

УДК 658.567.1

DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-169-176

## Использование геоинформационных систем и технологий в мониторинге состояния объектов размещения твердых коммунальных отходов в Российской Федерации

*В. И. Татаренко<sup>1</sup>\*, О. В. Усикова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\* e-mail: aieel@inbox.ru

**Аннотация.** Одной из острейших проблем практически всех промышленно развитых стран является рациональное управление отходами жизнедеятельности. Количество отходов производства и твердых коммунальных отходов (ТКО) неуклонно растет, и особую актуальность эта проблема приобретает в Российской Федерации, где до последнего времени основным методом утилизации отходов являлось их размещение и накопление на специально выделенных территориях – полигонах. (Суммарная площадь подобных объектов в России приближается к 1 % всей территории страны.) Подобные объекты на протяжении всего периода биологического распада накопленных масс отходов остаются источником негативного воздействия на окружающую природную среду. В атмосферу попадают компоненты так называемых свалочных газов и продуктов горения накопленных масс в результате самовозгорания и возгораний, происходит загрязнение грунтовых вод химически и биологически вредными веществами, содержащимися и образующимися внутри отходов под воздействием естественных природных явлений и т. п. В целях минимизации наносимого вреда, а также финансовых и материальных затрат в этой связи возникает потребность мониторинга состояния полигонов ТКО с использованием современных технологий и геоинформационных систем. В статье предложена методика применения геоинформационных систем для осуществления мониторинга состояния полигонов твердых коммунальных отходов.

**Ключевые слова:** твердые коммунальные отходы, полигоны ТКО, мониторинг состояния, геоинформационный мониторинг, инструментальный контроль

### *Введение*

Количество образующихся твердых коммунальных отходов растет с каждым годом, тем самым увеличивается количество и площадь объектов их размещения. Данная проблема характерна для многих стран в современном стечении обстоятельств, в том числе особенно для Российской Федерации. Стоит отметить тенденцию образования отходов и полигонов ТКО в разрезе субъектов Сибирского федерального округа, которая имеет в целом отрицательную направленность. Наибольший объем образования отходов в 2017 г. отмечен у Кемеровской области – 3 147 292 т, прирост в 2021 г. зафиксирован на уровне почти 17 %, наименьший – у Республики Тывы – 15 тыс. т, прирост составил порядка 20 %. Следовательно, складывается настоятельная необходимость срочного изменения мусорной тенденции в округе и в России в целом. Кроме того, нельзя допускать образования стихий-

ных свалок. В этой связи ведение периодического мониторинга состояния территорий, отведенных под полигоны ТКО, с помощью новейших ГИС-технологий является актуальной задачей [1, 2].

Острота проблематики исследования состояния полигонов твердых коммунальных отходов на данный момент обусловлена еще и тем, что с ростом количества отходов отмечается и рост занимаемых ими площадей. При этом большая часть такого рода полигонов переполнена и находится на грани закрытия или уже должна быть закрыта и рекультивирована, но, в силу различных обстоятельств, продолжает функционировать.

Выполненный в работе на примере полигона ТКО «Гусинобродский» в Новосибирской области (НСО) анализ состояния полигонов посредством мониторинга, осуществляемого геоинформационными системами, представляет собой перспективное направление исследований, которое позволяет оценить

характеристики исследуемых объектов для установления объемов ранее накопленных отходов, выбросов свалочных газов, состояния воздуха на прилегающей территории и экосистем и т. п. [3, 4].

Гипотеза статьи: 1) современные геоинформационные системы и технологии позволяют эффективно анализировать особенности полигонов твердых коммунальных отходов; 2) проведение мониторинга полигонов твердых коммунальных отходов позволяет минимизировать финансовые и временные затраты.

Из года в год в России образуется примерно 35–40 млн т твердых коммунальных отходов, что составляет в объеме 200 млн м<sup>3</sup>.

В г. Новосибирске ежегодно производится около 3,6 млн м<sup>3</sup> ТКО, которые вывозятся на полигоны и свалки, практически не перерабатываясь, загрязняя больше площади и представляя большую угрозу здоровью населения и окружающей среде [5].

