

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

DOI: 10.15593/2409-5125/2024.01.04

УДК 711.143: 628.032 (08)

В.Ф. Муцанов, Е.В. Балабенко, В.А. Искрин

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

РАСПОЗНАВАНИЕ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМОСНИМКОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МАКЕЕВКИ)

Неизбежный для любого государства быстрый процесс урбанизации влечет за собой увеличение объемов образующихся отходов, в том числе коммунальных. Повышение эффективности обращения с отходами имеет важное значение в современном обществе.

Уровень социального сознания горожан Макеевки и экономическое развитие территории влияют на образование различных типов свалок, не всегда отвечающих нормам их размещения. В большинстве своем это открытые неконтролируемые свалки, представляющие реальную угрозу окружающей среде и здоровью населения.

В статье проведена работа по идентификации и оценке состояния территорий размещения отходов в городе Макеевке методом дешифрирования космических снимков. Метод дешифрирования космических снимков является действенным инструментом в изучении свалок и прилегающих к ним территорий, позволяет преодолеть определенные трудности натурного обследования, сократить временные и ресурсные затраты. По результатам изучения снимков поверхности территории города Макеевки был установлен ряд несоответствий регламенту сложившихся условий расположения эксплуатируемого объекта размещения отходов, а также определены характерные для дешифрирования признаки несанкционированных мест размещения отходов (несанкционированные свалки). Полученные в результате изучения космических снимков выводы имеют важные управленческие последствия в борьбе с проблемой образования отходов. Продолжение развития методов дешифрирования космических снимков, совершенствование технологических процессов позволят разработать дальнейшие механизмы повышения эффективности распознавания и оценки состояния территорий размещения отходов, предварительного выбора площадки для строительства нового полигона.

Ключевые слова: объект размещения отходов, космические снимки, дистанционное зондирование территории, дешифрирование, несанкционированные свалки.

К концу 40-х гг. для фиксации географических и геометрических элементов местности по всей территории нашей страны была выполнена аэрофотосъемка.

Полученные пространственные данные на участках произведенной съемки широко применяются органами государственной власти и местного самоуправления, коммерческими компаниями, научными и образовательными организациями для решения ряда задач, в том числе связанных с распознаванием и оценкой состояния территорий размещения отходов [1–4].

Современные технические средства позволяют принимать изображения с искусственных спутников Земли. Имеющиеся на данный момент программные продукты дают результаты по части дешифрирования космических снимков. Дешифрирование космических снимков – это процесс распознавания и интерпретации объектов на снимках поверхности Земли, полученных с космических аппаратов. Дешифрирование снимков играет важную роль в поиске и разведке месторождений полезных ископаемых, геологическом картировании, гидрологии, мониторинге экзогенных геологических и экологических процессов и других отраслях. Большим достоинством дешифрирования является возможность по его результатам значительно ускорить процесс геологического картирования территорий и сокращать объемы и затраты на геологоразведочные работы [5].

Практика научных исследований мониторинга территорий размещения отходов при помощи данных космической съемки широко применяется в Российской Федерации [6–8]. Использование космических снимков в мониторинге территорий размещения отходов позволяет:

- получить полную информацию о состоянии окружающей среды в режиме реального времени;
- получить высокую точность измерений благодаря использованию спутниковых данных;
- выполнить анализ данных в режиме реального времени и оперативно реагировать на изменения экологической ситуации;
- применять в научных исследованиях.

Дешифрирование космических снимков по ключевым признакам позволяет определить:

- несанкционированные свалки мусора;
- площадь территорий размещения отходов;

- высоту укладки отходов;
- ориентировочный объем накопленных отходов;
- преобладающий вид отходов (бытовые, производства, строительные и др.);
- структуру специально оборудованного объекта, предназначенного для размещения отходов (ОРО) и включающего объекты хранения отходов и объекты захоронения отходов;
- расстояние от территорий размещения отходов до селитебной зоны;
- ориентировочные размеры и границы санитарно-защитной зоны объекта размещения отходов;
- удаленность от гидрографической сети;
- зону задымления при пожаре.

Технологии дешифрования космоснимков повышают эффективность экологического мониторинга, дают возможность выполнить оценку состояния и динамику пространственного и временного развития территорий размещения отходов, их рекультивации, позволяют существенно экономить ресурсы при мониторинге больших территорий. Так как оценка развития территорий размещения отходов является в большей степени количественной, задача дешифрования снимков – придание вида, позволяющего с легкостью и точностью определить площадь всей территории и отдельных участков, высоту укладки, объем накопления, удаленность от других объектов.

