

Э.Г. Хорошун, Н.С. Маматченко
(Донской государственной технической университет
e-mail: horoshun.rpn-eko@bk.ru)

РАЗРАБОТКА ЛОГИКО-ВОЗМОЖНОСТНОГО АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ "ОБЪЕКТ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ – ЗАЩИТА – НАСЕЛЁННЫЙ ПУНКТ"

Представлен анализ формирования перечня наилучших доступных технологий для объектов размещения отходов, в результате которого выявлены несовершенства действующей системы отбора. Апробировано применение факторно-параметрического метода и возможностной оценки экологической безопасности технической системы "объект захоронения отходов – защита – населённый пункт" при внедрении наилучших доступных технологий. В результате исследования скорректирована область приемлемых значений экологического риска (групп наилучших доступных технологий) для конкретного объекта захоронения отходов.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, объект захоронения отходов, факторно-параметрический метод, логическая модель, вершинный исход.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 27 сентября 2017 г.

В 2015 г. были внесены изменения в Федеральный закон № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. "Об охране окружающей среды", предусматривающие обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на *окружающую среду (ОС)* в соответствии с нормативами в области охраны ОС, которого можно достигнуть на основе использования *наилучших доступных технологий (НДТ)* с учётом экономических и социальных факторов.

Тем самым, внедрение НДТ стало методом обеспечения баланса экономической целесообразности и экологической безопасности или, другими словами, установило границы области приемлемых значений экологического риска природопользования, в том числе, деятельности по захоронению (вид размещения) отходов производства и потребления.

Информация для подготовки справочника НДТ собирается главным образом посредством адресной рассылки адаптированных унифицированных шаблонов на предприятия, эксплуатирующие *объекты захоронения отходов (ОЗО)*, и предприятия, осуществляющие разработку технологий и (или) технологических методов и способов, производство и реализацию материалов и оборудования, используемых для захоронения отходов [1].

Наиболее распространённым способом обращения с отходами в России является захоронение. В настоящее время без предварительной обработки захоранивается более 90 % отходов. Системы раздельного сбора, извлечения вторичного сырья и опасных компонентов только внедряются в отдельных городах [2].

Перечень НДТ, согласно ИТС 17-2016, был собран на основании результатов обработки 79 анкет по ОЗО, из которых 43 анкеты по ОЗО *твёрдых коммунальных отходов (ТКО)*.

По обзорным данным, на территории РФ расположено 1092 полигона ТКО, около 10 *тыс.* санкционированных свалок ТКО [3]. Ввиду указанного, основанием для отнесения технологий к НДТ послужили статистические данные, собранные на основании анкетирования около 0,3 % санкционировано эксплуатируемых объектов. То есть, достижение экологической безопасности или низкого уровня вероятности возникновения экологического чрезвычайного происшествия, по средствам внедрения НДТ, обосновано недостаточно.

Проблема предсказуемости и (или) оценки вероятности возникновения происшествия на уровне величины ниже доли процента в плохо статистически изученной технической системе является одной из актуальных задач, в том числе, экологии и охраны труда [4].

Процедура оценки риска должна включать анализ различных этапов технологического процесса на производстве, отслеживать их взаимосвязь и представлять собой последовательность шагов, комбинация которых зависит от определённых факторов, например, потенциальной тяжести последствий и аварий и угроз, наличия ресурсов, поступления дополнительных или новых данных о внедряемых технологиях, опасных свойствах продукции или усовершенствованных инструментах их выявления [5].

Целью работы является применение факторно-параметрического метода и возможностной оценки экологической безопасности технической системы "ОЗО – защита – населённый пункт" при внедрении НДТ.

На основании анализа алгоритма определения и последующего расчёта показателей безопасности для системы "объект – защита – среда"[6] установлено, что для системы "ОЗО – защита – населённый пункт" алгоритм определения и последующий расчёт показателей экологической безопасности состоит из следующих задач:

1. Анализ *вершинного исхода (ВИ)* негативного воздействия ОЗО отходов на ОС.
2. Систематизация предпосылок реализации ВИ.
3. Корректировка предпосылок реализации ВИ при учёте внедрения комплекса НДТ.
4. Формирования логической модели реализации ВИ и логической модели предотвращения ВИ.
5. Расчёт возможностной меры реализации предпосылок ВИ.
6. Определение области приемлемых значений экологического риска.