Многие полигоны в РФ, а также неорганизованные свалки отходов не имеют проектов на строительство, а те, для которых такие проекты разработаны, эксплуатируются со значительными нарушениями. Это и является главной причиной увеличения негативного воздействия полигонов ТКО на окружающую среду. Основное отрицательное воздействие полигонов ТКО на окружающую среду обусловлено биогазом и фильтратом, образующимся в толще отходов [6, 7].

### *Предпосылки*

Одним из обязательных условий размещения и функционирования полигонов ТКО является мониторинг их состояния.

Мониторинг выполняют в течение всего времени эксплуатации объекта размещения ТКО.

Кроме того, рассматривая мониторинг полигонов твердых коммунальных отходов как инструмент контроля их состояния, считаем, что он должен включать в себя:

- мониторинг состояния и загрязнения грунтовых вод;
- мониторинг состояния и загрязнения поверхностных вод;
- мониторинг состояния и загрязнения атмосферного воздуха;

– мониторинг состояния и загрязнения почвенного покрова;

– мониторинг состояния и загрязнения растительного покрова [8].

К тому же для полигонов ТКО свойственно формирование фильтрата и биогаза, не имеющих определенного химического состава. Изменения размера и состава фильтрата, а также биогаза могут служить индикаторами химических и физических процессов, происходящих на объекте, а кроме того, состояния и производительности проводимых природоохранных событий.

В ходе мониторинга биогаза проводят измерения:

- основных веществ и соединений в колодцах и коллекторах;
- расхода биогаза в каждой точке замеров.

В ходе наблюдения за загрязнением грунтовых вод, скважин, шурфов измерения проводят с помощью отбора проб из колодцев.

В отобранной грунтовой воде устанавливают содержание аммиака, нитритов, хлоридов, сульфатов, цианидов, свинца, кадмия, ртути, мышьяка, меди, бария, химическое и биохимическое потребление кислорода, pH и другие показатели [9, 10].

В пробах атмосферного воздуха, как правило, устанавливают содержание метана, аммиака, бензола и др. С целью оценки и объяснения производительности мероприятий по уменьшению влияния объектов размещения твердых коммунальных отходов на окружающую среду используются результаты мониторинга, а также лимиты и нормативы формирования объектов размещения отходов [11, 12].

Отсутствие мониторинга за состоянием объектов размещения твердых коммунальных отходов, например, в окрестностях г. Новосибирска, а также других крупных городов, может привести к следующим негативным проявлениям:

- негативному влиянию на здоровье нынешнего и будущего населения;
- неконтролируемому разрастанию площадей полигонов ТКО и, как следствие, вынужденному, некорректному уточнению их границ;
- загрязнению окружающей среды (грунтовых и подземных вод, рек, озер, атмосферы, размножению переносчиков заболеваний, не-

приятному запаху, дыму от частых возгораний) и, как следствие, социальной напряженности в обществе [5, 13].

Эффективным средством изучения антропогенного влияния на окружающую среду выступает геоинформационная система (ГИС). Она собирает, а также обрабатывает сведения за длительный промежуток времени для крупных географических регионов. Применение ГИС-технологий в мониторинге полигонов ТКО дает возможность формировать цифровые карты согласно координатам, которые были получены при дистанционном зондировании (ДЗ) территории, с помощью которых можно создавать структуру пространственных отношений между объектами [6]. Электронные карты и технологии геоинформационных систем позволяют анализировать все особенности полигонов ТКО применительно к населенным пунктам. Позволяют определять условия хранения ТКО, миграцию загрязняющих веществ, образующихся на полигонах, а также контролировать взаимодействие человека и окружающей среды [7, 14].

В этих целях необходимо разработать слои ГИС населенных пунктов: территории и центры, объекты гидрографии, дорожную сеть, а также в виде отдельного слоя – работу с существующими полигонами ТКО [1].

Важная роль в организации мониторинга принадлежит материалам дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) объектов размещения ТКО из космоса.

Они имеют ряд достоинств: большую обзорность, высокое разрешение объектов местности, а также позволяют в короткий срок изучать и картографировать значительные площади территорий [15].

