



DOI: 10.36023/ujrs.2019.23.160

УДК 528.88:(535.241.44:551.43):553.31.044](477)

Оптичні характеристики ландшафту в межах родовищ залізних руд за космічними матеріалами

З. М. Товстюк, Т. А. Єфіменко*

ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН України”, вул. О. Гончара 55-Б, Київ, 01054, Україна

В районі Криворізько-Кременчуцької шовної зони вивчені оптичні характеристики елементів ландшафту на родовищах залізних руд і на прогнозних морфоструктурах на їхні поклади. В межах прогнозних морфоструктур з високим магнітним полем (залізорудні породи криворізької серії) проводилися заміри коефіцієнта спектральної яскравості (КСЯ) рослинного покриву. За космічними знімками Landsat-8 проведено спектрометрування за факторним аналізом (найбільш показовий був факторний аналіз 2) і виявлені підвищені значення оптичних характеристик рослинності в межах морфоструктур над залізистими породами. Це дозволило спрогнозувати поклади залізних руд.

Ключові слова: оптичні характеристики елементів ландшафту, прогнозні морфоструктури, коефіцієнт спектральної яскравості (КСЯ), поклади залізних руд, космічний знімок Landsat-8, інтенсивність магнітного поля

© З. М. Товстюк, Т. А. Єфіменко. 2019

Вступ

З метою встановлення перспективності виділених прогнозних структур на можливі поклади залізних руд виконувалося вивчення оптичних характеристик елементів ландшафту (рослинного покриву та ґрунтів) в межах окремих структур з високим та низьким магнітним полем. Відомо, що над породами з високим вмістом залізистих мінералів (ультраосновні та основні породи) і залізистими кварцитами значення магнітного поля коливається від 2000 до 5000 ΔТа.

Результати спектрального аналізу корінних порід, металометрії порід осадової товщі, шліхування алювіальних відкладів, одержаних при виконанні геологічних зйомок досліджуваної території масштабу 1:200 000 (Захаров та ін., 2002) показали збільшений вміст заліза, міді, поліметалів, рідкоземельних елементів тощо.

Матеріали та методика досліджень

Поклади залізних руд на території Криворізько-Кременчуцької та Оріхово-Павлоградської зони, прояви міді, поліметалів, нікелю, уранових руд та інших зобов'язують дослідників цих територій досить уважно відноситись до прогнозу цих корисних копалин, зокрема заліза.

В межах прогнозних морфоструктур з високим магнітним полем (залізорудні породи криворізької серії) проводилися заміри коефіцієнта спектральної яскравості (КСЯ) рослинного покриву. Для порівняння такі заміри проводилися і в межах морфоструктур з низькими значеннями магнітного поля.

До факторів, що формують спектральні аномалії над

родовищами заліза, поліметалів та інших рудних корисних копалин відноситься геофлюїдодинамічний, геофізичний, геохімічний та неотектонічний. При цьому геофлюїдодинамічний фактор займає значне місце в системі зв'язку “літосфера–поклад–ландшафт”. В межах таких аномалій мають місце зони підвищених і понижених механічних напруг, які обумовлюють виникнення різних видів енергії — інтенсивний перенос тепла, рідких та газоподібних флюїдів, а також активізацію окисно-відновних процесів в зонах аномально низьких значеннях механічних напруг, які співпадають з ділянками підвищених фільтраційних якостей гірських порід. Ці процеси викликають зміни рН і Eh, перерозподіл хімічних елементів в системі “вода–порода”, перехід реагуючих речовин із одного хімічного стану в другий. При цьому відбувається утворення нових мінералів, зміна фізичних та мікробіологічних властивостей порід. В результаті в зонах низьких механічних напруг формуються аномалії різних полів, на які реагують рослинний та ґрунтовий покриви, змінюючи свої спектральні характеристики.

Прояви ультрабазитів в шовних зонах (Каляев, 1961; Пустовитенко та ін., 2010; Усенко, 2003; Шумлянський, 2004) відображаються разом з прошарками залізистих порід, що залягають в крутопадаючих ізоклінальних складках та проявляються в фізичних полях. Склепінні частини цих складок обумовлюють аномалії в будові рельєфу, утворюючи ряд прирозломних морфоструктур, які можуть бути перспективними на поклади нікелю, молібдену, ванадію та рідкоземельних елементів. За літературними даними та результатами зйомочних робіт ультрабазити супроводжуються кімберлітовим магматизмом, що відкриває перспективи на пошуки алмазів в шовних зонах. В зонах впливу окисно-відновних процесів над залізистими та ультраосновними породами, збагаченими залізистими мінералами, змінюються біохімічні, електро-

* E-mail: yefimenko1751@gmail.com. ORCID.ORG/0000-0002-0896-7449

магнітні та інші поля, на які реагує рослинний та ґрунтовий покрив.