Реализация указанных задач приведена с использованием конкретных характеристик системы "ОЗО – защита – населённый пункт" и данных действующего ОЗО на территории Ростовской области.

1. Анализ ВИ негативного воздействия ОЗО на ОС

Из определения экологического риска ВИ можно представить как событие, имеющие неблагоприятные последствия для природной среды и вызванное негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера. В системе "ОЗО – защита – населённый пункт" ВИ можно охарактеризовать превышением предельных уровней воздействия на ОС населённого пункта, вызванное некорректной эксплуатацией ОЗО, авариями и чрезвычайными ситуациями, возникающими при его работе.

Согласно Методике "Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия" (утв. Минприроды РФ 30 ноября 1992 г.), для населённого пункта экологическая обстановка может классифицироваться по возрастанию степени экологического неблагополучия: превышение предельно допустимых уровней наблюдаются уже при достижении степени *относительно удовлетворительного состояния окружающей среды (ОУЭС)*.

Для различных географических районов, в зависимости от их общего экологического состояния можно адаптировать другие пороги воздействия, сформированные их степенью экологического неблагополучия. Территория Ростовской области достигла ОУЭС только по критериям радиоактивного загрязнения почв [7], соответственно, при рассмотрении расположенных на ней объектов негативного воздействия на ОС необходимо ограничиваться указанным порогом.

2. Систематизация предпосылок реализации ВИ

Ввиду многокомпонентности ОС негативное воздействие на неё хозяйственной и иной деятельности человека складывается из различных экологических аспектов. При разработке НДТ было учтено 6 наиболее значимых аспектов, а именно:

- поступление загрязняющих веществ в подземные и поверхностные водные объекты, горные породы, почвы;
- выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- обращение с веществами, опасными для ОС;
- изъятие земельных ресурсов или участков недр под строительство ОЗО;
- пожароопасность (для отходов, обладающих пожароопасными свойствами, или выделяющими пожароопасные вещества при хранении);
- биологическое загрязнение ОС (при размещении ТКО).

Однако, достаточная конкретика неучтенного в остальных экологических аспектах негативного воздействия при реализации аспекта "обращение с веществами, опасными для ОС" отсутствует, вследствие чего при формировании возможностной функции реализации ВИ учёт указанного события не осуществим. То есть, реализация ВИ "негативное воздействие на ОС" осуществляется с использованием дизъюнктивной функции от 5 экологических аспектов:

$$\text{ВИ: } y = f(X_{1.1}; X_{1.2}; X_{1.3}; X_{1.4}; X_{1.5}) = X_{1.1} \cup X_{1.2} \cup X_{1.3} \cup X_{1.4} \cup X_{1.5}.$$

3. *Корректировка предпосылок реализации ВИ при учёте внедрения НДТ*

Комбинации НДТ для предотвращения ВИ складываются в зависимости от конкретного вида объекта размещения отходов, а также периода внедрения.

Наиболее распространёнными объектами размещения отходов являются объекты захоронения ТКО. Наиболее значимый по величине и воздействию период – период эксплуатации. Для указанных параметров установлено 8 НДТ, которые в той или иной степени снижают экологическую нагрузку. Они, в свою очередь, по этапу технологического процесса подразделяются на блоки.

- Подготовка отходов к размещению:

НДТ_{ПОД1} – сортировка отходов с извлечением ресурсных фракций и органических биоразлагаемых материалов – $x_{2.1}$;

НДТ_{ПОД2} – измельчение кусковых отходов перед захоронением – $x_{2.2}$;

НДТ_{ПОД3} – прессование и брикетирование отходов перед захоронением – $x_{2.3}$.