Материалы и методы. Методика мониторинга состояния территорий размещения отходов и выявления несанкционированных мест складирования отходов опирается на серию космических снимков с необходимыми временными и техническими характеристиками и последующее дешифрирование снимков с целью выделения свалок и отображение полученных результатов в геоинформационных системах [9].

В качестве объекта исследования была выбрана территория города Макеевки Донецкой Народной Республики с расположенными на ней эксплуатируемым ОРО и несанкционированными местами размещения отходов.

Для последующей оценки состояния территорий размещения отходов проведен краткий анализ расположения эксплуатируемого ОРО:

- с восточной стороны через русло ручья объект граничит с породным отвалом шахты имени В.М. Бажанова;

– с юга, в непосредственной близости к объекту ОРО, для сбора сточных вод расположен отстойник (водоотводная канава визуально не определяется). Далее в южном направлении простираются земли садоводческого товарищества «Бажановец» на территории которого имеются участки с капитальными строениями;

– западная часть объекта ограничена лесополосой с имеющимися среди лесного массива столбами линий электропередач (ЛЭП);

– в северо-западной стороне от объекта исследования расположены сельскохозяйственные угодья;

– на севере объект ограничен гидротехническим сооружением – дамбой, по которой проходит дорога, ведущая на породный отвал шахты, а также столбы ЛЭП. Дамба выступает своеобразным щитом, отделяющим объект ОРО от пруда «Совхозный ставок» (назначение водного объекта – для хозяйственных нужд). Также с правой стороны дороги расположен контрольно-пропускной пункт (КПП) объекта ОРО (по визуальным признакам в неудовлетворительном состоянии).

Также в работе путем дистанционного зондирования территории города Макеевки по характерным признакам определены несанкционированные места размещения отходов.

Целью исследования являлось распознавание и оценка состояния территории размещения отходов в городе Макеевке методом дешифрирования космоснимков.

Достижение поставленной цели обусловило необходимость решения следующих задач: используя современные системы дистанционного зондирования Земли, определить места размещения отходов на территории города Макеевки; изучить сложившиеся условия эксплуатации мест размещения отходов; дать комплексную оценку изученным территориям для последующего принятия управленческих решений в борьбе с проблемой образования отходов.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 представлены космические снимки эксплуатируемого ОРО (сервис Google «Планета Земля» [10]), расположенного в границах Центрально-городского внутригородского района города Макеевки. В качестве исходных данных использованы снимки высокого пространственного разрешения со спутника Landsat 8. Объектам ОРО присущи отличные от фоновых цветовые характеристики подстилающей поверхности и обязательное наличие подъездной дороги.



Условные обозначения:

- | | |
|--|--|
| – территория ОРО | – балка Мокрая Калиновая |
| – подъездная дорога | – отстойник |
| – гидротехническое сооружение | – садоводческое товарищество «Бажановец» |
| – КПП | – трасса ЛЭП |
| – породный отвал шахты им. В.М. Бажанова | – пашня |
| – пруд «Совхозный ставок» | – лесополоса |

Рис. 1. Основные дешифровочные признаки ОРО

Исследуемый объект представляет собой конусовидный террикон бытовых отходов, отсыпанный на склоне балки Мокрая Калиновая с постоянным поверхностным водотоком (часть бассейна реки Грузской, левый приток реки Кальмиус). На снимках видно, что подошва ОРО подходит к руслу ручья балки Мокрая Калиновая вплотную. Мероприятия по охране водотока на космоснимках не прослеживаются.

Следует отметить, что кроме определения территориального расположения и основных дешифровочных признаков современные системы дистанционного зондирования Земли позволяют измерить высоты тела ОРО, а также выполнить расчет объема складированного мусора за счет выполнения съемки в стереоскопическом режиме (по паре космических снимков).

