

Національний аерокосмічний університет  
ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»  
Міністерство освіти та науки України

Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут  
екологічних проблем»

Міністерство енергетики та захисту довкілля України

*Ідентичність за змістом  
з першим примірником  
дисертації засвідчено  
Виконано секретарем  
вченої ради*

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**КЛОЧКО ТЕТЯНА ОЛЕКСАНДРІВНА**



УДК 504.062 + 528.8


## ДИСЕРТАЦІЯ

### ОЦІНКА ЯКОСТІ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ҐРУНТІВ БУРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ НАФТОГАЗОВИДОБУВНИХ СВЕРДЛОВИН ДИСТАНЦІЙНИМИ ЗАСОБАМИ (НА ПРИКЛАДІ РОДОВИЩ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ)

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека  
Галузь знань 10 – Природничі науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
(доктора філософії)

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

  
Т.О. Клочко

Науковий керівник Бутенко Ольга Станіславівна, доктор технічних  
наук, професор

Харків – 2020

## АНОТАЦІЯ

**Клочко Т.О. Оцінка якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин дистанційними засобами (на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини).** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» Міністерство освіти та науки України, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» Міністерства енергетики та захисту довкілля України, Харків, 2020.

Дисертаційна робота присвячена розробці методу оцінки якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин дистанційними методами на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) з метою підвищення екологічної безпеки нафтогазовидобувних регіонів України.

Проаналізовано технології видобутку вуглеводнів та визначено характер проявів його екологічних впливів на ґрунти. Специфіка нафтогазовидобувних об'єктів, яка визначає особливості організації та проведення екологічного моніторингу на родовищах, характеризується такими аспектами: локальність ділянок можливого впливу за площею, динамічність розвитку інфраструктури родовища у часі та просторі, наявність технологічних споруд різного ступеня екологічної небезпеки, ризику аварійних викидів забруднюючих речовин.

Моніторинг ґрунтового покриву проводиться на ділянках буріння свердловин з метою визначення якості проведеної рекультивації. Площі рекультивованих земель відповідають типовим розмірам бурових майданчиків нафтогазових свердловин та складають 2-3 га. На родовищах ДДЗ у переважній більшості випадків ці ділянки приурочені до сільськогосподарських угідь, зокрема, орних земель, які беруться в оренду нафтогазовидобувною компанією у

землевласника на терміни від місяців до років. Дослідження проводяться до початку спорудження свердловини та після завершення технічної рекультивації, на основі чого робиться висновок щодо відповідності рекультивованих ґрунтів їхньому попередньому стану та придатності для цільового призначення. Конкретні вимоги та настанови щодо вибору місць відбирання проб ґрунту, перелік показників і порядок відбирання та аналізу проб надано в галузевих нормативних документах. Проте методи досліджень, які пропонують використовувати галузеві нормативи, на цей час є застарілими і не враховують специфіку особливості впливу на середовище залишкового забруднення рекультивованих бурових майданчиків свердловин. З використанням даних наземних зйомок важко оконтурити площі бурових майданчиків, та неможливо проаналізувати терміни та стан рекультивації.

Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість оцінки якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин дистанційними засобами шляхом встановлення взаємозв'язку між альбедо та характеристичною функцією наявності забруднюючих речовин. Оскільки при аналізі зображень для подальшої побудови прогнозу можливого поширення виявленої і локалізованої аномалії розглядаються не лише дані дистанційного зондування Землі, але і дані контактних методів зондування, картографічні та інфологічні характеристики зони досліджень, то найбільш доцільним є використання оцінок, заснованих на зв'язності. Такий підхід до організації даних дозволяє отримувати швидкі способи доступу до просторових даних, виробляти операції обчислення площі, реалізовувати алгоритми визначення суміжності елементів з виділеними фрагментами.

Розроблено метод оцінки якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин із застосуванням даних дистанційного зондування Землі, який на відміну від відомих дозволяє використовувати дистанційне зображення без жорстких вимог до спектрального діапазону, сталої повторюваності зйомки. Метод заснований на виділенні зони досліджень та класифікації елементів, що надає знімкам вимірювальних властивостей

(розмір площ порушених ґрунтів, показники яскравості), необхідних для оцінки якості рекультивації. Відхилення яскравості зображення рекультивованих ґрунтів від фону становить у середньому по свердловинах сучасної рекультивації 3,3 %, по свердловинах давньої рекультивації 5,0 %; розміри площ порушених ґрунтів відповідно 0,1 та 0,5 га. Розроблено новий узагальнюючий показник якості рекультивації – «бал відхилення», який є пропорційним до потенційної втрати врожаю агрокультур внаслідок неякісної рекультивації. Середнє значення цього показника на свердловинах сучасної рекультивації складає 43, а на свердловинах давньої рекультивації – 260. Виявлено стійку зміну властивості ґрунту рекультивованих бурових майданчиків нафтогазових свердловин та можливість використання різних за часом космічних знімків для порівняння і відносної оцінки стану рекультивованих земель на різних просторових об'єктах.

Вперше для рекультивованих ділянок нафтогазових свердловин Дніпровсько-Донецької западини вивчено комплекс показників, що включають фізичні, агрохімічні, водно-сольові, літолого-мінералогічні характеристики та валовий хімічний склад. Науково досліджено специфіку забруднення ґрунтового покриву за даними геохімічних аналізів ґрунту у межах визначених ореолів. Рекультивовані ділянки бурових майданчиків давніх свердловин (дати рекультивації 1960 – 1994 роки), характеризуються ущільненням ґрунту у межах 0–20 % від фонового значення, зниженням вмісту гумусу та поживних речовин більше ніж на 10%, формуванням техноземів переважно кальцито-баритового типу з аномальним накопиченням важких металів, насамперед свинцю, молібдену, цинку. Це свідчить про стійку зміну властивості ґрунту та можливість використання різних за часом космічних знімків для порівняння і відносної оцінки стану рекультивованих земель на різних просторових об'єктах.

Співставлення хімічного аналізу та фототону рекультивованих ґрунтів майданчиків «давніх» і «сучасних» свердловин показало наступне: стан ґрунту на майданчиках рекультивації сучасних свердловин контрастує з ділянками давньої рекультивації; яскравість аномалій фототону пропорційна

перетвореності хімічного складу мінеральної частини ґрунтів; максимальне відхилення яскравості спостерігається на ділянках максимального забруднення компонентами бурових розчинів; мінімальні відхилення яскравості, на ділянках сучасної рекультивації переважно пов'язані з ущільненням ґрунту, яке є наслідком технічної рекультивації та порушенням вимог біологічної рекультивації.

В результаті аналізу даних дистанційних та контактних вимірювань сформовано комплексний напрям дослідження для виявлення генезису площинних аномалій. На основі вивчення контактними методами вмісту хімічних елементів у рекультивованих ґрунтах бурових майданчиків були створені факторні та кластерні моделі розподілу хімічних елементів у ґрунтах.

Моделі розподілу елементів в фонових ґрунтах підтверджують основні закономірності хімізму чорноземів, що утворилися на суглинках:

1. Накопичення більшості мікроелементів у глинистій фракції Li, Mg, Ti, P, Ni, Zn, Cu, Ag, Ba, Pb.
2. Формування алевритової фракції за участю уламкових силікатів, новоутворених карбонатів і накопичення Ca, Na, Al, Sr, Zr, Cr, Fe, Ag, Ba.
3. Бідність макро- і мікроелементами піщаної фракції ґрунтів та вилугованих частин глибоких гумусових горизонтів.

По території дослідження рівномірно проявляються всі процеси формування хімічного складу ґрунтів. Переважна частина проб має алевритовий склад із різною кількістю домішок глинистої або піщаної фракції. За ступенем вилугованості зразки рівномірно розподілені по площі дослідження. Накопичення важких металів проявляється у пробах підорного шару, де відмічається підвищений вміст глинистої фракції.

Переважаючим процесом формування техноземів на бурових майданчиках є накопичення в складі силікатної основи ґрунту значних об'ємів кальциту та бариту. З боку мікроелементів цей процес описується аномальним накопиченням халькофільних металів Pb, Ag, Mo, Zn на фоні зменшення вмісту елементів, характерних для акцесорних мінералів суглинків – Si, P, Ti.