- Размещение (способы складирования отходов):

НДТ_{РО_Н(Н)1} – гидроорошение ТКО при их захоронение навалом (насыпью) – $x_{2.4}$;

НДТ_{РО_Н(Н)2} – уплотнение отходов при захоронение ТКО навалом (насыпью) – $x_{2.5}$.

- Обращение с фильтрационными, дренажными, ливневыми водами:

НДТ_{О/ВОД1} – очистка дренажных и ливневых вод перед их сбросом в водные объекты – $x_{2.6}$;

НДТ_{О/ВОД2} – рециркуляция фильтрационных и дренажных вод при размещение ТКО – $x_{2.7}$.

- Обращение с выбросами в атмосферу:

НДТ_{О/ВЫБР1} – устройство системы пассивной дегазации (с рассеиванием биогаза в атмосфере при помощи газовыпусков) – $x_{2.8}$.

При соблюдении указанных параметров защита от реализации ВИ может быть описана по формуле:

$$\begin{aligned} \overline{\text{ВИ}}: y &= f(X_{2.1}; X_{2.2}; X_{2.3}; X_{2.4}; X_{2.5}; X_{2.6}; X_{2.7}; X_{2.8}) = \\ &= (x_{2.1} \cap x_{2.4} \cap x_{2.6} \cap x_{2.8}) \cup (x_{2.1} \cap x_{2.4} \cap x_{2.6} \cap x_{2.8}) \cup \\ &\cup (x_{2.1} \cap x_{2.4} \cap x_{2.7} \cap x_{2.8}) \cup (x_{2.1} \cap x_{2.5} \cap x_{2.6} \cap x_{2.8}) \cup \\ &\cup (x_{2.1} \cap x_{2.5} \cap x_{2.7} \cap x_{2.8}) \cup (x_{2.2} \cap x_{2.4} \cap x_{2.6} \cap x_{2.8}) \cup \\ &\cup (x_{2.2} \cap x_{2.4} \cap x_{2.7} \cap x_{2.8}) \cup (x_{2.2} \cap x_{2.5} \cap x_{2.6} \cap x_{2.8}) \cup \\ &\cup (x_{2.2} \cap x_{2.5} \cap x_{2.7} \cap x_{2.8}) \cup (x_{2.3} \cap x_{2.4} \cap x_{2.6} \cap x_{2.8}) \cup \\ &\cup (x_{2.3} \cap x_{2.4} \cap x_{2.7} \cap x_{2.8}) \cup (x_{2.3} \cap x_{2.5} \cap x_{2.6} \cap x_{2.8}) \cup \\ &\cup (x_{2.3} \cap x_{2.5} \cap x_{2.7} \cap x_{2.8}). \end{aligned}$$

4. *Формирования логической модели реализации ВИ*

Графическое исполнение логической модели реализации ВИ представлено в виде основной и инверсной функции, то есть дизъюнкцией множества событий, способствующих реализации ВИ ($X1$) и дизъюнкцией множества событий, способствующих защите от реализации ВИ ($X2$) (рис. 1, 2).

