

# Гиперспектральная диагностика современной техносферы

В.К. Шухостанов<sup>1</sup>, Л.А. Ведешин<sup>2</sup>, А.Г. Цыбанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Отделение «Диагностика и безопасность техносферы» РАН

117049 Москва, Ленинский проспект, 6

E-mail: [v-p@diatech.ru](mailto:v-p@diatech.ru)

<sup>2</sup>Президиум РАН

117901 Москва, Ленинский проспект, 14

E-mail: [lavedeshin@presidium.ras.ru](mailto:lavedeshin@presidium.ras.ru)

В работе проведена общая оценка достоинств и недостатков гиперспектральной аэрокосмической диагностики различных промышленных и природных объектов. Рассмотрено современное состояние космической диагностики и мониторинга объектов техносферы. Определены будущие направления развития мониторинга и космической диагностики техносферы. Проведена общая классификация спектральных систем. Рассмотрены действующие и проектируемые гиперспектральные системы российского и зарубежного производства. Проведено исследование конкретных промышленных и природных объектов с использованием гиперспектральной системы Huregion. Рассмотрена методика и результаты проведенной гиперспектральной диагностики объектов техносферы. Сделаны выводы относительно использования гиперспектральной технологии в космической диагностике объектов техносферы.

**Ключевые слова:** техносфера, гиперспектрометр, космическая диагностика, гиперспектральная сигнатура.

## Введение

В настоящее время с помощью систем космического базирования довольно успешно решаются многие задачи диагностики техносферы. К таким задачам можно отнести: трассодиагностику линейно-протяженных объектов с точным выявлением их характерных узлов и элементов; диагностику коррозионной активности грунтов на основе анализа содержания влаги в грунтах; оценку динамики негативных процессов во времени; диагностику рельефа территории; анализ и оценка формы, геометрии, разметов объектов техносферы; составление карт опасных и потенциально опасных участков на основе различной имеющейся информации и др.

Поставленные задачи при проведении космической диагностики объектов техносферы решаются сейчас в основном с помощью инфракрасных и оптических космических систем. Технические возможности этих систем достаточно хорошо изучены и активно используются. В зависимости от поставленных задач применяются: панхроматические, мультиспектральные и гиперспектральные космические снимки; снимки сверхвысокого, высокого и среднего пространственного разрешения. Космическая съемка проводится с различным радиометрическим и спектральным разрешением, шириной полосы и уровнем обработки.

Современная космическая диагностика и мониторинг техносферы в той или иной мере связана с наземными диагностическими работами. Это подтверждают многочисленные работы по космической диагностике объектов техносферы, проведенные нами.

Обычно результаты космической диагностики дополняют и повышают уровень и достоверность наземной диагностики техносферы. Это проявляется при сравнении данных космической и наземной диагностики. К таким данным, к примеру, можно отнести: координаты узлов и элементов диагностируемого объекта, выявленные опасные участки или области на объекте и прилегающей территории и т.д.

Нередко космическая диагностика незаменима в условиях объективных ограничений либо невозможности выполнения диагностических работ наземными методами. Например, объект диагностики проходит по малоосвоенным и протяженным территориям и имеет ограниченную доступность. В таких условиях только космическая диагностика дает оперативные, достоверные и точные результаты.

В конечном итоге современная космическая диагностика и мониторинг техносферы всегда является дополнением и уточнением работ по диагностике технического состояния, безопасности и возможности дальнейшей эксплуатации объектов техносферы. В настоящее время она не может выступать самостоятельно как отдельный вид диагностики объектов техносферы – тем более влиять, каким либо образом на техносферу. Это обстоятельство должно быть исправлено в будущем. Космическая диагностика в перспективе должна выступать самостоятельно в виде глобального или локального мониторинга и диагностики техносферы. Она должна обеспечить задачи управления техносферой, ее состоянием, что в итоге положительным образом скажется на обеспечении безопасности эксплуатации, продлении срока службы и ресурса техносферных объектов и систем. В этом отношении гиперспектральная диагностика техносферы – как развивающееся диагностическое направление – должна стать полноценной частью космической диагностики техносферы с получением качественной и принципиально новой информацией.

### Современные гиперспектральные действующие и проектируемые системы

Все современные гиперспектральные системы по количеству каналов и спектральному разрешению можно поделить на: односпектральные, многоспектральные, гиперспектральные и ультраспектральные (Табл. 1).

