

Національна академія наук України  
Національне космічне агентство України  
Центр аерокосмічних досліджень Землі

# УКРАЇНА З КОСМОСУ

А Т Л А С  
дешифрованих знімків території України  
з космічних апаратів

Під редакцією  
члена-кореспондента Національної академії наук України  
В. І. Лялька  
та члена-кореспондента Національної академії наук України  
О. Д. Федоровського

National Academy of Sciences of Ukraine  
National Space Agency of Ukraine  
Centre of Aerospace Research of the Earth

# UKRAINE FROM SPACE

A T L A S  
of Decoded Images of the Area of Ukraine  
from Space Platforms

Edited by Vadim I. Lyalko,  
Corresponding member of the National Academy of Sciences of Ukraine, and  
Oleksandr D. Fedorovskiy,  
Corresponding member of the National Academy of Sciences of Ukraine

## ПЕРЕДМОВА

Дистанційне зондування Землі з космічних апаратів є одним з пріоритетних напрямків сучасної космічної науки, яке не лише дозволяє досліджувати глобальні процеси і явища, але й вирішувати актуальні практичні задачі.

Українські вчені, конструктори та інженери брали участь і вносили істотний вклад у виконання всіх космічних програм в цьому напрямку, що здійснювались в Радянському Союзі.

Зараз Україна як суверенна держава продовжує ці дослідження у співпраці з міжнародною спільнотою в рамках Державної космічної програми України, започаткованої в 1992 році.

Особлива увага у відповідних установах приділяється створенню теоретичних основ, методик і комп'ютерних технологій та унікальної апаратури для дистанційного дослідження земної поверхні, морів і океанів з космосу в різних спектральних діапазонах для пошуків корисних копалин, екологічного контролю довкілля, метеорологічного прогнозування та визначення стану сільськогосподарських угідь.

З метою підвищення ефективності та практичної віддачі цих досліджень у 1995 році здійснено запуск першого українського супутника «Січ-1», який оснащено засобами дистанційного зондування Землі. Передбачається продовжити роботи по створенню та запуску нових космічних апаратів серії «Січ» з більш досконалою спектрометричною та радіолокаційною знімальною апаратурою, яка дасть можливість вирішувати більш широкий спектр задач, пов'язаних з інвентаризацією та оцінкою якості земель, виявленням біопродуктивності нових районів промислу в океанах і морях тощо.

У 1996 році в рамках відповідного міжнародного проєкту на російську орбітальну станцію «Мир» було запущено модуль «Природа». Українські організації беруть участь у цьому проєкті, забезпечуючи космічні зйомки полігонними вимірами, які необхідні для калібровки даних зйомок території України. Українські організації та спеціалісти в галузі дистанційного зондування Землі успішно співпрацюють з космічними агентствами та відповідними організаціями Росії, Німеччини, Франції, Латинської Америки, Європейського співтовариства та інших країн. Це дає можливість використовувати при вирішенні актуальних для України природоресурсних та природоохоронних задач разом з матеріалами зйомок з українського супутника, також і космічну інформацію з різноманітних національних та міжнародних космічних апаратів.

В представленому атласі тематично інтерпретованих космознімків «Україна з космосу», створення якого стало можливим завдяки освоєнню українськими фахівцями комп'ютерних технологій обробки космічної інформації, широко використані матеріали зйомок з космічних апаратів SPOT (Франція), «Landsat» (США), «Ресурс» (Росія) та «Січ» (Україна).

Сподіваємось, що цей атлас зацікавить як розробників космічної техніки, так і користувачів інформації дистанційного зондування Землі, збере широку читачську аудиторію і буде сприяти розширенню уявлень про стан і можливості української космічної науки і технології в цьому напрямку, що інтенсивно розвивається в промислово розвинених країнах.

Президент  
Національної академії наук України

академік Б. Є. ПАТОН

Генеральний директор  
Національного космічного агентства України

О. О. НЕГОДА

## PREFACE

Remote sensing of the Earth from space platforms is one of the foremost trends in the modern space science that enables both the study of global processes and phenomena and the solution of pressing applied problems.

The Ukrainian scientists, designers, and engineers took part in and have made their contribution to the implementation of all space programs in this field carried out in the Soviet Union.

Now a sovereign state, Ukraine continues these investigations in collaboration with the international community in the framework of the National Space Programme of Ukraine launched in 1992.

Relevant organizations pay special attention to the development of theoretical fundamentals, procedures, and computer technologies, as well as unique equipment for remote sensing of the Earth's surface, seas, and oceans from space in various spectral ranges with the aim to prospect minerals, control the environment, forecast weather, and record the agricultural land condition.

In order to raise the efficiency and output of these investigations, the first Ukrainian satellite «Sich-1» was launched in 1995, it was instrumented for remote sensing of the Earth. Activity will continue on designing and launching new space vehicles of the «Sich» series with more advanced spectrometric and radar imaging instruments that will enable the solution of a variety of problems, those, in particular, connected with the inventory and assessment of soils, with the study of bioproductivity of new fishery regions in oceans and seas, etc.

In 1996 the «Priroda» module was launched to join the Russian orbital «Mir» station within the scope of an international project. Ukrainian organizations participate in this project, providing the space imaging by the test site measurements necessary for the calibration of the survey data for the area of Ukraine. Ukrainian organizations and experts in the field of remote sensing collaborate successfully with space agencies and homologous organizations from Russia, Germany, France, Latin America, European Community, and other countries. This is beneficial in solving the problems on natural resources and environment protection actual for Ukraine, as the survey data acquired from the Ukrainian satellite is supplemented by space information from various national and international space platforms.

The present atlas of thematically interpreted space images, «Ukraine from Space», contains vast survey data obtained from various space platforms — SPOT (France), «Landsat» (USA), «Resurs» (Russia), and «Sich» (Ukraine). Its compilation became possible due to successful mastering of computer technologies for the space data processing by Ukrainian specialists.

We hope that this Atlas will be of interest for both the designers of space technologies and the users of remote sensing information for the Earth, that it will have a wide circle of readers and will widen reader's view of the competency and potentialities of the Ukrainian space science and technologies in this field which is developing intensively in the industrial countries throughout the world.

President,  
National Academy of Sciences of Ukraine

Academician B. Ye. PATON

Director-General,  
National Space Agency of Ukraine

O. O. NEGODA

## **ЧАСТИНА I**

**Землекористування, природоохоронні  
та природоресурсні задачі**

## **PART I**

**Land use, environment protection,  
and natural resources**

## РОЛЬ КОСМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ТА ПРИРОДООХОРОНИ

Для України характерні значна густота населення і досить висока концентрація промислового та сільськогосподарського виробництва. Тому актуальною задачею є оперативний контроль екологічного стану геосистем, навантаження на які в деяких регіонах вже перевищило межі допустимої екологічної ємності. Це ускладнюється ще й впливом на природу аварії на Чорнобильській АЕС, а також тим, що токсиканти, рухаючись в системі вода—порода, можуть потрапити в підземні води, за рахунок яких здійснюється водопостачання 2/3 населених пунктів країни.

Для вирішення актуальних завдань, спрямованих на раціональне природокористування, необхідно створити сучасні засоби для отримання оперативної інформації про стан геосистем України.

Як відомо, найефективнішими методами оперативного контролю геоecологічного стану є аеро-космічні методи зондування Землі в різних спектральних діапазонах. Сучасний рівень розвитку засобів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дозволяє отримати високоточні дані про параметри суші і вод з необхідним просторовим розв'язанням і періодичністю поновлення інформації. Досвід більш як двадцятип'ятирічної експлуатації природоресурсних штучних супутників Землі виявив перспективність та ефективність застосування методів ДЗЗ, і одним з підтверджень цього є державна космічна програма України та запуск українського супутника «Січ-1».

Несприятливий екологічний стан геосистем України стимулює проведення робіт для створення космічних методів та вдосконалення технічних засобів отримання та обробки матеріалів дистанційного зондування Землі. У зв'язку з цим автори здійснили спробу створити атлас, який може бути посібником, що ілюструє на реальних космічних знімках деякі можливості практичного використання космічної інформації, одержаної у вигляді сканерних знімків в різних діапазонах спектру (оптичному, ІЧ та НВЧ), для вирішення різноманітних проблем водокористування та водоохорони.

Вважається, що найкращі результати досягаються при комплексному, синхронному використанні космічних та наземних досліджень, коли результати наземних вимірювань екстраполюються на картосхеми, одержані на основі космічних знімків.

В даний час зйомку поверхні Землі виконують природно-ресурсні супутники «Січ-1», «Природа», «Метеор-3», «Landsat», SPOT, NOAA, ERS та інші. Вони оснащені багатоспектральною скануючою апаратурою MCY, MSS, TM, HRV, MOMS та іншими. Вказані сканери мають до п'яти каналів в оптичному діапазоні від 0.4 мкм до 0.75 мкм з роздільною здатністю від 10 м до 360 м та канали в інфрачервоному діапазоні від 0.75 мкм до 14 мкм з роздільною здатністю 120—170 м. Сучасні радіолокатори з синтезованою апертурою, які працюють в діапазоні від 3 см до 23 см, забезпечують роздільну здатність на місцевості близько 30 м.

В Україні на протязі останніх десятиріч склалися міжнародно визнані наукові школи в напрямку дистанційного зондування Землі, зокрема:

- Центр аерокосмічних досліджень Землі НАН України;
- Морський гідрофізичний інститут НАН України;
- Центр радіофізичного зондування Землі НАН України та НАН України.

Дослідження цих установ дістали міжнародне визнання і відзначені рядом премій, нагород та грантів.



## ROLE OF SPACE INFORMATION IN SOLVING LAND USE AND ENVIRONMENT PROTECTION PROBLEMS

Ukraine is characterized by a considerable population density and a rather high concentration of industrial and agricultural production. Therefore a pressing problem is the effective monitoring of ecological conditions in the geosystems where the load in some regions exceeds the safe threshold of ecological capacity. This situation is complicated also by after-effects of the Chernobyl accident, as well as by the toxicants that move in the water-rock system and can get into the underground water which is the water source for two-thirds of the population.

It is well known that the aerospace methods of remote sensing of the Earth in various spectral ranges are the most efficient ones for expeditious monitoring of geocological conditions. The present level of the facilities for remote sensing of the Earth (RSE) enables the acquisition of high-precision data about land and water parameters with a sufficiently high spatial resolution, with the information being periodically updated. A 25-year experience in the operation of artificial satellites for the study of the Earth's natural resources has proved the RSE methods to be promising and efficient and served as a basis for the National Space Programme of Ukraine and for the launching of the Ukrainian satellite «Sich-1».

Unfavourable ecological conditions of geosystems in Ukraine foster the activity in developing space methods and improving technical means for the acquisition and processing of remote sensing data. In this connection the authors made an attempt to compile an atlas of actual space images which may be a guide illustrating the scope for using the space information acquired as scanned images in different spectral ranges (visible, infrared, and microwave) to solve various problems in the use and protection of natural resources.

At present the surveys of the Earth's surface are conducted from the «Sich-1», «Priroda», «Meteor-3», «Landsat», SPOT, NOAA, ERS, and other space platforms. They are equipped with the multispectral scanning tools MSU, MSS, TM, HRV, MOMS, etc. The scanners operate in five bands in the optical range from 0.4  $\mu\text{m}$  to 0.75  $\mu\text{m}$  with a spatial resolution from 10 to 360 m and in several IR bands from 0.75  $\mu\text{m}$  to 14  $\mu\text{m}$  with a spatial resolution from 120 to 170 m. Modern aperture synthesis radars operating in the range from 3 cm to 100 cm provide a resolution of nearly 30 m.

In Ukraine several internationally recognized scientific schools have formed in the last decades in the field of remote sensing of the Earth, among those, in particular:

- at the Centre of Aerospace Research of the Earth attached to the Institute of Geology, NASU (development of models for the energy and mass exchange in geosystems, study of the spectral response of various formations on the Earth surface, elaboration of methods for computer-aided decoding of multispectral images with the aim to solve ecological and oil and gas prospecting problems);

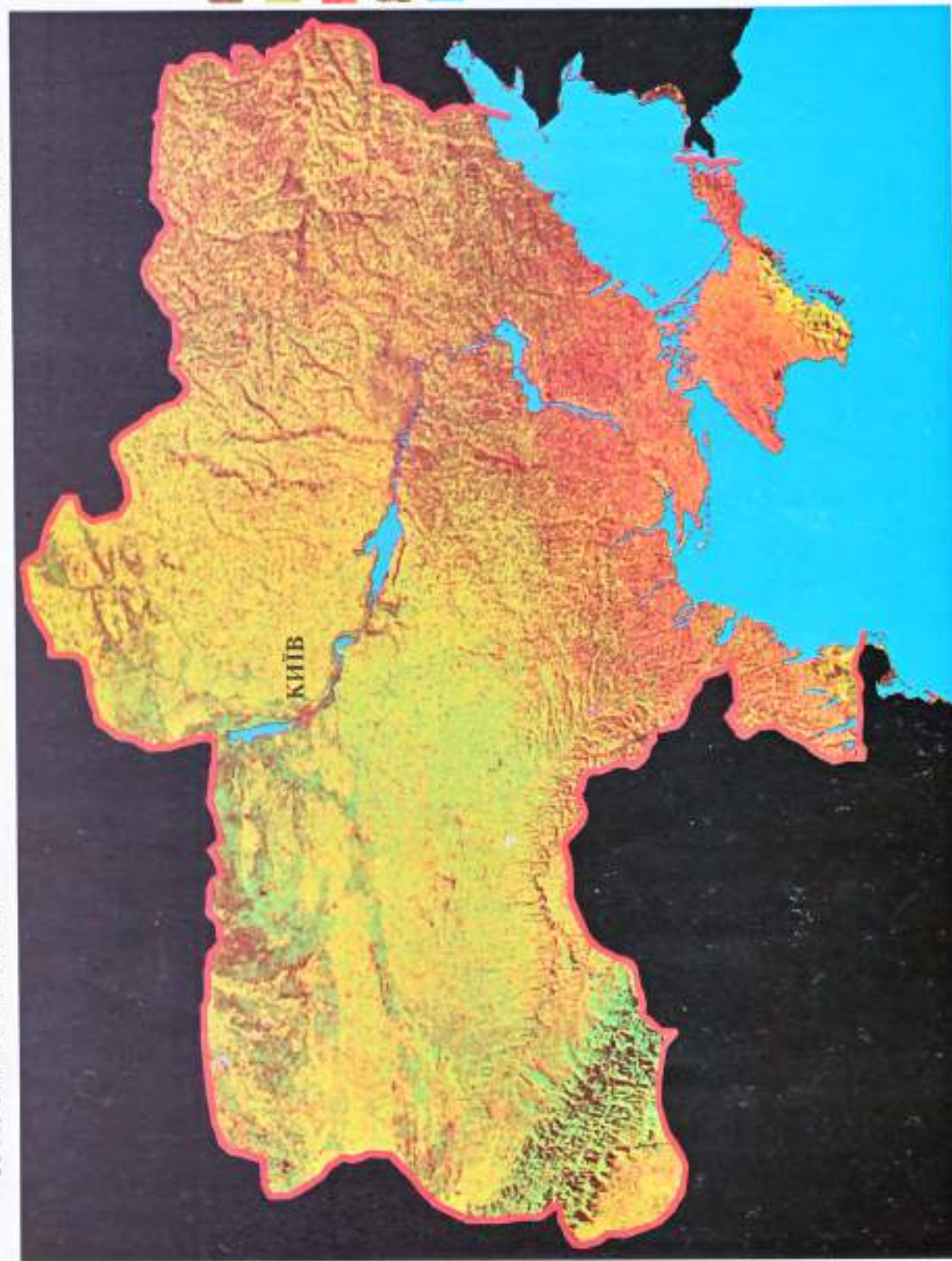
- at the Marine Hydrophysical Institute, NASU (development of methods for the computer-aided interpretation of RSE data to solve oceanological and synoptic problems);

- at the Centre of Radiophysical Sensing of the Earth attached to the Institute of Radioelectronics, NASU (development of on-board radiolocation equipment and methods for interpretation of radar survey data to solve problems in forecasting ice conditions in seas, assessment of their ecology, and determination of soil moisture).

These investigations have gained wide international recognition and are marked by a number of rewards, prizes, and grants.

# UKRAINE SATELLITE MAP

# УКРАЇНА СУПУТНИКОВА КАРТА



- Ліси  
Forests
- Лісостеп  
Forest-steppe
- Степ  
Steppe
- Гірські масиви  
Mountains
- Вода  
Water

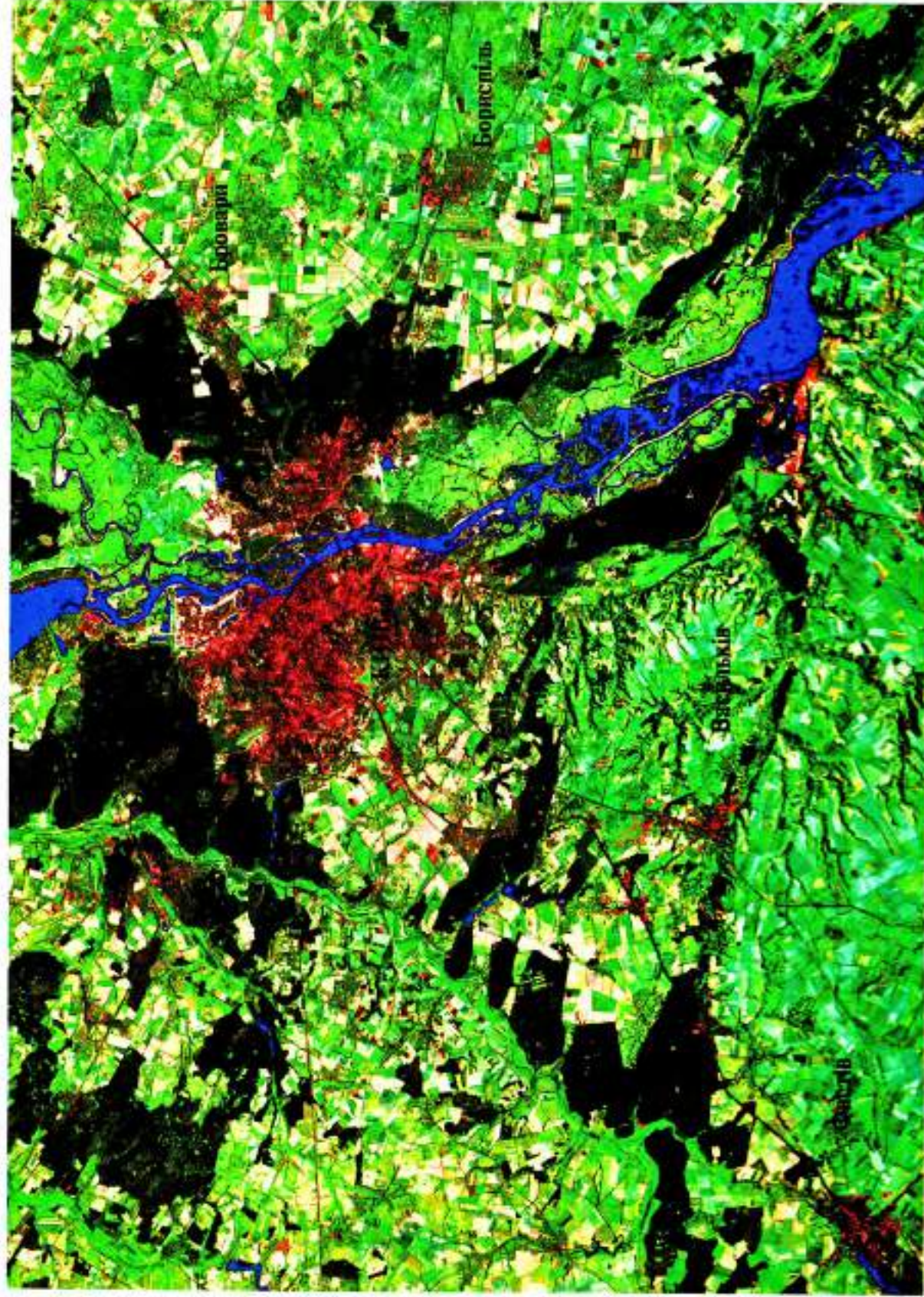
Масштаб 1:6000000  
Scale 1:6000000

Дані супутника  
NOAA-AVHRR  
за період 1990-1993 рр.