Враховуючи отримані результати можна стверджувати, що процеси формування техноземів на майданчиках давнього періоду та на рекультивованих сучасних майданчиках різні за хімізмом ґрунтів. Давні майданчики, що рекультивовані зі значними порушеннями, мають переважно кальцито-баритовий тип техноземів з аномальним накопиченням важких металів. Рекультивовані сучасні майданчики характеризуються ґрунтами дуже близькими за хімізмом до фонових чорноземів.

Вивчення особливостей зміни морфологічних ознак рекультивованих ґрунтів бурових майданчиків як давніх часів так і сучасного періоду показує, що причиною даних змін можуть бути як механічні, так і геохімічні впливи, відокремити кожен з яких неможливо, оскільки вони, як правило, діють одночасно. Механічні зміни істотні вже на етапі облаштування майданчику, прокладанні доріг і будівництві інших технічних об'єктів, а також при рекультивациі. В результаті відбувається перемішування верхніх вихідних генетичних горизонтів, при незмінних нижніх, що призводить до укорочення ґрунтового профілю. При механічному порушенні перемішаний шар складається з різних за кольором, розміром та структурою часток вихідних генетичних горизонтів. Набуті морфологічні зміни є стійкими протягом тривалого періоду післядії. Найбільш зумовлені геохімічними змінами такі морфологічні ознаки як колір ґрунтів (неоднорідність забарвлення та контрастність в межах трансформованого шару) та зміна їх структури.

Результати роботи впроваджено в організації, що проектує системи екологічного моніторингу; в організації, що провадить свою діяльність по видобутку вуглеводнів; в організації, що розробляє науково-методичне забезпечення технології дистанційного моніторингу засобами сучасних систем дистанційного зондування.

**Ключові слова:** екологічна безпека, родовища, видобування нафти і газу, довкілля, ґрунт, рекультивациа, екологічний моніторинг, супутникові знімки, впровадження.

## ABSTRACT

**Klochko T. O. Quality assessment of soil reclamation on drilling pads of oil and gas wells by remote sensing (on the example of oil and gas fields in the Dnieper-Donets depression).** – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 21.06.01–ecological safety. – Research Organization "Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems", Ministry of Energy and Environmental Protection of Ukraine, Kharkiv, 2020.

The thesis focuses on the development of the method for assessing the quality of soil reclamation on drilling pads of oil-gas wells applying remote sensing techniques (on the example of oil- gas fields of the Dnieper-Donets depression) in order to enhance environmental safety of hydrocarbon production regions of Ukraine.

Hydrocarbon production technologies have been analyzed and their environmental effects on soils have been determined. Specificity of oil and gas production facilities, which defines the peculiarities of the organization and commitment of environmental monitoring on the fields, is characterized by the following aspects: local scales of possible impact areas, changeability of infrastructure development within a field in time and space, existence of technological facilities with different rate of environmental hazard, risks of the accidental emissions of pollutants.

Soil monitoring is conducted on wells drilling areas to determine the quality of the reclamation. The area of reclamation land corresponds to the typical size of the drilling pads of oil-gas wells and covers 2-3 hectares. Within the Dnieper-Donets depression, in most cases, these areas are located on agricultural land, in particular, arable land, which are hold by the oil and gas company under lease for the period from months to years. The research is carried out prior to the start of the well construction and after completion of technical reclamation. Basing on the study results, the conclusion is made about the compliance of reclaimed soils to their previous state as well as suitability for further agricultural use. Specific requirements and guidelines for selecting soil sampling locations, list of indicators and protocol of

sampling and analysis are provided in the sectoral normative documents. However, research methods that are prescribed for the use in the industry standards are out-of-date and do not consider specifics of the environment impact posed by the residual pollution of reclamation drilling sites of wells.

Conventional field soil surveys are difficult to outline the contours of former drilling sites, and don't allow analyzing terms and conditions of soil reclamation.

The possibility of drilling sites reclamation analysis by means of remote sensing through establishing the relationship between albedo and characteristic function of soil pollution has been confirmed theoretically and experimentally. Imagery analysis for further forecasting of the possible spread of detected and localized anomaly considers not only remote sensing data, but also results of field surveys, cartographic and infological characteristics of the study area. This approach to data organization allows fast access to the spatial data, operations on the area calculations, algorithms implementation of determination of adjacent elements with selected fragments.

The method of the evaluation of drilling sites remediation quality on oil and gas wells sites is developed. In contrast to the existing ones, it uses remote sensing images without strict requirements to the spectral range and sustainable frequency of images capture. The method is based on the study area identification and elements classification, what provides measurable features of the images (the size of disturbed soil areas, brightness indicators), which are necessary for the evaluation of the reclamation quality. The brightness deviation of the reclaimed soil image from the background is 3.3% in average for the wells of contemporary reclamation and 5.0% for the old wells; areas of disturbed soils reach 0.1 and 0.5 hectares respectively. A new generalized indicator of the quality of reclamation is developed – "Deviation Score", which is proportional to potential loss of agricultural crops due to improper reclamation. The average value of this indicator at the wells of contemporary reclamation is 43 and on the long-standing wells – 260. The stable change of soil properties on reclaimed drilling sites of oil gas wells was revealed and the possibility of application of satellite images of different time for comparison and relative estimation of the state of reclaimed lands on different sites was justified.

For the first time on reclaimed areas of oil gas wells of the Dnieper-Donets depression a set of indicators was studied including physical, agrochemical, hydrochemical, litho-mineralogical characteristics and gross chemical composition. The specificity of soil contamination basing on geochemical analysis of soil within defined contamination plumes is scientifically investigated. Reclaimed sites of drilling pads of long-standing wells (the dates of reclamation – 1960–1994 years), are characterized by soil compaction within 0 – 20% of the background value, reduction of humus content and nutrients by more than 10%, forming Technosems mainly of calcite-barite type with abnormal accumulation of heavy metals, especially plumbum, molybdenum, zinc. This indicates a steady change in soil properties and the ability to use space imagery of different time for comparison and relative evaluation of the reclaimed land condition at different spatial objects.

Comparison of chemical analysis and brightness of reclaimed soils sites of long-standing and contemporary wells showed the following: soil condition at the sites of contemporary reclaimed wells sharply contrasts with areas of long-standing reclamation; the brightness of anomalies on the imagery is proportional to the transformation ratio of the chemical composition of the mineral soil particles; maximum brightness deviation is observed on the areas of maximum contamination by drilling mud components; minimal deviation of the brightness was detected on the areas of contemporary reclamation, which is mainly followed by soil compaction, derived from the technical recultivation and violation of the requirements of biological reclamation.

As a result of data analysis of the distance and contact measurements a comprehensive direction of research was formed for the investigation of the genesis of planar anomalies. On the basis of studying contact methods of chemical elements in reclaimed soils of drilling pads the factor and cluster models of distribution of chemical elements in soils were developed.

Models of elements distribution in the background soils confirm the basic chemical features of chernozems, formed on loams:

1. Accumulation of the major part of elements in the clay fractions – Li, Mg,

Ti, P, Ni, Zn, Cu, Ag, Ba, Pb.

2. Forming the silt fraction including clastic silicates, newly formed carbonate and accumulation of Ca, Na, Al, Cu, Zr, Cr, Fe, Ag, Ba.

3. Depletion of macro- and microelements of the sand fraction of soils and leached parts of deep humus horizons.

Over the study area, all processes of soil chemical composition appear uniformly. The majority of the samples has a silt composition with a different amount of impurities of clay or sand fraction. By the leaching rate the samples are evenly distributed over the area of study. The accumulation of heavy metals is observed beneath the topsoil, where the higher content of the clay fraction is detected.

The predominant process of technosems formation on drilling sites is the accumulation of significant volumes of calcite and barite in the silicate part of soil. From the trace elements, this process is described by the abnormal accumulation of metals Pb, Ag, Mo, Zn along with the decrease of the content of elements which are typical for loam minerals – Si, P, Ti.

Considering the obtained results, it can be argued that the processes of technosems formation on the long-standing and contemporary drilling sites are different in soil chemistry. The long-standing sites, cultivated with significant violations, have predominantly calcite-baric type of technosems with abnormal accumulation of heavy metals. Contemporary reclaimed sites are characterized by soil chemistry conditions which are very close to background chernozems.

