

- Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М., 1978. – 490 с.
- 12–141–2007 Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів / [А. І. Голуб, С. А. Риженко, Т. В. Скворцова та ін.]. – К., 2007. – 35 с.
- Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. 4-е изд., перераб. и доп. / З. П. Паушева. – М., 1988. – 271 с.
- Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М., 1990. – 352 с.

Надійшло до редколегії 22.12.09

ISSN 9125-054+528.8

А. А. Кроик, Л. О. Дорганова

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Проведено аналіз можливостей сучасних супутникових систем дистанційного зондування Землі щодо моніторингу екологічного стану територій, забруднених важкими металами, та визначені найбільш оптимальні з них. Знайдені найбільш інформативні діапазони спектра для дистанційної індикації важких металів у рослинах та запропоновані спеціальні спектральні індекси.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, екологічний моніторинг, важкі метали, спектральні індекси.

Исследованы возможности современных систем дистанционного зондирования Земли в космическом мониторинге экологического состояния территорий, загрязненных тяжелыми металлами, и определены наиболее оптимальные из них. Найдены наиболее информативные диапазоны спектра для дистанционной индикации тяжелых металлов в растениях и предложены специальные спектральные индексы.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, экологический мониторинг, тяжелые металлы, спектральные индексы.

Possibilities of modern Earth remote sensing systems are investigated in the space environmental monitoring of areas, contaminated with heavy metals, and the best of them are identified. The most informative E-field radiation spectrum zones for remote indication of heavy metals are identified and the special spectral indexes are offered.

Keywords: Earth remote sensing, environmental monitoring, heavy metals, spectral indexes.

Введение. Устойчивое социально-экономическое развитие современного общества невозможно без оценки различных типов антропогенного влияния на окружающую среду, а также степени ее защищенности. Среди приоритетных загрязнителей промышленно-развитых территорий особое место занимают тяжелые металлы из-за их исключительно негативного влияния на здоровье и качество жизни населения. Основными поставщиками тяжелых металлов в окружающую среду являются промышленные предприятия горно-металлургического, топливно-энергетического, химического комплексов, а также автотранспорт.

© А. А. Кроик, Л. О. Дорганова, 2010

Установлено, что вблизи горно-металлургических предприятий в радиусе 5 км наблюдается высокое загрязнение почв тяжелыми металлами. Около больших ТЭС загрязнение отмечается в радиусе 10–20 км. Например, при сгорании угля в атмосферу попадает кадмий в количестве, превышающем природные показатели в 40 раз. Тяжелые металлы вымываются из отвалов зол и шлаков ТЭС, которые содержат в значительных количествах также и радионуклиды. Почва на территории полигонов твердых бытовых отходов содержит в повышенных концентрациях кобальт, хром, свинец, никель, медь [1].

Одним из шагов достижения экологической безопасности промышленно-развитых территорий является регулярный контроль параметров окружающей среды, особенно на региональном уровне. Однако мониторинг с применением только наземных средств проводится вблизи тех или иных потенциальных источников загрязнения (промышленных предприятий) и касается лишь отдельных объектов окружающей среды (почва, вода, растения) и не дает общего представления об экологическом состоянии окружающей среды в целом в регионе. Поэтому мониторинг экологического состояния техногенно нагруженных территорий на предмет загрязнения их тяжелыми металлами обязательно должен быть комплексным с применением как наземных, так и космических методов исследований.

Целью настоящей работы является оценка возможностей применения методов космического мониторинга для исследования экологического состояния территорий промышленных агломераций на предмет загрязнения их тяжелыми металлами.

Изложение основного материала. Наличие тяжелых металлов в окружающей среде приводит к накоплению их растениями и, как следствие, вызывает стресс растительности, выраженный в морфологических эффектах (задержка роста, уменьшение биомассы), и изменениях распределения видов в пределах определенных территорий. Оценить эти нарушения можно по изменению спектральных отражательных характеристик растительности. Это позволяет принять состояние растительности на определенной территории в качестве индикатора уровня загрязнения. Тяжелые металлы воздействуют на пигментный состав растений, вызывая изменение оптических характеристик в видимом диапазоне спектра [2].

Проанализировав возможности современных и перспективных систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) различного пространственного, спектрального и временного разрешения, были выделены преимущества дистанционного аэрокосмического мониторинга, основанные на таких обусловивших их широкое применение в геоинформационных системах свойствах данных ДЗЗ как [3]:

- объективность;
- оперативность;
- регулярность (обеспечивается получение снимков на одну и ту же территорию при одинаковых условиях, например, солнечно-синхронные орбиты, что очень важно при организации мониторинговых исследований);
- разнообразие;
- возможность получения разновременных материалов съемки;
- обзорность (обширные регионы покрываются съемкой единовременно в одних и тех же условиях, в результате чего появляется возможность вести исследования в глобальном и даже планетарном масштабе);
- детализация и генерализация;

– комплексность (на снимках одновременно отображаются различные компоненты геосферы – литосфера, гидросфера, биосфера, атмосфера, что позволяет изучать их взаимодействие и взаимосвязи).

