УДК 504.064.37+504.064.36:574

**Д.С.КОРЕЛЬСКИЙ**, *канд. техн. наук, доцент, dnk1984@mail.ru*
*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург*

**D.S.KORELSKIY,** *PhD in eng. sc., associate professor, dnk1984@mail.ru*
*National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg*

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ ТЕХНОГЕННУЮ НАГРУЗКУ, ПО МАТЕРИАЛАМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Описаны основные принципы применения космических снимков различного разрешения для оценки состояния природных почвенно-растительных сообществ, испытывающих значительную техногенную нагрузку, в первую очередь атмосферную. Исследователями приводятся различные признаки изменения качественного и количественного состава растительности под техногенной нагрузкой. Однако все они имеют существенные недостатки, что требует продолжения исследований в данной области с целью повышения достоверности выделения зон антропогенной нарушенности в оперативном режиме.

***Ключевые слова*:** промышленность, растительные сообщества, почвы, космические снимки, атмосферные выпадения.

# IDENTIFICATION OF DEGRADATION OF SOIL AND VEGETABLE COMMUNITIES TESTING TECHNOGENIC LOADING ON MATERIALS OF SPACE SHOOTING

The basic principles on the use of satellite images of different resolution to assess the state of natural soil and plant communities with severe human impacts, primarily atmospheric. Researchers give now various signs of change of qualitative and quantitative structure of vegetation under technogenic loading. However all of them have essential shortcomings that demands continuation of researches in the field for the purpose of increase of reliability of allocation of zones of a breaking of plant communities in an operative mode.

***Key words*:** industry, plant communities, soils, satellite imagery and atmospheric deposition.

В последние десятилетия техногенное воздействие стало ведущим по значимости и масштабу экологическим фактором, влияющим на состояние природных почвенно-растительных комплексов, являющихся главными источниками первичной биогенной продукции и кислорода атмосферы. Идентификация негативного процесса деградации природных систем вблизи промышленных объектов является лучшим способом предупреждения необратимых процессов, ведущих к потере биосферных ресурсов [4]. Задача оперативного мониторинга с применением космоснимков в настоящее время реализована только для динамичных процессов с яркими дешифровочными признаками, таких как лесные пожары, паводки, движение снежных, водных и горных масс. Для индикации значительной негативной нагрузки на почвенно-растительные сообщества необходимо многолетнее и трудоемкое сопоставление натурных наземных исследований и космоснимков высокого разрешения. При этом достоверность данных, полученных только по материалам дистанционного наблюдения, остается очень низкой, поскольку имеется значительное число причин нетехногенного характера, дающих схожие изменения в состоянии почвенно-растительных сообществ, регистрируемых на аэро- и фотоснимках. В этой связи необходимо комплексное изучение вопроса и

определение пути развития методологии применения результатов космической съемки для решения прикладных природоохранных задач.

В настоящее время доступны космические фото- и сканерные снимки высокого (1-2; 5-10; 15-40 м), среднего (150 м) и низкого (1 км) пространственного разрешения, получаемые в различных спектральных зонах. Для лесотаксационного дешифрирования обычно используют снимки высокого разрешения. На космических снимках видимого диапазона прямыми признаками дешифрирования являются цвет (тон), структура и текстура изображения, а основными косвенными – ландшафтные, основанные на приуроченности лесов и их отдельных типов к определенным формам рельефа [2].

Основной применяемый в настоящее время ландшафтный метод дешифрирования предусматривает обязательное изучение и установление пространственных взаимосвязей между природно-территориальными комплексами, расположенными по-соседски. Такие взаимосвязи, отраженные в текстуре изображения, дают возможность с достаточной полнотой охарактеризовать всю территорию. Для выявления и установления внутри- и межландшафтных связей и индикаторов тех или иных компонентов, явлений и процессов разработаны специальные методики ландшафтно-индикационных исследований. При отсутствии выявленных индикаторов на подготовительном этапе к дешифрированию проводится анализ литературных и картографических материалов для установления взаимосвязей между трудно наблюдаемыми компонентами ландшафта.

Древесная растительность опознается на космических снимках всех масштабов по прямым дешифровочным признакам, кустарниково-травянистая – почти исключительно по косвенным признакам. Отграничение участков, занятых древесной растительностью, от незаселенных территорий проводится по тону (цвету) и рисунку. Более детальное разделение территории на таксационные выделы по преобладающим породам или группам пород проводится на спектрозональных или многоспектральных изображениях. На снимках высокого разрешения (10 м и более) древесная растительность подразделяется по преобладающим породам или их группам (сосна, лиственница, темнохвойные, мягколиственные), укрупненным группам типов лесорастительных условий, группам возраста, полноты и запаса.