С помощью космических снимков сверхвысокого разрешения возникает возможность визуально определять и картографировать полигоны ТКО размером до 10 м<sup>2</sup>. Кроме того, современными системами ДЗЗ с помощью стереоскопических методов можно рассчитывать объемы складированного мусора [13, 14].

ГИС предполагает собой сложную систему, результативность которой обуславливается техническими параметрами периферийных устройств, из которых она скомплектована. Верный выбор разумной и рациональной архитектуры считается значимой пробле-

мой на стадии проектирования, а также на этапе эксплуатации [16].

На данный период в Российской Федерации и НСО в этих целях используются следующие геоинформационные системы:

– ГИС «Мой Новосибирск» для снижения затрат, связанных с выбором места для полигона ТКО;

– публичная кадастровая карта ГИС для решения задач землепользования, для анализа пространственных соотношений между отображаемыми объектами для нужд долгосрочного планирования.

### ***Обоснование методики выбора ГИС для целей мониторинга***

Методика выбора ГИС для целей мониторинга и оценки состояния полигонов ТКО представлена на рисунке. Набор критериев соотнесения ГИС приведена в таблице.

Геопортал имеет следующие инструменты управления:

– ввод информации по определенным критериям (тип полигона, категория, территориальная принадлежность);

– инструменты оптимизации мест размещения ТКО и мониторинг их дальнейшей рекультивации [14].

Также основными контролируруемыми показателями могут быть:

– изменение площади и положения границ полигона ТКО;

– изменение границ санитарно-защитных зон;

– соответствие границ мест размещения ТКО кадастровым границам и иным разрешительным документам, изменение состояния территории мест размещения ТКО и прилегающей территории.

Имеются новейшие ГИС мировых производителей, такие как:

– компания ESRI. Продукт вышел в 1981 г., это семейство ArcGI, продукт ARC/INFO, получило широкое распространение в мире, а также в России;

– Autodesk в 1996 г. выпустила программный продукт AutoCAD Map для создания ГИС, на данное время более 150 тыс. пользователей AutoCAD применяют его в картографии и геодезии;

– компания MapInfo Corporation – это первый разработчик всемирно известной ГИС MapInfo, которой в области картографии и геодезии пользуются все.

Кроме того, можно выделить российские коммерческие платформы для построения ГИС, такие как:

– Панорама – ГИС карта 2011 года (<https://gisinfo.ru/>);

– ЗАО «ЦСИ Интегро» – ИнГео (<http://www.integro.ru/>);

– Zulu 7.0 компании ООО «Политерм» (<https://www.politerm.com/>);

– «ГЕОКАД плюс» – платформа Geocad Systems (<http://www.geocad.ru/>);

– информационная ГИС GeoMixer – SCANEX (<http://www.scanex.ru/>);

– SAS Планета, SAS Planet – свободная программа, предназначенная для просмотра и загрузки спутниковых снимков высокого разрешения и обычных карт, представляемых такими сервисами, как Google Earth, Google Maps, Bing Maps; космоснимки Яндекс.Карты, Yahoo Maps, iPhone Maps и другие [17, 18].

Достоинством таких сервисов является их присутствие только на персональном компьютере, все скачиваемые карты останутся у пользователя на нем, и он сможет просматривать изображение даже без подключения к Интернету.