According to the  
NOAA-AVHRR  
data for 1990-1993 pp.

Рис. 1 Fig. 1





Масштаб 1:500000  
Scale 1:500000

Знімок з ШСЗ «Landsat TM»

Спектральні діапазони

- 3. 600- 690 nm
- 5. 1550- 1750 nm
- 7. 2080- 2350 nm

«Landsat TM» image

- Spectral bands;
- 3. 600- 690 nm
- 5. 1550- 1750 nm
- 7. 2080- 2350 nm

Рис. 2 Fig. 2



## ВИВЧЕННЯ СУЧАСНИХ ПРИРОДНИХ І ТЕХНОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ НА ПРИКЛАДІ КИЇВСЬКОГО РЕГІОНУ

Територія регіону (рис. 2) розташована на межі трьох орографічних областей: Придніпровської височини, Подільської та Придніпровської лівобережної низовини. Тут також проходить межа двох фізико-географічних зон — Поліської лісової та лісостепової, внаслідок чого поверхневі відкладення, ґрунти, рослинність і ландшафтні особливості відрізняються різноманітністю, що ілюструє синтезоване зображення багатоспектрального космічного знімка «Landsat TM».

Для лісової зони характерні значні масиви хвойних лісів та лук, а для лісостепової — інтенсивне землеробство з ділянками широколистяних лісів. На зображенні видно густу мережу транспортних артерій, що об'єднують населені пункти Київської міської агломерації (Київ, Бровари, Бориспіль, Васильків та інші).

Ріка Дніпро ділить регіон на західну і східну частини. Добре видно заплави Дніпра і його приток, інші ландшафтні особливості.

Характерною структурою зображення виділяються забудови населених пунктів. Можна вивчати особливості планування та характер забудови міст, їх вплив на навколишнє природне середовище. Видно результати впливу на природні ландшафти Київського і Канівського водосховищ, меліоративних систем та інших техногенних факторів.

Серед сучасних природних і техногенних процесів на Поліссі поширені перезволоження, заболювання, лінійний розмив і площинний змив, замулення водоймищ, дефляція, переосушення ґрунту на меліоративних землях. Для лісостепової частини регіону характерні інтенсивний лінійний розмив і площинний змив, зсуви, суфозійно-просадкові явища, абразія берегів.

По зображенню дешифруються результати природоохоронних дій: ґрунтозахисна меліорація, відновлення площ лісонасаджень і поліпшення луків.

Таким чином, методи дистанційного контролю дозволяють оперативно слідкувати за змінами природного середовища на великих площах з мінімальними витратами та отримувати необхідну інформацію для природоохорони, планування та управління землекористуванням.

## ВИЯВЛЕННЯ ЗОН ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ НА ПРИКЛАДІ КИЇВСЬКОГО РЕГІОНУ

Зони екологічного ризику являють собою ділянки тектонічної нестабільності, які виявлені в сучасній поверхні у вигляді лінійно організованих елементів ландшафту, так званих зон лінементів, площинне картування яких можливе практично одним методом — дешифрування за даними дистанційних зйомок.

На карті (рис. 3) виділені напрямки лінійно згрупованих елементів ландшафту — лінементних зон. Такі зони дешифруються по матеріалах дистанційних зйомок. В цілому ці зони неотектонічно активні і створюють гідрогеологічні, геотермічні та геохімічні аномалії. Зони тріщинуватості, особливо вузли їх перетину, є небезпечними для будівництва потужних промислових та інженерних комплексів. Такі території потребують уважного геолого-геофізичного вивчення.

## INVESTIGATION OF THE CURRENT NATURAL AND TECHNOGENIC PROCESSES (THE KYIV REGION AS AN EXAMPLE)

The territory of the region (Fig. 2) is located at the interface of three orographic areas — the Prydniprovskaya upland, the Podilska and Prydniprovskaya left-bank lowlands. Here also lies the interface between two physiographic zones — the Polissya forest and forest-steppe, and as a result a wide variety of surface depositions, soils, vegetation, and landscape features can be seen in the synthesized multispectral «Landsat TM» image.

Large forest tracts and meadows are typical of the forest zone, while intensive agriculture with plots of deciduous forest is observed in the forest-steppe. The picture shows a dense system of traffic arteries which connect settlements in the Kyiv urban agglomeration (Kyiv, Brovary, Boryspil, Vasylkiv, and others). One can see also the Dnipro's floodplain and its tributaries, other landscape features.

The building system in settlements is distinguished for its typical image structure. One can study the layout features and the character of house building, its impact on the environment. The effect of the Kyiv and Kaniv reservoirs, melioration systems, and other technogenic factors on the natural landscapes is clearly seen.

Among recent natural and technogenic processes in the Polissya region there are overmoistening, swamping, linear and areal erosion by water, mud injection into basins, deflation, overdrainage of soil on the meliorated lands. For the forest-steppe part of the region an intensive linear and areal erosion by water, shifts, suffosion and subsidence phenomena, and abrasion of banks are typical.

The image allows the decoding of the results of environment protection measures: soil-protective melioration, regeneration of forest areas, and refinement of pastures.

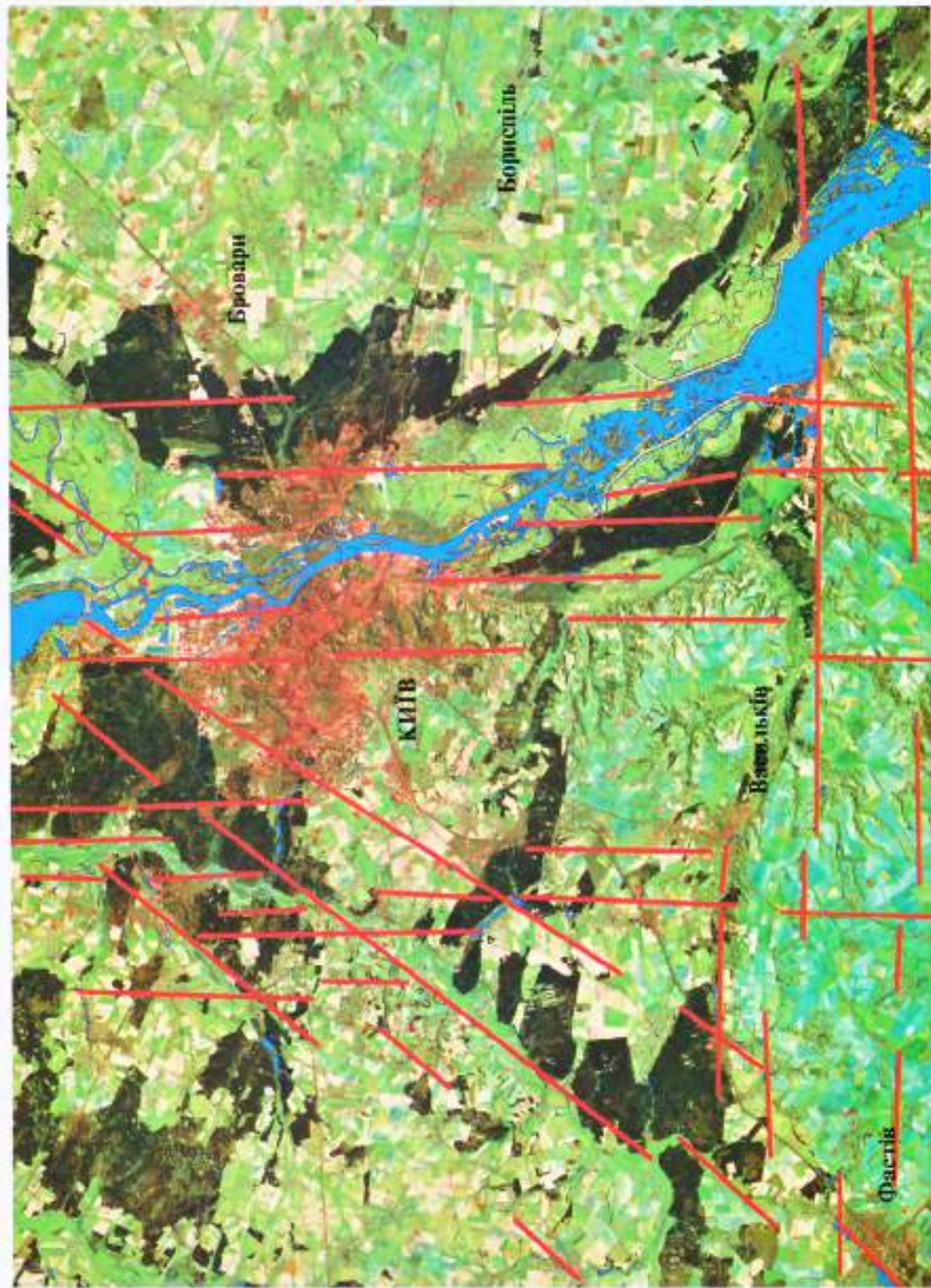
Therefore, the remote sensing monitoring enables a routine tracking of changes in the environment over vast areas at the minimal expenses and acquisition of the information necessary for the environment protection and the land-use planning and management.

## INDICATION OF ECOLOGICAL RISK ZONES (THE KYIV REGION AS AN EXAMPLE)

The ecological risk zones are sites with tectonic instability which show at the present-day surface as linearly organized landscape elements, the so-called lineament zones, and their mapping is possible only through the decoding of remote sensing data.

The map in Fig. 3 shows the directions of linearly grouped landscape elements, i.e., lineament zones. These zones are decoded from remote sensing data. As a whole they are neotectonic active zones and they induce hydrogeological, geothermal, and geochemical anomalies. The fractured zones and, in particular, the nodes of their intersection are dangerous for building powerful industrial and engineering complexes in them. These areas require a thorough geological and geophysical study.





Лінійменти, що чітко дешифруються  
Lineaments decoded  
distinctly

Лінійменти, що групуються в зони  
тріщинуватостей  
Lineaments grouped into  
fracture zones

Масштаб 1:500000  
Scale 1:500000

Результати дешифрування  
матеріалів багатоспектральних  
космічних  
зйомок  
Results of decoding of multispectral  
space survey data





Поверхні води  
Surface water

Промислові зони  
Industrial zones

Райони багатоповірхової забудови  
Many-storied housing regions

Садомо-дачні ділянки  
Country cottage-garden plots

Ліси, парки з переважанням  
хвойних порід дерев  
Forest, parks with prevailing  
coniferous trees

Ліси, парки з переважанням листяних  
порід дерев  
Forest, parks with prevailing  
deciduous trees

Площі лугової, чагарникової рослинності,  
сіножаті, угіддя  
Meadows, bush vegetation,  
agricultural lands

Площі намічених пісків під забудову  
Filled-up ground areas for housing develop-  
ment

Масштаб 1:150000  
Scale 1:150000

Інтерпретація багатоспектрального  
космічного знімка ШСЗ SPOT від  
04.07.1995 р.  
Interpretation of the SPOT multispectral  
image of 4 July 1995



## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОСИСТЕМ ВЕЛИКИХ МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ НА ПРИКЛАДІ м. КИЄВА

В результаті комп'ютерної обробки космічного знімка SPOT від 4 липня 1995 р. отримано зображення (рис. 4) ландшафтно-функціональних зон міста Києва. Це об'єктивна інформація про розміщення та взаємозв'язок основних функціональних зон міста на площі біля 1000 км<sup>2</sup>. Природне середовище Києва впливає на екосистему міста. Столиця оточена майже суцільним кільцем лісів. В межах міста значні площі займають природні і штучні парки та лісопарки. Промислова і житлова забудови Києва розвивались з урахуванням природних особливостей місцевості. Зручні для значного будівництва площі практично освоєні. Тому в останні десятиріччя будівництво ведеться в заплаві Дніпра. Ці масиви будуються на наливних пісках, змінюючи природний ландшафт заплави. На зображенні чітко виділяються площі наливних пісків під майбутню забудову.

Заслужовує вивчення розміщення промислових зон міста. Вони створюють значне техногенне навантаження на природне середовище. Так, Дарницько-Ватутінський і Подільсько-Куренівський промвузли, з їх значними викидами шкідливих речовин оточені житловими масивами з високим ступенем урбанізації.

Видно структуру автотранспортної мережі міста і ті проблеми, що виникають у сполученні з віддаленими районами і транзитним проїздом.

Дистанційне зондування великих міських агломерацій є комплексним та міжгалузевим. На основі об'єктивної космічної інформації стало можливим отримувати оперативні дані про природні і техногенні об'єкти, їх вплив на навколишнє середовище та розробку їх картографічних моделей з метою комплексного вивчення міських екосистем.

## STUDY OF ECOSYSTEMS IN LARGE URBAN AGGLOMERATIONS (KYIV AS AN EXAMPLE)

Computer processing of a SPOT image from 4 July 1995 produced a picture of functional landscape zones for the city of Kyiv (Fig. 4). This is an objective information on the location and interconnection of general functional urban zones in an area of about a thousand square kilometres. The environment has an impact on the city ecosystem. The capital is surrounded by a dense forest ring. Vast areas within the limits of the city are occupied by natural and artificial parks and forest-parks. The industrial and residential areas in Kyiv evolved with due regard for natural peculiarities of the terrain. The areas convenient for considerable building have been developed almost completely, and in the last decades new buildings have been constructed in the floodplains of the Dnipro. These tracts are constructed on the hydraulic-fill ground, thus changing the natural landscape of the flood plain. Hydraulic-fill ground areas for the future building are clearly seen on the image.

The location of industrial urban zones is worthy of study, as they produce a considerable technogenic strain on the environment. Thus the Darnytza-Vatutin and the Podil-Kurenivka industrial complexes with their dangerous discharges of pollutants are surrounded by residential areas with a high urbanization level.

Thus, the information obtained in direct observations from space provides us with prompt data about the natural and industrial objects and their impact on the environment, and allows the construction of their cartographic models for a comprehensive study of urban ecosystems.

# ВИВЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЕКЗОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ НА ПРИКЛАДІ м. КИЄВА

На рис. 5 за даними дешифрування дистанційних знімків наведені місця поширення ерозії, підтоплення, зсувів, просадковості ґрунтів та інших потенційно небезпечних процесів. Ерозійні процеси розвиваються на схилових поверхнях правобережної частини міста. Процесу ґрунтоутворення сприяють природні умови і велика потужність легкоерозивних порід, що залягають вище базису ерозії.

В місті нараховується біля сотні ділянок зсувів. Більшість з них знаходиться на схилах Дніпра, де відбувається обводнення верхніх горизонтів і сповзання на нижчий рівень. Більша частина зсувів стабілізована. Однак є ряд потенційно небезпечних ділянок з частково діючими зсувами, або такими, що можуть активізуватись при несприятливих умовах.

Для території Києва притаманні просадки. Просадки ґрунтів коливаються від 10 до 20 см. В умовах міста вони є результатом взаємодії господарської діяльності з ґрунтами, а не самостійно протікаючим природним процесом. Суфозія негативно впливає на будівлі та комунікаційні мережі.

Внаслідок підвищення рівня ґрунтових вод відбувається заболочення територій, підтоплення будинків, утворюються нові водоносні горизонти, які характеризуються несприятливим хімічним складом, відбувається інтенсивний вихід ґрунтових вод на схилах, що приводить до зсувів, суфозій, обвалів, засолення ґрунтів.

Комплексне вивчення ділянок міста з потенційно небезпечними екзогенними процесами необхідне для прийняття дійових заходів щодо поліпшення стану природного середовища і раціонального природо-користування.

## STUDY OF HAZARDOUS EXOGENIC PROCESSES (KYIV AS AN EXAMPLE)

Figure 5 shows the areas of erosion, partial inundation, shifts, land subsidence, and other potentially hazardous processes located through remote sensing data decoding. The erosion processes evolve on the sloping surfaces in the right-bank part of the city. The gully formation is fostered by natural conditions and by a large thickness of easily eroded sediments found above the erosion basis.

About a hundred of shift sites can be counted in the city. Most of them are located on the Dnipro bank slopes, where watering of upper layers and slipping down to a lower level occur. The major part of the shifts are stabilized. Nevertheless, there are potentially dangerous areas with partially active shifts or with such shifts that may be activated under favourable conditions.

Subsidence is typical of the Kyiv area. The land subsidence ranges from 10 to 20 cm. Under urban conditions it is a result of the impact of municipal activities on the soil rather than independent natural environmental processes. The suffosion affects negatively the buildings and underground mains.