На космических снимках высокого разрешения (1-2 м) по измеренным диаметрам проекций крон (площадям проекций крон) может быть определен средний диаметр деревьев в насаждениях на высоте 1,3 м, а также высота и сомкнутость полога насаждения. Данные снимки позволяют использовать морфологические признаки при дешифрировании состава насаждений, условий местопроизрастания, с большей точностью проводить измерения и определять таксационные характеристики насаждений [3].

Однако подобный анализ снимков в видимом диапазоне не дает возможности достоверно привязать изменение в составе и качестве растительных сообществ к влиянию антропогенной нагрузки, так как на изменение качества соседних биоценозов влияет множество факторов, начиная с геологических и ландшафтных и заканчивая составом растительных видов и качеством почв.

Характерным признаком наличия растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин волн. Знания о связи структуры и состояния растительности с ее отражательными способностями позволяют использовать космические снимки для идентификации типов растительности и их состояния. Вегетационные индексы подбираются экспериментально, исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности растений. На красную зону спектра (0,62-0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,75-1,3 мкм) – максимальное отражение энергии клеточной структурой листа, т.е. высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим зна-

чениям в ближней инфракрасной. Как известно, отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов [5].

Наиболее популярен и часто используем вегетационный индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который для растительности принимает положительные значения, и чем больше фитомасса, тем его значение выше. Главным преимуществом вегетационных индексов является легкость их получения и широкий диапазон решаемых с их помощью задач, однако на значения индекса также влияет видовой состав растительности, ее сомкнутость, состояние, экспозиция и угол наклона поверхности, цвет почвы под разреженной растительностью [5].

Попытка определения нарушенности растительных сообществ с позиции чистой термодинамики путем расчета баланса приходящей эксергии на депонирование углерода и сопротивление антропогенной нагрузке, предпринятая некоторыми исследователями (В.И.Горный [1]), является чрезвычайно интересной, однако имеет ряд существенных недочетов. При сравнении термодинамических индексов с вегетативными учитывается эмпиричность получения последних, однако при выведении термодинамического индекса, основанного на базовых законах сохранения энергии, делается серьезное упрощение. Оно предполагает, что при антропогенной нагрузке растительная экосистема не теряет биомассу, сохраняет фотосинтетическую способность и количество выводимой из системы энтропии на постоянном уровне при постоянном потоке солнечной радиации [1]. Тогда часть энергии, которая могла быть израсходована на депонирование углерода растениями, идет на сопротивление антропогенной нагрузке. Это утверждение категорически неверно, так как при преобладающем большинстве различных видов антропогенной нагрузки происходит дефолиация, усыхание листвы, снижается уровень основных биологических процессов, в том числе фотосинтеза и т.д. Приведенное предположение возможно только при начальном, незначительном уровне антропогенной нагрузки на экосистему, которое может дать и обратный эффект повышения активности растительных сообществ, например, при воздействии радиации, повышении содержания микроэлементов в почве и т.п.

Таким образом, необходимо комплексное изучение современного состояния проблемы и определение пути развития методологии применения результатов космической съемки для решения прикладных природоохранных задач.

Работа проведена при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Горный В.И.* Термодинамический подход для дистанционного картографирования нарушенности экосистем / В.И.Горный, С.Г.Крицук, И.Ш.Латыпов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т.8. № 2. С.179-194.

2. Изображения Земли из космоса: примеры применения: Научно-популярное издание. М.: ООО «Инженерно-технологический центр "СКАНЭКС"», 2005. 100 с.

3. *Лабутина И.А.* Дешифрирование аэрокосмических снимков: Учеб. пособие. М.: Аспект Пресс, 2004. 184 с.

4. Рациональные способы оценки и ликвидации негативного воздействия техногенных массивов минерально-сырьевого комплекса на природную среду / Санкт-Петербург. горный ин-т. СПб, 2008. 23 с. (приложение к «Запискам Горного института». Т.179).

5. *Черепанов А.С.* Вегетационные индексы // Геоматика. 2011. № 2(11). С.98-102.

**REFERENCES**

1. *Gorny V.I., Kritsuk S.G., Latypov I.S.* A thermodynamic approach for remote mapping of a breaking of ecosystems // Modern problems of remote sensing of Earth from space. 2011. Vol.8. N 2. P.179-194.

2. Images of Earth from space: examples of application: Research and popular edition. Moscow: «Engineering and Technology Center "RDC"» Ltd, 2005. 100 p.

3. *Labutina I.A.* Deciphering aerospace imagery: Textbook. Moscow: Aspect Press, 2004. 184 p.

4. *Pashkevich M.A., Korelskiy D.S., Petrova T.A., Smirnov Y.D.* Rational ways of an assessment and elimination of negative impact of the mineral and raw complex technogenic arrays on environment / Saint Petersburg Mining Institute. Saint Petersburg, 2008. 23 p. (annex to the Proceedings of the Mining Institute. Vol.179).

5. *Tcherepanov A.S.* Vegetative indexes // Geomatika. 2011. N 2 (11). P.98-102.