The study of peculiarities of the morphological features change on reclaimed drilling sites for both long-standing and contemporary periods shows that the reason for these changes can be both mechanical and geochemical impacts. They hardly can be distinguished since they usually occur at the same time. Mechanical changes are essential already at the stage of the pad construction, paving roads and installation of other technical facilities, as well as of reclamation. As a result, the mixing of upper genetic soil horizons occurs, with constant lower, which leads to shortening of the soil profile. Under mechanical disturbance the mixed layer consists of the soil genetic horizons particles different by color, size and structure. Acquired

morphological changes are resilient over a long period of afteraction. The most caused by geochemical changes are morphological signs as soil color (heterogeneity of coloration and contrast within the transformed layer) and change of their structure.

The results of the work are introduced in the organization that designs the environmental monitoring systems; In the organization that conducts its activities for the extraction of hydrocarbons; In the organization that develops scientific and methodological support of remote monitoring technology by means of modern remote sensing systems.

**Key words:** ecological safety, fields, oil and gas production, environment, soil, reclamation, environmental monitoring, satellite imagery, implementation.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті у наукових фахових виданнях України та за кордоном:*

1. Журавель М.Ю., Ключко Т.О. / Дистанційна оцінка якості рекультивації родючих земель, бурових майданчиків на нафтогазових родовищах України // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2011. – № 2. – С. 11-17. (особистий внесок автора – застосування матеріалів космічних зйомок виявлення зон техногенного впливу на ґрунти у комплексі з проведенням наземних досліджень).

2. Ключко Т.О., Кручина В.В. / Інформаційне забезпечення моніторингу навколишнього природного середовища матеріалами космічних зйомок // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. / Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". – Харьков: ХАІ. – 2012. – Т.53. – С.163-169. (особистий внесок автора – використання матеріалів космічної зйомки в геоінформаційних системах для моніторингу довкілля).

3. Ключко Т.О., Кобрина Н.В. / Применение беспилотных авиационных комплексов для решения экологических задач // «Экология и промышленность» – Харьков: ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», 2014. – №1. – С.88-90. (особистий внесок автора – систематизація комплексу тематичних екологічних задач,

що вирішуються із застосуванням дистанційних зйомок).

4. Васенко О.Г., Лунгу М.Л., Мельникова Н.В., Ключко Т.О. / Деякі результати комплексного екологічного моніторингу довкілля української частини дельти Дунаю // «Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки» – Харків: УкрНДІЕП, 2014. – №36. – С.176-190. (особистий внесок автора – створення та ведення бази даних космічних знімків, аналіз у просторовому та часовому аспектах екологічного стану дельти р. Дунай та прибережній частині Чорного моря із застосуванням космічних зйомок).

5. Unmasking the soil disruption by modeling the dynamics of ground vegetation parameters. Vysotska O. V., Zholtkevych G. N., Klochko T. A., Bepalov Yu. G., Nosov K. V. Вісник НТУ КПП. Серія Радіотехніка – Київ: КПП, 2016. – № 64 – С. 101-109 (Індексується в міжнародній наукометричній базі Web of Science) (особистий внесок автора – визначення варіацій спектрально-відбивальних характеристик для демаскування порушень ґрунтового покриву).

6. Журавель М. Ю., Дрозд О. М., Дядін Д. В., Ключко Т. О. / Еколого-геохімічні особливості ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків нафтогазових свердловин. // «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування» Івано-Фр., 2017 – №1 (15). – С. 47-56 (особистий внесок автора – визначення локалізації та геохімічних особливостей трансформації ґрунтів після проведення рекультивації бурових майданчиків).

7. Красовський Г.Я., Шумейко В.О., Ключко Т.О. Семенцова Н.І. / Інформаційні технології моніторингу екологічних наслідків видобутку бурштину в Україні // «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування» Івано-Фр., 2018 – №2 (18) – С.104-114 (особистий внесок автора – аналіз дешифровочних ознак порушених ґрунтів).

8. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Ключко Т.О., Яременко В.В. / Анализ действующего нормативно-правового обеспечения экологического мониторинга на территориях деятельности нефтегазодобывающих предприятий Украины // «Экология и промышленность» – Харьков: ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», 2017.

– №3-4. – С.88-90 (особистий внесок автора – аналіз нормативно-правового забезпечення екологічного моніторингу ґрунтів).

9. Olena Vysotska, Marine Georgiyants, Kostiantyn Nosov, Yurii Balym, Anna Pecherska, Andrii Porvan, Sergey Pavlov, Victoriya Shekhovtsova, Tetiana Klochko, Andrii Solodovnikov / Development of a spatial dynamical model of the structure of clumps of toxic Cyanobacteria for biosafety purposes // East European Scientific Journal. 2018. № 10 (96). Volume 6. P. 65-75 (Індексується в міжнародних наукометричних базах Scopus) (особистий внесок автора – аналіз біопродукційних процесів за допомогою дистанційних даних).

***Тези доповідей на наукових конференціях:***

10. Клочко Т.О. / Экологические проблемы нефтегазового комплекса // Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки: збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції / Національний університет цивільного захисту України.-Х.: НУЦЗУ, 2013. – С.194-196.

11. Клочко Т.О. / Досвід впровадження геоінформаційних систем у сфері управління довкіллям нафтогазовидобувного підприємства // Геоінформаційні технології у територіальному управлінні: матеріали наук.-практ. конф. 11-12 верес. 2014 р. – Одеса: ОРІДУ НАДУ, 2014. – С.131-134.

12. Клочко Т.О., Беспалов Ю.Г. / Моделирование квазицикличности колориметрических параметров посевов культурных растений, демаскирующих нарушения почвенного покрова // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: наукові праці XIV Міжнародної науково-практичної конференції – Київ, 2015. – С.296-299.

13. Клочко Т.О. / Підвищення ефективності екологічного моніторингу ґрунтів в зоні впливу нафтогазовидобувних підприємств // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2016. – С. 165-166.

14. Клочко Т.О., Нагорна Н.В. / Еколого-геохімічна оцінка ґрунтів

рекультивованих ділянок нафтогазовидобувних підприємств // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія за матеріалами XVI Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, Пуща-Водиця, 03-04 жовтня 2017 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2017. – С.135-136.

15. Ключко Т.О., Нагорна Н.В. / Формування техногенних геохімічних аномалій у зоні впливу об'єктів нафтогазодобичі // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні»: тези доп. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2018. – с.44.

16. Ключко Т., Акчуріна С. / Оцінювання стану дельти р. Дунай за допомогою матеріалів ДЗЗ // Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених «GeoTerrace-2018» 13–15 грудня 2018 р., Львів (Україна): Збірник матеріалів / відповід. ред. К. Р. Третяк. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – С.156-157.

17. Ключко Т.О., Онищенко А.С. / Вибір ділянки буріння нафтогазових свердловин за допомогою геоінформаційних технологій // «Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки»: зб. наук. праць конференції. Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ». – Х., 2019. – С.194-196.

***Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації***

18. Беспалов Ю.Г. Моделирование влияния токсичности ливневого стока с городских территорий на динамику колориметрических параметров временных микроводоемов / Ю.Г. Беспалов, Е.В. Высоцкая, А.П. Порван, Т.О. Ключко // Соціальна відповідальність бізнесу і адміністрації – створення інноваційного управління: монографія / За заг. ред. В. Думчала, Т.П. Гесторенко, Т. Покуси. – Бердянськ: Видавець Ткачук О.В., 2015. – С. 65-70 (особистий внесок автора – колориметричний аналіз цифрового зображення).

19. Дискретное моделирование динамических систем отношений колориметрических параметров разнотравья и посевов культурных растений. Клочко Т.О., Высоцкая Е.В., Печерская А.И., Носов К.В., Парвадов Д.А. «Современный научный вестник» – Белгород, 2015. – №11 (258). – С. 65-70 (особистий внесок автора – визначення варіацій спектрально-відбивальних характеристик компонентів ландшафту).

20. Геомоделі в завданнях еколого-економічних оцінок земель та моніторингу їх використання / Красовський Г.Я., Трофимчук О.М, Радчук В.В., Бутенко О.С., Клочко Т.О. та ін. // Під ред. С.О. Довгого. – Київ:, ТОВ «Видавництво Юстон» – 2018. – 256 с. (особистий внесок автора – аналіз у просторовому та часовому аспектах екологічного стану ґрунтів у зоні впливу об'єктів нафтогазовидобування).