Для полноценного спектрального исследования в дистанционной диагностике техносферы целесообразно применять гиперспектральные и ультраспектральные системы с большим количеством каналов и высоким спектральным разрешением.

Таблица 1. Основные характеристики спектральных систем

№ n/n	Система	Количество каналов N	Спектральное разрешение, нм CP
1	Односпектральная (панхроматическая)	N=1	CP<2300
2	Многоспектральная	$2 \leq N \leq 99$	$23,2 \leq CP \leq 1150$
3	Гиперспектральная	$100 \leq N \leq 999$	$2,3 \leq CP \leq 23$
4	Ультраспектральная	N>1000	$0,1 \leq CP \leq 2,3$

Параметры отечественных и зарубежных действующих и проектируемых гиперспектрометров представлены в Табл. 2. Как видно из таблицы по числу каналов, спектральному и пространственному разрешению российские гиперспектральные системы очень выгодно отличаются от других. Для высокоточной гиперспектральной диагностики техносферы наиболее подходят гиперспектрометры: ГС-ГАЗПРОМ, ВУЛКАН-АСТРОГОН и АСТРОГОН-1, а также американская система HYDICE с хорошим пространственным разрешением. Гиперспектрометры со средним пространственным разрешением (до 30-50 м) можно применять для локальной и глобальной гиперспектральной диагностики и мониторинга. Все отечественные гиперспектрометры, а также некоторые американские (UVISI, LEICA, HSI, AC, FTHSI) могут эффективно применяться для качественного спектрально анализа.

Таблица 2. Отечественные и зарубежные гиперспектрометры

№ п.п.	Страна	Гиперспектрометр	Характеристики			
			Спектральный диапазон, нм	Спектральное разрешение, нм	Число каналов	Пространственное разрешение, м
<i>АВИАЦИОННЫЕ</i>						
1	США	AVIRIS	400 - 2450	10	224	20
2		HYDICE	400 - 2500	10	210	0,8 – 4,0
3	Россия	ГС-ГАЗПРОМ	250 - 2500	2	800	1 - 2
<i>КОСМИЧЕСКИЕ</i>						
4	Россия	ВУЛКАН-ЛИМБ	250 - 2000	1	800	1000
5		ВУЛКАН-АСТРОГОН	250 - 2000	1	1000	2 – 3
6		КВС	250 - 2500	1 – 2	>1000	20
7		АСТРОГОН-1	300 - 1600	1 - 2	700	5
8	США	SAIC	600 - 858	17	150	-
9		UVISI	110 - 893	0,5÷4,3	до 272	770
10		LEICA	1000 - 2500	3 и 8	256	300
11		HSI	400 – 2500	5 – 6	до 256	30
12		AC	850 – 1600	2,2 – 7,7	250	250
13		HYPERION	400 – 2500	10	224	30
14		LATI	400 – 2400	10 – 50	>200	20
15		WARFIGHTER	450 – 5000	11,4; 25	280	8
16		FTHSI	470 – 1005	5	125	30
17		COIS	400 – 2500	10	210	30
18	ЕКА (Европа)	PRISM	450 – 12300	10 – 15	>250	50
19	Италия	HYC	400 – 2500	10 – 20	210	20 – 80
20	Велико-британия	CHRIS-1	415 – 1005	1,25 – 11	56	25 - 50
21		CHRIS-2	410 – 2500	10 – 15	200	15 – 30
22	Австралия	CSIRO	400 - 2500	16	128	30