Відбивна здатність окислів заліза невисока, причому їх спектральні характеристики істотно залежать від ступеня окислення та гідратації заліза. Так КСЯ закису заліза (Fe_3O_4) трохи зменшується із збільшенням довжини хвилі, залишаючись близькими до 0.05 у всьому видимому діапазоні. З іншого боку, окис заліза (Fe_2O_3), що також має у синій та зеленій зонах спектру низькі (0.02–0.05) значення КСЯ, відрізняється різким збільшенням КСЯ у червоній зоні спектру, де він досягає 0.14. У мало гідратованих окислів заліза КСЯ значно підвищується в інтервалі 0.55–0.60 мкм, а у високо гідратованих — в інтервалі 0.50–0.54 мкм (Жуков, 1987). Зміни вмісту у ґрунті окислів заліза призводить до змін його КСЯ, причому в залежності від ступеня окислення та гідратації заліза воно може надати ґрунтам і рослинності різного забарвлення. Ґрунти з підвищеним вмістом закисного заліза мають блакитнувато-зелене забарвлення, а з переважанням окисного заліза — жовтуватий або коричнево-бурий колір (відповідно при високій або малій гідратації окислів заліза) (Толчельников, 1974). Так, наприклад, солянка, що росте на території Мангیشлаку, в межах висипок збагачених залізо-марганцевим конкреціями неогенових глин (зона малої гідратації окислів заліза) міняє свій колір — яскраво зелене листя стає бурувато-зеленим, білі квіти — рожевими. Таким чином, змінюються і її відбивні характеристики.

Такі породоутворюючі мінерали, як кварц, кальцит, розчинні солі ($CaCO_3$, NaCl та ін.) мають високі (0.6–0.9) і відносно постійні у видимому діапазоні значення КСЯ. Збільшення вмісту $CaCO_3$ на 1% в ґрунтах і осадових породах підвищує їх відбивну здатність на 0.4%. Лесові породи, що покривають плащем водороздільної території районів дослідження мають значну кількість карбонатних конкрецій — до 5% і більше, що при значному водообміні в коренеоточуючому шарі ґрунту впливає на мікроелементний склад в тканинах рослин, підвищуючи їх відбивну характеристику. Необхідно відзначити особливу роль заліза та його сполук у формуванні відбивних характеристик рослинності, які у багато чому визначають такі метаболічні процеси, як фотосинтез, фіксацію азоту, утворення хлорофілу. На прикладі Мангیشлацької солянки видно зменшення вмісту хлорофілу під впливом окислів заліза, зміну відбивних характеристик рослини. Внаслідок великої залежності від ґрунтів рослини просто “вимушені” реагувати на появу в ґрунтах багатьох мікроелементів, зокрема окислів заліза і супутні фізико-хімічні зміни в коренеоточуючому шарі. Це відбувається внаслідок двох взаємодіючих механізмів — активізації накопичення хімічних елементів, що підвищили свою рухомість в ґрунтах над зонами розущільнення корінних порід та активізації і зміни обмінних процесів. У біомасі селективно накопичується Ni, Cu, Fe, змінюється вміст елементів активного біологічного поглинання — P, Na, Mn, Mg (Архіпова, 2006).

Вивчення змін оптичних характеристик проводилося в межах території досліджень, яка охоплює східну частину Кіровоградського мегаблоку, Криворізько-Кременчуцької шовної зони, західної частини Середньо-Придніпровського мегаблоку (Рис. 1).