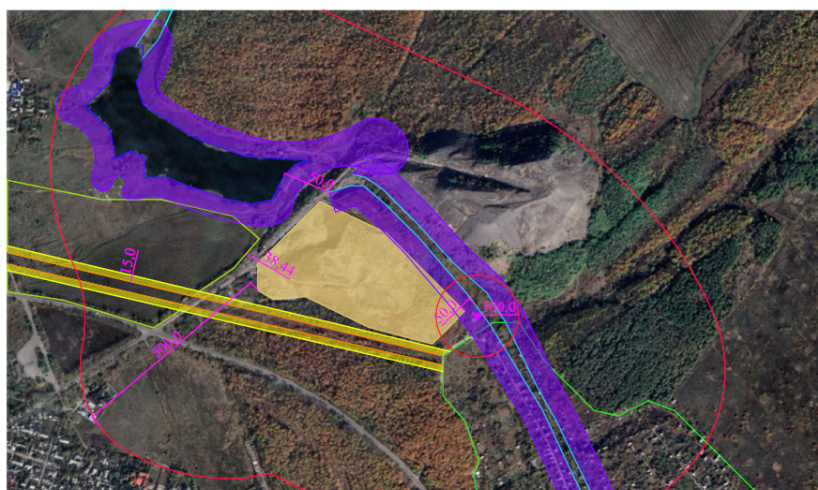
Карта сервиса [11] позволяет определить высоту укладки отходов и уклон прилегающей к ОРО поверхности (рис. 2).

Кроме установления самого факта размещения отходов и измерения количественных характеристик свалки, по космическим снимкам

можно отследить ряд ее предельных градостроительных параметров (рис. 3), что позволяет эффективно управлять территорией развития.



Рис. 2. Топография местности, высота, рельеф



Условные обозначения:

- | | |
|-------------------------------|--|
| – территория ОРО | – балка Мокрая Калиновая |
| – охранный зона ЛЭП | – отстойник |
| – водоохранная зона | – садоводческое товарищество «Бажановец» |
| – санитарно-защитная зона ОРО | – трасса ЛЭП |
| – пруд «Совхозный ставок» | – пашня |

Рис. 3. Предельные градостроительные параметры территории размещения ОРО

Перечень основных условий размещения ОРО и сложившаяся градостроительная ситуация эксплуатируемого ОРО, расположенного в границах Центрально-городского внутригородского района города Макеевки приведены в таблице.

Регламент размещения и сложившиеся условия эксплуатации ОРО
в городе Макеевке

| № п/п | Краткое описание нормы | Сложившаяся ситуация |
|--|---|---|
| <i>СП 320.1325800.2017¹</i> | | |
| 1 | Размещается за пределами городов и других населенных пунктов | Расположен в границах города |
| 2 | Минимальное расстояние от полигона до селитебной зоны – 500 м | Выдержано |
| 3 | Площадь полигона варьируется в пределах от 30 до 300 га | Ориентировочная площадь 11 га |
| 4 | Высота укладки отходов не должна превышать 60 м от основания | Ориентировочная высота 14 м |
| 5 | Производственная зона: – участок хранения; – участок сортировки, измельчения, брикетирования и т.д.; – участок компостирования; – участок захоронения; – участок термического уничтожения | Участок хранения |
| 6 | Вспомогательная зона: – административно-бытовой корпус; – контрольно-пропускной пункт совместно с пунктом стационарного радиометрического контроля; – весовая; – гараж и площадки с навесами и мастерскими для стоянки и ремонта машин и механизмов; – склад горюче-смазочных материалов; – склад для хранения энергоресурсов, строительных материалов, спецодежды, хозяйственного инвентаря и др.; – объекты электроснабжения и другие сооружения | Визуально просматривается контрольно-пропускной пункт |
| 7 | Подъездная дорога | Есть в наличии |
| 8 | Дренажная система (перехватывающие обводные каналы) | Не обнаружено |

¹ СП 320.1325800.2017. Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация: утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 17 ноября 2017 г. № 1555/пр [Электронный ресурс]. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/16294/> (дата обращения: 02.12.2023).

Окончание таблицы

| № п/п | Краткое описание нормы | Сложившаяся ситуация |
|---|--|----------------------------|
| 9 | Ограждение | |
| 10 | Локальные очистные сооружения | Отстойник |
| 11 | Освещение вспомогательной зоны | Имеются столбы ЛЭП |
| 12 | Контрольно-дезинфицирующая установка с устройством бетонной ванны для ходовой части мусоровозов | Не обнаружено |
| 13 | Сооружения для чистки, мойки и обеззараживания специального транспорта и контейнеров | |
| <i>СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03², СП 2.1.7.1038-01³</i> | | |
| 14 | Размер СЗЗ от границы объекта ОРО (от границы земельного участка) до жилой застройки 500 м | Выдержан |
| 15 | Размер СЗЗ от очистных сооружений поверхностного стока открытого типа до жилой территории 100 м | |
| 16 | Расстояние от земель сельскохозяйственного назначения 1000 м | Не выдержано (менее 100 м) |
| <i>Постановление Правительства РФ № 160 от 24.02.2009 г.⁴</i> | | |
| 17 | Охранная зона ЛЭП по обе стороны линии электропередачи: – 1–20 кВ – 10 м; – 35 кВ – 15 м; – 100 кВ – 20 м | Выдержана |
| <i>Водный кодекс РФ № 74-ФЗ от 03.06.2006 г.⁵</i> | | |
| 18 | Ширина водоохранной зоны рек или ручьев устанавливается от их истока протяженностью до 10 км – 50 м | Не выдержана |

Примечание: СЗЗ – санитарно-защитная зона.

² СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 25.09.2007 № 74 [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294844/4294844925.htm> (дата обращения: 03.12.2023).

³ СП 2.1.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов: утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 30.05.2001 № 16 [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294847/4294847630.htm> (дата обращения: 03.12.2023).

⁴ Постановление Правительства РФ «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» от 24.02.2009 № 160 [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902145038?ysclid=lrxdrr1o9l181476936> (дата обращения: 05.12.2023).

⁵ Водный кодекс Российской Федерации № 74-ФЗ от 03.06.2006 [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901982862?ysclid=lrxdvh0ak0241321710> (дата обращения: 05.12.2023).

Анализ предельных градостроительных параметров с использованием дистанционного зондирования территории размещения ОРО позволяет в оперативном режиме определить нарушение норм и правил функционирования ОРО.

Также использование метода дешифрирования космоснимков территории ОРО во временном диапазоне предоставляет возможность получать достоверную информацию о текущем экологическом состоянии ОРО, сравнивая ее с предыдущими периодами.

Следующая задача, успешно решаемая в рамках мониторинга ОРО с использованием средств дистанционного зондирования территории по основным дешифровочным признакам, – это обнаружение несанкционированных мест размещения отходов (несанкционированные свалки).

Выявление и ликвидация несанкционированных свалок – важная задача местных органов исполнительной власти, отделов государственного экологического и земельного надзора. Несанкционированные свалки в основном занимают небольшую площадь, стихийно сформированы на территории населенных пунктов, по типу в преобладающем большинстве бытовые.

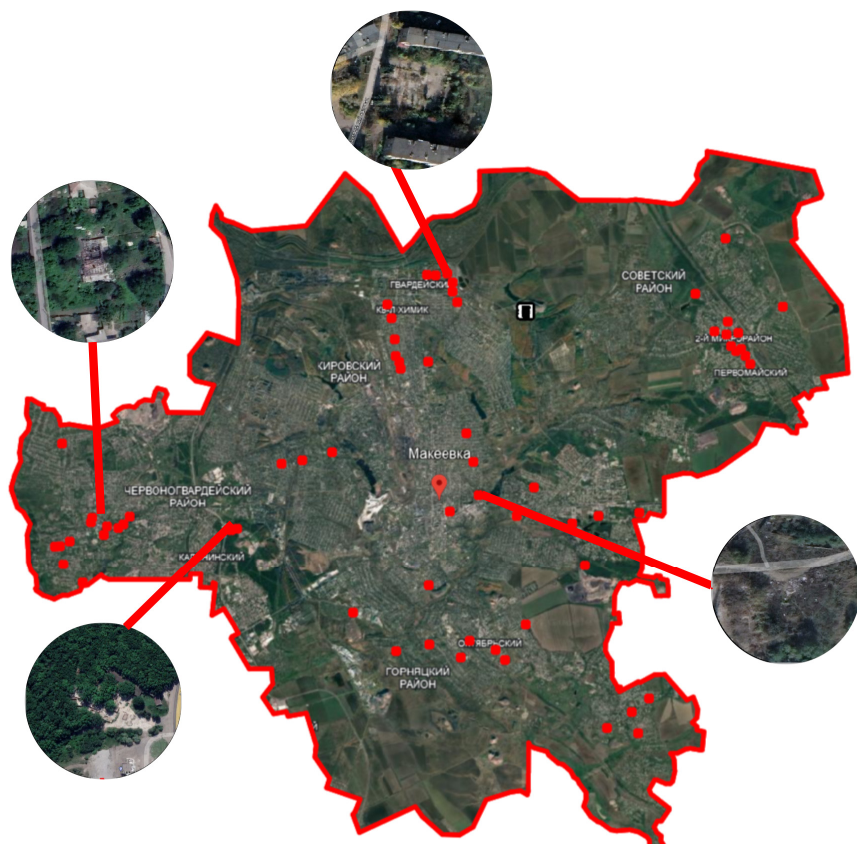
Существует несколько возможных способов выделения подобных объектов по данным дистанционного зондирования Земли. Одним из них является построение вегетационных индексов [12]. Другим способом является классификация космических снимков методом минимального расстояния, главных компонент, максимального правдоподобия [13, 14]. В результате, имея несколько эталонов, заранее заданных, можно получить множество объектов, разделенных на классы.