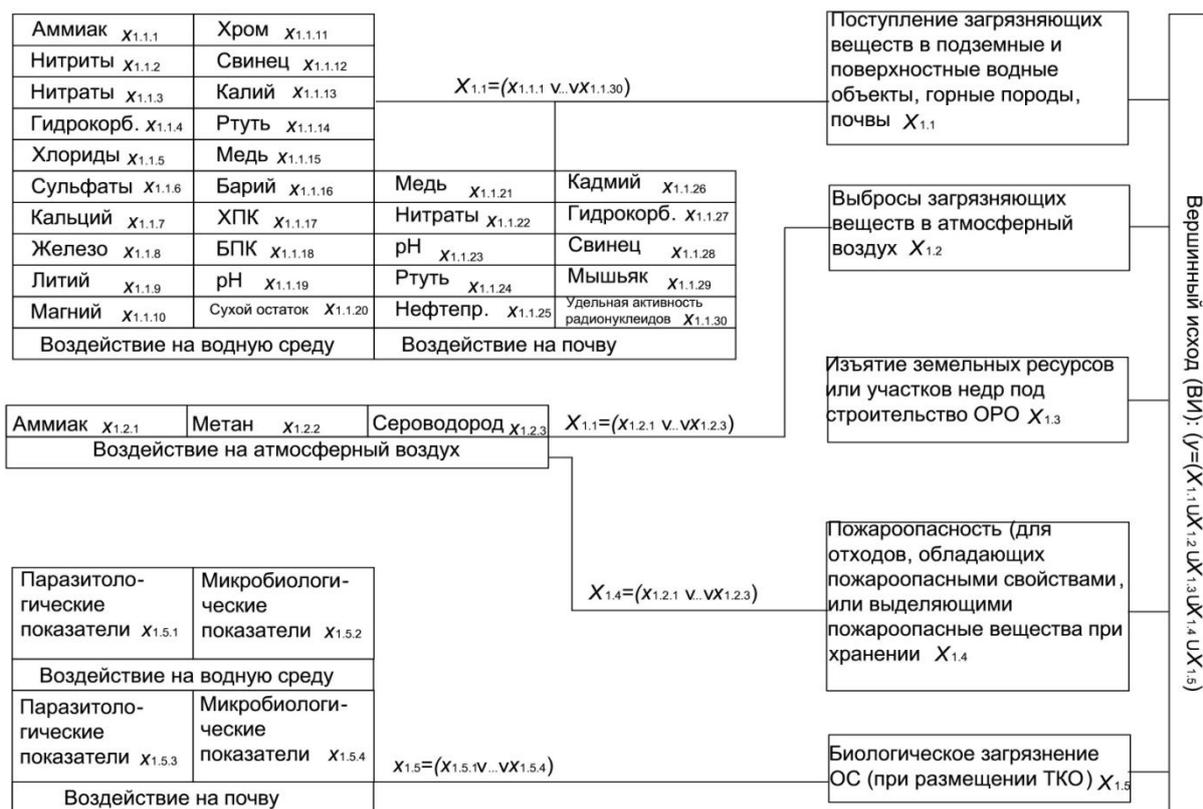


Рис. 1. Графическая модель реализации ВИ

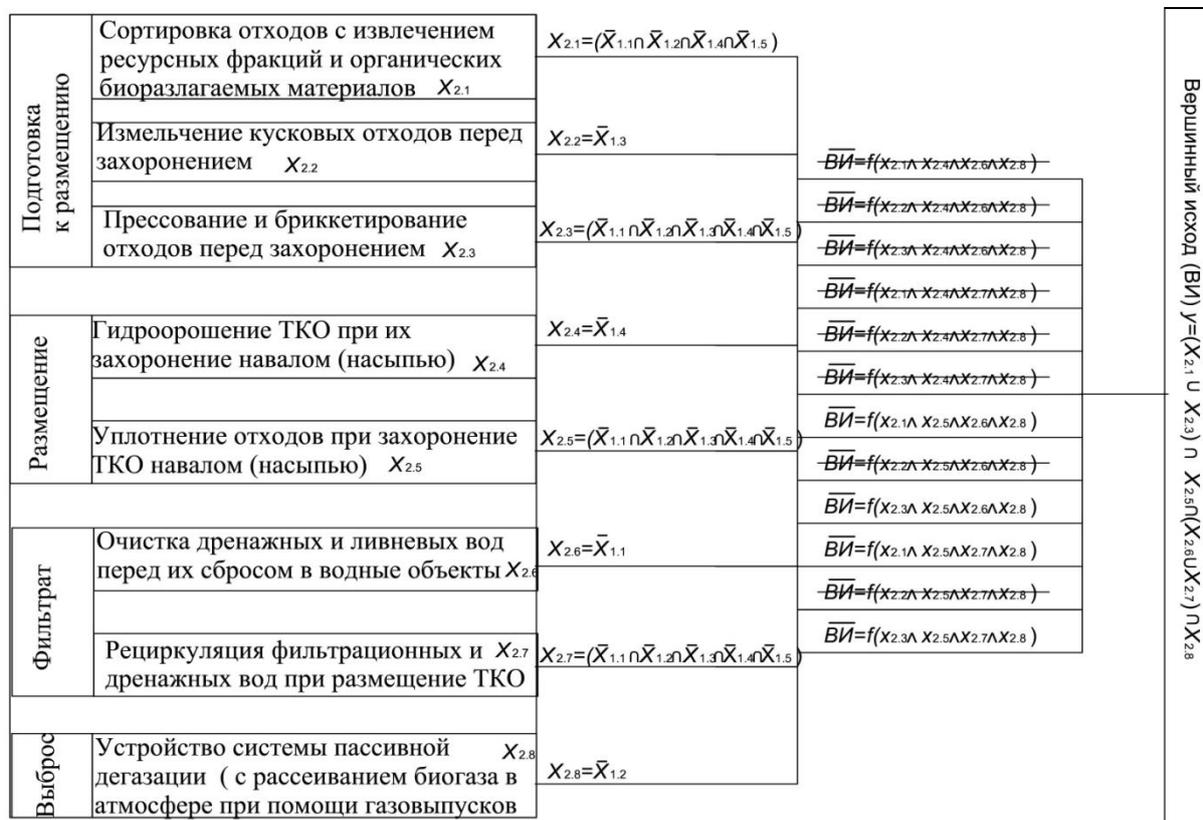


Рис. 2. Графическая модель защиты от реализации ВИ

Множества $X1$ и $X2$ можно объединить в одну, конъюнктивную функцию реализации ВИ (табл. 1).

Таблица 1

Конъюнктивная модель реализации ВИ

$X1$	$\bar{X}2$	$X1 \cap \bar{X}2 = Y$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Множества $X1$ приняты на основании действующей нормативной литературы (СП 2.1.7.1038-01 "Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твёрдых бытовых отходов") в области мониторинга загрязнения ОС при эксплуатации объекта захоронения отходов и не учитывают такой экологический аспект как "изъятие земельных ресурсов или участков недр под строительство ОЗО", а экологический аспект "пожароопасность" учитывают только косвенно, посредством контроля предельно допустимых уровней выбросов пожароопасных веществ. Однако методы и объёмы необходимых мониторинговых мероприятий совершенствуются и данную логическую модель можно будет к ним адаптировать.

5. Расчёт вероятностной меры реализации случайных событий

На основании данных мониторинга действующего объекта [8] захоронения ТКО, был проведен расчёт вероятностной меры реализации случайных событий [9], в котором были отобраны параметры, уровень воздействия на ОС, которых превышает предельно допустимый. Нижняя и верхняя граница восприимчивости принята в соответствии с характеристиками ОУЭС.

Получившиеся результаты расчёта вероятностной меры (табл. 2) указывают значимые факторы воздействия, имеющие низкий запас безопасности. Функция реализации ВИ приобретает следующий вид:

$$ВИ: y = x_{1.1} \cap x_{1.2} \cap x_{1.4}.$$

6. Определение области приемлемых значений экологического риска

Из графических моделей реализации и защиты от реализации ВИ выявлено, что внедрение некоторых комбинаций НДТ не оказывает влияния на значимые факторы воздействия, а значит, не принадлежит области приемлемых значений экологического риска. Другими словами, об обеспечении снижения негативного воздействия эксплуатации ОЗО на ОС, в соответствии с нормативами в области охраны ОС, на основе использования НДТ с учётом экономических и социальных факторов, можно утверждать только при использовании уточняющей оценки факторов, в том числе, метода вероятностной оценки экологической безопасности.