The rise of ground water table results in the area swamping, partial inundation of buildings, new aquiferous horizons characterized by bad chemical composition are formed, ground water appears copiously on the slopes, provoking shifts, suffosion, fallings, and soil salinization.





Зсуви

Shift sites

Ерозія

Erosion

Суфозія

Sulfosion

Переміщення пісків

Shifting sands

Абразія

Abrasion

Межі підтоплення ґрунтів

Limits of ground water rise

Адміністративні межі міста

Administrative city boundaries

Масштаб 1:150000

Scale 1:150000

Інтерпретація багатоспектральних

космічних знімків та

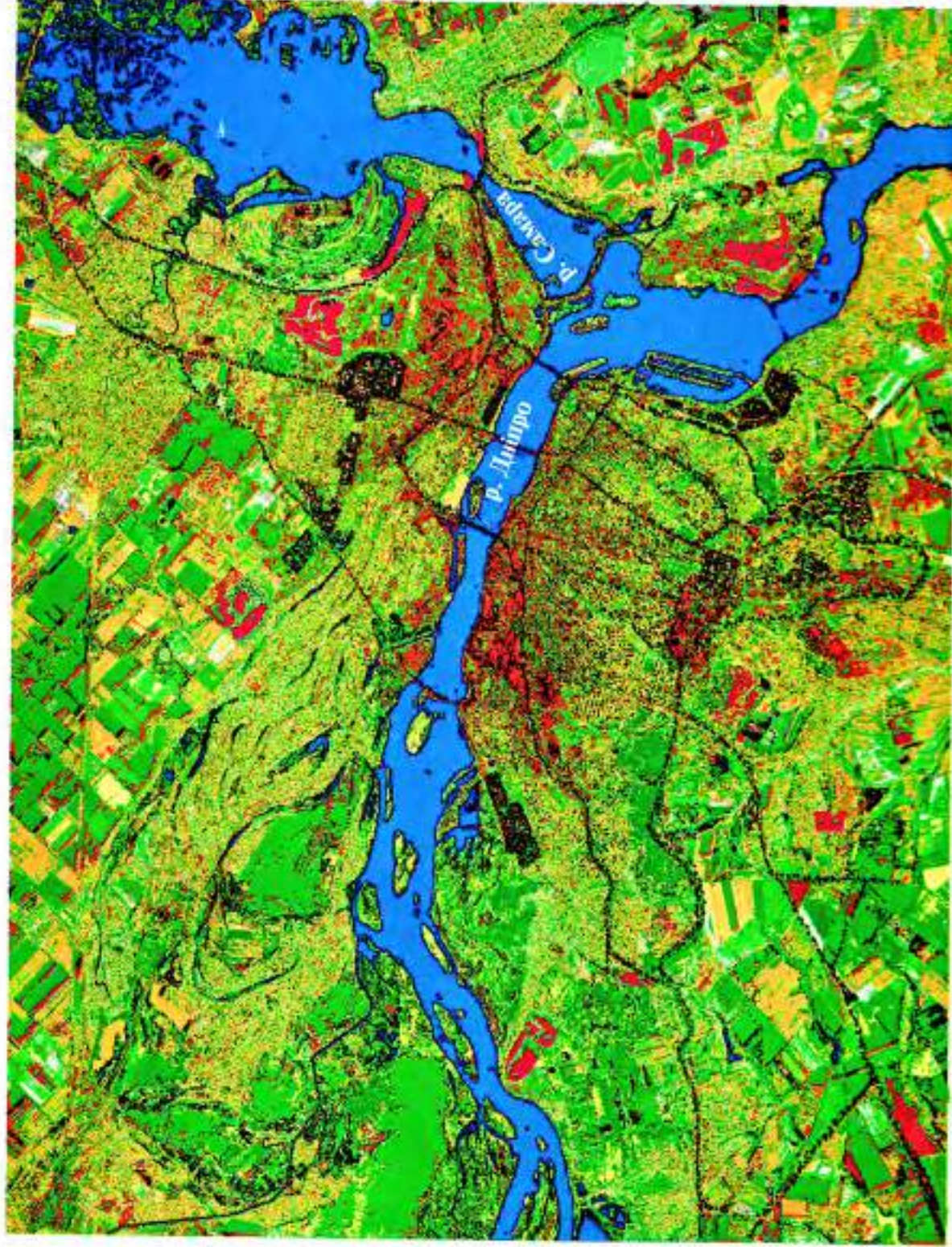
геолого-картографічних матеріалів

Interpretation multispectral space sur-

vey and geological and

cartographic data





Поверхня води  
Surface water

Промислові зони  
Industrial zones

Райони багатоповірхової забудови  
Many-storied housing regions

Райони забудови садибного типу  
Urban cottage region

Салово-дачні ділянки  
Country cottage-garden plots

Ліси, парки  
Forest, parks

Сільськогосподарські угіддя  
Agricultural land

Площі лугової, чагарникової рослинності  
Meadows, bush vegetation

Пісок  
Sand

Масштаб 1:100000  
Scale 1:100000

Інтерпретація багатоспектрального  
космічного знімка ШСЗ SPOT від  
26.06.1995 р.

Interpretation of the SPOT multispectral  
Image of 26 June 1995



# ВИВЧЕННЯ ДІЇ ТЕХНОГЕНЕЗУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ В РОЗВИНУТИХ ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ М. ДНІПРОПЕТРОВСЬКА

Наведене геозображення (рис. 6) отримане шляхом комп'ютерної класифікації багатоспектрального космічного знімка SPOT від 26 червня 1995 р.

Основна частина міста лежить на крутому правому березі річки Дніпро, розчленованому ярами і балками, решта території — на лівому березі, де в межах міста в Дніпро впадає р. Самара. За розміщенням та площами ландшафтно-функціональних зон на зображенні легко визначити, що Дніпропетровськ — великий індустріальний центр. Простежується густа транспортна мережа залізниць і автошляхів. Природні форми рельєфу зазнали значного впливу техногенних факторів. Це в першу чергу стосується промислових зон і транспортних комунікацій. Більша частина населення міста проживає в районах сучасної багатоповерхової забудови. Треба відзначити, що ряд промислових зон зі шкідливим забрудненням природного середовища щільно оточений житловою забудовою.

На знімку чітко простежуються ділянки з намівних пісків, що готуються під забудову. В місті значні площі зелених насаджень та садово-дачних ділянок. Добре дешифрується територія Дієвського лісопарку на західній території Дніпропетровська. В цілому техногенні ландшафти інтенсивно діють на природні. Необхідні серйозні розробки щодо екологічної цілеспрямованості розбудови та реконструкції міста. Це стосується розширення зелених зон біля промвузлів, захисту атмосфери та річок від забруднення, будівництва кільцевої автомагістралі з метою розвантажити місто від транзитного авто-транспорт, який на сьогодні є головним забруднювачем атмосфери.

## STUDY OF TECHNOGENIC EFFECTS ON THE ENVIRONMENT IN THE INDUSTRIAL REGIONS OF UKRAINE (DNIPROPETROVSK CITY AS AN EXAMPLE)

The geopictures in Fig. 6 were obtained by means of computer classification of the multispectral SPOT image acquired on 26 June 1995.

The major part of the city is situated on the steep right bank of the River Dnipro scarred by ravines and gullies, the other part lies on the left bank, where the River Samara discharges into the Dnipro within the city limits.

Judging by the localization and area of functional landscape zones, it is easy to recognize Dnipropetrovsk as a large industrial centre. A dense network of railways and motorways can be clearly seen. The natural landforms have been significantly affected by technogenic factors. This concerns primarily the industrial zones and traffic communications.

The majority of urban population live in modern multistorey building regions. It should be mentioned that a number of industrial zones with hazardous pollution are surrounded closely by residential districts.

The image shows clearly hydraulic-fill ground areas which are being prepared for building. There are vast areas of green plantation and garden lots in the city. The Diiv Forest-Park areas in the western part of Dnipropetrovsk are easily decoded.

On the whole the technogenic landforms strongly affect the natural ones. Further development and reconstruction of the city require serious ecologically orientated studies.



## ВИВЧЕННЯ ДІЇ ТЕХНОГЕНЕЗУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ В РОЗВИНУТИХ ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ ЗАПОРІЗЬКОГО РЕГІОНУ

Геозображення отримане в результаті синтезу багатоспектрального космічного знімка «Landsat TM» від 20 червня 1991 р. Наведений регіон (рис. 7) знаходиться на берегах Дніпра, в нижній його течії, в степовій природній зоні. Чітко виділяється о. Хортиця, що ділить ріку на два рукави — Старий і Новий, які впадають в Каховське водосховище.

Західна (правобережна) частина регіону знаходиться на південних схилах Придніпровської височини, східна (лівобережна) — низовинна. В цілому поверхня території є хвилястою рівниною, розчленованою ярами та балками. Вона добре простежується на знімку.

Добре відображена значна сільськогосподарська освоєність території із великими площами зрошувального землеробства. З несприятливих екзогенних процесів впевнено дешифруються: лінійний розмив, площинний змив, зсуви. На берегах Каховського водосховища розвиваються абразійно-денудаційні процеси. На рівнинних ділянках простежуються суфозійно-просадкові явища. Техногенні форми рельєфу представлені в основному кар'єрами, насипами, дамбами, відстійниками та ставками. В центрі зображення характерною структурою фототону виділяється територія м. Запоріжжя. Це великий промисловий центр України з багатогалузевою індустрією. За дешифрувальними ознаками виділяються промислові зони міста, території житлової забудови, зони зелених насаджень. Викликає сумнів екологічна доцільність розміщення цілого ряду ландшафтно-функціональних зон міста. Поряд з територіями потужного промислового навантаження є площі з багатоповерховою житловою забудовою. Заслужовує критичного зауваження і розміщення рекреаційних зон.

## STUDY OF TECHNOGENIC EFFECTS ON THE ENVIRONMENT IN THE INDUSTRIAL REGIONS OF UKRAINE (THE ZAPORIZHIA REGION AS AN EXAMPLE)

The geopicture (Fig. 7) is a result of multispectral «Landsat TM» image synthesis. The image was acquired on 20 June 1991. The region is situated on the banks of the Dnipro, at its lower reaches in the natural steppe zone. The Khortytsia Island stands out, it divides the river into two branches — the Old Branch and the New Branch, which flow into the Kakhovka Reservoir.

The western (right-bank) part of the region is located at the southern slopes of the Prydniprovsk Upland, the eastern (left-bank) part is a lowland. On the whole the surface of the region is an undulating plain scarred by ravines and gullies. This can be clearly seen on the image. One can see that the lands are intensely cultivated and irrigation agriculture occupies considerable areas. Among the detrimental exogenic processes, the linear and areal erosion by water and shifts are decoded with confidence. Abrasion and denudation processes are progressing at the banks of the Kakhovka Reservoir. Suffosion and subsidence phenomena are observed in flat-land sites. The technogenic landforms are represented mainly by quarries, embankments, dams, sedimentation pools, and ponds. The centre of the image with its characteristic hue structure represents the area of Zaporizhia city. Zaporizhia is a large industrial centre of Ukraine with diversified industry. The industrial urban zones, residential areas, green plantation zones can be distinguished by decoding.





Міська забудова  
Urban building

Сільськогосподарські угіддя  
Agricultural land

Площі зрошувального  
землеробства  
Areas of irrigation agriculture

Площі лугової чагарникової  
рослинності  
Meadows, bush vegetation

Поверхневий водні  
Surface water

Масштаб 1:250000

Scale 1:250000

Синтезоване зображення  
багатоспектрального космічного  
знімка

«Landsat TM», діапазони 3, 5, 7.  
Synthesized picture of a multispectral  
«Landsat TM» image, bands: 3, 5, 7.





Райони багатоквартирної забудови  
Many-storied housing regions



Райони міської забудови  
садибного типу  
Urban cottage region



Промислова забудова  
Industrial zones



Парки та сквери  
Parks and garden squares



Райони сільської садибної  
забудови  
Rural farm regions



Сільськогосподарські угіддя  
Agricultural land



Залізна Дніпра  
The Dniro floodplain



Хвойні ліси  
Coniferous forest



Піски  
Sand



Масштаб 1:100000

Scale 1:100000

Синтезоване зображення

багатоспектрального космічного  
знімка «Landsat TM»; діапазони 3,  
5, 7.

Synthesized picture of a multispectral  
«Landsat TM» image; bands: 3, 5, 7.

## ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ ТА НАПРЯМКІВ ДІЇ ТЕХНОГЕНЕЗУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ НА ПРИКЛАДІ ХЕРСОНСЬКОГО РЕГІОНУ

Карта Херсонського регіону (рис. 8) створена шляхом синтезу та відповідної комп'ютерної обробки мультиспектрального космічного знімка з ШСЗ «Landsat TM». На знімку добре простежуються фізико-географічні та ландшафтні особливості регіону. Херсонська міська агломерація розташована на Причорноморській низовині в гирлі Дніпра. Ріка Дніпро ділить місто на дві фізико-географічні області: Бугсько-Дніпровську степову низину і Придніпровську терасово-гірлову рівнину. В межах агломерації виділяються правобережна полого-хвиляста рівнина з численними ярами і балками та лівобережна плоска плавнина — Нижньодніпровський плавневий район.

Значна урбанізація населених пунктів навколо Херсона з техногенними формами рельєфу та інтенсивне поливне землеробство з численними проявами ерозійних процесів на Правобережжі, контраст з значними площами відкритих пісків Лілобережжя, що закріплюються хвойними посадками.

Широка заплава Дніпра з численними протоками та озерами покрита болотяною рослинністю. Чітко виділяються на ній інженерно-технічні споруди, що значною мірою впливають на гідрогеологічні особливості району. В цілому за зображенням можна вивчати та аналізувати основні фактори та напрямки техногенезу на навколишнє середовище регіону.

## STUDY OF PRINCIPAL FACTORS AND TRENDS OF TECHNOGENIC EFFECT ON THE ENVIRONMENT (THE KHERSON REGION AS AN EXAMPLE)

The map of the Kherson region (Fig. 8) was compiled by the synthesis and computer processing of a multispectral «Landsat TM» image. The image shows the physiographic and landscape features of the region. The Kherson agglomeration occupies the lowland near the Black Sea at the Dnipro mouth. The Dnipro divides the city into two physiographic provinces — the Bug-Dnipro steppe lowland and the Prydniprovskia river-mouth terrace plain. The gently sloping undulated right-bank plain with numerous ravines and gullies and the flat left-bank plain, the Dnipro down-stream flood-lands, are discernible within the limits of the agglomeration.

Considerable urbanization of the settlements around Kherson with their technogenic landforms, as well as intensive irrigation agriculture areas with numerous manifestations of erosion processes on the right bank contrast with vast areas of open sands on the left-bank that are being stabilized by coniferous plantations.

The wide floodplain of the Dnipro with numerous channels and lakes is covered with marsh vegetation. Along the plain, one can easily see technological engineering structures affecting substantially the regional hydrogeological conditions. On the whole the picture can be used to study and analyze the principal factors and trends of technogenic effect on the environment.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКЗОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ НА ПРИКЛАДІ ХЕРСОНСЬКОЇ МІСЬКОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ

Карта «Сучасні екзогенні процеси» (рис. 9) складена за результатами дешифрування та автоматизованої інтерпретації багатоспектральних космічних знімків зі значним об'ємом геологічної, геоморфологічної та гідрологічної інформації. В основу карти покладено критерій виділення основних екзогенних процесів на генетично однорідних геоморфологічних поверхнях та геологічних елементах, що проявляються на сучасному етапі і мають значний вплив на функціонування Херсонської екосистеми.

Міська агломерація розташована в межах двох геоморфологічних областей: полого-хвиляста рівнина правобережжя та територія заплави Дніпра. В межах правобережної області основними процесами є солово-делювіальна акумуляція, денудаційний знос та ерозійне врізання на фоні неотектонічної дестабілізації. Характерним тут є рельєф слабоввігнутої рівнини подів і западин типу степових блюдця, що утворений процесами солово-озерної акумуляції. В північній частині міста знаходиться значне подове пониження. Воно витягнуте в субпаралельному напрямку і виявляється зоною інфільтрації ґрунтових вод. Ерозійно-денудаційні поверхні схилів річкових долин і балок утворені ерозією тимчасових водотоків і площинним змивом. Береговий схил Дніпра на деяких ділянках ускладнений яружною ерозією. Спостерігаються береговий виступ і кліфи в районі Херсонського морського порту та біля селища Антонівка. Незакріплені ділянки берега піддаються зсувам, відвалам, що пов'язано з абразійною діяльністю води і вітровою ерозією. На неотектонічно активних ділянках та у вузлах розривних порушень сучасні екзогенні процеси протікають особливо активно.

Зона заплави Дніпра формувалась в естуарно-дельтових умовах з характерним розділенням головного русла на окремі рукави, протоки, стариці, озера. В основному це плавні з болотною рослинністю.