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ .....</b>	<b>18</b>
<b>ВСТУП .....</b>	<b>19</b>
<b>РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ РОЗРОБКИ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ НА ҐРУНТОВИЙ ПОКРИВ .....</b>	<b>25</b>
1.1 АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОЗРОБКИ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ НА ҐРУНТИ .....	25
1.2 АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ.....	33
1.3 АНАЛІЗ СТАНУ ҐРУНТІВ ДИСТАНЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ .....	38
1.4 АНАЛІЗ СТАНУ ҐРУНТІВ КОНТАКТНИМИ МЕТОДАМИ .....	46
Висновки до розділу .....	47
<b>РОЗДІЛ 2 МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ҐРУНТІВ БУРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ НАФТОГАЗОВИДОБУВНИХ СВЕРДЛОВИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ.....</b>	<b>50</b>
2.1 ФОРМУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ .....	50
2.2 ОСНОВНІ ЕТАПИ ОБРОБКИ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ .....	53
2.3 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ .....	63
Висновки до розділу .....	70
<b>РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ НА ПРОМИСЛОВИХ МАЙДАНЧИКАХ КОНТАКТНИМИ МЕТОДАМИ.....</b>	<b>72</b>
3.1 ҐРУНТОВИЙ ПОКРИВ ТЕРИТОРІЇ.....	72
3.2 АНАЛІЗ СТАНУ ҐРУНТІВ СУЧАСНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ.....	74
3.2.1 Аналіз водно-фізичних та агрохімічних показників ґрунтів .....	75
3.2.2 Аналіз хімічного складу водних екстрактів з ґрунтів.....	79
3.2.3 Аналіз хімічного складу мінеральної частини ґрунту.....	79
3.3 ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ҐРУНТІВ НА ДІЛЯНКАХ СВЕРДЛОВИН, ПРОБУРЕНИХ ДО 1994 РОКУ .....	84
3.3.1 Трансформація хімічного складу мінеральної частини ґрунтів .....	84
3.3.2 Мінералогічні аспекти техногенної трансформації .....	88
3.4 ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОЇ ЗДАТНОСТІ ҐРУНТІВ .....	95
Висновки до розділу .....	96
<b>РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕЦИФІКИ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ РЕКУЛЬТИВАНИХ БУРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ.....</b>	<b>98</b>
4.1 ОЦІНКА ФОНОВОГО НАКОПИЧЕННЯ МАКРО- І МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В ҐРУНТАХ .....	98

4.2	КОМПОНЕНТИ БУРОВИХ РОЗЧИНІВ, ЯК ДЖЕРЕЛО ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ .....	103
4.3	МОДЕЛЮВАННЯ НАКОПИЧЕННЯ МАКРО- ТА МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В ТЕХНОЗЕМАХ БУРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ .....	106
4.3.1	Процедури статистичної обробки .....	106
	Висновки до розділу: .....	120
	<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>122</b>
	<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>125</b>
	<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>136</b>

**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ**

ЕАХОГ	еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів	ДДЗ	Дніпровсько-Донецька западина
БСВ	бурові стічні води	ЗР	забруднююча речовина
БШ	буровий шлам	КА	космічний апарат
ВПР	відпрацьована промивальна рідина	КНД	керівний нормативний документ
ВМ	важкі метали	НГКР	нафтогазоконденсатне родовище
ГДК	гранично допустима концентрація	НПС	навколишнє природне середовище
ГІС	геоінформаційна система	СОУ	стандарт організації України
ГСТУ	галузевий стандарт України	СУБД	система управління базою даних
ДЗЗ	дистанційне зондування Землі		

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Східний нафтогазоносний регіон (Дніпровсько-Донецька западина) залишається основним за обсягами видобутку нафти і газу, хоча всі основні родовища тут вже увійшли до кінцевої стадії розробки з постійно спадаючим видобутком (виробка добувних запасів за основними родовищами нафти складає 90-95%). Станом на кінець 2018 р. видано спецдозволи на видобування, геологічне вивчення та дослідно-промислово розробку вуглеводнів приблизно на 250 ділянок надр загальною площею понад 42 000 км кв. на територіях Чернігівської, Полтавської, Сумської, Дніпропетровської та Харківської областей. Найбільша площа ліцензійних ділянок розташована на території Полтавської області і становить майже 16 400 км кв. (це 57 % від площі області). Особливістю територій нафтогазовидобування у межах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) є розташування інфраструктури родовищ на сільськогосподарських землях. З розвитком технологій багато родовищ вуглеводнів, що були на кінцевій стадії розробки (а відповідно територія та надра зазнали відповідний пресинг), опрацьовуються заново. Природні системи, хоча і мають достатню екологічну ємність, зазнають додатковий стрес. Наслідком впливу розробки родовищ вуглеводнів на природне середовище є утворення аномальних концентрацій хімічних елементів і їх з'єднань в результаті забруднення різних компонентів ландшафту. Виявлення техногенних аномалій є однією з найважливіших задач еколого-геохімічних оцінок стану середовища. Необхідність проведення моніторингу стану ґрунтового покриву на територіях діяльності нафтогазовидобувних підприємств обумовлено вимогами до рекультивації порушених земель на ділянках будівництва свердловин та прокладання трубопроводів. Роботи з рекультивації земель регламентовано положеннями ст. 166 та 168 Земельного Кодексу України [31], а також державними стандартами. У цих документах є вимога до орендарів повернути земельну ділянку в стан, придатний для сільськогосподарського використання. Для виконання такого зобов'язання треба визначати агрохімічні та агрофізичні показники ґрунту до і після рекультиваційних робіт. Конкретні

вимоги та настанови щодо вибору місць відбирання проб ґрунту, перелік показників і порядок відбирання та аналізу проб надано в галузевих нормативних документах.

Проте методи досліджень (тобто контактні дослідження) які пропонують використовувати галузеві нормативи, на цей час є застарілими і не враховують просторове розповсюдження, специфіку та особливості впливу на середовище залишкового забруднення рекультивованих бурових майданчиків свердловин попереднього періоду розробки. Розвиток дистанційних методів досліджень стану ґрунтів дозволяє припускати можливість їх використання для оцінки якості рекультивації, що і є предметом даного дослідження. Вирішення цих завдань потребує створення науково-методичних основ технологій оцінювання поточного стану ґрунтів з застосуванням даних ДЗЗ.

Дослідженням впливу процесів нафтогазовидобутку на компоненти довкілля із застосуванням методів дистанційного зондування Землі присвячені роботи українських вчених Адаменка О. М., Булигіна С.Ю., Журавля М. Ю., Лялько В. І., Попова М.О., Станкевича С.А. та інших вчених близького та дальнього зарубіжжя: Андроникова В.Л., Афанасьевої Т.В., Виноградова Б.В., Кондратьєва К.Я., Книжникова Ю.Ф., Кравцової В.І., Карманова І.І., Шовенгердт Р.А., Чандра А.М., Metternicht G., але саме якість рекультивації, особливості в історичному аспекті із застосуванням сучасних засобів контролю досліджена недостатньо. Перспективність використання матеріалів дистанційного зондування Землі визначається можливістю виділення контурів площ порушених ґрунтів та ідентифікації майданчиків, що довготерміново знаходяться у стані, відмінному від фонового. Інструментом у визначенні стану рекультивованих площ є аналіз дистанційних даних та фізико-хімічний аналіз ґрунту.

Розробці методу оцінювання якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин дистанційними засобами присвячені дисертаційні дослідження.

У роботі були використані матеріали геохімічних досліджень стану ґрунтового покриву, що проводиться компанією «СВНЦ Інтеллект-сервіс» на території групи родовищ ДДЗ.

**Мета і завдання дослідження.** Метою наукового дослідження є удосконалення наукових засад підвищення екологічної безпеки шляхом застосування розробленого методу оцінки якості рекультивації ґрунтів за допомогою даних дистанційного зондування на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини.

Для досягнення мети роботи поставлені наступні завдання:

- проаналізувати технології видобутку вуглеводнів та визначити характер проявів їх екологічних впливів на ґрунти;
- теоретично обґрунтувати доцільність використання дослідження екологічного стану ґрунтового покриву дистанційними засобами;
- розробити метод оцінки якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин із застосуванням даних дистанційного зондування Землі;
- теоретично обґрунтувати та експериментально підтвердити критерії оцінки якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин дистанційними засобами;
- науково дослідити специфіку забруднення ґрунтового покриву за даними геохімічних аналізів ґрунту у межах визначених ореолів.

**Об'єкт досліджень** – екологічно небезпечні процеси забруднення ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини.

**Предмет дослідження** – методи і засоби оцінювання якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин дистанційними засобами.