Методика выбора ГИС

Критерии соотнесения ГИС с видом полигона ТКО

Разработка критериев соотнесения ГИС		
Критерий	Функциональные особенности ГИС. Обоснование	ГИС
Проектируемый и строящийся полигон ТКО	Средние координаты таких населенных пунктов, а также информация о численности населения в них позволяет вычислить средневзвешенные координаты возможных мест размещения вновь создаваемых (проектируемых) полигонов ТКО. Рассчитать указанные координаты можно, используя табличный процессор Microsoft Excel. Далее, используя возможность ArcView GIS по экспорту данных из документов формата Microsoft Excel (.xlsx) и рассчитанные координаты расположения проектных полигонов, следует нанести их, пока в виде точек, на отдельный слой ГИС и произвести дальнейшее уточнение их координат с учетом расстояний до ближайших водных объектов, территорий населенных пунктов, дорог, по которым возможна транспортировка ТКО к полигону и некоторых других важных условий, которые должны быть соблюдены при проектировании полигонов ТКО	ArcView GIS, ИнГео, ГИС – Панорама
Действующий и заполненный полигон ТКО	Лазерное сканирование для построения 3D-модели полигона ТКО, а в дальнейшем – для отслеживания объемов отходов и заполнения полигона. Учет мест складирования, объемов, образованных ТКО позволит оценить ресурсный потенциал, в частности, энергетический, который можно воплотить в различную энергию. Вести такой учет реально посредством создания геопортала, который представляет собой информационный сервис, обеспечивающий муниципальные службы и организации мониторинговой информацией по местам складирования ТКО и динамике их объемов. Оценка объема выделяемого биогаза посредством использования алгоритма поиска и вероятностной локализации источников метана по спутниковым данным, что является весьма актуальной проблемой в современном состоянии экологических проблем	Лазерное сканирование, создание геопортала, спутниковые данные
Рекультивируемый	Мониторинг работ по рекультивации, определение пригодности рекультивируемой земли под строительство различных объектов, оценка площади рекультивируемых земель	Спутниковые данные

Проект компании Google – Google Earth, в рамках которого в сети Интернет были размещены спутниковые изображения (аэрофотосъемки) всей земной поверхности, фотографии некоторых регионов имеют очень высокое разрешение. Google Earth представляет собой картографический ресурс, программное обеспечение и удаленную базу, то есть находящуюся в сети Интернет на сервисах Google.

**Заключение**

Проблема контроля состояния полигонов ТКО в силу их масштабности и рисков нега-

тивного воздействия на окружающую среду в РФ еще длительное время будет оставаться одной из актуальных в общем числе проблем, с которыми сопряжена проводимая в стране «мусорная реформа». Применяемые до настоящего времени в этих целях методы визуального и разрозненного инструментального контроля, с одной стороны, не носят систематического обязательного характера, а с другой, не дают полной обобщенной картины и параметров, происходящих внутри тела полигонов процессов и их влияния на окружающую природную среду. В этой связи, по мнению авторов, возникла настоятельная необхо-

димность в регламентации наблюдения за подобными объектами в регионах, а также, в целях минимизации возможных негативных последствий, финансовых и материальных за-

трат в этой связи возникает потребность мониторинга состояния полигонов ТКО с использованием современных технологий и геоинформационных систем.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бугаян С. А. Утилизация твердых бытовых отходов: зарубежный и отечественный опыт // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2015. – № 7 (62). – С. 27–31.
2. Капустин В. Г. ГИС-технологии в географии и экологии: ArcView GIS в учебной и научной работе : учеб. пособие. – Екатеринбург : Урал. гос. пед. ун-т, 2012. – С. 202.
3. Усикова О. В., Петрова Н. В., Федорова А. В. Обоснование ресурсного подхода в управлении отходами на территории Российской Федерации // ЭКОНОМИКА ПРОФЕССИЯ БИЗНЕС. – 2020. – № 3. – С. 89–97.
4. Щербакова К. Э. Мониторинг полигонов твердых бытовых отходов по спутниковым снимкам // Студенческий вестник. – 2019. – № 42-3(92). – С. 17–19.
5. Чемодин Ю. А. Анализ особенностей управления твердыми бытовыми отходами на современном этапе в Российской Федерации и за рубежом // Московский экономический журнал. – 2018. – № 5. – С. 40.
6. Балахчина Т. К. Оценка воздействия свалочного газа с полигонов твердых бытовых отходов на человека // Научный диалог. – 2012. – № 2. – С. 41–57.
7. Березюк М. В., Румянцева А. В. Новая система управления ТКО: инновационный подход // Инновационное развитие экономики: науч.-практ. и теоретический журнал. – 2016. – № 5 (35). – С. 19–29.
8. Об отходах производства и потребления [Электронный ресурс] : федер. закон от 24.06.1998 № 89–ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [Электронный ресурс] : постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.09.2007 № 74. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. О требованиях к составу и содержанию территориальных схем обращения с отходами, в том числе твердыми коммунальными отходами [Электронный ресурс] : проект постановления Правительства Российской Федерации. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. Платонова М. В., Климова Е. Г. Алгоритм оценки эмиссии парниковых газов по спутниковым данным для глобальной модели переноса и диффузии // Марчуковские научные чтения 2020 : Тезисы Междунар. конф., посв. 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука (Новосибирск, 19–23 октября 2020 г.). – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2020. – С. 192.
12. Сафрончук М. В., Кандауров С. В. Стимулирование «мусорного» рынка снижает накопление отходов (опыт регулирования в США) // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2019. – Т. 8, № 1. – С. 4–15.
13. Байдулова М. К. Результаты биотестирования почвы при проведении мониторинга полигонов твердых бытовых отходов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2016. – № 4 (18). – С. 44–48.
14. Масликов В. И., Чусов А. Н., Черемисин А. В., Рыжакова М. Г. Оценка геоэкологического риска загрязнения атмосферы выбросами полигонов ТБО для выбора мероприятий по рекультивации // Науч.-техн. ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического ун-та. – 2012. – № 1-1 (147). – С. 239–243.
15. Абросимов А. В., Никольский Д. Б., Шешукова Л. В. Использование космических снимков и геоинформационных технологий для мониторинга мест складирования отходов // Геоматика. – 2013. – № 1 (18). – С. 68–75.
16. Заварин Д. А. К вопросу об инновационной ИСК и его сегментов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9-2. – С. 116–119.
17. Татаренко В. И., Петрова Н. В., Лоницкая Д. Н. Мусорная реформа: новые подходы к формированию и возникающие проблемы // Московский экономический журнал. – 2020. – № 6. – С. 169–182.