Заміри КСЯ проводилися вздовж лісонасаджень по однотипному виду рослин в межах морфоструктур, розташованих в неогектонічних блоках за №№. I, XIII, XIV, XX, LXXI, LXXXI, LI. Основною задачею було виявлення залежності оптичних характеристик рослинності від інтенсив-

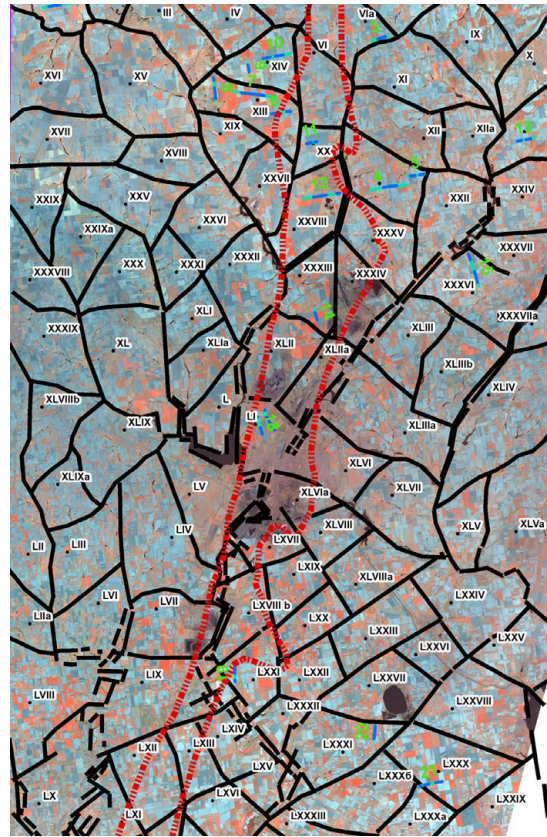


Рис. 1. Криворізько-Кременчуцька шовна зона. Розташування профілів спектротрування для вивчення змін оптичних характеристик в межах блоків (римськими цифрами — номер блока, арабськими — номер профіля)

ності магнітного поля, високі значення якого пов’язані із залізними рудами. Найбільш інформативним для визначення аномальних значень КСЯ в межах прогнозних морфоструктур з високим та низьким рівнем значень магнітного поля виявився фактор 2.

Спектротрування виконувалося на базі космічного знімку Landsat-8, канали: 1, 5, 7 (24.04.2015). За результатами спектротрування (фактор 2) зроблено аналіз графіків профілів коефіцієнта спектральної яскравості.

Блок I. Профіль № 1 проходить в зоні магнітного максимуму + 2500 Δ Та.

Спостерігається зміна оптичних характеристик вздовж профілю. Максимальні значення його відносяться до найбільш підвищеної ділянки вододілу (купольної частини морфоструктури), мінімальні — до понижених ділянок (верхів’я балок) (Рис. 2).

Блок XIV. Профіль № 9 проходить в межах магнітного максимуму інтенсивністю +700 Δ Та.

Вздовж профілю спостерігається підвищення оптичних характеристик в межах центру морфоструктури (Рис. 3).

Блок XIII. Профіль № 8. Інтенсивність магнітного поля + 2500 Δ Та. Вздовж профіля спостерігається підвищення оптичних характеристик в центральній його частині, пониження — на краях профіля в межах зволжених ділянок — від’ємні значення (Рис. 4).

Блок XX. Профіль № 11. Проходить в межах магнітної аномалії, що змінюється від початку профіля від 2000 Δ Та до 5000 Δ Та. Вздовж профіля спостерігається зміна оптичних характеристик в сторону зростання від початку профіля до його східної частини. Пониження значень в

кінці профіля — в межах незначного пониження в рельєфі (верхів'я балки) (Рис. 5).

Блок LXXXI. Профіль № 20. Інтенсивність магнітного поля — + 200...+ 300 Δ Та. Вздовж профіля спостерігається незначне одноманітне підвищення оптичних характеристик. На початку профіля — від'ємні значення в межах зволоженої ділянки ґрунту (Рис. 6).

Блок LXXI. Профіль № 19. Інтенсивність магнітного поля від + 50 до 0 Δ Та. Незначне одноманітне підвищення оптичних характеристик вздовж усього профіля (Рис. 7).

Блок LI. Профіль № 18 та № 17. В межах обох профілів спостерігається збільшення оптичних характеристик рослинності в зоні збільшення інтенсивності магнітного поля від + 200 Δ Та до + 1000 Δ Та (Рис. 8).