**Методи дослідження.**

Під час виконання роботи використовувались методи геоінформаційних технологій, експертних оцінок, контактні (за стандартизованими методиками)

та дистанційні методи екологічного моніторингу, цифрового моделювання, математичної статистики, методи спеціальної обробки космічних знімків.

Для обробки даних та графічної візуалізації результатів використано програмний пакет MS Excel; для побудови прогнозних моделей – програма статистичного аналізу STATISTICA 10; для обробки даних дистанційного зондування та картографічної візуалізації отриманих результатів дослідження використано геоінформаційне програмне забезпечення ArcGIS (ESRI).

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

- вперше науково обґрунтовано та запропоновано використання методу тематичного оброблення даних дистанційних вимірювань на основі виділення зони досліджень та класифікації елементів зображення для оцінки якості рекультивациі;

- вперше науково досліджено техногенну трансформацію хімічного складу мінеральної частини ґрунтів на рекультивованих ділянках в історичному аспекті;

- удосконалено метод екологічного моніторингу стану рекультивованих ґрунтів, який на відміну від відомих дозволяє використовувати дистанційне зображення без вимог до багатозональності, що зменшує витрати на дослідження;

- набули подальшого розвитку методи оцінювання техногенного впливу нафтогазовидобувної діяльності на ґрунтовий покрив та методи екологічного моніторингу нафтогазовидобувних територій шляхом комплексування даних космічного моніторингу та контактних вимірювань.

**Особистий внесок здобувача** полягає у формуванні ідеї, мети, висновків; методологічному й практичному застосуванні підходів по дослідженню територій, розробленні нових методів моніторингу та збору інформації, встановленні закономірностей поширення забруднювачів у ґрунтовому покриві.

Здобувачем вивчено, узагальнено та виконано аналіз наукової літератури з досліджуваної тематики, здійснено статистичну обробку і аналіз даних

контактних вимірювань, дешифрування та аналіз космічних знімків, побудовані геомоделі впливу на ґрунтовий покрив нафтогазових свердловин.

Вибір теми дисертаційної роботи, постановка завдань дослідження, обговорення одержаних результатів були проведені разом із науковим керівником.

Основні положення, висновки та рекомендації для практичного впровадження на виробництві сформульовано автором особисто.

Внесок автора в наукових роботах, опублікованих особисто та у співавторстві, деталізовано у переліку публікацій за темою дисертації.

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на: Всеукраїнської науково-практичної конференції «Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки» (Харків 2013), Науково – практичній конференції «Геоінформаційні технології у територіальному управлінні» (Одеса, 2014), XIV, XV, XVI Міжнародних науково-технічних конференціях «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях», (Київ, 2015, 2016, 2017), Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні» (Харків 2018); Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених «GeoTerrace-2018» (Львів 2018); Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки» (Харків 2019).

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано на кафедрі геоінформаційних технологій і космічного моніторингу Землі Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ». Дисертаційне дослідження здійснено в рамках держбюджетних НДР: «Розробка комплексних систем дистанційної діагностики джерел токсичності на великих площах важкодоступної місцевості» (2014 р., № ДР 0112U007750); «Розробка безпілотного комплексу дистанційної реєстрації скритих змін на місцевості із застосуванням методу зондування порушень

динамічної рівноваги біопродукційних процесів» (2016 р., № ДР 0115U001158). В усіх НДР здобувач була виконавцем окремих етапів.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Практичне значення полягає у впровадженні методу дистанційного моніторингу майданчиків рекультивації ґрунтового покриву нафтогазових родовищ, який покладено в основу систем екологічного моніторингу, запроєктованих і впроваджених ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД» на території діяльності низки нафтогазовидобувних підприємств Східної України (довідка про впровадження №02-20/11 від 20.11.2018).

У результаті впровадження розробки на території діяльності Спільного підприємства «Полтавська газонафтова компанія» (Полтавська область) відбувається підвищення екологічної безпеки, здійснюється інформаційна підтримка системи комплексного екологічного моніторингу, котра забезпечує оптимізацію витрат при реалізації ґрунтових досліджень на 30% та виконання заходів з рекультивації (акт впровадження від 03.07.2018).

Результати дослідження також використовуються та впроваджені в Інституті телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАНУ при розробці науково-методичного забезпечення технології дистанційного моніторингу засобами сучасних систем дистанційного зондування, створенні картографічних моделей просторового розподілу ділянок зі сталими рівнями антропогенного забруднення засобами ГІС – платформи ARCVIEW (акт впровадження №160/02.04.19-2 від 02.04.2019).

# РОЗДІЛ 1

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ РОЗРОБКИ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ НА ҐРУНТОВИЙ ПОКРИВ

### 1.1 Аналіз впливу розробки нафтогазових родовищ на ґрунти

За даними ДНВП «Геоінформ України» на державному обліку знаходиться 9720 нафтових та газових свердловин [32]. Розробка і експлуатація нафтогазових родовищ традиційно розглядається як один з найбільш небезпечних для навколишнього середовища видів виробничої діяльності, оскільки має комплексний характер та супроводжується неминучими просторово-часовими техногенними змінами усіх компонентів довкілля [1, 3, 4, 5, 6, 12, 22, 91]. Тимчасове вилучення земель із сільськогосподарського обігу для будівництва або капітального ремонту свердловин може мати такі негативні наслідки, як погіршення агрофізичних, агрохімічних властивостей та забруднення важкими металами ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків. Прояви деградації ґрунтового покриття такої штучно створеної системи агроландшафту є стійкими і довготривалими, як наслідок, спостерігається зниження родючості ґрунтів, а в окремих випадках і повна її втрата [72, 92].

Науковими дослідженнями показано, що геохімічна трансформація ґрунтів починається вже на стадії будівництва бурових майданчиків [99]. Серед основних чинників – докорінна зміна природної будови профілю ґрунту, утворення значної кількості рідких і твердих відходів будівництва свердловин, що містять широкий спектр різноманітних за складом і властивостями компонентів, в тому числі екотоксикантів, застосування полікомпонентних бурових розчинів тощо [71, 75, 77]. Характер їх впливу на геохімічний склад ґрунтів може зумовлювати формування складних геохімічних ореолів.

Рекультивація земель є обов'язковою складовою технологічних процесів, пов'язаних з відновленням порушених земель. Рекультивацію необхідно здійснювати в два послідовних етапи: технічний і біологічний, що регламентується відповідними нормативними документами [18].