18. Тесаловский А. А. Применение картографического материала из открытых источников для массовой оценки на предпроектном этапе обоснования гидроэнергетического строительства // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2016. – Т. 7, № 3 (27). – С. 107–111.

### Об авторах

Валерий Иванович Татаренко – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой техносферной безопасности.

Оксана Владимировна Усикова – кандидат экономических наук, доцент кафедры техносферной безопасности.

Получено 25.05.2022

© В. И. Татаренко, О. В. Усикова, 2022

## The use of geoinformation systems and technologies in monitoring the state of municipal solid waste disposal facilities in the Russian Federation

V. I. Tatarenko<sup>1\*</sup>, O. V. Usikova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

\* e-mail: aieel@inbox.ru

**Abstract.** This article is devoted to the problem of forming a methodology for using geoinformation monitoring to assess the state of MSW landfills and solving problems arising in this regard on the example of the Gorsky landfill located in the Novosibirsk region. One of the most acute problems of almost all industrialized countries is the rational management of waste. The amount of industrial waste and solid municipal (MSW) is steadily growing and this problem is of particular relevance in the Russian Federation, where until recently the main method of waste disposal was their placement and accumulation in specially designated territories–landfills. (The total area of such objects in the Russian Federation is close to 1 % of the entire territory of the country). Such objects throughout the entire period of biological decay of accumulated masses remain a source of negative impact on the natural environment. The components of the so-called "landfill" gases and the combustion products of accumulated masses as a result of spontaneous combustion and ignition, contamination of groundwater with chemically and biologically harmful substances contained and formed inside the waste under the influence of natural phenomena, etc., enter the atmosphere. In order to minimize the harm caused, as well as financial and material costs, in this regard, there is a need to monitor the condition of MSW landfills using modern technologies and geoinformation systems.

**Keywords:** solid municipal waste, MSW landfills, condition monitoring, geoinformation monitoring, instrumental control