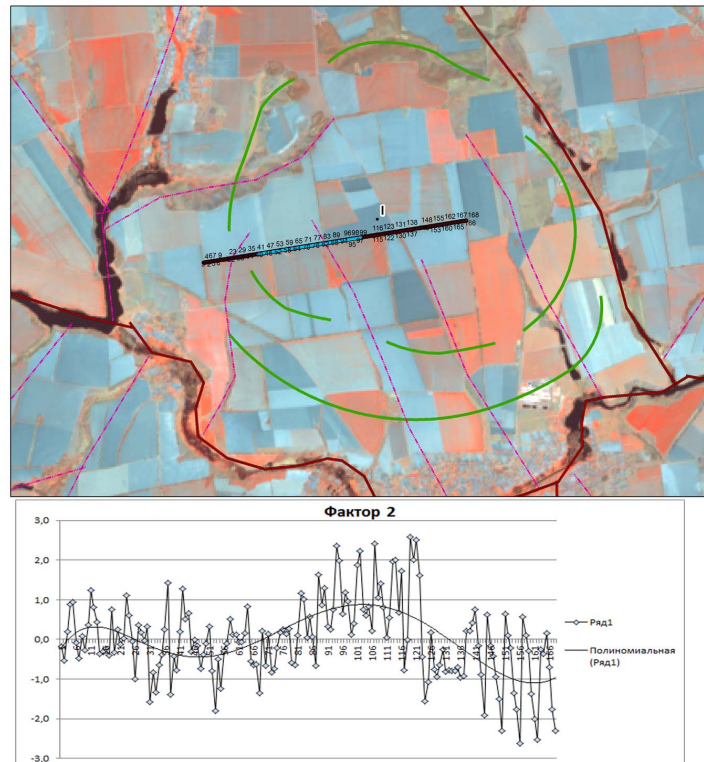


Рис. 2. Криворізько-Кременчуцька шовна зона. КЗ Landsat-8, канали 1, 5, 7 (24.04.2015). Блок I. Профіль № 1. Графік змін оптичних характеристик рослинності в межах морфоструктури

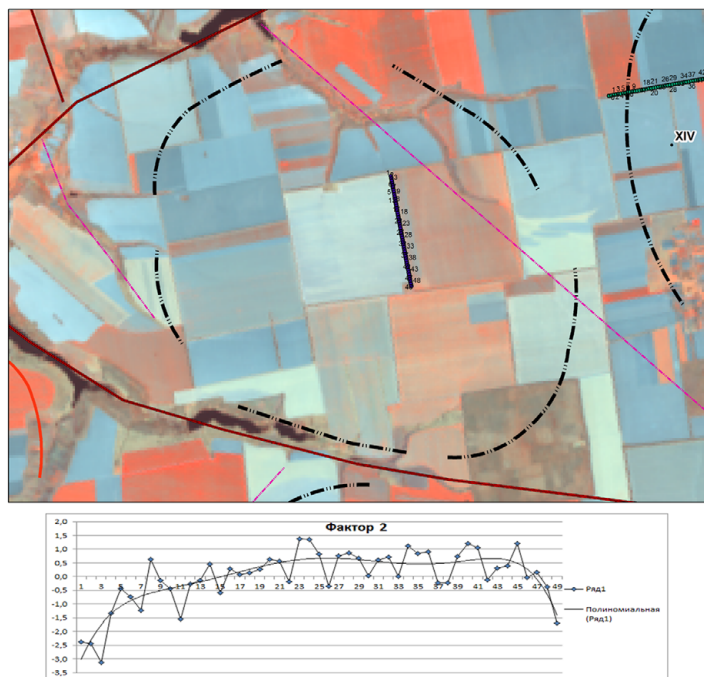


Рис. 3. Криворізько-Кременчуцька шовна зона. КЗ Landsat-8, канали 1, 5, 7 (24.04.2015). Блок XIV. Профіль № 9. Графік змін оптичних характеристик рослинності в межах морфоструктури