### Исследование промышленных и природных объектов

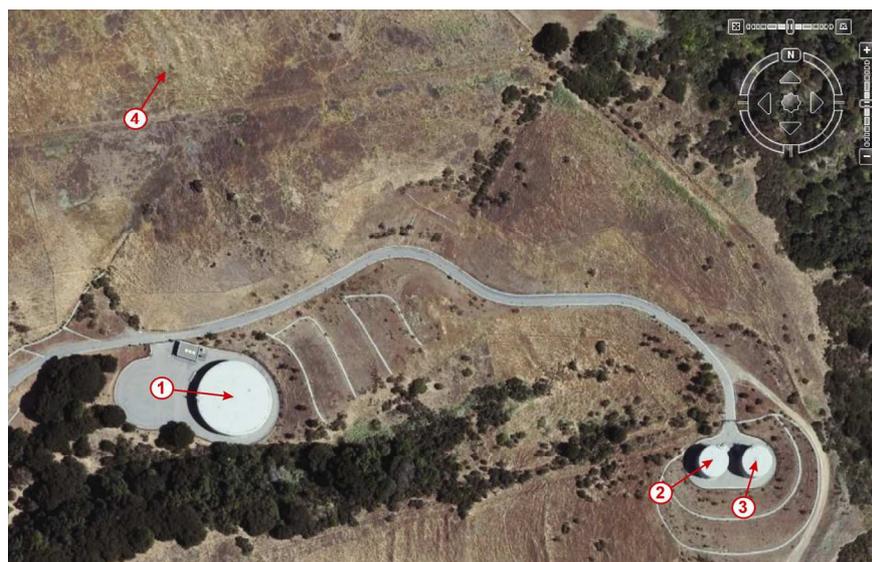


Рис. 1. Места измерений спектров резервуаров для хранения воды и почвы на космическом снимке QUICKBIRD

лес. Измерения энергетической спектральной яркости промышленных объектов снимались только

В качестве инструмента для исследования была выбрана доступная гиперспектральная система HYPERION со средними пространственными и спектральными характеристиками. Для удобства восприятия снимки с HYPERION были продублированы космическими снимками высокого пространственного разрешения QUICKBIRD.

Объектами для исследования были выбраны: резервуары, почва, промышленные здания, асфальт, дорога,

с верхних их элементов (крыш); причем измерялись как «чистые» спектры, так и смешанные спектры между объектами. Пример выбранных объектов показан на рис. 1, где на космическом снимке QUICKBIRD обозначены места измерений:

- 1 – «чистого» спектра крыши резервуара,
- 2 – смешанного спектра резервуара 1,
- 3 – смешанного спектра резервуара 2,
- 4 – спектра почвы, окружающей резервуары.

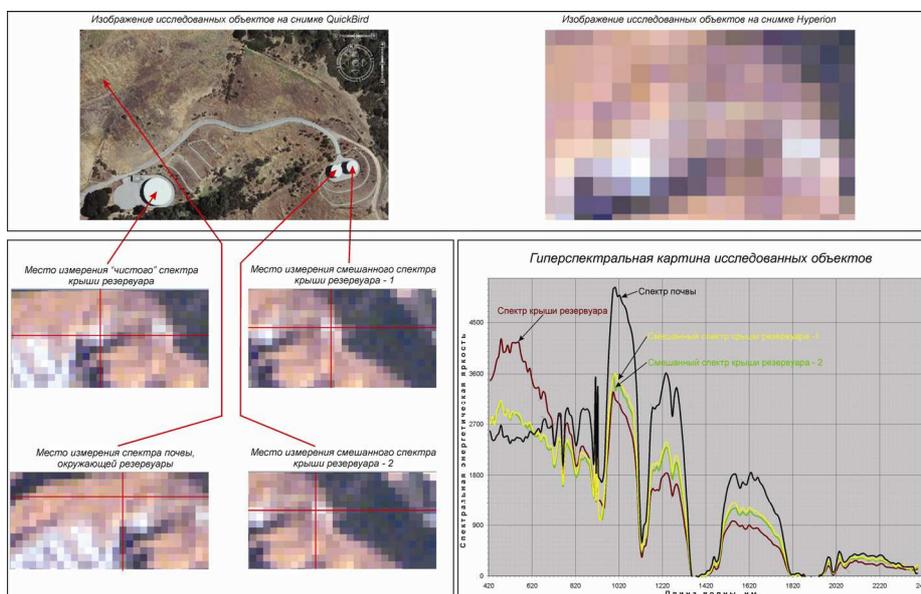


Рис. 2. Результаты гиперспектральной диагностики резервуаров для хранения воды и почвы

### Методика и результаты проведенной гиперспектральной диагностики

Основные измерения проводились с помощью инструментария программной среды Erdas Imagine. Была измерена и записана энергетическая спектральная яркость каждого объекта во всех спектральных каналах HYPERION. Всего исследовано 11 характерных промышленных и природных объектов.