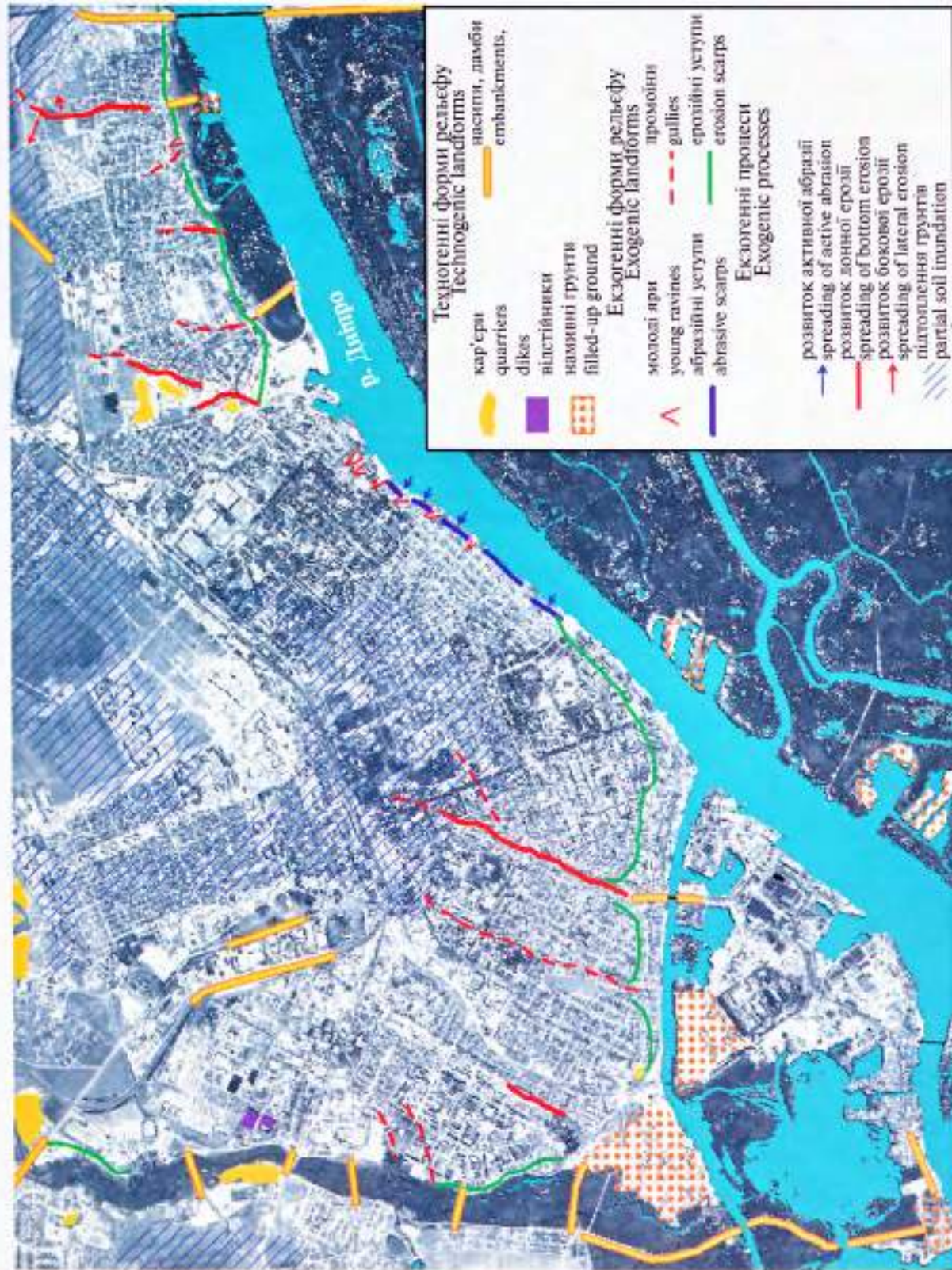
Техногенний тип рельєфу, широко розвинений в межах міської агломерації, чітко дешифрується по матеріалах дистанційних зйомок. Це штучні насипи, дамби, укріплення, вали. При будівництві в умовах підтоплення ґрунтів широко використовуються намівні ґрунти в заплаві і насипні — в пониженнях. Добре дешифруються кар'єри по видобутку будівельних матеріалів (вздовж балки Верьовчина та територія склозаводу). Кар'єри штучно знижують базис ерозії, що веде до прискорення ерозійно-денудаційних процесів.

Підняття рівня ґрунтових вод є найбільш негативним геоекологічним процесом для функціонування міської агломерації. Як ми бачимо на знімку, значна територія міста знаходиться в зоні значного підтоплення ґрунтових вод.

Вся лівобережна та острівна частина міської агломерації є територією природного підтоплення, будівництво тут ведеться лише на намівних ґрунтах та в умовах захисту дамбами, валами. Це добре простежується на космічних зображеннях. А підтоплення в межах міста дешифрується за допомогою ландшафтно-індикаційних ознак по космознімках в певних вузьких діапазонах спектру. На карті представлені зони ґрунтового підтоплення міста глибиною до 3—4 м за дистанційними даними.

Сучасні екзогенні процеси головним чином обумовлені техногенним впливом на навколишнє природне середовище і вимагають постійного контролю для стабілізації геоекологічного стану та його поліпшення.





Масштаб 1:65000  
Scale 1:65000

Результати дешифрування матеріалів  
багатоспектральних космічних  
зйомок  
Results of decoding of multispectral space  
survey data

Рис. 9 Fig. 9

## RESEARCH INTO EXOGENIC PROCESSES (THE KHERSON URBAN AGGLOMERATION AS AN EXAMPLE)

The map «Recent exogenic processes» (Fig. 9) was compiled as a result of decoding and automated interpretation of multispectral space images containing a wealth of geological, geomorphological, and hydrologic information. The basis for the map is the criterion that allowed us to distinguish those main exogenic processes on genetically homogeneous geomorphological surfaces and geological elements that manifest themselves at the present time and have substantial effect on the functioning of the Kherson ecosystem.

The urban agglomeration is situated within two geomorphological provinces — the sloping undulating right-bank plain and the Dnipro floodplain. The main processes in the right-bank province are the colian-deluvial accumulation, denudation removal, and erosion downcutting on the background of neotectonic activity.

The Dnipro floodplain zone has formed under estuary-delta conditions with the typical division of the main river-bed into separate branches, channels, backwater, and lakes. In general these are floodplains with marsh vegetation.

The technogenic relief forms widely developed in the urban agglomeration are clearly decoded from remote sensing data. There are dikes, dams, protection embankments, filled-up ground is often used when building under the conditions of partial inundation of ground. The quarries where the building materials are extracted are easily decoded (along the Ver'ovchyn gorge and on the territory of the glass factory). The quarries lower artificially the erosion base, and this steps up the erosion and denudation processes.

The rise of the ground water table is the most unfavourable geoecological process affecting the functioning of urban agglomerations. As we can see in the image, a considerable territory of the town is located within the ground water rise zone.

The whole left bank and the insular parts of the urban agglomeration are the area of the natural partial inundation where building is conducted only on the filled-up ground and under the protection of dams and embankments. This can be seen in the space images. The partial inundation within the town is decoded by means of some landscape-indicative markers with the use of images obtained in certain narrow spectral bands. The map shows the town zones where the ground water has risen to depths of 3—4 meters according to remote sensing data.

The recent exogenic processes depend primarily on the technogenic impact on the environment and demand a permanent monitoring for the stabilization of the geoecological conditions and their improvement.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ НА ПРИКЛАДІ ХЕРСОНСЬКОЇ МІСЬКОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ

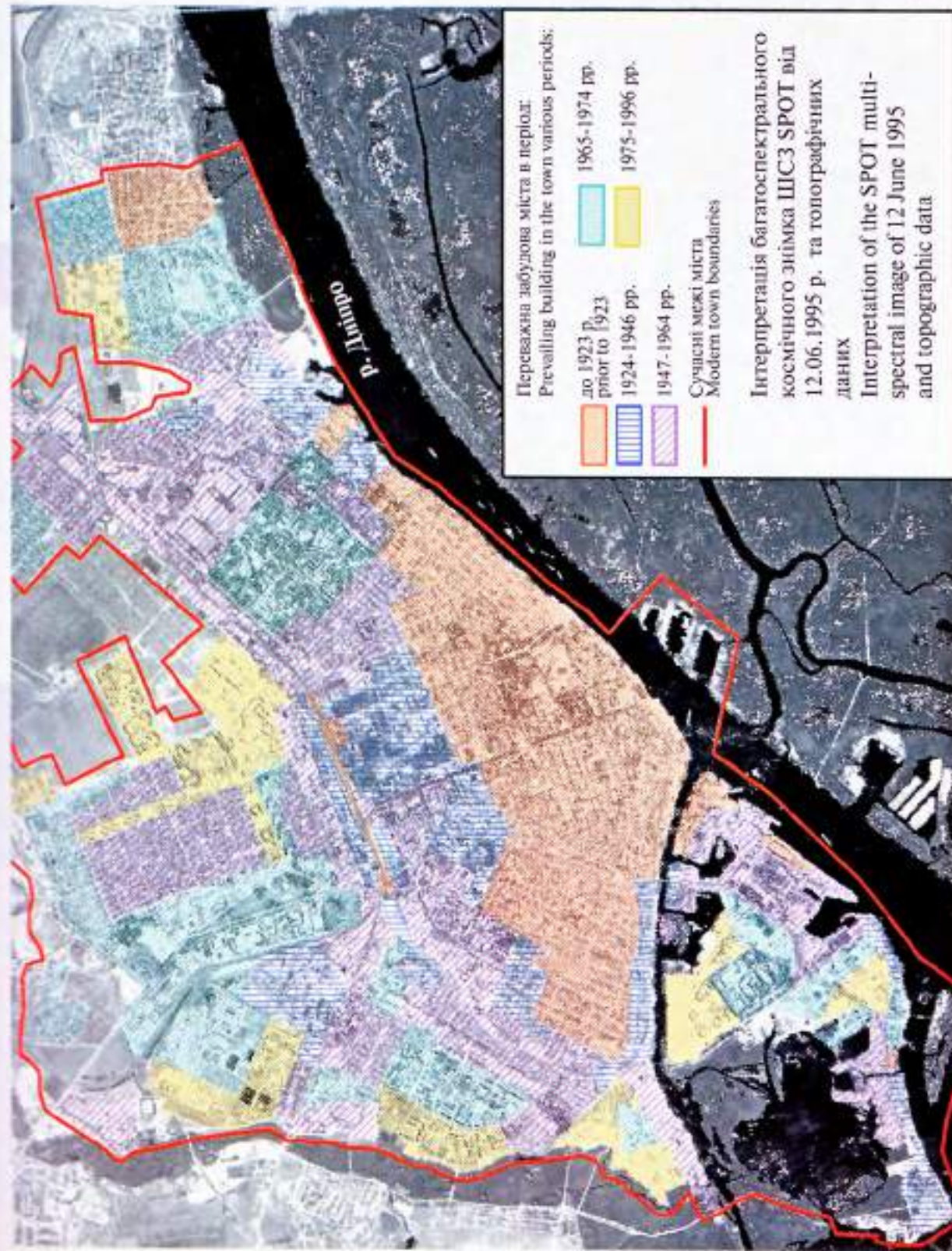
Карта динаміки територіального розвитку м. Херсона (рис. 10) створена за аерокосмічними даними та різноманітними топографічними матеріалами починаючи з 1914 р. В цілому це дає можливість простежити основні етапи містобудування, розвиток промислового і житлового будівництва та напрямки територіального розвитку міста в нинішньому столітті, що привело до суттєвої зміни природних ландшафтів і виникненню цілого ряду геоекологічних проблем.

Територіальний розвиток міста визначався природними факторами навколишнього середовища та техногенними особливостями (будівництво залізниці, розширення морського порту). Промислова забудова набула інтенсивного розвитку в повоєнні роки. Житлова забудова в останні десятиріччя розвивалась навколо значних промислових об'єктів. Це не завжди було обґрунтовано з точки зору екологічного стану в ряді житлових мікрорайонів. В даний час територій, зручних для забудови, практично немає. Тому будівництво нових житлових масивів ведеться на намівних ґрунтах в заплаві Дніпра або на насипних ґрунтах в подових пониженнях. Постійно зростає вплив техногенних факторів міста на довкілля. Для вирішення комплексних природоохоронних проблем Херсонської міської агломерації потрібне глибоке вивчення екосистеми та прийняття конкретних рішень щодо стану навколишнього природного середовища.

## RESEARCH INTO THE TERRITORIAL DEVELOPMENT DYNAMICS (THE KHERSON URBAN AGGLOMERATION AS AN EXAMPLE)

The map illustrating the dynamics of the territorial development of the town of Kherson (Fig. 10) was compiled from aerospace data and various topographic materials beginning from 1914. This enables us to trace the main stages of town-planning, the development of the industrial and house building, and the trends in the territorial evolution of the town in the current century — the factors that provoked substantial changes in the natural landscape and gave rise to a number of geoeological problems.

The territorial development of the town was governed by natural factors as well as by technogenic ones (railroad construction, seaport expansion). The industrial building developed intensely during the post-war period. In the last years the housing developed around major industrial works. Such housing was not justified from the ecological point of view. Now there are practically no sites appropriate for building. That is why new housing units are built on the filled-up ground in the Dnipro floodplain and in sole sinks. The impact of technogenic factors of the town on the environment is constantly increasing. To solve the complex environmental problems in the Kherson urban agglomeration, a thorough study of the ecosystem is necessary, and concrete decisions as to the improvement of the environment should be taken.



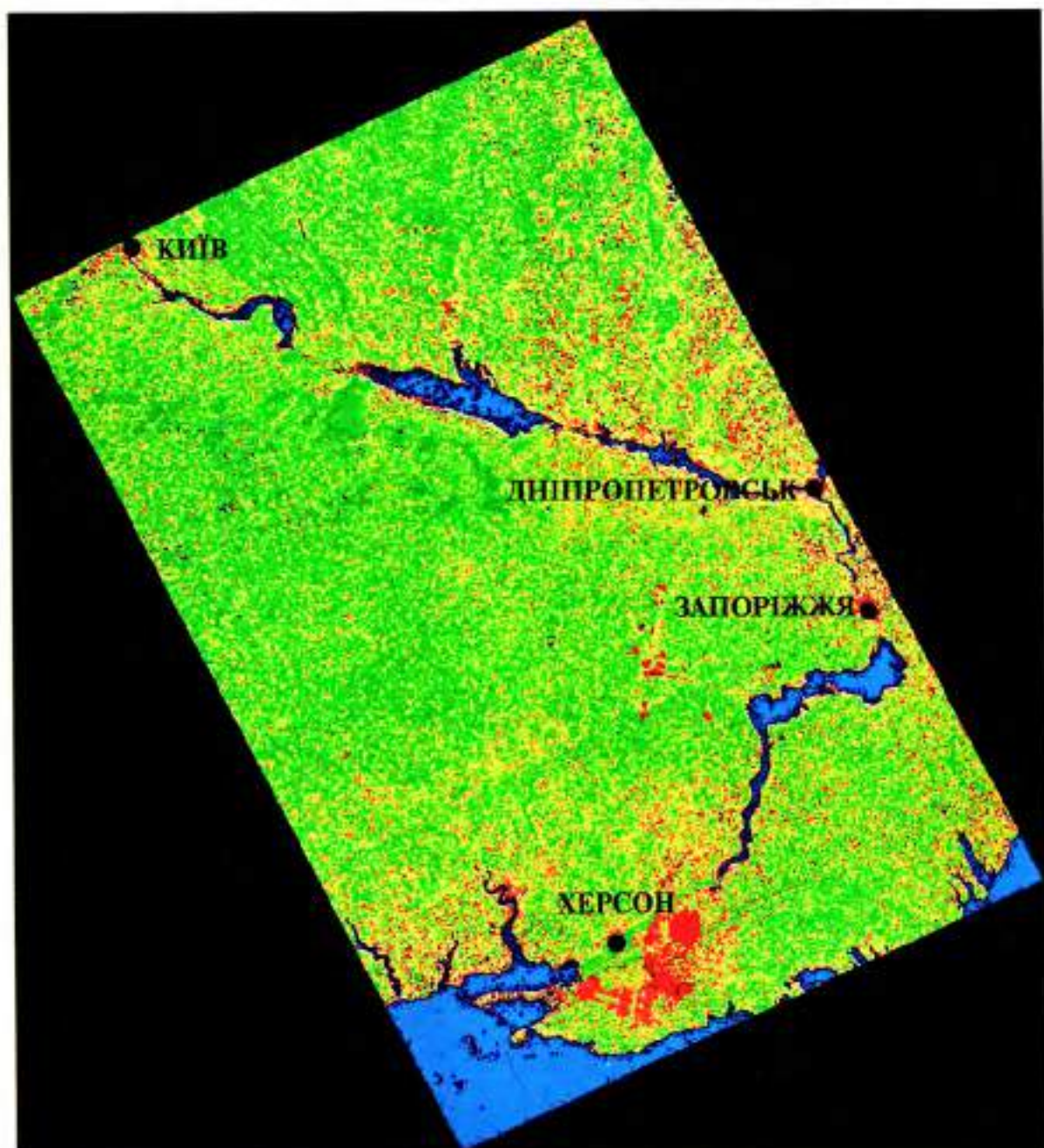
Масштаб 1:65000  
Scale 1:65000

Рис. 10 Fig. 10



# ОЦІНКА СТАНУ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ

## ASSESSMENT OF THE STATE OF VEGETATIVE COVER



Масштаб 1:3000000  
Scale 1:3000000



Дані КА «Січ-1», МСУ-С, 2, 4 канали. Дата зйомки 22.05.1996 р.  
«Sich-1» MSU-S data, bands 2,4. Survey of 22 May 1996



## ОЦІНКА СТАНУ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ЗА МАТЕРІАЛАМИ КА «СІЧ-1»

Для відпрацювання методики оцінки стану рослинного покриву з використанням матеріалів з першого українського супутника «СІЧ-1» були використані дані зйомок, отримані за допомогою апаратури MSU-C.

Були виконані комп'ютерні роботи з геометричної та радіометричної корекції отриманих зображень. Оцінка стану рослинного покриву була зроблена на основі розрахунку нормалізованого вегетаційного індексу згідно з виразом

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS),$$

де NIR і VIS — інтенсивність відбитої сонячної радіації в діапазоні  $\lambda\lambda$  0.8—1.0 мкм і 0.55—0.7 мкм відповідно.

Була створена модель обробки даних знімків, за результатами якої було отримано значення NDVI в кожному пікселі зображення. Як виходить із зіставлення рис. 11 з топографічними матеріалами, а також з даними наземного засвідчення, отримані результати задовільно описують стан рослинного покриву. Ділянки червоного кольору відповідають повній відсутності рослинності. Це піски, кар'єри, міські агломерації. Відтінки зеленого кольору відповідають лісам, лукам, полям озимих та інших сільсько-господарських культур з проєктивним перекриттям земної поверхні від 70 до 100%. Відтінки рожевого та жовтого кольору відповідають ділянкам з проєктивним перекриттям від 10—15 до 70%.

Ступінь проєктивного перекриття земної поверхні зеленою масою рослинності при використанні даних відповідних наземних визначень на тест-ділянках може бути використаний для дистанційної оцінки таких важливих показників ступеня вегетації, як листовий індекс і питомий об'ємний вміст зеленої маси.

## ASSESSMENT OF THE STATE OF VEGETATIVE COVER USING THE «SICH-1» SATELLITE DATA

The technique for assessing the state of vegetative cover was refined with the use of the data from the first Ukrainian satellite «Sich-1» obtained in the surveys performed by the MSU-S instrument. Computerized geometric and radiometric correction of the images was done.

The state of vegetative cover was assessed by calculating the normalized vegetation index:

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS),$$

where NIR and VIS are the intensities of the reflected solar radiation in the 0.8—1.0  $\mu\text{m}$  and 0.55—0.7  $\mu\text{m}$  bands, respectively.