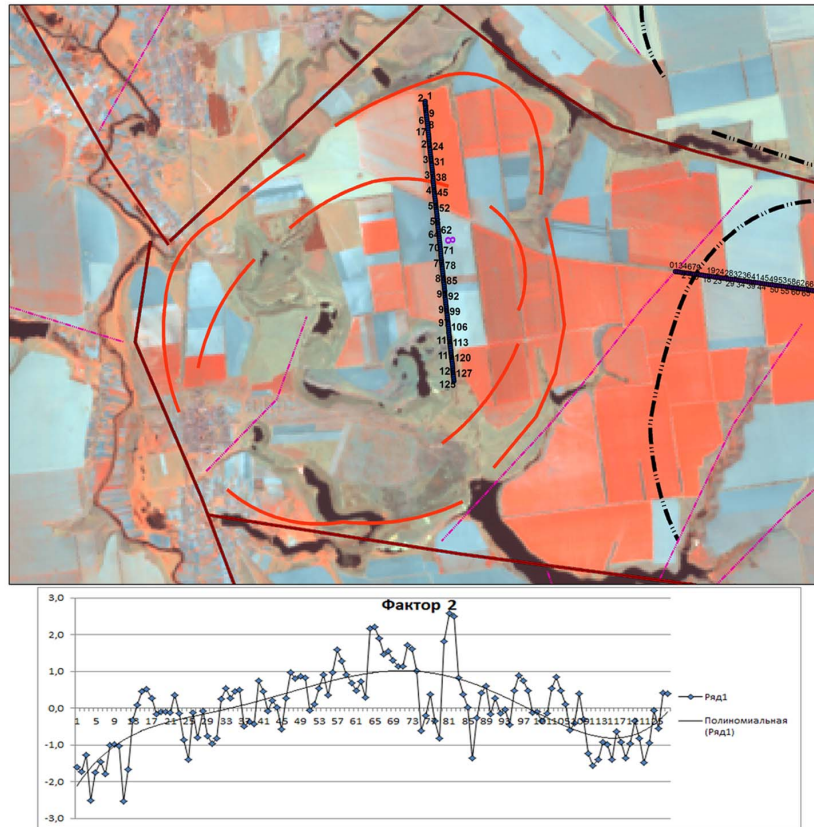


Рис. 4. Криворізько-Кременчуцька шовна зона. КЗ Landsat-8, канали 1, 5, 7 (24.04.2015). Блок XIII. Профіль № 8. Графік змін оптичних характеристик рослинності в межах морфоструктури

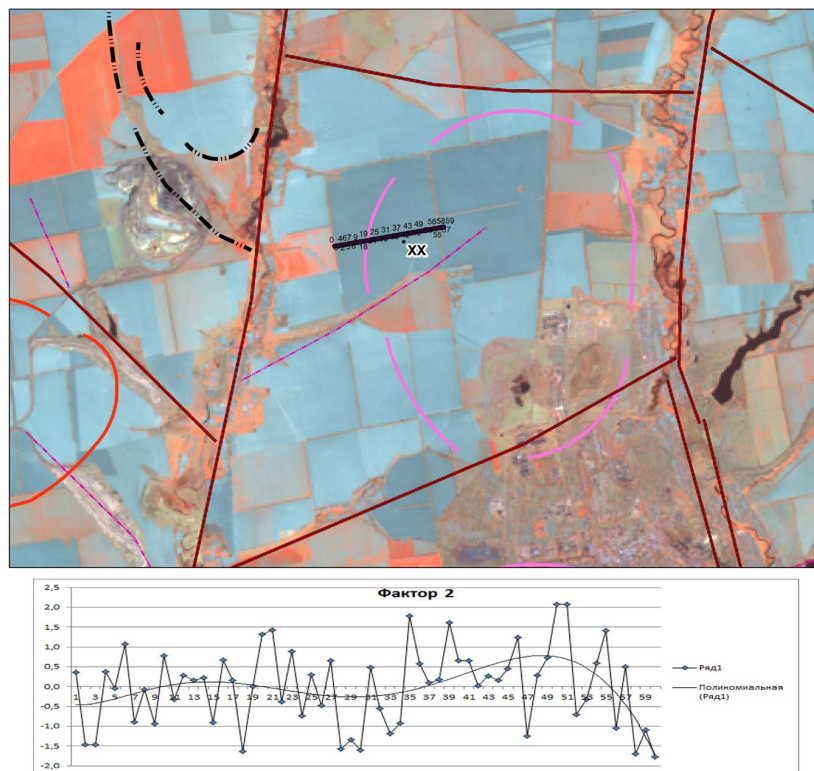


Рис. 5. Криворізько-Кременчуцька шовна зона. КЗ Landsat-8, канали 1, 5, 7 (24.04.2015). Блок XX. Профіль № 11. Графік змін оптичних характеристик рослинності в межах морфоструктури