На рис. 4 представлена карта территорий размещения несанкционированных свалок, расположенных в городе Макеевке с увеличенными фрагментами выявленных свалок (сервис Google «Планета Земля» [10]). Всего путем визуального осмотра космоснимков в рамках исследования на территории города обнаружено 63 свалки ориентировочной общей площадью 1,5 га.

В размещении несанкционированных свалок наблюдаются следующие закономерности:

- контуры свалок обычно неправильной вытянутой формы;
- состав коммунальных отходов свалок дает на снимках белые, светло-серые, серые, желто-голубые оттенки;

- текстура мелкозернистая за счет неровностей поверхности свалок;
- в жилых массивах располагаются в зоне коммунальных построек (сараяв, гаражей);
- в периферийной части населенного пункта, дачных и гаражных массивах – места редкой застройки, пустыри, рвы;
- стоки в районе объектов коммунально-бытового назначения;
- отдаленные свалки – вдоль дорожной сети;
- места неорганизованного отдыха горожан.



Условные обозначения:



– объект размещения отходов



– несанкционированная свалка

Рис. 4. Карта территорий размещения несанкционированных свалок, расположенных в городе Макеевке

Космические снимки в сочетании с выборочным наземным контролем, данными детальной съемки, производимой при помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), могут быть основой для оперативного выявления, дешифрирования и мониторинга несанкционированных свалок. С использованием таких снимков сверхвысокого пространственного разрешения возможно визуально определять и картографировать свалки размером от 10 м² с очень большой степенью вероятности (до 90–95 %) [15]. Вышеперечисленные признаки позволяют проводить эффективный поиск стихийных свалок, а при автоматической обработке исключить из зоны поиска заведомо невозможные места их расположения.

Выводы. Исследования территорий размещения отходов в городе Макеевке показали, что данные снимков поверхности Земли являются мощным инструментом для распознавания и оценки состояния территорий ОРО, в том числе несанкционированных. Однако, несмотря на все преимущества космического мониторинга, следует отметить определенные условия к использованию данного подхода. В результате изучения космоснимков территории города Макеевки выделен ряд требований, выполнение которых необходимо для определения условий функционирования легитимно действующих ОРО и несанкционированных мест размещения отходов.

Для действующего в городе Макеевке ОРО:

- соблюдение градостроительных требований размещения полигона (расстояние до населенного пункта, минимальное расстояние до селитебной зоны, охранные и санитарно-защитная зоны);
- нормативная площадь полигона и высота укладки отходов;
- наличие обязательных элементов производственной (участок хранения, участок сортировки, измельчения, брикетирования и т.д., участок компостирования, участок захоронения, участок термического уничтожения) и вспомогательной (административно-бытовой корпус, контрольно-пропускной пункт совместно с пунктом стационарного радиометрического контроля, весовая, гараж и площадки с навесами и мастерскими для стоянки и ремонта машин и механизмов, склад горюче-смазочных материалов, склад для хранения энергоресурсов, строительных материалов, спецодежды, хозяйственного инвентаря и др., объекты электроснабжения и другие сооружения) зон.

Для выявления несанкционированных свалок на территории города Макеевки:

- предварительное зонирование территории населенного пункта, выделение зон с высокой вероятностью образования стихийных свалок;
- определение буферной зоны вокруг населенного пункта или жилищно-коммунального объекта (до 5 км), в пределах которой предполагается концентрация свалок.

Общие требования к распознаванию и оценке состояния территорий размещения отходов:

- использование съемки сверхвысокого пространственного разрешения для наибольшей вероятности обнаружения скопления коммунальных отходов (изображение с разрешением не уже 1 м);
- многозональная съемка для получения цветных изображений и использование инфракрасного канала (для выявления стоков);
- цикличность съемки (не реже одного раза в год).

Результаты обработки снимков необходимо представить в тематических слоях геоинформационной системы со всей необходимой атрибутивной информацией.