A model was constructed for the image data processing, and then it was used to derive the NDVI for every image pixel.

When Fig. 11 is compared with topographic data and with the data of ground-based assessment, it is apparent that the results obtained describe satisfactorily the state of vegetative cover. Red-coloured areas are completely barren of vegetation. These are sands, quarries, urban agglomerations. The green-coloured areas are forests, pastures, fields of winter wheat and other crops, they cover from 70 to 100 % of the surface. The areas of pink and yellow cover from 10—15 to 70 % of the surface.

The extent to which the terrestrial surface is covered by verdure, together with on-site test measurements, can be used for the remote-sensing assessment of such important characteristics as the vegetation index, leaf index, and specific capacity of green mass.

## КОСМІЧНІ ЗНІМКИ РАЙОНУ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС

На рис. 12 показано два фрагменти космічних багатозональних знімків району Чорнобильської АЕС, які зроблено до та після аварії. Знімки охоплюють територію 25×30 км. Для підвищення інформаційних можливостей знімків проведено синтез зображень, які були одержані в окремих зонах спектру, та подано в умовних кольорах. Зіставлення цих двох знімків виявило, що найпомітніші зміни відзначаються на території, зайнятої до аварії сільськогосподарськими культурами. Після аварії вона перетворилась у перелogi, котрі заросли трав'янистою рослинністю. Якщо до аварії сільгоспугіддя виглядали як мозаїка полів, то після аварії межі полів вже не можна визначити. Уся територія має однаковий фототон. На післяаварійному знімку видно і місце, де ріс сосновий ліс, який внаслідок аварії отримав максимальні дози випромінювання, загинув та був захоронений. Вплив радіоактивного забруднення на інші види рослинності безперечно мав місце, але візуально не може бути визначений. Для оцінки його впливу потрібні більш надійні засоби досліджень, ніж людське око.

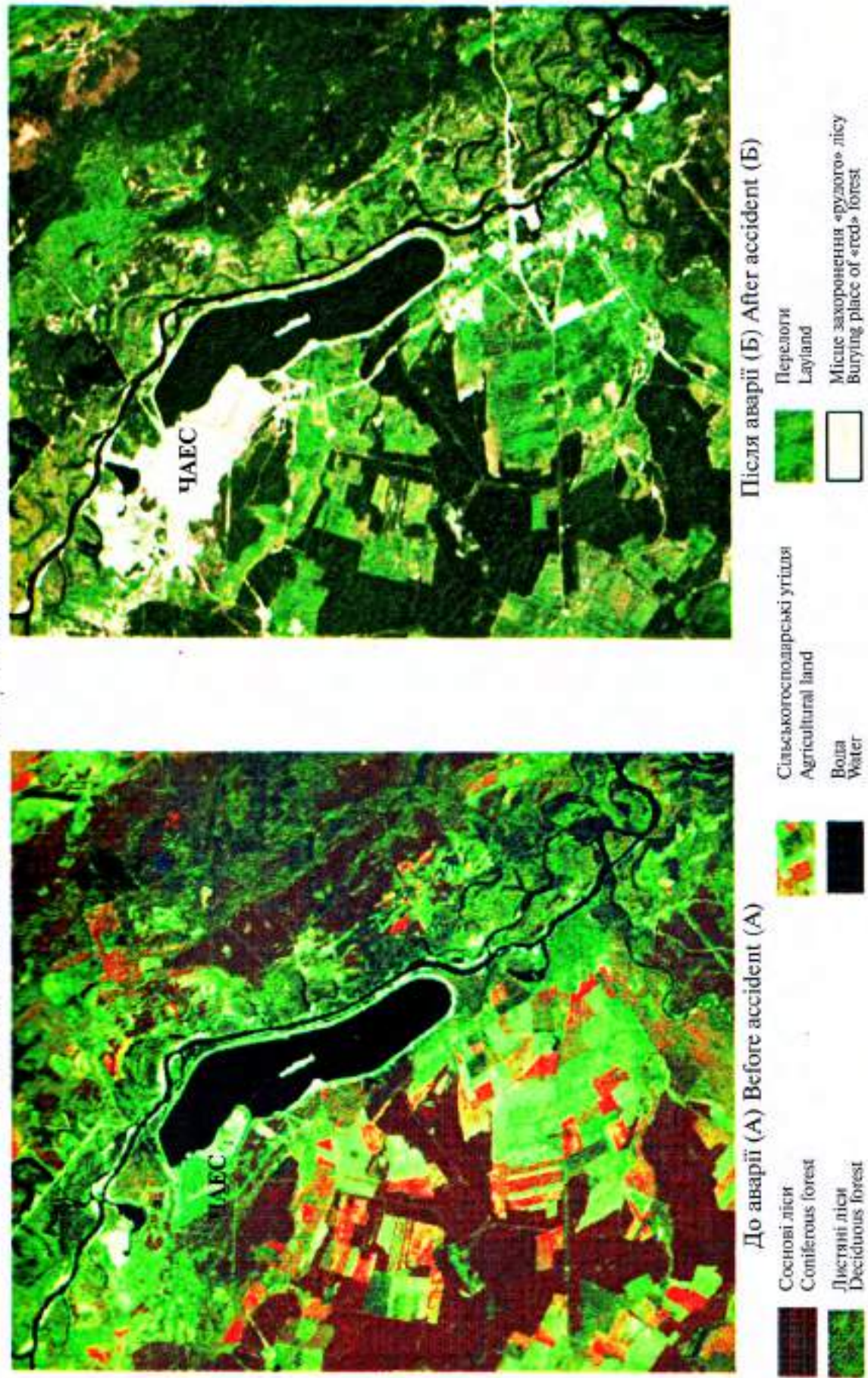
## SPACE IMAGES OF THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT REGION

Figure 12 shows two fragments of multispectral images of the Chernobyl nuclear power plant region made before and after the accident. The resulting pictures were synthesized from images obtained in different spectral bands; they are presented in arbitrary colours. Comparison between these two images reveals that the most conspicuous changes are seen in the area which was occupied by crops before the accident and evolved into fallow lands covered with grass. While the agricultural lands looked as a mosaic of fields before the accident, no boundaries between the fields can be distinguished after it. All the area has the same hue.

The post-accident image shows the site where a pine forest took a very large radiation dose, perished, and was buried. Undoubtedly the radioactive contamination affected other vegetation species as well, but this effect cannot be visually recognized. To estimate it, a technique more reliable than the human eye is necessary.



КОСМІЧНІ ЗНІМКИ РАЙОНУ ЧОРНОБІЛЬСЬКОЇ АЕС  
SPACE IMAGES OF THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT REGION

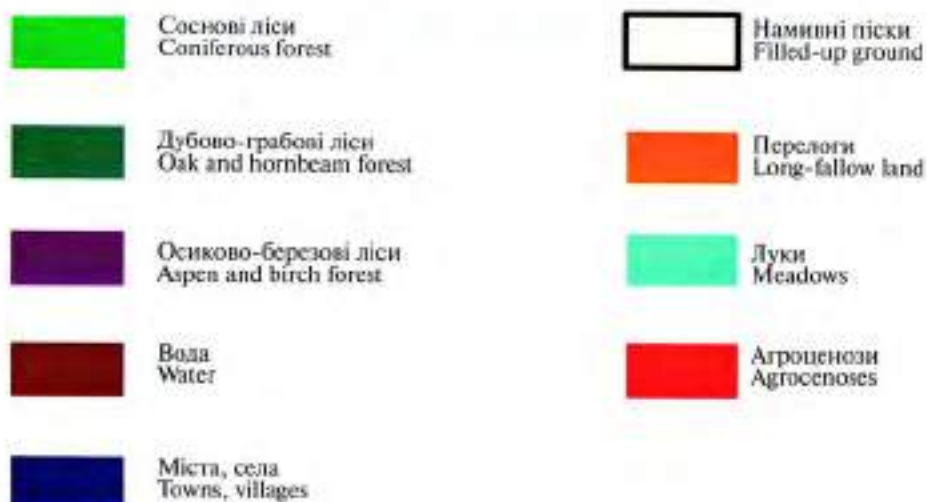
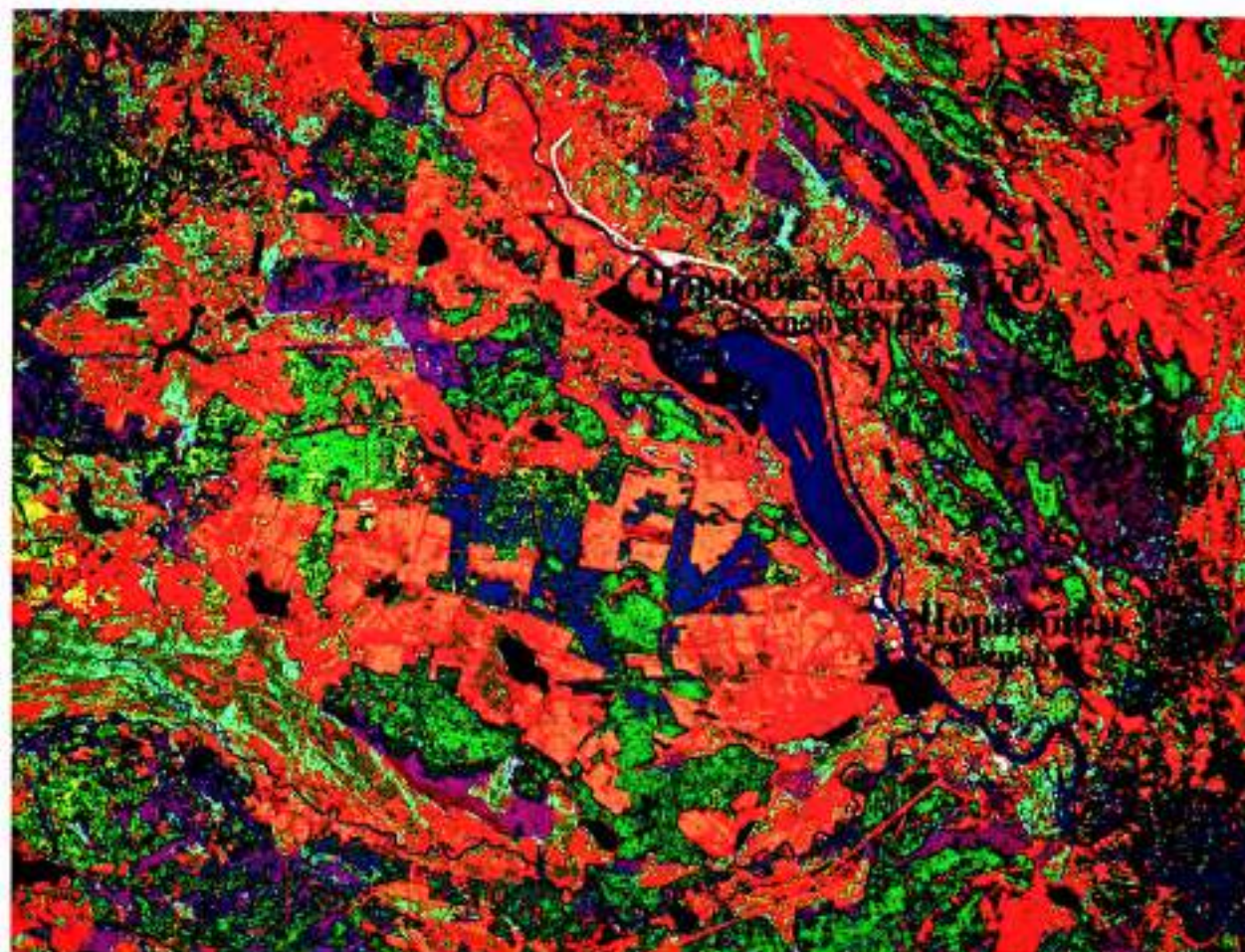


Синтезовані зображення в умовних кольорах знімків «Landsat» 16.04.1984 (А) та 29.05.1988 (Б)  
Synthesized pictures in false colours of «Landsat» images 16.04.1984 (A) and 29.05.1988 (B)



**ЗОНА ВПЛИВУ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС.  
ЛАНДШАФТ ТА СУЧАСНА РОСЛИННІСТЬ**

**ZONE AFFECTED BY THE CHERNOBYL ACCIDENT.  
LANDSCAPES AND PRESENT-DAY VEGETATION**



Масштаб 1:300000  
Scale 1:300000

Отримано за даними класифікації мультиспектрального космічного  
знімка SPOT від 23.08.1995 р.  
Result of classification of the multispectral SPOT image  
of 23 August 1995



## КЛАСИФІКАЦІЯ ЛАНДШАФТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КОСМІЧНОГО ЗНІМКА

На рис. 13 наведені результати класифікації фрагмента території зони впливу аварії на Чорнобильській АЕС за даними багатоспектрального космічного знімка SPOT від 23 серпня 1995 р. Необхідність проведення цієї класифікації обумовлюється тим, що зображення в окремих спектрах та на синтезованому знімку території дозволяють візуально виділити лише чотири природних ландшафти району. Для вирішення екологічних задач цього недостатньо. Для більш дрібного розподілу ландшафтів була проведена класифікація синтезованого зображення з використанням апарату класифікації з навчанням, за допомогою програми ERDAS IMAGE. Об'єкти навчання обирались з детальної карти рослинності району, яка створена співробітниками Інституту географії НАН України (Давидчук та ін., 1992). В результаті було виділено дев'ять природних ландшафтів та уточнені межі окремих з них. Зокрема були відокремлені чорновільхові ліси від інших видів листяних лісів. На схід від ставка-охолоджувача добре видно, як листяні ліси подекуди замінюють соснові. Цього немає на вихідній карті рослинності. Але в цілому ця класифікація дозволяє виділити менше відмінностей ландшафту, ніж це показано на вихідній карті рослинності. Тому при виборі місць розташування точок спостереження використовувалась карта рослинності та враховувались дані проведеної класифікації. Крім того, аналіз класифікованого знімка показує, що таким шляхом неможливо виявити вплив техногенних радіонуклідів на рослинність. З цією метою була розроблена спеціальна методика.

## CLASSIFICATION OF LANDSCAPES WITH THE USE OF SPACE IMAGES

Figure 13 shows the classification results for the landscapes around the Chernobyl nuclear power plant. The classification is based on a multispectral SPOT image acquired on 23 August 1995. The description of the synthesized image is given in the commentary to the previous figure. This classification became a necessity, since only four natural landscapes can be visually discriminated in the region. This is insufficient for ecological purposes. For a more detailed discrimination of landscapes, the classification of the synthesized picture was made using a software for the classification with training such as ERDAS IMAGE programme. The objects for training were selected from the detailed vegetation map of the region compiled by the staff of the Institute of Geography, National Academy of Sciences of Ukraine (Davydchuk et al., 1992).

As a result, nine natural landscapes were distinguished, and the boundaries of some of them were defined more accurately. In particular, the black-alder forests were separated from other kinds of deciduous forests. One can readily see how coniferous forests to the east of the cooling pond are replaced here and there by deciduous ones.

## СХЕМА РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНОВИЩА ЗОНИ ВЛИВУ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС

Залежності між спектральними яскравостями різних видів рослинності та вмістом  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті були використані для побудови схеми забруднення ґрунтів токсикантами в зоні впливу аварії на ЧАЕС (рис. 14). Схема побудована за результатами аналізу інтегральної дії токсикантів (1986—1989 рр.) на спектральні яскравості рослинності. Оптичні властивості рослинності вимірювались на багатозональному космічному знімку з супутника «Ресурс», зробленого 27 липня 1989 р. Найбільший за площею та інтенсивністю максимум забруднення розташований у районі ЧАЕС. Від нього тягнуться три максимуми першого порядку, що складаються з локальних мінімумів та максимумів вмісту радіонуклідів, розташування яких контролюється рельєфом. Максимум на південь від ЧАЕС збігається з відомим південним слідом аварії. Підвищений вміст радіонуклідів характерний для долин найбільших річок, для північних околиць лісових масивів та для локальних підвищень рельєфу. Зниження вмісту радіонуклідів характерне для південних схилів вододілів та південних околиць лісових масивів, для великих локальних понижень рельєфу.

Максимум забруднення, який збігається з долиною р. Прип'ять, характеризується дуже вузьким інтервалом коливань вмісту  $^{137}\text{Cs}$ , мабуть, через відсутність бар'єрів на шляху радіонуклідів, які переносяться вітром. Закономірності просторового розподілу радіонуклідів, які спостерігаються на схемі, збігаються з тими, що виявлені за даними наземних досліджень. Це підтверджує достовірність побудованої схеми.

Такі схеми можна побудувати для районів, прилеглих до інших великих промислових центрів, які впливають на екологічний стан навколишнього середовища.

## DIAGRAM OF RADIOACTIVE ECOLOGICAL SITUATION IN THE ZONE AFFECTED BY THE CHERNOBYL ACCIDENT

Relationship between spectral brightness of different kinds of plants and the  $\text{Cs-137}$  content in the soil were used to compile the diagram (Fig. 14) of toxic soil contamination around the Chernobyl accident zone. The diagram is based on the analysis of integrated effect of toxicants (1986—1989) on spectral vegetation brightness. The optical properties of plants were measured from the multiband «Resurs» image (27 July 1989). The contamination is the heaviest as to the area affected and intensity in the vicinity of the Chernobyl nuclear power plant. Three first-order maxima stretch from here, they are composed of local minima and maxima of radionuclide content, their disposition being controlled by landforms.

The maximum to the south of the Chernobyl nuclear power plant coincides with the southern plume of the accident. Higher radionuclide content is typical for the plains of the largest rivers, for the northern skirts of forest tracts, and for local relief elevations. The radionuclide content decreases commonly on the southern slopes of watersheds and southern skirts of forest tracts, on large local lowlands.

The contamination maximum, which coincides with the Prypiat plain, is characterized by a narrow range of  $\text{Cs-137}$  content variations probably due to the absence of barriers on the way of radionuclides carried by winds. The spatial radionuclide distribution patterns present in the diagram coincide with those found from ground-based measurements.