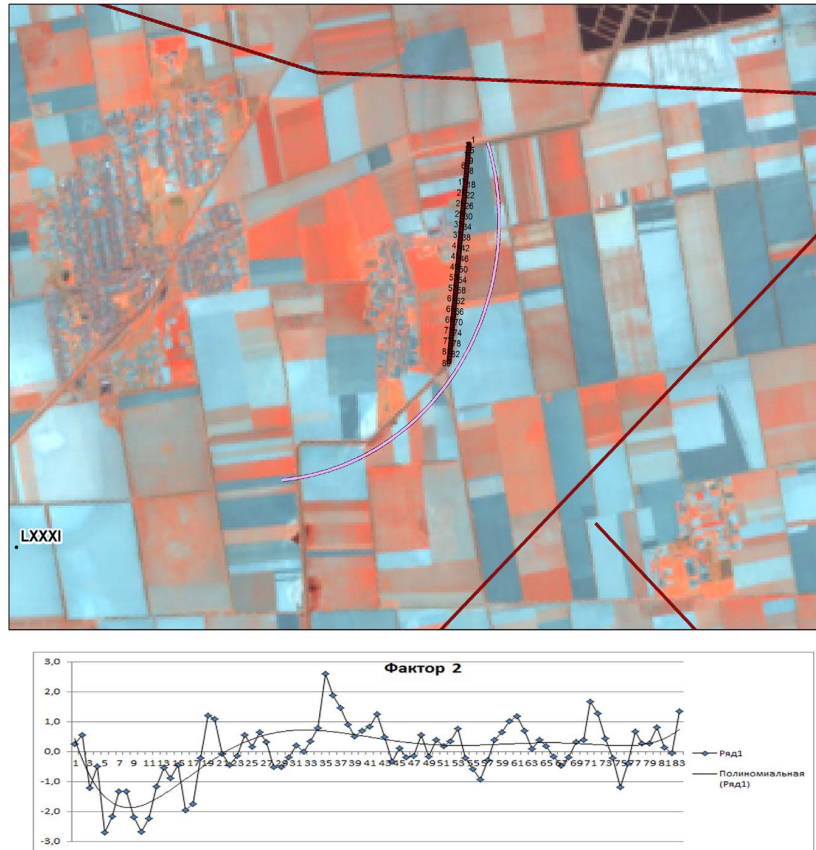


Рис. 6. Криворізько-Кременчуцька шовна зона. КЗ Landsat-8, канали 1, 5, 7 (24.04.2015). Блок LXXXI. Профіль № 20. Графік змін оптичних характеристик рослинності в межах морфоструктури

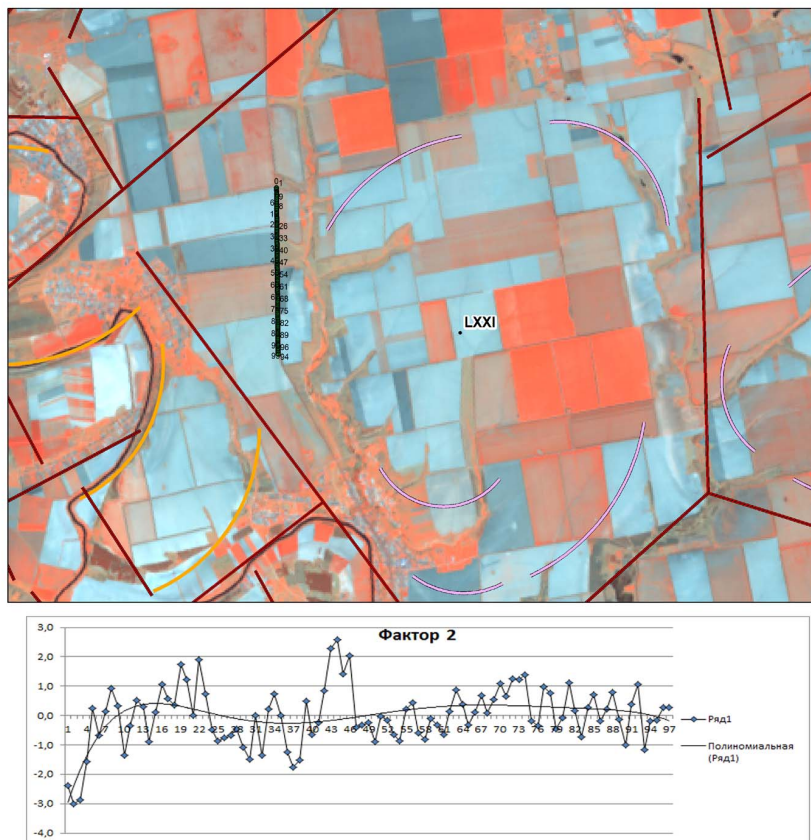


Рис. 7. Криворізько-Кременчуцька шовна зона. КЗ Landsat-8, канали 1, 5, 7 (24.04.2015). Блок LXXI. Профіль № 19. Графік змін оптичних характеристик рослинності в межах морфоструктури