Мониторинг состояния территорий размещения отходов с использованием снимков сверхвысокого пространственного разрешения позволяет с высокой точностью идентифицировать несанкционированные свалки и выявить проблемы размещения действующих ОРО, а благодаря своему широкому охвату и высокой наглядности являются ценным источником информации для обнаружения, мониторинга состояния и процесса восстановления мест размещения отходов. Продолжение развития этих методов, улучшение технологий и дальнейшая интеграция космических данных в процессы принятия решений позволят повысить эффективность борьбы с проблемой образования отходов.

Библиографический список

1. Гарифзянов, Р.Д. Идентификация и оценка экологического состояния территорий размещения отходов методом дешифрования космических снимков / Р.Д. Гарифзянов, Г.М. Батракова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Природная экология. Урбанистика. – 2014. – № 3. – С. 86–95.
2. Липилин, Д.А. Мониторинг свалок на территории Краснодарского края по материалам спутниковых снимков (методика и результаты) / Д.А. Липилин // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2013. – Т. 3. – С. 621–625.
3. Вамболь, В.В. Мониторинг несанкционированных мест скопления отходов с использованием космических снимков / В.В. Вамболь, В.М. Шмандий, Д.Л. Крета // Технологиче-

ский аудит и резервы производства. – 2015. – № 5/6 (25). – С. 42–45. DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51182

4. Тимофеева, С.С. Мониторинг свалок твердых бытовых и промышленных отходов в Иркутском районе по данным космических снимков / С.С. Тимофеева, Л.В. Шешукова, А.Л. Охотин // Вестник Иркут. гос. техн. ун-та. – 2012. – № 9 (68). – С. 76–81.

5. Дешифрование космоснимков [Электронный ресурс]. – URL: <https://geojetexploration.com/blog/2023/02/05/дешифрирование-космоснимков/?ysclid=lr07z16vtg185715484> (дата обращения: 04.02.2024).

6. Мониторинг состояния объектов размещения отходов с использованием данных дистанционного зондирования / У.Д. Ниязгулов, А.А. Гебгарт, В.Г. Крестинков, Ф.Х. Ниязгулов // Геодезия и картография. – 2018. – № 11. – С. 47–53. DOI: 10.22389/0016-7126-2018-941-11-47-53

7. Шибалова, Г.В. Использование геоинформационных технологий для мониторинга мест складирования отходов / Г.В. Шибалова // Природообустройство. – 2015. – № 3. – С. 22–26.

8. Рихтер, А.А. Комплексная методика автоматизированного обнаружения и оценки параметров объектов захоронения отходов по данным космической съемки: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.34 / А.А. Рихтер; НИИ Аэрокосмического мониторинга «Аэрокосмос». – М., 2018. – 203 с.

9. Архипова, О.Е. Современные методы мониторинга экологического состояния территорий (на примере данных об идентификации объектов хранения отходов) / О.Е. Архипова, А.А. Магаева // Геоинформатика. – 2018. – № 4. – С. 48–58.

10. Сервис Google «Планета Земля» [Электронный ресурс]. – URL: <https://earth.google.com> (дата обращения: 04.02.2024).

11. Сервис «Топографические карты» [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru-ru.topographic-map.com> (дата обращения: 4.02.2024).

12. Оценка засоренности антропогенных фитоценозов на основе данных дистанционного зондирования Земли (на примере амброзии полыннолистной) / О.Е. Архипова, Н.А. Качалина, Ю.В. Тютюнов, О.В. Ковалев // Исследования Земли из космоса. – 2014. – № 6. – С. 15–26.

13. Качалина, Н.А. Оценка засоренности агрофитоценозов Ростовской области с использованием гиперспектральных данных дистанционного зондирования Земли / Н.А. Качалина, А.В. Гречишев, О.Е. Архипова // Информация и космос. – 2016. – № 1. – С. 131–136.

14. Архипова, О.Е. Оценка состояния рекреационной зоны Таганрогского залива на основе анализа мультиспектральных данных (LandSat) / О.Е. Архипова, В.С. Герасук // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15, № 2. – С. 65–74.

15. Абросимов, А.В. Использование космических снимков и геоинформационных технологий для мониторинга мест складирования отходов / А.В. Абросимов, Д.Б. Никольский, Л.В. Шешукова // Геоматика. – 2013. – № 1 (18). – С. 68–74.