# СХЕМА РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНОВИЩА ЗОНИ ВЛИВУ АВАРІЇ НА ЧОРНОБІЛЬСЬКІЙ АЕС

## DIAGRAM OF RADIOACTIVE ECOLOGICAL SITUATION IN THE ZONE AFFECTED BY THE CHERNOBYL ACCIDENT



- Ліс  
Forest
- Державний кордон  
State border
- Межа 30-км зони  
30-km zone limits
- Вола  
Water

Показник інтегрального впливу токсикантів на рослинність (у балах) та відповідний вміст радіонуклідів у ґрунті (Ки/км<sup>2</sup>)  
Index of integrated toxicant effect on the vegetation (in magnitudes) and corresponding radionuclide content in the soil (Ci/km<sup>2</sup>)

- 8 балів - вище 120  
magnitude 8 - from 120 and more
- 7 балів - від 50 до 120  
magnitude 7 - from 50 to 120
- 6 балів - від 40 до 50  
magnitude 6 - from 40 to 50
- 5 балів - від 30 до 40  
magnitude 5 - from 30 to 40
- 4 бали - від 20 до 30  
magnitude 4 - from 20 to 30
- 3 бали - від 10 до 20  
magnitude 3 - from 10 to 20
- 2 бали - від 5 до 10  
magnitude 2 - from 5 to 10
- 1 бал - нижче 5  
magnitude 1 - from 5 and lower

Масштаб 1:230000  
Scale 1:230000

Знімок з супутника «Ресурс» 27.07.1989 р.  
Image acquired from the «Resurs» satellite on 27 July 1989







# ПОШУКИ НАФТОГАЗОВИХ ПОКЛАДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОСМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Вивчення флюїдопровідних структур (геодинамічних вузлів) на Азовському та Чорному морях виконано за супутниковою інформацією, одержаною в різних діапазонах з КА «Січ-1». Виділення структур проведено з використанням комплексу геоіндикаційних ознак досліджуваних об'єктів. Одержані дані становлять науковий і практичний інтерес — встановлена закономірність розміщення скупчень вуглеводнів в Азово-Чорноморському регіоні. Всі відомі тут промислові скупчення вуглеводнів просторово пов'язані з флюїдопровідними структурами літосфери (родовищ Голіцинське, Шмідта, Штормове, Джанкойське, Стрілкове, Півн. Керченське, Жовтнєве, Прибережне та ін.) (рис. 15). При цьому виявлена серія перспективних структур, не охоплених нафтогазопішуковими роботами, з якими можуть бути пов'язані промислові скупчення вуглеводнів. В цьому районі зв'язок промислових скупчень вуглеводнів з геодинамічними вузлами носить закономірний характер, що дозволяє вважати ступінь оцінки перспективності виявлених прогнозованих об'єктів достатньо високим. Тут не розглядається розміщення перспективних об'єктів, бо це є предметом спеціального вивчення. Відзначимо лише, що цікаві об'єкти виявлені в районах Керченської протоки, Прикерченського шельфу Чорного моря, західної частини Азовського моря і північно-західного шельфу Чорного моря (в районі родовищ Шмідта і Голіцинського).

Виявлення геодинамічних вузлів за матеріалами КА «Січ-1» спрощується і є більш достовірним після застосування методів комп'ютерної, оптико-електронної і фотолабораторної обробки вхідних зображень (рис. 16).

Зв'язок флюїдогеодинамічних процесів з розломними структурами (в більшій мірі з геодинамічними вузлами, в меншій — з окремими розривними порушеннями) в Азово-Чорноморському регіоні впевнено простежується на матеріалах теплової космічної зйомки і високочастотної гідрокації. На діаграмах, одержаних Інститутом біології південних морів НАН України, впевнено простежується зв'язок газового джерела з розривним порушенням, яке виражене виступом на морському дні. Привертає увагу факт вузької локалізації газового «факелу», його майже ідеальна вертикальність, яка обумовлює плановий збіг джерела з верхньою частиною «факелу», тобто з ділянкою досягнення морської поверхні. Ця обставина сприяє використанню теплової космічної зйомки для пошуків родовищ вуглеводнів. Теплова аномалія, що формується за рахунок цього «факелу» на морській поверхні, відповідає в плані позиції газового джерела.

На рис. 16 цифрами позначені зони виходу газу, які виявлено наземними засобами і були відомі раніше. В більшості випадків вони збігаються з ділянками газових покладів, прогнозованими за розробленою методикою.

## PROSPECTING OF OIL AND GAS DEPOSITS USING SPACE INFORMATION

Fluid-conductive structures (geodynamic nodes) in the Sea of Azov and the Black Sea were studied using the space information obtained in different spectral ranges from the «Sich-1» satellite. The structures were distinguished through the combination of geological features of the objects investigated. The data obtained are of scientific and practical interest — the distribution pattern of hydrocarbon accumulations in the Azov—Black—Sea region was identified. All the commercial hydrocarbon accumulations known here are associated with the fluid-conductive structures of the lithosphere (the Holitsynske, Shmidta, Shtormove, Dzhankoiske, Strilkove, P. Kerchenske, Zhovtneve, Pryberezhe formations, etc.) (Fig. 15). A series of promising structures which have not yet been embraced by oil and gas prospecting and which may be associated with commercial hydrocarbon accumulations were found. In this region the relation between commercial hydrocarbon accumulations and geodynamic nodes is of natural character, and this means that the prognosticated deposits may be regarded as highly promising. The localization of potential objects is not discussed here, it is a subject for a separate study. We wish to mention only that interesting objects were located in the region of the Kerch Strait, the Kerch shelf of the Black Sea, the western part of the Sea of Azov, and the northwest shelf of the Black Sea (in the vicinity of the Shmidta and Holitsynske formations).

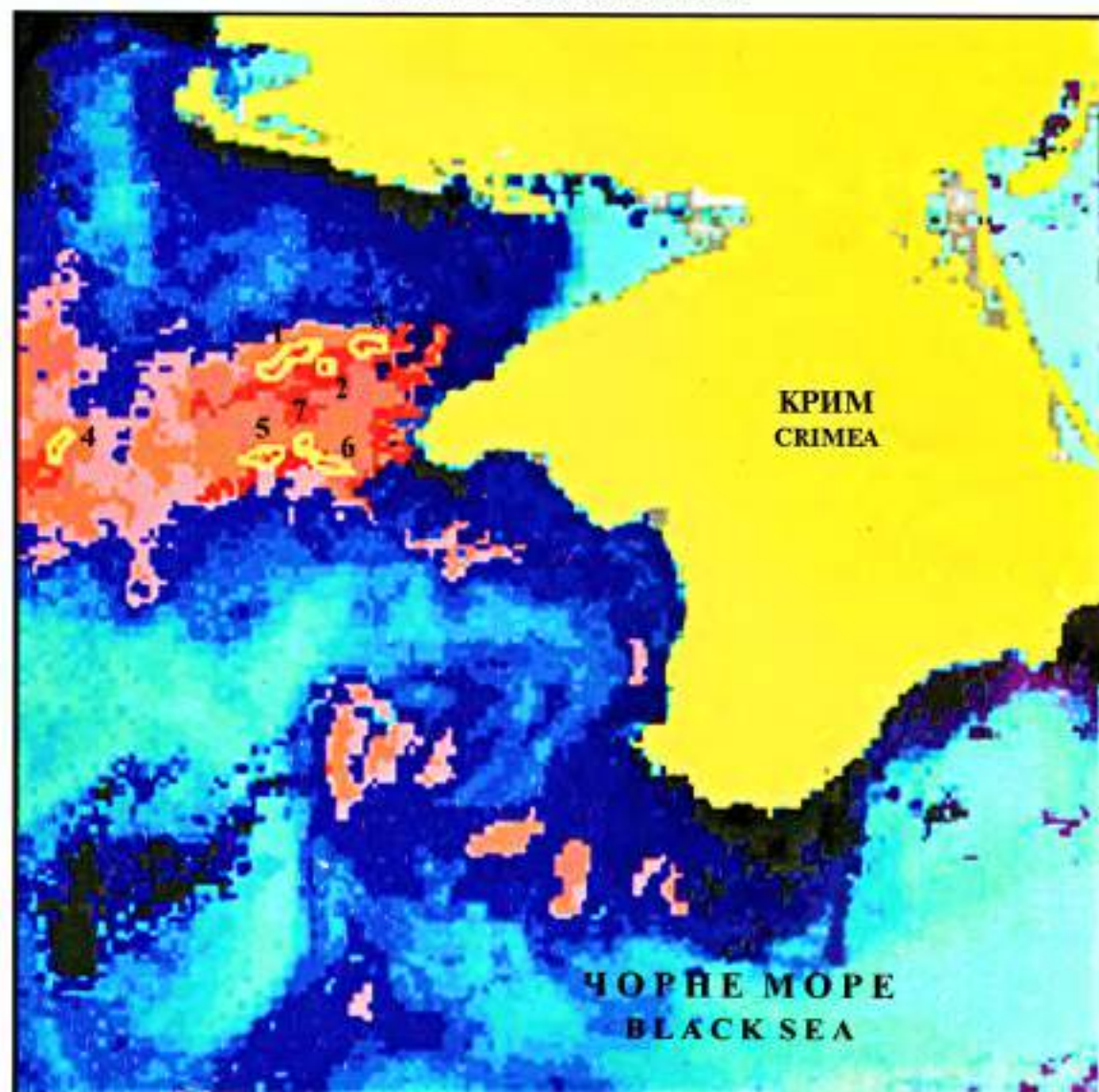
The identification of geodynamic nodes by means of the «Sich-1» data is simpler and more reliable when methods of computer, electron-optics, and photographic processing are applied to initial images (Fig. 16).

The association of fluid-geodynamic processes with fault structures (generally with geodynamic nodes and, in particular, with certain rupture dislocations) in the Azov—Black-Sea region is distinctly traced in the data from the IR space survey in the thermal range and high-frequency hydrolocation. The diagrams obtained by the Institute of Biology of Southern Seas, National Academy of Sciences of Ukraine, clearly show that gas sources are associated with rupture dislocations in the form of ridges on the sea floor. Interestingly, a gas «plume» has a narrow localization and is almost vertical, so that the source coincides in projection with the upper part of the «plume», i.e., with the site where the «plume» reaches the sea surface. This peculiarity makes the IR thermal space survey very useful in prospecting hydrocarbon accumulations. The thermal anomaly formed by such a «plume» on the sea surface corresponds to the gas source location in a view in plan.

The numbers in Fig. 16 mark the gas egress zones found earlier by ground-based prospecting facilities. In most cases they coincide with the gas accumulation areas predicted using the technique described here.



СХЕМАТИЧНА КАРТА УСТАЛЕНИХ ПОЛІВ ТЕМПЕРАТУРИ  
МОРСЬКОЇ ПОВЕРХНІ  
(ЗА ІЧ-ЗНІМКАМИ СУПУТНИКА NOAA ВІД 10, 11 ТА 15.06.1993 Р.)  
І РОЗМІЩЕННЯ ПРОДУКТИВНИХ НАФТОГАЗОВИХ ПОКЛАДІВ  
НА ШЕЛЬФІ ЧОРНОГО МОРЯ  
DIAGRAMMATIC MAP OF STABLE TEMPERATURE FIELDS  
ON THE SEA SURFACE  
(FROM INFRARED NOAA IMAGES, 10, 11 AND 15 JUNE 1993) RELATED  
TO THE LOCALIZATION OF COMMERCIAL OIL AND GAS DEPOSITS  
IN THE BLACK SEA SHELF



Масштаб 1:2200000

Scale 1:2200000

Температура поверхні

Surface temperature

<13 14.6 15.7 16.4 16.7 T, °C



4 Промислові скопчення вуглеводнів  
Commercial hydrocarbon accumulations

Відомі газові родовища

1 - Голіцинське, 2 - Південно-Голіцинське, 3 - Шмідта,  
4 - Одеське, 5 - Штормове, 6 - Кримське, 7 - Архангельське

Well-known gas pools:

1 - Holitsynske, 2 - Pivdenno-Holitsynske, 3 - Shmidta,  
4 - Odesske, 5 - Shtormove, 6 - Krymske, 7 - Arkhangelske

## **ЧАСТИНА II**

**Водогосподарські  
та водоохоронні задачі**

## **PART II**

**Water supply  
and water protection  
problems**



## РОЛЬ КОСМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ВИРІШЕННІ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ І ВОДООХОРОННИХ ЗАВДАНЬ

Перш за все необхідно з'ясувати, які тематичні завдання водокористування, що мають практичну цінність для потенційного користувача, можуть бути розв'язані за допомогою космічної інформації. На основі досвіду, що був накопичений в цій галузі, сформулюємо деякі з них: оцінка еколого-санітарного стану водного середовища; виявлення місць виходу стічних вод (точкових та дифузних джерел забруднення) і контроль розповсюдження зависі по водоймищу; визначення зон цвітіння водоймищ; контроль теплового забруднення водоймищ; інвентаризація та контроль гідротехнічної мережі заплави р. Дніпро в районі великих населених пунктів; дослідження процесів ерозії та абразії, зсувів та переробки берегів, акумулювання відкладень на дні, динаміки переформування ділянок русла річок і обмілин, осушення та заболювання русла заплави; визначення динаміки танення снігу, оцінка границь льодоставу і визначення розмірів незамерзаючої поверхні води; визначення границь підтоплення під час паводку; визначення берегової лінії та рівня заповнення водоймищ; оцінка стану нерестилищ та продуктивності водоймищ; оцінка забезпечення водою районів зрошуваного землеробства.

Спеціальна обробка космічних знімків дозволяє одержати кілька видів інформації. Спектральний склад відбитого світла визначається розсіянням на мінеральній зависі, поглинанням хлорофілом-а фітопланктону та розчиненою органічною речовиною і поглинанням та комбінаційним розсіянням на молекулах води. По цих даних можна визначити просторову динаміку значних забруднень мінеральними та органічними зависями, виявити зони інтенсивного цвітіння фітопланктону, нанести границі зон переробки берегової лінії, переформування обмілин та ін.

## THE IMPORTANCE OF SPACE INFORMATION IN SOLVING WATER SUPPLY AND WATER PROTECTION PROBLEMS

Space information can be successfully used for solving various problems in water supply services and in water protection. Some of these problems are the assessment of ecological and sanitary state of the aquatic medium; detection of sewer outlet sites (spot and scattered pollution sources) and monitoring of the spreading of suspended matter through reservoirs; location of the zones of algal bloom; monitoring of the thermal pollution of reservoirs; inventory and control of hydraulic works in the Dnipro floodplain near large settlements; watch on the erosion and abrasion processes, displacement and transformation of banks, accumulation of bottom sediments; study of the dynamics of river-bed and shoal transformations, draining and swamping of floodplains; study of the snow melt dynamics, determination of freeze-up boundaries and areas of ice-free water surface; determination of flooding boundaries; determination of bank line and filling level of reservoirs; assessment of spawning-ground conditions and reservoir productivity; assessment of the provision of irrigation agriculture regions with water.

## ВИЯВЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕНЬ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

До числа основних джерел забруднень водного середовища відносять викиди очисних споруд промислових і комунально-побутових стоків, сільськогосподарські і дренажні стоки, транспортне судноплавство, гідротехнічні роботи (будівництво в прибережній зоні, наміт ґрунту, поглиблення дна) та ін. Інформація про концентрацію і просторовий розподіл забруднень у водному середовищі становлять значний інтерес для служб водохорони, водокористування та експлуатації водосховищ. На рис. 17 наведено комп'ютеризоване зображення ділянки Канівського водосховища в межах м. Кисва після класифікації знімка з допомогою програми ERDAS IMAGINE в режимі контрольованого навчання. Внаслідок навчання програма автоматично вибирає найбільш відповідний умовам завдання критерій з тих, що реалізовані в ERDAS IMAGINE. Після навчання піксели зображення за допомогою вирішального правила розбиваються у відповідності з рівнем забруднення на класи, що відрізняються градаціями яскравості, і для зручності їм присвоюються різні кольори. При цьому кольори вибрані таким чином, що найбільшій яскравості зображення, а отже і найбільшій концентрації забруднень, відповідає червоний колір, а далі концентрація забруднень зменшується у відповідності зі зміною забарвлення водної поверхні (шкала кольору наведена на рисунку). На рис. 18 наведено зображення ділянки Дніпра, яке синтезоване із трьох спектральних каналів космічного знімка. На знімку зображена ділянка Дніпра в районі м. Запоріжжя, знімок супутника «Landsat TM» від 20 липня 1991 р. На зображенні чітко видно каналізовані джерела забруднень, помічені на малюнку стрілкою.

## LOCATING WATER POLLUTION SOURCES

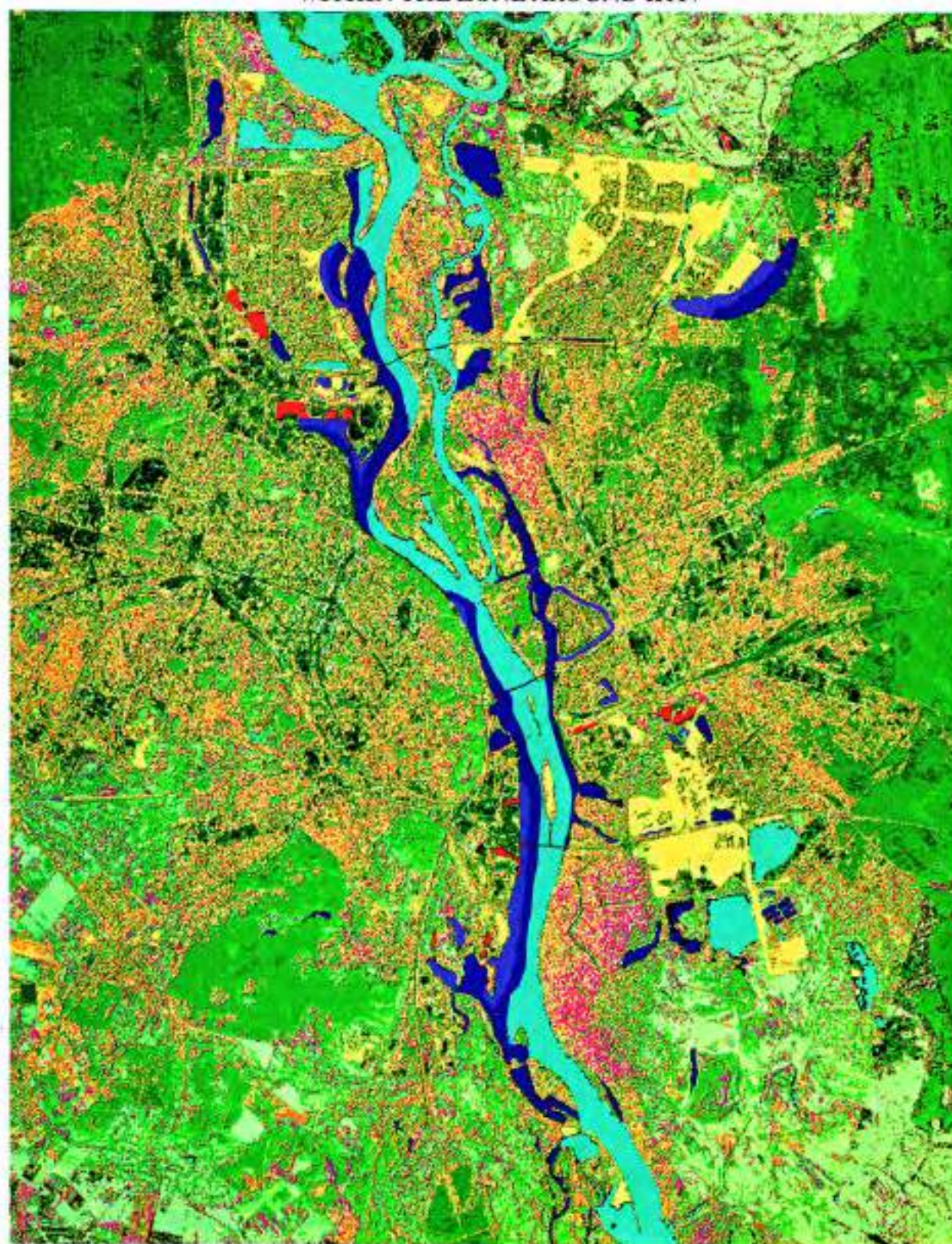
The major sources of water pollution are the industrial and municipal sewage, agricultural and drainage runoff, transport shipping, hydraulic engineering (construction in coastal zones, hydraulic filling of ground, dredging), etc. Information about the concentration and distribution of pollutants in the aquatic medium is of considerable interest for water protection services, water supply management, and reservoir maintenance.