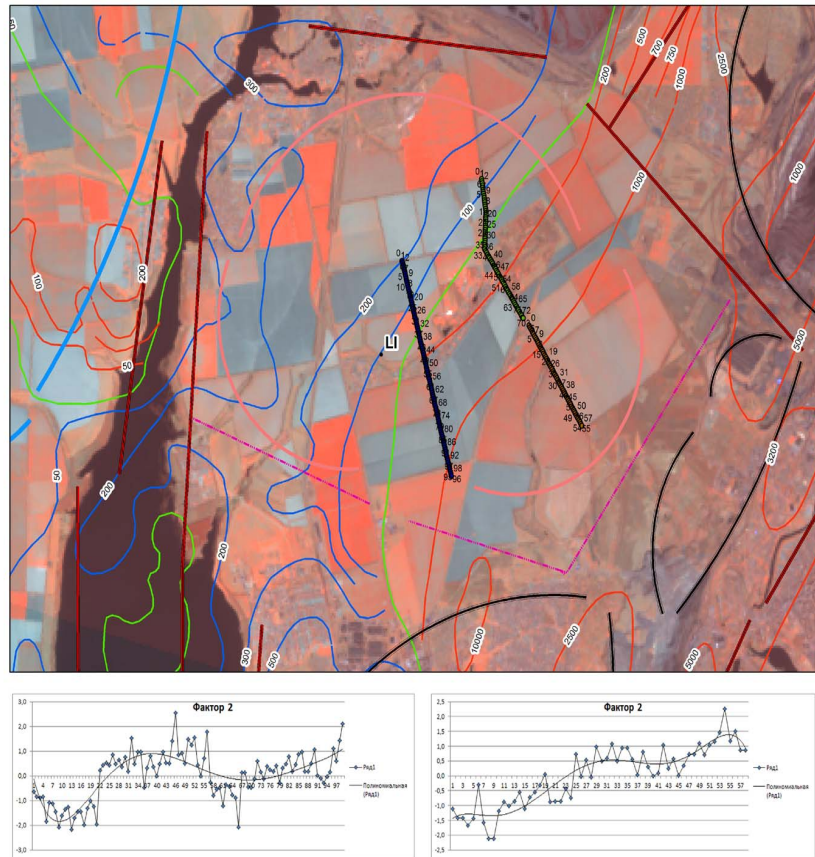


Рис. 8. Криворізько-Кременчуцька шовна зона. КЗ Landsat-8, канали 1, 5, 7 (24.04.2015). Блок LI. Профіль № 18 та № 17. Графік змін оптичних характеристик рослинності в межах морфоструктури за інтенсивністю магнітного поля

Висновки

Таким чином, підвищені значення оптичних характеристик рослинності (фактор 2) в межах морфоструктур над залізистими породами, де інтенсивність магнітного поля коливається від +2500 до +5000 Δ Та дає змогу прогнозувати поклади залізних руд в межах морфоструктур з високою інтенсивністю магнітного поля.

Література

Архіпова Т. О. Обґрунтування методики прогнозування покладів вуглеводнів на суходолі з використанням матеріалів аерокосмічних та геохімічних досліджень (на прикладі нафтогазоносних площ Дніпровсько-Донецької западини): автореферат дис. ... канд. геол. наук: 27.12.06 / ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України". Київ, 2006. 20 с.

Жуков Б. С. Физические основы дистанционного зондирования. *Итоги науки и техники. Исследования Земли из Космоса*. 1987. № 1. С. 6–78.

Захаров В. В., Мартинюк А. В., Токар Ю. М. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Пояснювальна записка. М-36-XXXIV (Жовті Води), L-36-IV (Кривий Ріг). К.: Геоінформ, 2002. 101 с.

Каляев Г. И. Орехово-Павлоградский рудный пояс. *Геологический журнал*. 1961. Т. XXI, № 6. С. 36–43.

Пустовитенко Б. Г., Кульчицкий В. Е., Пустовитенко А. А., Складар А. М. Инструментальные и макросейсмические данные о процессах в очаговой зоне Криворожского землетрясения 25 декабря 2007 г. *Геофизический журнал*. 2010. Т. 32, № 2. С. 75–97.

Толчельников Ю. С. Оптические свойства ландшафтов. Л.: Наука, 1974. 252 с.

Усенко О. В. Палеозойский кимберлитовый магматизм Донбасса и Приазовья. 2003. *Докл. НАНУ*. № 8. С. 128–132.

Шумлянский В. В. Литогенез и гипогенное рудообразование (источники рудного вещества и флюидов в немагматических платформенных и складчатых областях). Киев: Ин-т геологических наук, 1994. 75 с. (Препринт НАН Украины, ИГН).