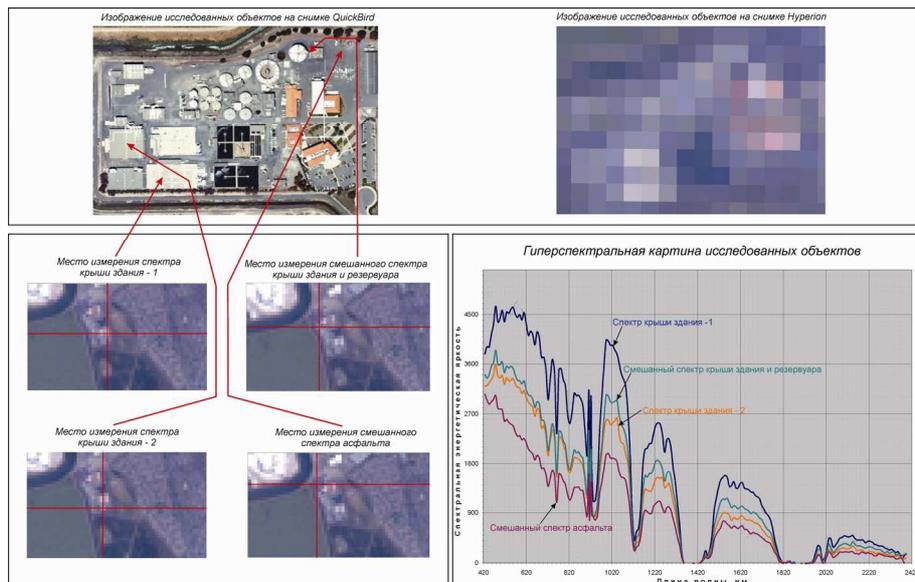


Рис. 3. Результаты гиперспектральной диагностики объектов и сооружений очистной станции

Обработанные результаты измерений показаны на рис. 2–4. В результатах приведены:

- общее изображение всех исследованных объектов на снимке HYPERION, продублированное снимком QUICKBIRD,
- места измерения спектров объектов,
- приведенная масштабированная гиперспектральная картина исследованных объектов.

Для удобства анализа была построена единая масштабированная гиперспектральная картина всех исследованных объектов (рис. 5).

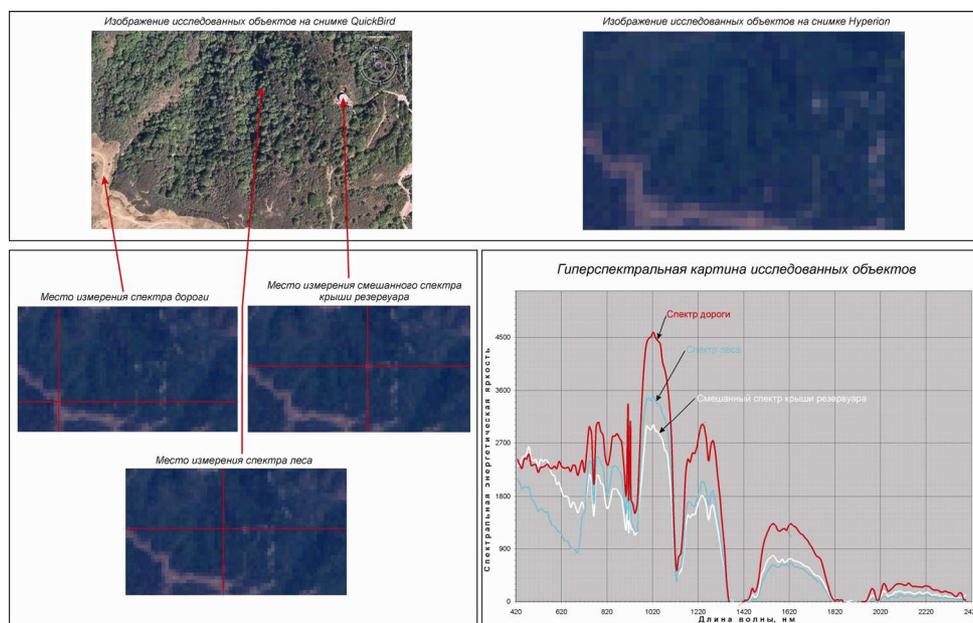


Рис. 4. Результаты гиперспектральной диагностики резервуаров на трассе подземных трубопроводов, леса и дороги