Figure 17 presents a computer-processed image of an area in the Kaniv storage reservoir within the Kyiv boundaries after the image classification using the ERDAS IMAGINE programme in the controlled training mode.

The picture of a part of the Dnipro in the vicinity of Zaporizhia shown in Fig. 18 was synthesized from space images produced in three spectral bands (a «Landsat TM» image of 20 July 1991). Sewered pollution sources can be clearly recognized in the picture, they are marked by arrows.



POLLUTION PATTERN FOR THE DNIPRO RIVER  
WITHIN THE ZONE AROUND KYIV



Масштаб 1:150000

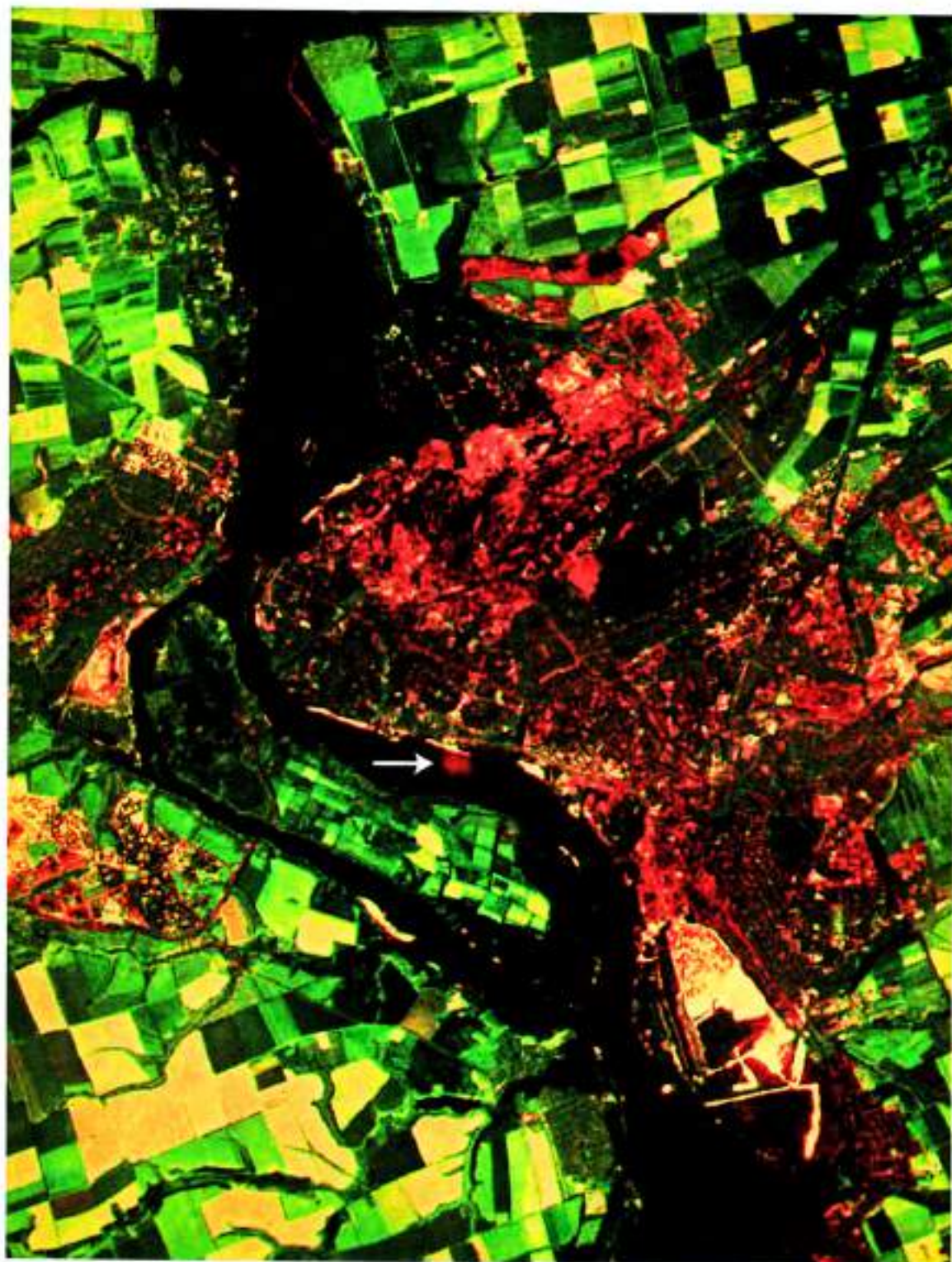
Scale 1:150000





ЗОНА ВИТОКУ СТІЧНИХ ВОД В Р. ДНІПРО  
У РАЙОНІ М. ЗАПОРІЖЖЯ

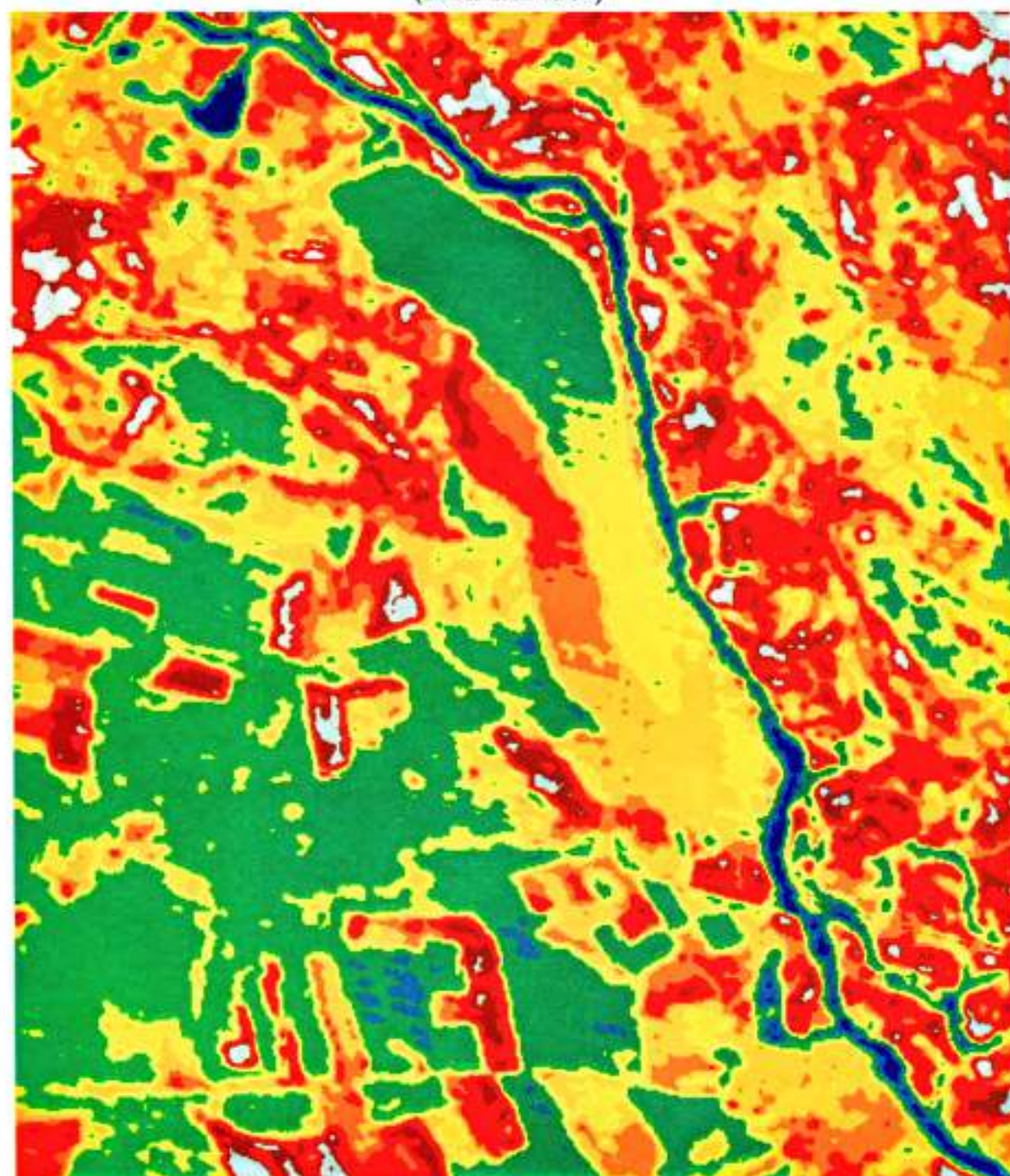
SEVER OUTLET ZONES IN THE DNIPRO  
IN THE VICINITY OF ZAPORIZHIA



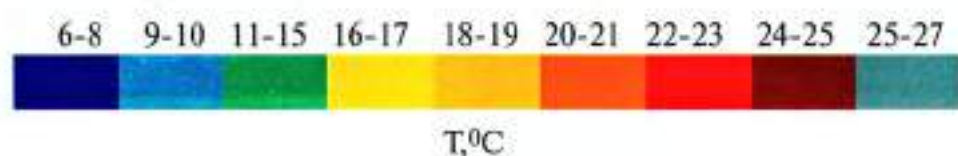
Масштаб 1:100000  
Scale 1:100000



РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПОВЕРХНІ  
ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА ЧОРНОБІЛЬСЬКОЇ АЕС  
(16.04.1984 р.)  
TEMPERATURE DISTRIBUTION OVER THE SURFACE  
OF THE CHERNOBYL NPP COOLING POND  
(16 APRIL 1984)



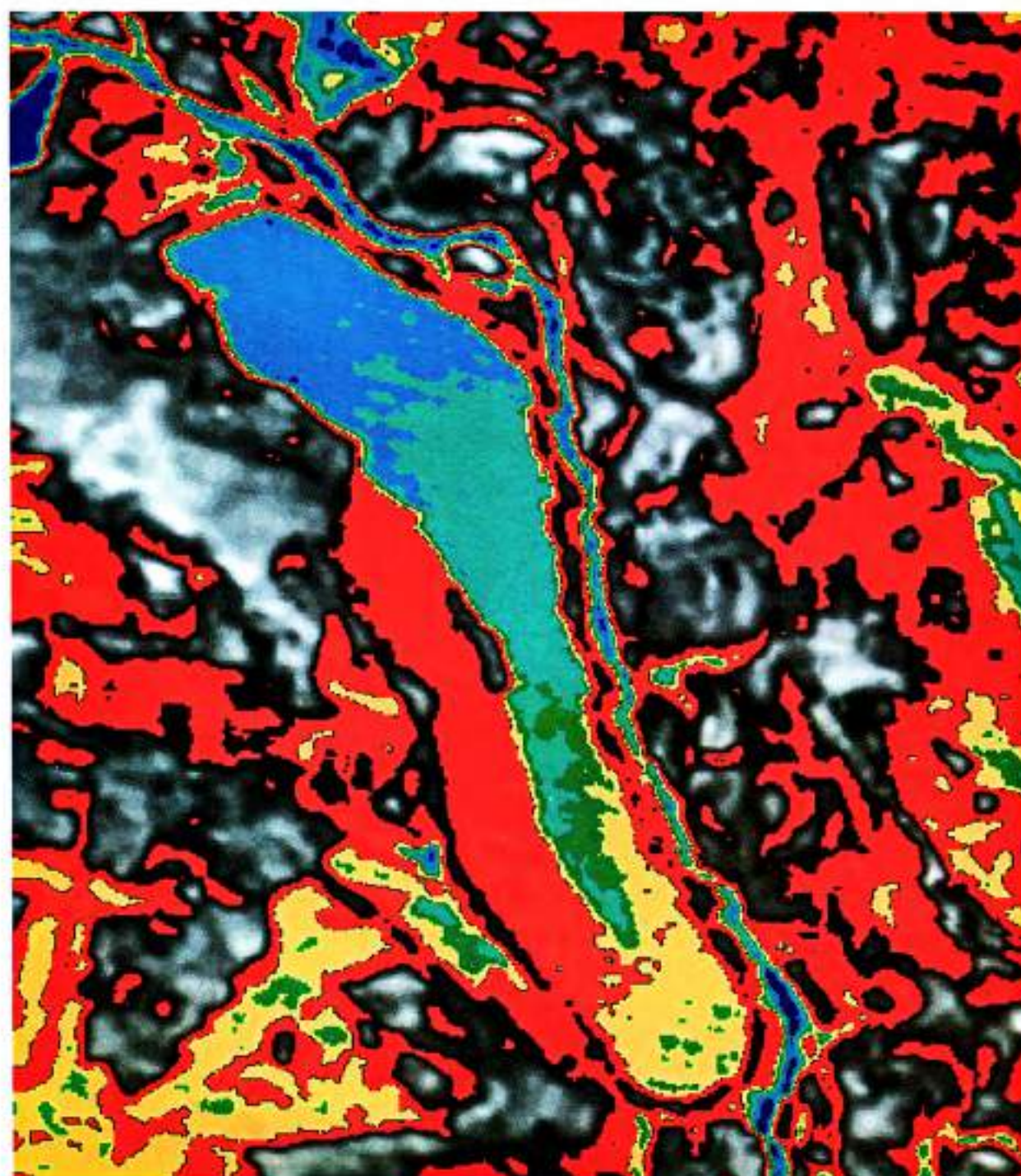
Масштаб 1:100000  
Scale 1:100000





РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПОВЕРХНІ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА  
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС (27.05.1988 р.)

TEMPERATURE DISTRIBUTION OVER THE SURFACE OF THE CHERNOBYL  
NPP COOLING POND (27 MAY 1988)



Мапштаб 1:100000

Scale 1:100000

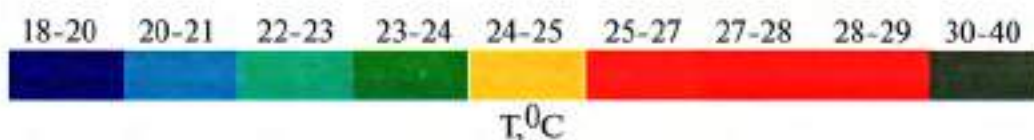


Рис. 20 Fig. 20



## КОНТРОЛЬ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПО ВОДНІЙ ПОВЕРХНІ

Теплове забруднення водного середовища вище допустимих нормативних показників істотно погіршує екологічний стан водних об'єктів і якість води. Інформація про просторове розповсюдження теплових забруднень по водній поверхні, про термодинамічні процеси, які проходять в поверхневих шарах великих водних об'єктів України, становить великий практичний інтерес для санітарно-екологічної оцінки стану водойм, а також стає виключно важливою при розробці водоохоронних заходів, направлених на компенсацію наслідків теплового забруднення. Для ефективності заходів, які розробляються, необхідно забезпечити оперативне одержання цієї інформації. На рис. 19 і рис. 20 наведені теплові космічні знімки (діапазон 8—12 мкм), водойми-охолоджувача Чорнобильської АЕС, одержані за допомогою шостого каналу скануючої апаратури супутника «Landsat TM» 16 квітня 1984 р. і 29 травня 1988 р. Була проведена класифікація зображень за градаціями енергетичної яскравості, пропорційної радіаційній температурі водної поверхні. При цьому червоний колір відповідає найбільшим значенням поверхневої температури, синій — найменшим. На знімках відтворюється властивий водоймам-охолоджувачам просторовий розподіл температур. По мірі руху води від каналізованого скиду до водозабору температура циркулюючої води за рахунок природного охолодження поступово знижується, і зображення водної поверхні на знімку набуває все більш холодних відтінків. Наведені знімки в достатній мірі дозволяють судити про ефективність роботи водойми-охолоджувача, а також дають можливість оцінити енергетичну потужність АЕС. Окрім того, на знімках можна помітити, що на прилягаючій до водойми ділянці р. Прип'ять температура води вища, ніж на інших ділянках. Це можна пояснити наявністю фільтраційних процесів в розподільній дамбі, внаслідок чого тепла вода із водойми-охолоджувача просочується через дамбу в Прип'ять.