References

1. Garifzaynov R.D., Batrakova G.M. Identifikatsiia i otsenka ekologicheskogo sostoiianiia territorii razmeshcheniia otkhodov metodom deshifrovaniia kosmicheskikh snimkov [Identification and assessment of the ecological status of the territories on waste using method of interpreting space images]. *PNRPU Bulletin, Applied ecology. Urban development*, 2014, no. 3, pp. 86–95

2. Lipilin D.A. Monitoring svalok na territorii Krasnodarskogo kraia po materialam sputnikovykh snimkov (metodika i rezul'taty) [Monitoring of dumps in the Krasnodar region from satellite imagery (methodology and results)]. *Koncept: scientific and methodological e-magazine*, 2013, vol. 3, pp. 621–625

3. Vambol' V.V., Shmandii V.M., Kreta D.L. Monitoring nesantsionirovannykh mest skopleniia otkhodov s ispol'zovaniem kosmicheskikh snimkov [Monitoring of unauthorized places of

waste accumulation using satellite imagery]. *Technology Audit and Production Reserves*, 2015, no. 5 (6 (25)), pp. 42-45. DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51182

4. Timofeeva S.S. Sheshukova L.V., Okhotin A.L. Monitoring svalok tverdykh bytovykh i promyshlennykh otkhodov v Irkutskom raione po dannym kosmicheskikh snimkov [Monitoring dumps of solid domestic and industrial waste in the Irkutsk region by satel-lite imagery data]. *VESTNIK of Irkutsk State Technical University*, 2012, no. 9 (68), pp. 76-81.

5. Deshifrovanie kosmosnimkov, available at: <https://geojetexploration.com/blog/2023/02/05/deshifirovanie-kosmosnimkov/?ysclid=lr07z16vtg185715484> (accessed 4 February 2024).

6. Niiazgulov U.D., Gebgart A.A., Krestinkov V.G., Niyazgulov F.K. Monitoring sostoianii ob"ektov razmeshcheniia otkhodov s ispol'zovaniem dannykh distantsionnogo zondirovaniia [Monitoring the state of waste disposal facilities using remote sensing data]. *Geodesy and Cartography*, 2018, no. 11, pp. 47-53. DOI: 10.22389/0016-7126-2018-941-11-47-53

7. Shibalova G.V. Ispol'zovanie geoinformatsionnykh tekhnologii dlia monitoringa mest skladirovaniia otkhodov [Usage of geoinformation technologies for monitoring the places of wastes storing]. *Prirodoobustroistvo*, 2015, no. 3, pp. 22-26.

8. Rikhter A.A. Kompleksnaia metodika avtomatizirovannogo obnaruzheniia i otsenki parametrov ob'ektov zakhoroneniia otkhodov po dannym kosmicheskoi s'emki [Integrated methodology for automated detection and evaluation of parameters of waste disposal facilities based on satellite imagery data]. Ph. D. thesis. Perm', 2019, 168 p. Moscow, 2018, 203 p.

9. Arkhipova O.E., Magaeva A.A. Sovremennye metody monitoringa ekologicheskogo sostoianii territorii (na primere dannykh ob identifikatsii ob'ektov khraneniia otkhodov) [Modern monitoring methods of ecological condition of the territory (for example of data on identification of waste storage objects)]. *Geoinformatika*, 2018, no. 4, pp. 48-58.

10. Servis Google Planeta Zemlia, available at: <https://earth.google.com> (accessed 4 February 2024).

11. Servis Topograficheskie karty, available at: <https://ru-ru.topographic-map.com> (accessed 4 February 2024).

12. Arkhipova O.E., Kachalina N.A., Tyutyunov Yu.V., Kovalev O.V. Otsenka zasorennosti antropogennykh fitotsenozov na osnove dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli (na primere ambrozii polynolistnoy) [Weediness assessment of anthropogenic phytocenoses on the basis of satellite remote sensing data (a case example of common ragweed)]. *Issledovaniya Zemli iz kosmosa*, 2014, no. 6, pp. 15-26.

13. Kachalina N.A., Grechishev A.V., Arkhipova O.E. Otsenka zasorennosti agrofytotsenozov Rostovskoy oblasti s ispol'zovaniem giperspektral'nykh dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Weediness assessment of anthropogenic phytocenoses in Rostov region using hyperspectral remote sensing data]. *Informatsiya i kosmos*, 2016, no. 1, pp. 131-136.

14. Arkhipova O.E., Gerasyuk V.S. Otsenka sostoyaniya rekreatsionnoy zony Taganrogskogo zaliva na osnove analiza mul'tispektral'nykh dannykh (LandSat) [Assessment of the state of the taganrog bay recreational zone on the basis of multispectral data (landsat) analysis]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, vol. 15, no. 2, pp. 65-74.