Исследовав требования к параметрам аэрокосмической информации, выдвигаемым при решении поставленной задачи, был сделан вывод, что основным из них является высокое спектральное разрешение (на уровне 30–40 нм) и пространственное разрешение не хуже 50 м. Таким параметрам лучше всего отвечают гиперспектральные системы ДЗЗ среднего и высокого разрешения [4].

С другой стороны, проведя обзор теоретических моделей, описывающих отражательные свойства растительности и системы «почва-растение», а также проанализировав зависимость спектра отражения растительности от концентрации в них тяжелых металлов [5], было установлено, что растительность как интегральная составляющая системы «почва-растение» может быть более информативной при использовании гиперспектральных данных, чем при многоспектральных. Высокое спектральное разрешение гиперспектрометров позволяет осуществлять «химический анализ», т. е. определять компонентный состав вещества зондируемого объекта в пределах пиксела [6].

Установлено, что, в основном, тяжелые металлы действуют на пигменты, влияющие на оптические характеристики растительности в видимом диапазоне спектра. В результате исследования нескольких десятков разных информативных параметров спектров отражения растительности, особенно вегетационных индексов, а также их связи с содержанием основных пигментов в растениях, выделены наиболее информативные диапазоны спектра для оценки влияния как отдельных тяжелых металлов, так и их групп на спектральную отражательную способность растений и предложены специальные спектральные индексы (таблица) [7].

Наиболее информативные диапазоны спектра для дистанционной индикации тяжелых металлов в растениях:

Mn – 400...750 нм, Fe – 400...575 нм и 585...750 нм, Pb, Zn, Cr – 450...480 нм и 620...750 нм, Cd – 450...550 нм, Cu – 450...480 нм, 510...550 нм и 620...750 нм, Ni – 450...480 нм и 550...575 нм, Mg – 620...750 нм.

Таблица

Специальные спектральные индексы для оценки влияния отдельных тяжелых металлов на растительность
 (R_λ , R_λ – коэффициент спектральной яркости, где λ – длина волны в нм)

	$\frac{R_{435}}{R_{500}}$	$\frac{R_{435}}{R_{585}}$	$\frac{R_{450}}{R_{685}}$	$\frac{R_{450}}{R_{485}}$	$\frac{R_{465}}{R_{685}}$	$\frac{R_{485}}{R_{685}}$	$\frac{R_{500}}{R_{450}}$	$\frac{R_{500}}{R_{465}}$	$\frac{R_{500}}{R_{620}}$	$\frac{R_{550}}{R_{485}}$	$\frac{R_{670}}{R_{620}}$
Mn		+		+	+		+			+	+
Pb					+	+					+
Zn	+					+	+	+			+
Cr							+		+		+
Cd			+								+
Ni	+	+									

Необходимо отметить, что симптомы поражения растительности могут быть связаны не только со способностью последней поглощать определенные виды

металлов (некоторые виды растительности толерантны к воздействию определенных поллютантов), а также с наличием патогенной флоры, пестицидов, удобрений и таких физических факторов, как влажность, инсоляция, температура. Поэтому, проведение мониторинга окружающей среды аэрокосмическими средствами требует обязательной верификации полученных данных наземными методами.

Исходя из этого, а также доступности спутниковых данных (по сети Интернет на сегодняшний день наиболее эффективным средством спутникового мониторинга загрязненности окружающей среды тяжелыми металлами можно считать космолетчики Terra/ASTER и EO-1/Hyperion.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование современных и перспективных данных ДЗЗ, особенно гиперспектральных, в комплексном мониторинге промышленно-развитых территорий на предмет загрязнения их тяжелыми металлами вполне возможно и целесообразно. Наиболее перспективным представляется комплексный подход к использованию и обработке данных ДЗЗ совместно с наземной информацией в рамках геоинформационных систем в целях предоставления наиболее полной, актуальной и объективной информации о природно-ресурсном потенциале, экономическом и экологическом состоянии территории для принятия управленческих решений как в региональном, так и в отраслевом аспектах.

Библиографические ссылки

1. Сурин В. Г. Мониторинг состояния природно-техногенных комплексов по космическим снимкам / В. Г. Сурин, М. А. Шубина // Оптический журнал. – 2006. – Т. 73, № 4. – С. 88–92.
2. Выгодская Н. Н. Теория и эксперимент в дистанционных исследованиях растительности / Н. Н. Выгодская, И. И. Горшкова. – Л., 1987. – 245 с.
3. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды / под ред. В. Н. Рождествина. – М., 2002. – 528 с.
4. Михайлов А. Е. Дистанционные методы в геологии / А. Е. Михайлов. – М., 1993. – 224 с.
5. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск, 1991. – 151 с.
6. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / за ред. В. І. Лялька і М. О. Попова. – К., 2006. – 358 с.
7. Андреева А. В. Оценка экологического состояния окружающей среды по спектрам отражения индикаторных видов растительности / А. В. Андреева, А. А. Бузников, А. А. Тимофеев, Н. В. Алексеева-Попова, А. И. Беляева // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов: Сб. научн. статей. – М., 2006. – Вып. 3. – С. 265–270.

Надійшла до редколегії 12.03.2010