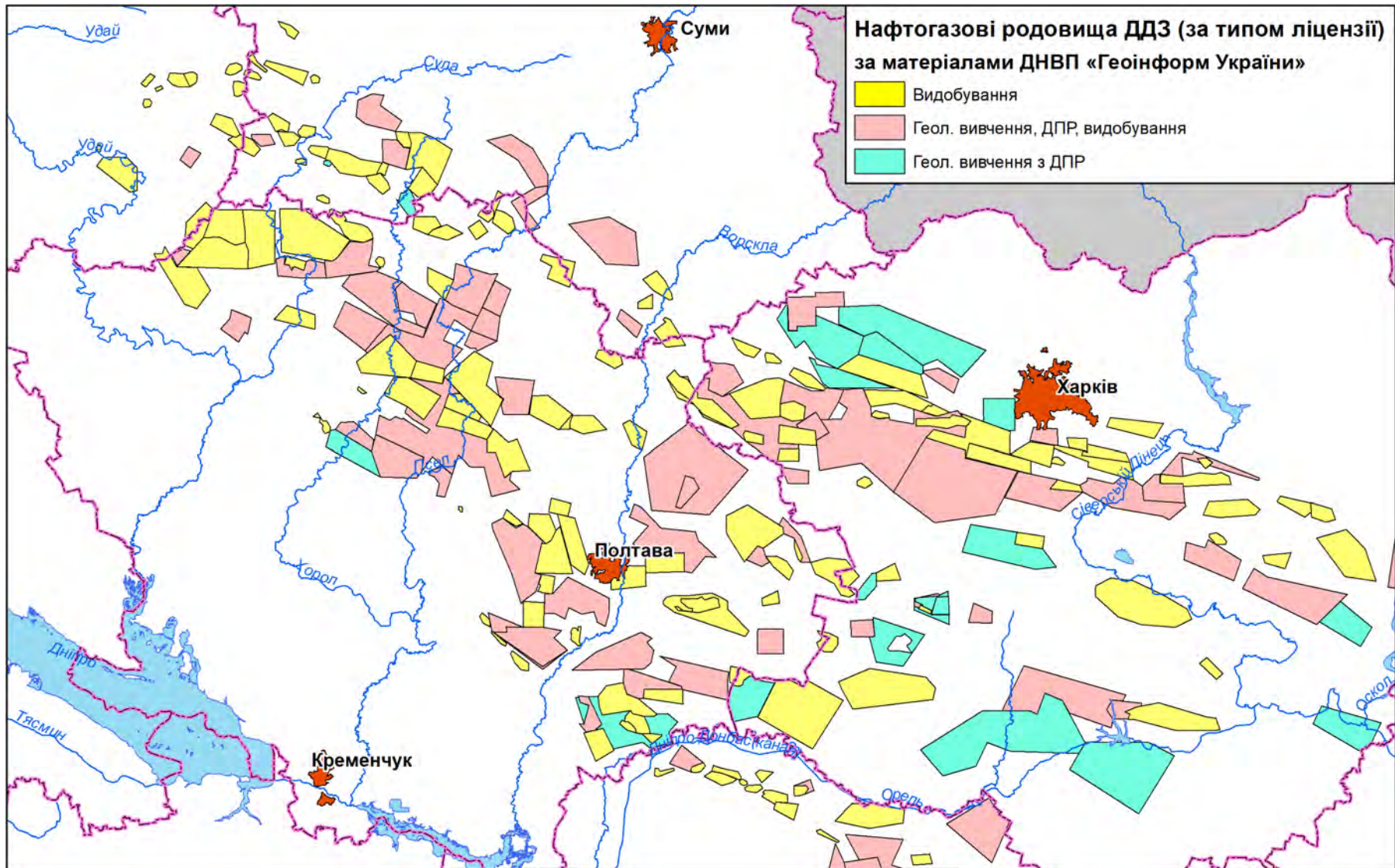


Рисунок 1.1 – Схема ліцензійних гірничих відводів в межах Дніпровсько-Донецької западини (північно-східний регіон України) за даними [32]

Рекультивация земель є обов'язковою складовою технологічних процесів, пов'язаних з відновленням порушених земель. Рекультивацию необхідно здійснювати в два послідовних етапи: технічний і біологічний, що регламентується відповідними нормативними документами [18].

Перелік основних дій, що проводяться під час виконання технічного етапу рекультивации:

- очищення земельної ділянки, яка підлягає рекультивации, від виробничих конструкцій, будівельного сміття, металобрухту, хімічних реагентів та інших сторонніх предметів;
- очищення і засипка амбарів, каналів, планування ділянки;
- виконання меліоративних робіт;
- очищення, знешкодження та захоронення промислових відходів, знешкодження нафтових забруднень ґрунтів, ліквідація їх засоленості;
- нанесення на земельну ділянку, що підлягає рекультивации, родючого шару ґрунту.

Після закінчення буріння і випробування свердловини роботи з технічної рекультивации необхідно проводити в наступній послідовності:

- демонтувати та вивезти бурове і допоміжне обладнання та залізобетонні вироби (плити покриття, фундаментні блоки, тощо);
- розбити монолітні бетонні фундаменти, лотки, приямки, вивезти їх, а звільнені місця їх знешкодження засипати ґрунтом і зрівняти;
- очистити земельну ділянку від металобрухту, електродів контурів заземлення, залишків хімреагентів, будівельного сміття, інших матеріалів;
- ліквідувати водну свердловину;
- провести очищення бурових стічних вод (БСВ) у відповідності з ГСТУ 41-00032626-00-007;
- провести знешкодження відпрацьованої промивальної рідини (ВПр) і бурового шламу (БШ) за одним із методів, які вказано в ГСТУ 41-00032626-00-007;
- після відведення очищених БСВ звільнені амбри засипати мінеральним ґрунтом;

- у разі безамбарного буріння вивезти відходи буріння, вичистити шламові ємності, демонтувати їх та вивезти;
- у разі забруднення нафтою і хімічними реагентами відповідні ділянки ґрунту зняти на глибину забруднення і захоронити у шламових амбарах;
- надлишковий ґрунт, який утворився під час будівництва шламових амбарів, траншей і т.і., рівномірно розподілити і розпланувати на ділянці знятого родючого шару перед нанесенням останнього або вивезти в місця, погоджені з землекористувачем;
- після нанесення мінерального ґрунту і планування майданчика необхідно здійснити заходи щодо виявлення і видалення випадково залишеного металобрухту та інших сторонніх предметів з метою попередження можливого псування інвентаря в процесі майбутньої обробки ґрунту;
- перед нанесенням гумусового шару ґрунту необхідно визначити рН водної витяжки ґрунту;
- нанести родючий шар ґрунту за допомогою бульдозерів;
- насипний ґрунт ущільнити за допомогою гусеничних тракторів. Після завершення робіт з технічної рекультивації необхідно проводити контроль за забрудненням ґрунтів бурової площадки у відповідності з вимогами КНД 41-000 32626-00-326 [39]. Оцінка рівня хімічного забруднення ґрунтів проводиться відповідно ГОСТ 17.4.3.06 [15].

Проект біологічної рекультивації та відповідний до нього комплекс агротехнічних заходів для освоєння ґрунтів (ГОСТ 17.5.3.05 [16]) розробляють в залежності від цільового призначення рекультивованих земель.

Результатом рекультивації є формування техноземів – складних полікомпонентних органо-мінеральних систем, склад і властивості яких формуються в результаті взаємодії природної (суміш вихідних генетичних горизонтів, ґрунтоутворюючих порід і флюїдів) і техногенної (технологічні реагенти, компоненти бурових розчинів) складових, що визначає рівень ґрунтової родючості, напрямок та інтенсивність ґрунтоутворюючого процесу [18, 71].

Основними очікуваними негативними наслідками проведення робіт з будівництва нафтогазових свердловин, які, як правило, з'являються після рекультивації та повернення земельних ділянок власникам, є:

- ущільнення ґрунту;
- зменшення вмісту гумусу у верхній частині родючого шару ґрунту;
- зменшення вмісту мінерального азоту та рухомих сполук фосфору і калію;
- зміна кислотності ґрунту за рахунок розсіяння компонентів бурових розчинів;
- локальне засолення ґрунту компонентами бурових розчинів;
- засмічення ґрунту будівельним сміттям та промисловими і побутовими відходами.

Після завершення робіт з технічної рекультивації необхідно проводити контроль за забрудненням ґрунтів бурової площадки у відповідності з вимогами КНД 1-000 32626-00-326. Оцінка рівня хімічного забруднення ґрунтів проводиться відповідно ГОСТ 17.4.306. Для цього необхідно відбирати проби ґрунту та досліджувати їх.

Перелік основних дій, що проводяться під час виконання біологічного етапу рекультивації:

- внесення мінеральних добрив (N, P, K);
- внесення напіврозкладеного гною в нормі 45 т/га;
- оранку плугом з передплужником 20-33 см;
- глибоке рихлення на 18-22 см протиерозійним культиватором та глибокорозрихлювачем;
- передпосівне боронування, прикоткування, посів суміші бобових і злакових трав і післяпосівне прикоткування ґрунту;
- утримання ґрунту під багаторічними травами протягом 2-х років.

Відповідальність за біологічну рекультивацію несуть землекористувачі, які прийняли технічно рекультивовані землі.

Проект біологічної рекультивації та відповідний до нього комплекс агротехнічних заходів для освоєння ґрунтів розробляють в залежності від цільового призначення рекультивованих земель.

Тривалість біологічної рекультивації визначають у заходах з рекультивації і вона залежить від ґрунтово-кліматичних умов, особливостей технічної рекультивації (потужності родючого шару, який наносять), рівня і характеру забруднення площі, ефективності заходів біологічної рекультивації.

Підприємство, на балансі якого знаходиться свердловина, несе відповідальність за:

- зберігання родючого шару ґрунту;
- виконання у встановлений термін планувальних, будівельно-монтажних та інших робіт;
- якісне та своєчасне знешкодження і захоронення відходів буріння свердловин;
- виконання технічного етапу рекультивації та своєчасну передачу рекультивованих земель для подальшого їх використання за призначенням;
- своєчасне перерахування коштів землевласнику на проведення біологічної рекультивації земель;
- проведення у відповідний до вимог проекту і землевласника стан земельних ділянок, які були використані як під'їдні дороги.

