № 536 [Elektronnyj resurs]. Garant.ru. <https://base.garant.ru/71296500/>, date of access 28.04.2023 [in Russian].
12. GOST 30108—94. Materialy i izdeliya stroitel'nye. Opredelenie udel'noj effektivnoj aktivnosti estestvennykh radionuklidov [Elektronnyj resurs]. Garant.ru. <https://base.garant.ru/3922240/>, date of access 12.05.2023 [in Russian].
13. SanPiN 2.6.1.2523—09. Normy radiacionnoj bezopasnosti NRB-99/2009 [Elektronnyj resurs]. Elektronnyj fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. <https://docs.cntd.ru/document/902170553/>, date of access 28.04.2023 [in Russian].