References

Arhipova, T. O. (2006). Substantiation of hydrocarbon deposits prediction methodology on land by using aerospace data and geochemical information (on the example of oil and gas areas of the Dnieper-Donetsk depression). (Extended abstract of candidate thesis). Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Science of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. (in Ukrainian).

Zhukov, B. S. (1987). Physical fundamentals of remote sensing. Results of science and technology. *Issledovaniya Zemli iz Kosmosa*, 1, 6–78. (in Russian).

Zakharov, V. V., Martynjuk, A. V., Tokar, Ju. M. (2002). State Geological Map of Ukraine. Scale 1: 200.000. Explanatory note. M-36-XXXIV (Zhovti Vody), L-36-IV (Kryvvi Rih). Kyiv: Geoinform. (in Ukrainian).

Kalyaev, G. I. (1961). Orekhovo-Pavlogradskiy ore belt. *Geologicheskii zhurnal*, XXI, 6, 36–43. (in Russian).

Pustovitenko, B. G., Kulchitskiy, V. Ye., Pustovitenko, A. A., Sklyar, A. M. (2010). Instrumental and macro-seismic data on the processes in the focus zone of the Krivoy Rog earthquake on the 25th of December 2007. *Geophysical journal*, 32, 2, 75–97. (in Russian).

- Tolchelnikov, Yu. S. (1974). *Optical properties of landscapes*. Lviv: Nauka. (in Russian).
- Usenko, O.V. (2003). Paleozoic kimberlite magmatism of Donbass and Pryazovia. *Dokl. Nac. akad. nauk Ukr.* 8, 128–132. (in Russian).
- Shumlyanskiy, V. V. (1994). Lithogenesis and hypogenic ore formation (sources of ore substance and fluids in non-magmatic platform and folded areas). Kyiv: Institute of Geological Science of the National Academy of Sciences of Ukraine. (Preprint of the National Academy of Sciences of Ukraine). (in Russian).

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАНДШАФТА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД ПО КОСМИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ

З. М. Товстюк, Т. А. Єфіменко

ГУ “Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины”, ул. О. Гончара 55-Б, 01054, Киев, Украина. E-mail: yefimenko1751@gmail.com. ORCID.ORG/0000-0002-0896-7449

В районе Криворожско-Кременчугской шовной зоны изучались оптические характеристики элементов ландшафта на месторождениях железных руд и на прогнозных морфоструктурах их залежей. В пределах прогнозных морфоструктур с высоким магнитным полем (железорудные породы криворожской серии) проводились замеры коэффициента спектральной яркости (КСЯ) растительного покрова. По космическому снимку Landsat-8 проведено спектрометрирование по факторному анализу (наиболее показателен был факторный анализ 2) и выявлены повышенные значения оптических характеристик растительности в пределах морфоструктур над железистыми породами. Это позволило спрогнозировать залежи железных руд в пределах прогнозных морфоструктур.

Ключевые слова: оптические характеристики элементов ландшафта, прогнозные морфоструктуры, коэффициент спектральной яркости (КСЯ), месторождения железных руд, космический снимок Landsat-8, интенсивность магнитного поля

LANDSCAPE OPTICAL PROPERTIS OF LAND WITHIN IRON ORE DEPOSITS BASED ON SATELITE DATA

Z. M. Tovstuk, T. A. Yefimenko

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, National Academy of Sciences of Ukraine, O. Gonchar st. 55-B, 01054, Kyiv, Ukraine. E-mail: yefimenko1751@gmail.com. ORCID.ORG/0000-0002-0896-7449

In the area of the Krivoy Rog-Kremenchug suture zone, the optical characteristics of landscape elements were studied, both at iron ore deposits and above predicted morphostructures on iron ore deposits. Within the predicted morphostructures with a high magnetic field (iron ore rocks of the Krivoy Rog series), measurements were made of the spectral brightness coefficient (CMF) of vegetation cover. The Landsat-8 satellite image was used to perform spectrometry analysis using factor analysis (factor analysis 2 was most indicative) and elevated values of the optical characteristics of vegetation within the morphostructures above ferruginous rocks were revealed. This made it possible to predict deposits of iron ores within the predicted morphostructures with a high magnetic field intensity.

Keywords: optical characteristics of the elements of the landscape, predicted morphostructures, spectral brightness coefficient (CMF), deposits of iron ores, Landsat-8, magnitude of magnetic field