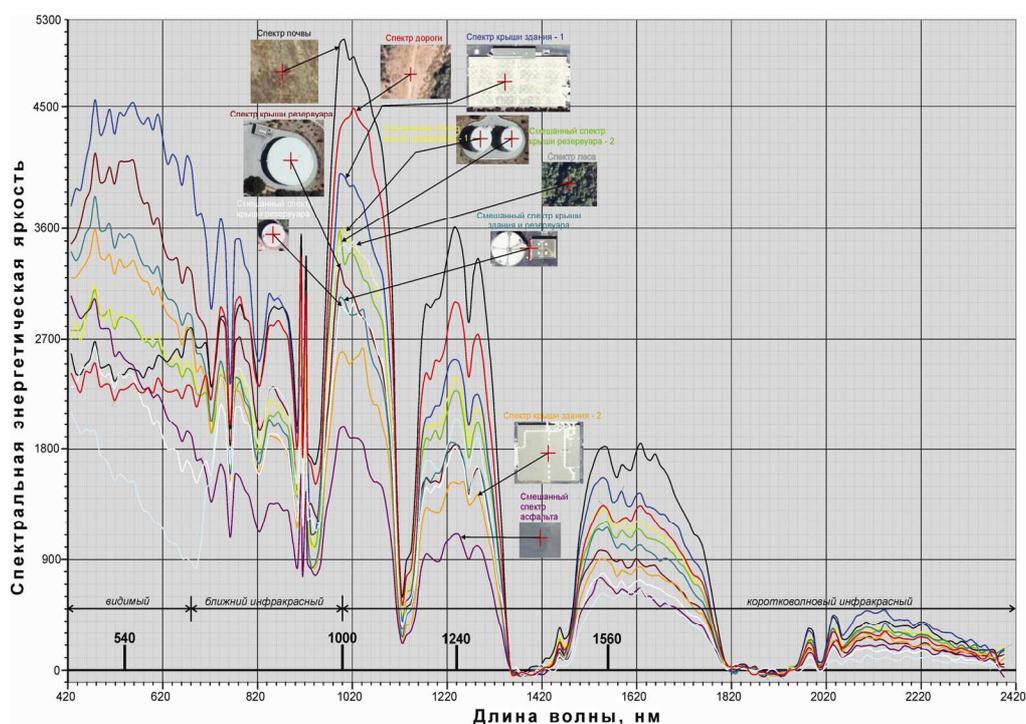


Рис. 5. Результирующая гиперспектральная картина исследованных объектов

## Основные выводы

По итогам проведенной работы можно сделать основные выводы:

1. Гиперспектральные технологии способны дополнить и повысить уровень работ по космической диагностике техносферы.
2. Гиперспектральные сигнатуры технических объектов обеспечивают и позволяют выбрать оптимальные режимы – количество каналов, диапазон длин волн, облегчают разработку конкретных методик и рабочих технологий космической диагностики и мониторинга.
3. По результатам проведенных работ качественная картина гиперспектральных типов (сигнатур) различных объектов техносферы, их природного окружения, как изолированных, так и смешанных одна и та же.
4. Гиперспектральные картины имеют явно выраженные максимумы (пики) спектральной яркости в видимом, ближнем инфракрасном, коротковолновом инфракрасном диапазонах волн.
5. Гиперспектральные сигнатуры объектов техносферы по количественному уровню спектральных пиков надежно различаются, что может быть использовано при идентификации и диагностике объектов техносферы.

## Hyperspectral diagnostics of modern technosphere

V. Shukhostanov<sup>1</sup>, L. Vedeshin<sup>2</sup>, A. Tsybanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Division «Diagnostics and safety of technosphere», RANS, Russia*

*E-mail: [v-p@diatech.ru](mailto:v-p@diatech.ru)*

<sup>2</sup> *Presidium RAS, Russia*

*E-mail: [lavedeshin@presidium.ras.ru](mailto:lavedeshin@presidium.ras.ru)*

In research an overall assessment of merits and demerits of hyperspectral space diagnostics various industrial and natural objects. The current state of space diagnostics and monitoring of technospheres objects is considered. The future directions of development of monitoring and space diagnostics of a technosphere are defined. The general classification spectral systems. Operating and projected hyperspectral systems of the Russian and foreign production are considered. Research of specific industrial and natural objects with use of Hyperions hyperspectral system. The procedure and results hyperspectral diagnostics of technospheres objects are considered. Draw conclusions on the use of hyperspectral technology in the space diagnosis of technospheres objects.

**Keywords:** technosphere, hyperspectrometer, space diagnostics, hyperspectral signature.