Возможностная мера реализации ВИ

Негативный фактор		Нижняя граница восприимчивости $\bar{s}_1 - \Delta^i_R$	Верхняя граница воздействия $\bar{s}_1 + \Delta^i_S$	Запас безопасности $z\bar{b}_i$	Возможностная мера π_i
		доли ПДК	доли ПДК	-	-
Аммиак, $x_{1.2.1}$	Эмиссия загрязняющих веществ в атмосферный воздух	1-0,5	1+0,5	0,5	0,5
Сероводород, $x_{1.2.3}$		1-0,5	1+0,5	0,5	0,5
Нитраты, $x_{1.1.3}$	Эмиссия в водные объекты, почвы	3-1,5	8,37+1,67	0,42	0,58
Цинк Свинец Ртуть Медь Никель Мышьяк		Показатель химического загрязнения почвы, Zc , $x_{1.1.6}$	16-8	8,68+4,34	0,94

Заключение

В результате разработки логико-возможностного алгоритма оценки экологической безопасности технической системы "ОЗО – защита – населённый пункт" при внедрении НДТ скорректирована область приемлемых значений экологического риска для конкретного действующего предприятия. Также проведено исключение неоправданных комбинаций НДТ при их реализации.

Указанные результаты могут быть адаптированы для любого объекта захоронения относительно "объект – защита – населённый пункт". Построенные модели могут быть расширены при увеличении количества базовых элементов или скорректированы в случае применения иных пороговых значений (факторов восприимчивости) наступления ВИ.

Литература

1. Клёцкина О.В. Старшинов Р.В. Информационно-технический справочник НДТ "Захоронение отходов производства и потребления" // Наилучшие доступные технологии. Применение в различных отраслях промышленности: сборник статей. Т. 4. М.: изд-во "Перо", 2016. С. 98-108.
2. Вайсман Я.И. Управление отходами. Полигонные технологии захоронения твёрдых бытовых отходов. Рекультивация и постэксплуатационное обслуживание полигона: монография. Пермь: Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. 244 с.
3. Гревцов О.В. Груздев Е.Е. Оценка рисков воздействия на окружающую среду как инструмент обеспечения химической безопасности и оценки эффективности внедрения НДТ / Промышленная экология. № 3. СПб.: ООО "Маркет Скиппер", 2017. С. 34-35.
4. Кирилов В.В. Доклад Федеральной службы по надзору в сфере природопользования "О региональных аспектах обращения с отходами потребления в Российской Федерации", 2013. 14 с.
5. Есипов Ю.В., Самсонов Ф.А., Черемисин А.И. Мониторинг и оценка риска систем "защита – объект – среда". М.: изд-во ЛКИ УРСС. 2013. 138 с.
6. Есипов Ю.В., Пустова Л.Е., Черемисин А.И. Методы расчёта показателей безопасности и риска. Ростов н/Д: ДГТУ, 2016. 84 с.
7. Экологический вестник Дона. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2016 году / под общ. ред. В.Г. Гончарова, Г.А. Урбана. Ростов н/Д: ООО "МС", 2017. 369 с.
8. Отчёт о результатах мониторинга на территории объекта размещения отходов ООО "Южный Город" и пределах его воздействия на окружающую среду / под ред. Д.М. Кочкина. Ростов н/Д: ООО "Южный город", 2016. 38 с.
9. Хорошун Э.Г., Есипов Ю.В. Разработка методики возможностной оценки безопасности технической системы "Объект захоронения отходов защита населённый пункт" // Безопасность природных и техногенных систем. 2017. № 3. С. 47-64.

E.G. Khoroshun, N.S. Mamatchenko

DEVELOPMENT OF LOGICAL AND FEASIBLE ALGORITHM OF ASSESSMENT OF ECOLOGICAL SAFETY OF THE SYSTEM "WASTE DISPOSAL FACILITIES PROTECTION HUMAN SETTLEMENT"

The article presents the analysis of changes in the Russian environmental legislation in terms of introducing the concept of "the best available technologies" and the analysis of forming a list of the best available technologies for waste disposal facilities, resulting in identification of imperfections in the current selection.

The algorithm for the logical and feasible evaluation of the technical system "Waste disposal facilities Human settlement" was developed when implementing the best available technologies. A logical model of implementing vertex outcome and a logical model of preventing vertex outcome were formulated. The application of the factor and parametric method and the feasibility assessment of the environmental safety of the technical system "Waste Disposal Object Protection-Town" were implemented with the introduction of the best available technologies.