### REFERENCES

1. Bugayan, S. A. (2015). Solid household waste disposal: foreign and domestic experience. *Nauka i obrazovanie: khozyaystvo i ekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravlenie [Science and Education: Economy and Economics; Entrepreneurship; Law and Management]*, 7(62), 27–31 [in Russian].
2. Kapustin, V. G. (2012). *GIS-tehnologii v geografii i ekologii: ArcView GIS v uchebnoy i nauchnoy rabote [GIS technologies in geography and ecology: ArcView GIS in educational and scientific work]*. Ekaterinburg: Ural State Pedagogical University Publ., P. 202 [in Russian].
3. Usikova, O. V., Petrova, N. V., & Fedorova, A. V. (2020). Justification of the resource approach in waste management on the territory of the Russian Federation. *EKONOMIKA. PROFESSIYA. BIZNES [ECONOMICS. PROFESSION. BUSINESS]*, 3, 89–97 [in Russian].
4. Shcherbakova, K. E. (2019). Monitoring of solid waste landfills by satellite images. *Studencheskiy vestnik [Student Vestnik]*, 42-3(92), 17–19 [in Russian].
5. Chemodin, Yu. A. (2018). Analysis of the features of solid household waste management at the present stage in the Russian Federation and abroad. *Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal [Moscow Economic Journal]*, 5, P. 40 [in Russian].

6. Balakhchina, T. K. (2012). Assessment of the impact of landfill gas from landfills of solid household waste on humans. *Nauchnyy dialog [Scientific Dialogue]*, 2, 41–57 [in Russian].
7. Berezyuk, M. V., & Romyantseva, A. V. (2016). New MSW management system: an innovative approach. *Innovatsionnoe razvitiye ekonomiki: nauchno-prakticheskiy i teoreticheskiy zhurnal [Innovative Development of the Economy: a Scientific, Practical and Theoretical Journal]*, 5(35), 19–29 [in Russian].
8. Federal law of June 24, 1998 No. 89–FZ. On production and consumption wastes. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
9. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of September 25, 2007 No. 74. On the introduction of a new edition of the sanitary and epidemiological rules and regulations SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other objects". Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
10. Draft resolution of the Government of Russian Federation. On the requirements for the composition and content of territorial waste management schemes, including municipal solid waste. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
11. Platonova, M. V., & Klimova, E. G. (2020). An algorithm for estimating greenhouse gas emissions from satellite data for a global model of transport and diffusion. In *Sbornik tezisev Mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 95-letiyu so dnya rozhdeniya akad. G. I. Marchuka: Marchukovskie nauchnye chteniya 2020 [Topics of the International Conference, Dedicated to the 95th Anniversary of the Birth of Academician G. I. Marchuk: Marchuk Scientific Readings 2020]* (P. 192). Novosibirsk: NGU Publ. [in Russian].
12. Safronchuk, M. V., & Kandaurov, S. V. (2019). Stimulating the "garbage" market reduces the accumulation of waste (experience of regulation in the USA). *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya [Economics and Management: Problems, Solutions]*, 8(1), 4–15 [in Russian].
13. Baydulova, M. K. (2016). Results of soil biotesting during monitoring of solid waste landfills. *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea]*, 4(18), 44–48 [in Russian].
14. Maslikov, V. I., Chusov, A. N., Cheremisin, A. V., & Ryzhakova, M. G. (2012). Assessment of the geoecological risk of atmospheric pollution by emissions of landfills for the selection of remediation measures. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta [Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Poly-Technical University]*, 1-1(147), 239–243 [in Russian].
15. Abrosimov, A. V., Nikol'skiy, D. B., & Sheshukova, L. V. (2013). The use of satellite images and geoinformation technologies for monitoring waste storage sites. *Geomatika [Geomatics]*, 1(18), 68–75 [in Russian].
16. Zavarin, D. A. (2014). On the issue of innovative ISC and its segments. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research]*, 9(2), 116–119 [in Russian].
17. Tatarenko, V. I., Petrova, N. V., & Lonitskaya, D. N. (2020). Garbage reform: new approaches to formation and emerging problems. *Moskovskiy ekonomicheskoy zhurnal [Moscow Economic Journal]*, 6, 169–182 [in Russian].
18. Tesalovskiy, A. A. (2016). Application of cartographic material from open sources for mass assessment at the pre-design stage of substantiation of hydropower construction. *MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitiye) [The WORLD (Modernization. Innovation. Development)]*, Vol. 7, No. 3(27), 107–111 [in Russian].

#### Author details

Valery I. Tatarenko – D. Sc., Professor, Head of the Department of Technosphere Safety.

Oksana V. Usikova – Ph. D., Associate Professor, Department of Technosphere Safety.

Received 25.05.2022

© V. I. Tatarenko, O. V. Usikova, 2022