## MONITORING OF THERMAL POLLUTION SPREADING OVER WATER SURFACE

Thermal pollution of the aquatic medium beyond permissible standards substantially deteriorates ecological conditions of water objects and the quality of water. Information about the spreading of thermal pollution over the water surface, about thermodynamic processes occurring in the surface layers of large water objects in Ukraine is of great practical importance for assessing the sanitary and ecological state of the basins and for the development of environmental preventive measures which would minimize thermal pollution effects. Figures 19 and 20 show thermal IR space images (in the 8—12  $\mu\text{m}$  range) of the cooling pond near the Chernobyl nuclear power plant, the images were acquired in the sixth band of the «Landsat TM» scanner on 16 April 1984 and 27 May 1988. The image classification was performed by the brightness grading which is proportional to water surface radiation temperature. In this case the red colour is attributed to the highest water surface temperature, and dark blue corresponds to the lowest one. The images reproduce a spatial temperature pattern inherent to cooling ponds. As the water moves from sewer discharge to water intake, the temperature of circulating water is gradually decreasing as a result of natural cooling and the picture of water surface gains cooler hues. The images enable us to draw reasonable conclusions about the efficiency of the cooling pond and allow the assessment of the plant power.

In addition, one can see in the images that the water temperature on the section of the Prypiat River adjacent to the cooling pond is higher than on other sections. This may be explained by seepage processes in the separating dam resulting in the leakage of warm water from the cooling pond to the Prypiat.

## БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА СТАНОМ ВОДНИХ РОСЛИННИХ ЛАНДШАФТНИХ КОМПЛЕКСІВ

Заростаюча частина мілководних ділянок (літоралі) відноситься до важливих інформаційних еко-водних екотонів. До числа останніх належать прибережна зона на межі розділу берег—водойма, гир-річок (ріка—водосховище, ріка—море). Ці зони, з одного боку, належать до числа найбільш критичні ділянок з точки зору можливості погіршення екологічної і санітарно-епідеміологічної ситуації в регіоні знаходження. З другого боку, ці зони є найбільш інформативними ділянками, контроль за станом якої дозволяє не тільки оцінювати екологічну ситуацію, а й прогнозувати її розвиток. Найскладніші екотон виникають на межі розділу двох середовищ при утворенні могутніх заростей водних рослин (повітряно-водних, занурених і з плаваючим листям). У зв'язку з цим значний інтерес викликає використання космічних знімків водних об'єктів. Розроблені методика і програма були випробувані на прикладі класифікації ділянок водної рослинності і визначення якості води в гирловій зоні ріки Самари і Самарської затоки (Запорізьке водосховище). За даними космічних сканерних знімків, виконаних супутником SPOT 18 червня 1995 р. в трьох спектральних діапазонах (рис. 21), було синтезовано зображення, на якому дешифрувальником-гідробіологом було виділено 29 ділянок водної рослинності. Результати дешифрування були використані як вхідна інформація для класифікації рослинних ділянок за типами ВРЛК. В результаті обчислень досліджувані ділянки були віднесені до 10 типів ВРЛК, кожен з яких характеризується конкретним хімічним складом водного середовища. У відповідності з існуючою методикою була визначена якість води на виділених ділянках: чиста (ділянки 11, 12, 20, 22, 23); помірно чиста (7, 8, 14, 17, 21, 24, 25, 28); слабозабруднена (10, 16, 19, 26, 27, 29); забруднена (1—6, 9, 15, 18).

## ESTIMATION OF WATER QUALITY BASED ON BIOINDICATORS OF THE STATE OF AQUATIC PLANT LANDSCAPE COMPLEXES

Overgrown parts of shallow water (littoral) areas are important zones of information on aquatic ecotones. These are coastal zones at the bank—reservoir interface and in river mouths (river—reservoir, river—sea). On the one hand, these zones are the most critical locations from the viewpoint of possible deterioration of ecological, sanitary, and epidemic conditions. On the other hand, the monitoring of their ecological state allows us to predict the course of development of the situation. The most complex ecotones arise at the interface between two media when strong aquatic thickets form (emersed, submersed, and floating aquatic plants). Thus, space images of water objects are of special interest.

The corresponding technique and programme were devised and tested by the classification of aquatic plant areas and in the analysis of water quality in the mouth zone of the Samara River and in the Samara Bay (the Zaporizhia reservoir). According to space scanner images acquired from the SPOT platform in three spectral ranges on 18 June 1995, a picture (Fig. 21) was synthesized, 29 areas of aquatic plants were recognized in it by a hydrobiologist using the decoding technique. The decoding results were used for classification of the plant sites by aquatic plant landscape (APL) types. They were attributed to ten APL types, each type being characterized by a certain chemical composition of aquatic medium. The water quality at the sites was analyzed with the existing technique, and the water was found to be pure (areas 11, 12, 20, 22, 23), moderate pure (7, 8, 14, 17, 21, 24, 25, 28), slightly polluted (10, 16, 19, 26, 27, 29), and polluted (areas 1—6, 9, 15, 18).



ГІРЛО Р. САМАРИ І САМАРСЬКА ЗАТОКА,  
КЛАСИФІКОВАНІ ЗА ЯКІСТЮ ВОДИ

CLASSIFICATION OF WATER QUALITY IN THE SAMARA RIVER MOUTH AND  
THE SAMARA BAY

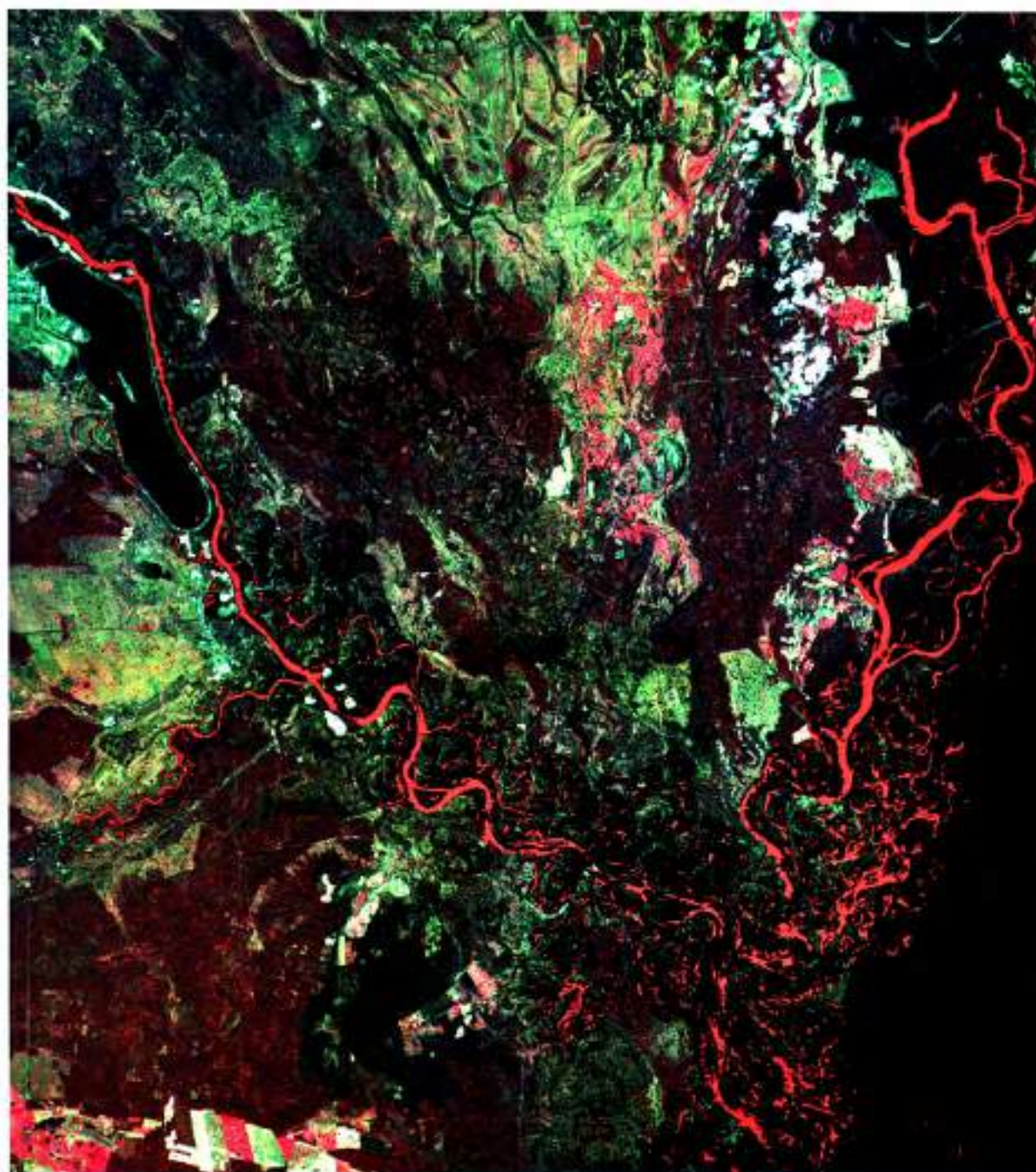


Масштаб 1:100000  
Scale 1:100000

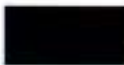



**ЗОНИ ПІДТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ПІД ЧАС ВЕСНЯНОЇ ПОВЕНІ В  
МЕЖИРІЧЧІ ПРИП'ЯТІ ТА ДНІПРА  
18.04.1994 ТА 14.04.1996 рр.**

**ZONES INUNDATED IN THE PRYPIAT AND DNIPRO INTERFLUVE DURING  
SPRING FLOODS  
(18 APRIL 1994 AND 14 APRIL 1996)**



Масштаб 1:200000  
Scale 1:200000

 Межі повені за даними знімка SPOT  
під 18.04.1994 р.  
Flood boundaries according  
to the SPOT imaging data,  
18 April 1994

 Межі повені за даними  
знімка ERS SAR від 14.04.1996 р.  
Flood boundaries according to the  
ERS SAR imaging data,  
14 April 1996



# ПРОГНОЗУВАННЯ МАСШТАБІВ ПОВЕНІ ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ РІЗНОЧАСОВИХ ОПТИЧНИХ І РАДІОЛОКАЦІЙНИХ КОСМОЗНІМКІВ

Повінь викликається різними причинами: інтенсивним таненням снігу у весняний час, сильними і тривалими зливами, льодовими заторами, а також руйнуванням дамб і гребель. Залежно від характеру річкової долини і кількості води, яка стікає із водозбірної площі, в період повені рівень води в ній підіймається на висоту до 1–2 м, а іноді і більше.

Погіршення якості води в період повеней зумовлено як зруйнуванням берегової смуги, так і масованим змивом з затоплених територій біогенних елементів, хімічних, біологічних і радіоактивних забруднень, скаламученням і перерозподілом мулових донних відкладень. Інтенсивність і швидкість грації радіонуклідів значно підвищується як внаслідок їх змиву поверхневими водами, так і при проникненні їх в ґрунтові води. Особливо сприяють інтенсивності цих процесів весняні повені.

Свіжим прикладом погіршення екологічної ситуації на Дніпрі може бути затоплення забрудненої радіонуклідами заплави 30-км зони в результаті зливу в басейні р. Прип'ять в липні 1993 р.

Тривожна ситуація із затопленням забруднених радіонуклідами територій в басейні р. Прип'ять виникла і навесні 1994–1996 рр. внаслідок весняної повені і підвищення рівня води.

Хоч водосховища виконують важливу роль в регулюванні рівнів повені і зменшенні їх максимумів, моніторинг динаміки подій, своєчасне попередження про загрозу і прогноз розвитку повені можуть бути здійснені лише на підставі регулярного контролю небезпечних ділянок річок при їх дистанційному зондуванні.

Одним із методів контролю розвитку весняної повені і прогнозування можливих її наслідків є порівняльний аналіз розвитку повені в поточному році в зіставленні з попередніми роками. Перспективним методом такого аналізу є розгляд різночасових оптичних і радіолокаційних космознімків. Навесні 1996 р. в ЦАКДЗ НАН України були проведені роботи, результатом яких став порівняльний аналіз розвитку весняної повені 1996 р. з аналогічними періодами 1984, 1986, 1994 рр. і періодом межені 1995 р.

Для порівняльного аналізу використовувались матеріали мультиспектральних космічних знімків POT від 06.05.96 р., 18.04.94 р., 23.08.95 р., «Landsat TM» від 16.04.84 р. і радіолокаційного знімка ERS від 14.04.96 р. Роботи виконувались за допомогою програмного пакета ERDAS IMAGINE. Виконані роботи покращення якості космічного знімка ERS (зменшені шуми за рахунок радіометричної корекції) і його декодування. В результаті класифікації зображення виділена водна поверхня як окремий клас, а потім і др. Зображення водної поверхні (як шару) за даними знімка ERS було накладено на зображення знімків POT і «Landsat TM» та проведено порівняння площ затоплення в межах річки Прип'ять та Дніпра під час весняної повені 1996 року з даними попередніх років (рис. 22). В зв'язку з тим, що в зимово-весняний період (лютий–квітень) значна територія України покрита суцільною хмарністю, ефективність використання саме радарних знімків для контролю за повінню є очевидною.

## PREDICTION OF FLOOD SCOPE BY THE ANALYSIS OF OPTICAL AND RADAR SPACE IMAGES ACQUIRED AT DIFFERENT TIME

Floods are caused by various events such as intensive snow melt in spring, prolonged and heavy showers, ice jams, as well as by destruction of dikes and protection embankments. Depending on river plain character and amount of water flowing down the watershed area, the level of water in rivers rises by 1–2 m and higher during floods.

Water quality deterioration in flood periods results from the both collapse of strands and immense washing off of biogenous material, chemical, biological, and radioactive pollutants from the flooded area, from the stirring and redistribution of silty bottom sediments. The intensity and rate of radionuclide migration increase greatly due to both washing off of radionuclides by surface water and their penetration into groundwater. These processes are especially intensified by spring floods.

Though reservoirs play an important part in the regulation of flood levels and reduction of their maxima, the watch on the dynamics of events, timely warning about a threat, and prediction of flood course can be made only on the basis of regular monitoring of dangerous parts of rivers by remote sensing.

One of the methods for the study of spring flood course and for the prediction of its possible after-effects is the comparative analysis of the flood course in the current year and in previous ones. A promising method in such an analysis is the examination of optical and radar space images acquired at different moments. Such comparative study of flood dynamics in 1996 and in the similar periods of 1984, 1986, 1994 and the low-water season of 1995 was conducted at the Centre of Aerospace Research of the Earth, National Academy of Sciences of Ukraine, in the spring of 1996.

The analysis was based on multispectral imaging data from SPOT (6 May 1996, 18 April 1994, 23 August 1995) and «Landsat TM» (16 April 1984), and on the ERS image for 14 April 1996. The ERDAS IMAGINE programme package was used.

The ERS image quality was upgraded (the noise was reduced by radiometric correction), and the image was decoded. As a result, the water surface was distinguished as a class and then as a layer. Further the ERS image with the pattern of the water surface as a layer was superimposed on the SPOT and «Landsat TM» compound images, and the areas in the interfluvium of the Prypiat and the Dnipro inundated during the spring flood of 1996 were compared with the data of previous years (Fig. 22).

Since vast areas of Ukraine are covered by continuous clouds in the winter and spring periods (February–April), it is just the radar imaging that provides the most efficient monitoring of floods.



ПРЕДМОВА .....	3
ЧАСТИНА I. Землекористування, природоохоронні та природоресурсні задачі .....	5
Роль космічної інформації у вирішенні задач землекористування та природоохорони .....	7
Вивчення сучасних природних і техногенних процесів на прикладі Київського регіону .....	9
Виявлення зон екологічного ризику на прикладі Київського регіону .....	9
Дослідження екосистем великих міських агломерацій на прикладі м. Києва .....	11
Вивчення небезпечних екзогенних процесів на прикладі м. Києва .....	12
Вивчення дії техногенезу на навколишнє середовище в розвинутих промислових регіонах України на прикладі м. Дніпропетровська .....	13
Вивчення дії техногенезу на навколишнє середовище в розвинутих промислових регіонах України на прикладі Запорізького регіону .....	14
Вивчення основних факторів та напрямків дії техногенезу на навколишнє середовище на прикладі Херсонського регіону .....	15
Дослідження екзогенних процесів на прикладі Херсонської міської агломерації .....	16
Дослідження динаміки територіального розвитку на прикладі Херсонської міської агломерації .....	18
Оцінка стану рослинного покриву за матеріалами КА «Січ-1» .....	19
Космічні знімки району Чорнобильської АЕС .....	20
Класифікація ландшафтів за допомогою космічного знімка .....	21
Схема радіоекологічного становища зони впливу аварії на Чорнобильській АЕС .....	22
Пошуки нафтогазових покладів з використанням космічної інформації .....	23
ЧАСТИНА II. Водогосподарські та водоохоронні задачі .....	25
Роль космічної інформації у вирішенні водогосподарських і водоохоронних завдань .....	27
Виявлення джерел забруднень водних об'єктів .....	28
Контроль розповсюдження теплового забруднення по водній поверхні .....	29
Біоіндикаційна оцінка якості води за станом водних рослинних ландшафтних комплексів .....	30
Прогнозування масштабів поєві шляхом аналізу різночасових оптичних і радіолокаційних космознімків .....	31

# CONTENTS

PREFACE .....	4
PART I. Land use, environment protection, and natural resources .....	5
Role of space information in solving land use and environment protection problems .....	8
Investigation of the current natural and technogenic processes (The Kyiv region as an example) .....	10
Indication of ecological risk zones (The Kyiv region as an example) .....	10
Study of ecosystems in large urban agglomerations (Kyiv as an example) .....	11
Study of hazardous exogenic processes (Kyiv as an example) .....	12
Study of technogenic effects on the environment in the industrial regions of Ukraine (Dnipropetrovsk city as an example) .....	13
STudy of technogenic effects on the environment in the industrial regions of Ukraine (The Zaporizhia region as an example) .....	14
Study of principal factors and trends of technogenic effect on the environment (The Kherson region as an example) .....	15
Research into exogenic processes (The Kherson urban agglomeration as an example) .....	17
Research into the territorial development dynamics (The Kherson urban agglomeration as an example) .....	18
Assessment of the state of vegetative cover using the «Sich-1» satellite data .....	19
Space images of the Chernobyl nuclear power plant region .....	20
Classification of landscapes with the use of space images .....	21
Diagram of radioactive ecological situation in the zone affected by the Chernobyl accident .....	22
Prospecting of oil and gas deposits using space information .....	24
PART II. Water supply and water protection problems .....	25
The importance of space information in solving water supply and water protection problems .....	27
Locating water pollution sources .....	28
Monitoring of thermal pollution spreading over water surface .....	29
Estimation of water quality based on bioindicators of the state of aquatic plant landscape complexes .....	30
Prediction of flood scope by the analysis of optical and radar space images acquired at different time .....	32