As a result of the study, the range of acceptable values of environmental risk (combination of groups of the best available technologies) for a specific waste disposal facility was adjusted.

Key words: the best available technology, waste disposal facilities, factor and parametric method, logical model, the apical outcome.

References

1. Kletskina O.V. Starshinov R.V. Informatsionno-tehnicheskii spravochnik NDT "Zakhoronenie otkhodov proizvodstva i potrebleniia" (Information technology reference book of technical norm references "Waste production and consumption") // Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Primenenie v razlichnykh otrasliakh promyshlennosti: sbornik statei. T. 4. M.: izd-vo "Pero", 2016. Pp. 98-108. (in Russ.).
2. Vaisman Ia.I. Upravlenie otkhodami. Poligonnye tekhnologii zakhoroneniia tverdykh bytovykh otkhodov. Rekultivatsiia i postekspluatatsionnoe obsluzhivanie poligona: monografiia (Waste management. Landfill technologies of solid waste disposal. Reclamation and post-operational maintenance of the landfill: monograph). Perm: Perm. nats. issled. politekhn. un-ta, 2012. 244 p. (in Russ.).
3. Grevtsov O.V. Gruzdev E.E. Otsenka riskov vozdeistviia na okruzhaiushchuiu sredu kak instrument obespecheniia khimicheskoi bezopasnosti i otsenki effektivnosti vnedreniia NDT (Environmental impact risk assessment as a tool for ensuring chemical safety and evaluating the effectiveness of the introduction of technical norm references) / Promyshlennaia ekologiia. No 3. SPb.: OOO "Market Skipper", 2017. Pp. 34-35. (in Russ.).
4. Kirilov V.V. Doklad Federalnoi sluzhby po nadzoru v sfere prirodopolzovaniia "O regionalnykh aspektakh obrashcheniia s otkhodami potrebleniia v Rossiiskoi Federatsii" (On regional aspects of waste management in the Russian Federation), 2013. 14 p. (in Russ.).
5. Esipov Iu.V., Samsonov F.A., Cheremisin A.I. Monitoring i otsenka riska sistem "zashchita – obiekt – sreda" (Monitoring and risk assessment of systems "protection – object – environment"). M.: izd-vo LKI URSS. 2013. 138 p. (in Russ.).
6. Esipov Iu.V., Pustovaia L.E., Cheremisin A.I. Metody rascheta pokazatelei bezopasnosti i riska (Methods of calculating risk and safety). Rostov nD: DGTU, 2016. 84 p. (in Russ.).
7. Ekologicheskii vestnik Dona. O sostoianii okruzhaiushchei sredy i prirodnykh resursov Rostovskoi oblasti v 2016 godu (Ecological Bulletin of the don. About the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2016) / pod obshch. red. V.G. Goncharova, G.A. Urbana. Rostov nD: OOO "MS", 2017. 369 p. (in Russ.).
8. Otchet o rezultatakh monitoringa na territorii obiekta razmeshcheniia otkhodov OOO "Iuzhnyi Gorod" i predelakh ego vozdeistviia na okruzhaiushchuiu sredu (Report on the results of monitoring on the territory of the waste disposal facility of company "Yuzhny Gorod" and the limits of its impact on the environment) / pod red. D.M. Kochkina. Rostov nD: OOO "Iuzhnyi gorod", 2016. 38 p. (in Russ.).
9. Khoroshun E.G., Esipov Iu.V. Razrabotka metodiki vozmozhnostnoi otsenki bezopasnosti tekhnicheskoi sistemy "Obiekt zakhoroneniia otkhodov zashchita nasele`nnyi punkt" (Development of methods possibility safety assessment of technical systems "The object of waste disposal, the protection of populated locality") // Bezopasnost prirodnykh i tekhnogennykh sistem. 2017. No 3. Pp. 47-64. (in Russ.).