Результатом рекультивації є формування техноземів – складних полікомпонентних органо-мінеральних систем, склад і властивості яких формуються в результаті взаємодії природної (суміш вихідних генетичних горизонтів, ґрунтоутворних порід і флюїдів) і техногенної (технологічні реагенти, компоненти бурових розчинів) складових, що багато в чому визначає рівень ґрунтової родючості, напрямок та інтенсивність ґрунтоутворюючого процесу.

Основними очікуваними негативними наслідками проведення робіт з будівництва нафтогазових свердловин, які, як правило, з'являються після рекультивації та повернення земельних ділянок власникам, є:

- ущільнення ґрунту;

- зменшення вмісту гумусу у верхній частині родючого шару ґрунту;
- зменшення вмісту мінерального азоту та рухомих сполук фосфору і калію;
- зміна кислотності ґрунту, за рахунок розсіяння компонентів бурових розчинів;
- локальне засолення ґрунту компонентами бурових розчинів;
- засмічення ґрунту будівельним сміттям та промисловими і побутовими відходами.

Ущільнення відбувається внаслідок надмірного тиску на ґрунт ходовими системами транспортних засобів та іншої техніки і значно посилюється при виконанні земляних робіт за підвищеної вологості ґрунту. Ущільнюється не тільки верхній, кореневмісний шар ґрунту, але й нижні глибокі горизонти. Щільний ґрунт у сухому стані чинить великий опір розвитку кореневої системи рослин, погано фільтрує воду, для обробки потребує додаткових витрат. Вологоємкість ущільненого ґрунту є гіршою, ніж у природному розпушеному стані. У зв'язку з цим рослини постійно відчувають дефіцит необхідної їм вологи.

Зменшення вмісту гумусу і поживних речовин у верхній частині родючого ґрунту виникає через перемішування з нижньою частиною шару (у природному стані ці показники поступово знижуються з глибиною), і обумовлює дискомфорт росту рослин при недостатній забезпеченості основними поживними елементами.

Зміна кислотного стану ґрунту може бути наслідком розсіювання компонентів бурових розчинів в процесі їх приготування та використання в технологічних процесах буріння. Це призводить до порушення фізичного, хімічного та мікробіологічного режиму ґрунтів і може знизити доступність поживних елементів рослинам.

Показники порушеності земель на родовищах можуть відображати площі порушених (змінених) земель, ступінь і характер техногенних змін, яких зазнали ділянки. Найпростішим, але інформативним показником виступає площа порушених земель, до якої можна віднести площі рекультивованих майданчиків, площі ділянок шлейфів, площі, зайняті об'єктами нафтогазовидобувної інфраструктури в даний час.

Навантаження на територію гірничого відводу родовища можна характеризувати коефіцієнтом розбуреності ( $K_p$ ), що характеризує представлені кількістю свердловин, пробурених на одиницю площі гірничого відводу:

$$K_p = N/S, \quad (1.1)$$

де  $N$  – кількість свердловин в межах гірничого відводу родовища;

$S$  – площа гірничого відводу родовища, км<sup>2</sup>.

Згідно отриманих даних, найбільшим показником розбуреності характеризується Мовчанівське родовище (табл. 1.1), на якому налічується більше 3 свердловин на 1 км кв. Слід враховувати, що третина фонду свердловин з'явилася на цій території ще на попередніх етапах освоєння Новомиколаївської структури – 7 свердловин у 1960-70-х рр. і 12 свердловин у 1980-х рр.

Таблиця 1.1 – Показники розбуреності родовищ у межах сучасних контурів гірничих відводів

Гірничий відвід (сучасні контури)	Загальна площа, км кв.	Загальна кіль- кість свердловин, шт.	Коефіцієнт розбуреності
Руденківське родовище	85,92	34	0,39
Ігнатівське родовище	25,25	56	2,22
Мовчанівське родовище	7,78	26	3,34
Новомиколаївське родовище	7,89	11	1,39
Заплавська площа	172,92	19	0,11
всього	299,77	146	0,49

Площі та контури рекультивованих земель на майданчиках старих ліквідованих свердловин 1960-80-х років визначити важко, оскільки документи, що містять такі відомості майже не збереглися. Для усереднених оцінок можна приймати значення від 2 до 3 га, які відповідають типовим розмірам бурових майданчиків нафтогазових свердловин, що бурилися у той час. У якості непрямих показників порушеності ґрунтового покриву можна вважати дати буріння – на перших етапах розбурювання родовища у 1960-ті, коли відомості щодо будови покладів і величин пластових тисків тільки уточнювали, під час приготування бурових розчинів

використовували більші об'єми обважнювачів (гематит, барит) задля запобігання неочікуваних газопроявів. Ще одним непрямим показником є тривалість буріння та випробування свердловин, яка означає тривалість і негативних впливів на ґрунтовий покрив – ущільнення працюючою технікою, можлива фільтрація забруднюючих речовин із бурових майданчиків, поступове погіршення якості родючого ґрунту в обвалуванні.

## 1.2 Аналіз нормативних вимог

Стратегією національної екологічної політики України [63, 64] визначено необхідність удосконалення регіональної екологічної політики, що передбачає проведення класифікації регіонів за рівнями техногенно-екологічних ризиків, створення відповідних банків геоінформаційних даних і карт. Основними інструментами реалізації національної екологічної політики серед інших є моніторинг стану довкілля та контроль у сфері охорони навколишнього природного середовища і забезпечення екологічної безпеки.

На території України налічується більше 300 родовищ нафти і газу, які освоюються у Західному та Східному нафтогазоносних басейнах [3]. Нафтогазовидобувна діяльність належить до екологічно небезпечних видів діяльності та призводить до інтенсивного навантаження на геологічне середовище, підземні та поверхневі води, ґрунтовий покрив, атмосферне повітря, біотичні компоненти та соціальне середовище. Аспекти негативного впливу на довкілля від видобування нафти та газу активно досліджуються на території країн із розвиненою нафтогазовою галуззю – США, Велика Британія, Норвегія, Польща та інші. Особливого розвитку ці дослідження отримали в останні роки із активізацією видобування нетрадиційних видів вуглеводнів (сланцевого газу, газу ущільнених пісковиків, сланцевої нафти тощо). В Україні процеси впливу нафтогазовидобування на компоненти довкілля вивчаються у багатьох роботах, особливо на території Прикарпатського нафтогазовидобувного регіону [1] та Дніпровсько-Донецької западини [77].

Поняття екологічного моніторингу в цілому широко розроблене та висвітлюється у багатьох наукових працях, підручниках та методичних вказівках. Тим не менше, впровадження робіт з моніторингу для окремих типів господарської діяльності, особливо для видобувної галузі, потребує розробки більш детальних заasad та настанов, які б урахували специфіку об'єктів, що підлягають моніторингу – шляхи негативного впливу, просторовий розподіл джерел забруднення, характерні забруднюючі речовини та ступінь їхньої небезпеки для компонентів довкілля та інші аспекти.

Моніторинг ґрунтового покриву проводиться на ділянках буріння свердловин та прокладання трубопроводів з метою визначення якості проведеної рекультивациі. На родовищах ДЗЗ у переважній більшості випадків ці ділянки приурочені до сільськогосподарських угідь, зокрема, орних земель, які беруться в оренду нафтогазовидобувною компанією у землевласника на терміни від місяців до років. Дослідження проводяться до початку спорудження свердловини та після завершення технічної рекультивациі, на основі чого робиться висновок щодо відповідності рекультивованих ґрунтів їхньому попередньому стану та придатності для цільового призначення (сільськогосподарського).

Обов'язковість проведення екологічного моніторингу для нафтогазовидобувних підприємств наразі закріплена у Правилах розробки нафтових і газових родовищ [58]. Проведення оцінки впливу на довкілля від будь-яких видів будівництва та розширення діючих підприємств вимагає також Закон України «Про оцінку впливу на довкілля», який набув чинності наприкінці 2017 року [67]. Для виконання оцінки впливу на довкілля в рамках цих вимог необхідно досліджувати фоновий стан компонентів навколишнього середовища (до початку діяльності, що оцінюється), прогнозувати можливі негативні зміни та контролювати стан довкілля після завершення діяльності (післяпроектний моніторинг).