15. Abrosimov A.V. Ispol'zovaniye kosmicheskikh snimkov i geoinformatsionnykh tekhnologiy dlya monitoringa mest skladirovaniya otkhodov [Satellite images and gis technologies for monitoring waste storage places] // *Geomatics*, 2013, no. 1, pp. 68-74.

V. Mushchanov, E. Balabenko, V. Iskrin

RECOGNITION AND ASSESSMENT OF THE STATE OF WASTE DISPOSAL AREAS BY DECODING SATELLITE IMAGES (USING THE EXAMPLE OF THE CITY OF MAKEYEVKA)

The rapid process of urbanization, inevitable for any state, entails an increase in the volume of generated waste, including municipal waste. Increasing the efficiency of waste management is important in modern society.

The level of social consciousness of the townspeople of Makeyevka and the economic development of the territory influence formation of various types of landfills, which do not always meet the standards for their placement. Most of these are open, uncontrolled landfills that pose a real threat to environmental protection and public health.

The article carried out work to identify and assess the condition of waste disposal areas in the city of Makeyevka using the method of deciphering satellite images. The method of decoding satellite images is an effective tool in the study of landfills and adjacent territories, it allows one to overcome certain difficulties of field survey, and reduce time and resource costs. Based on the results of studying photographs of the surface of the city of Makeyevka, a number of inconsistencies with the regulations of the current conditions for the location of the operated waste disposal facility were identified, and signs of unauthorized waste disposal sites (unauthorized landfills) characteristic of decoding were identified. The findings obtained from the study of satellite images have important management implications in combating the problem of waste generation. Continuing the development of methods for interpreting satellite images and improving technological processes will make it possible to develop further mechanisms for increasing the efficiency of recognizing and assessing the condition of waste disposal areas and preliminary selection of a site for the construction of a new landfill.

Keywords: waste disposal facility, satellite images, remote sensing of the territory, decryption, unauthorized dumps.

Муцанов Владимир Филиппович (Макеевка, Российская Федерация) – проректор, профессор, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Макеевка, 286123, ул. Державина, 2, e-mail: mvf@donnasa.ru).

Балабенко Елена Владимировна (Макеевка, Российская Федерация) – профессор кафедры менеджмента строительных организаций, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Макеевка, 286123, ул. Державина, 2, e-mail: balabenko_e@mail.ru).

Искрин Василий Алексеевич (Макеевка, Российская Федерация) – ассистент кафедры городского строительства и хозяйства, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Макеевка, 286123, ул. Державина, 2, e-mail: v.a.iskrin@donnasa.ru).

Vladimir Mushchanov (Makeyevka, Russian Federation) – Vice-Rector, Professor, Head of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture (2, Derzhavin str., 286123, Makeyevka, e-mail: mvf@donnasa.ru).

Elena Balabenko (Makeevka, Russian Federation) – Professor of the Department of Management of civil Organizations, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture (2, Derzhavin str., 286123, Makeevka, e-mail: balabenko_e@mail.ru).

Vasily Iskrin (Makeevka, Russian Federation) – Teaching Assistant of the Department of Urban Construction and Economy, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture (2, Derzhavin str., 286123, Makeevka, e-mail: v.a.iskrin@donnasa.ru).

Финансирование. Работа проводилась в рамках научно-технической программы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема «Комплексное обоснование размещения полигонов для хранения и развитие системы переработки твердых коммунальных отходов в Донецкой Народной Республике» (финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 075-03-2023-704/1 от 24.05.2023).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации.

Поступила: 14.02.2024

Одобрена: 26.02.2024

Принята к публикации: 11.03.2024

Проьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Мушчанов, В.Ф. Распознавание и оценка состояния территорий размещения отходов методом дешифрирования космоснимков (на примере города Makeevka) / В.Ф. Мушчанов, Е.В. Балабенко, В.А. Искрин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2024. – № 1. – С. 53–68. DOI: 10.15593/2409-5125/2024.01.04

Please cite this article in English as: Mushchanov V., Balabenko E., Iskrin V. Recognition and assessment of the state of waste disposal areas by decoding satellite images (using the example of the city of Makeevka). *PNRPU Bulletin. Applied ecology. Urban development*, 2024, no. 1, pp. 53-68. DOI: 10.15593/2409-5125/2024.01.04