До основних документів, що регулюють питання охорони довкілля в зоні можливого впливу об'єктів нафтогазовидобування із них належать Кодекс України про надра [61], Гірничий Закон [14] та інші Закони України [60, 62, 66], а також Державні санітарні правила [20]. Переважну більшість положень зазначених документів

присвячено зобов'язанням здійснювати заходи для запобігання шкідливого впливу та раціонально використовувати природні ресурси (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Загальні положення щодо природоохоронних зобов'язань підприємств [26]

Назва і тип документу	Підрозділи документу	Короткий зміст
Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [66]	Статті 10, 40	Установлюють, що підприємства зобов'язані здійснювати технічні та інші заходи для запобігання шкідливому впливу господарської та іншої діяльності на НПС, виснаженню природних ресурсів, а також заходи для збереження об'єктів природно-заповідного фонду
	Стаття 22	Установлює, що підприємства, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану НПС, зобов'язані здійснювати (в рамках державного моніторингу) спостереження за станом і рівнем забруднення довкілля
Кодекс України про надра [61]	Стаття 24	Зобов'язує надрокористувачів забезпечувати охорону надр та безпеку НПС
Гірничий Закон України [14]	Статті 34–36	Регламентують забезпечення екологічної безпеки під час гірничих робіт
Закон України «Про нафту і газ» [62]	Статті 20, 45, 47	Зобов'язують надрокористувачів раціонально використовувати та охороняти нафтогазоносні надра, додержуватися вимог законодавства про охорону довкілля і відповідати за їх порушення, здійснювати технічні та організаційні заходи, спрямовані на зниження шкідливого впливу на НПС, а також влаштовувати санітарно-захисні зони для гарантування безпеки населення

Для висвітлення поставлених у цьому дослідженні питань важливо звернутися до пункту 10 Положення [54], що зобов'язує підприємства, установи та організації, діяльність яких призводить чи може призвести до погіршення стану навколишнього середовища, здійснювати екологічний контроль виробничих процесів і стану промислових зон, збирати, зберігати та безоплатно надавати дані і/або узагальнену інформацію для комплексного оброблення.

Моніторинг у межах території діяльності окремого крупного нафтогазовидобувного підприємства (наприклад, ПАТ «Укрнафта», ПАТ «Укргазвидобування», СП ПГНК) відповідає локальному і частково регіональному рівням.

Які саме компоненти навколишнього природного середовища (НПС) мають підлягати моніторингу та яким чином його здійснювати, звернемося до групи документів, що регулюють збереження ґрунтів (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Нормативно-правова забезпеченість досліджень ґрунтів [26]

Компонент довкілля	Загальні документи	Галузеві документи
Ґрунти	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Земельний Кодекс України [31]</li> <li>- ЗУ «Про охорону земель» [65]</li> <li>- ЗУ «Про державний контроль за використанням та охороною земель» [59]</li> <li>ЗУ «Про оцінку земель» [68]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- КНД 41-00032626-00-326-99 Визначення забруднення ґрунтів навколо бурових площадок [39]</li> <li>- СОУ 73.1-41-10.01:2004 Оцінка забруднення ґрунтів та визначення втрат с/г виробництва під час спорудження нафтових і газових свердловин [73]</li> <li>- ГСТУ 41-00032626-00-023-2000 Рекультивация земель під час спорудження нафтових і газових свердловин [18]</li> <li>- СОУ 73.1-41-11.00.01:2005 Природоохоронні заходи під час спорудження нафтових і газових свердловин [74]</li> </ul>

Необхідність проведення моніторингу стану ґрунтового покриву на територіях діяльності нафтогазовидобувних підприємств обумовлено вимогами до рекультивациі порушених земель на ділянках будівництва свердловин та прокладання трубопроводів. Роботи з рекультивациі земель регламентовано положеннями ст. 166 та 168 Земельного Кодексу України [31], а також державними стандартами. У цих документах є вимога до орендарів повернути земельну ділянку в стан, придатний для сільськогосподарського використання. Для виконання такого зобов'язання треба визначати агрохімічні та агрофізичні показники ґрунту до і після рекультивациійних робіт. Конкретні вимоги та настанови щодо вибору місць

відбирання проб ґрунту, перелік показників і порядок відбирання та аналізу проб надано в галузевих нормативних документах, зазначених у табл. 1.3. Проте методи досліджень, які пропонують використовувати галузеві нормативи, на цей час є застарілими і не враховують специфіку особливості впливу на середовище залишкового забруднення рекультивованих бурових майданчиків свердловин давнього періоду [29].

Досліджувати стан усіх компонентів довкілля під час будівництва будь-якого об'єкту нафтогазовидобувної інфраструктури зобов'язують також Закон України [67] та Державні будівельні норми [33]. Окрім того, згідно з Положенням [55] на стадії підрахунку запасів нафти і газу треба визначати фоновий стан НПС та оцінювати можливий вплив видобувної діяльності на довкілля.

Ефект від установлених обов'язків підприємств щодо забезпечення екологічної безпеки, можна отримати тільки тоді, коли законодавство передбачить сучасні кількісно-якісні вимоги з гарантування безпеки населення під час використання надр, а також дієві засоби перевірки дотримання відзначених обов'язків. Фахівці стверджують, що моніторинг впливу на навколишнє середовище підприємств основних секторів економіки зараз виконують неналежним чином [7, 28].

Пріоритетними об'єктами екологічного моніторингу під час розробки нафтогазового родовища виступають у числі інших ділянки рекультивованих ґрунтів бурових майданчиків.

Закон України «Про оцінку земель» [68] визначає правові засади проведення оцінки земель з метою захисту законних інтересів держави та інших суб'єктів правовідносин у питаннях оцінки земель, інформаційного забезпечення оподаткування та ринку земель.

Крім того, в Україні проводиться еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів (ЕАХОГ) Державною установою «Інститут охорони ґрунтів України». ЕАХОГ – порівняльна оцінка якості ґрунтів за вмістом основних елементів (N, P, K) та внесенням в агрохімічну оцінку ґрунтів поправки на забруднення його радіонуклідами, важкими металами та пестицидами. Також вводяться поправки на кліматичні умови території, зрошення, осушення, кислотність та засоленість ґрунтів.

Оцінка включає показники не лише родючості, але й дані про забрудненість ґрунтів токсикантами антропогенного походження і є зведеним показником агроекологічного стану поля, земельної ділянки та інших територіальних одиниць [27].

Незважаючи на високий рівень наукових розробок та відповідний рівень законодавчого забезпечення охорони ґрунтів в Україні, проблема деградації ґрунтів та опустелювання дедалі посилюється, стан ґрунтів щорічно погіршується, що зумовлено незадовільним рівнем фінансування програм з охорони і підвищення родючості ґрунтів та недосконалою системою контролю за якістю землекористування [6].

Практична цінність наведених оцінок залежить від точності і достовірності первинних даних, на яких базується їх розрахунок. У ряді випадків такі дані можна отримати обробкою космічних знімків відповідних земельних масивів.

### **1.3 Аналіз стану ґрунтів дистанційними методами**

Застосування аерокосмічних методів у ґрунтознавстві дало відчутний поштовх розвитку ґрунтового картографування та моніторингу ґрунтового покриву. Ще в 30-і роки ХХ століття, на зорі застосування аерометодів для вивчення природних ресурсів, відзначалися значні можливості використання дистанційних знімків при складанні детальних ґрунтових карт і для оцінки стану посівів.

Дистанційні методи вивчення ґрунтового покриву засновані на тому, що різні за походженням і ступенем вторинних змін ґрунти по-різному відображають, поглинають і випромінюють електромагнітні хвилі різних зон спектра. Як наслідок, кожен ґрунтовий об'єкт має свій спектрально-яскравісний образ, відображений на аеро- і космічних матеріалах. Застосовуючи різні методи обробки аерокосмічних знімків, можна ідентифікувати різні ґрунти і їх окремі характеристики.

Багаторічні дослідження вчених показують [2, 4, 11, 35, 42, 36, 51], що ґрунт в залежності від вмісту гумусу, вологості, механічного складу, карбонатності, наявності солей, еродованості та інших особливостей зображується на знімках широкою гамою тонів.

Для вивчення ґрунтів при многозональній зйомці використовують відмінності коефіцієнта спектральної яскравості ґрунтів в різних діапазонах спектру. Спектральна відбивна здатність досить повно вивчена, в цьому зв'язку варто посила-тися на фундаментальні дослідження І. І. Карманова [33].

На чорно-білих знімках ґрунт має сірий, темно-сірий тон, тоді як рослин-ність - світлий, світло-сірий. Виняток становлять солончакові, еродовані і піщані ґрунти. В ближній інфрачервоній зоні (0,75-1,3 мкм) для ґрунтів відзначається пла-вний підйом кривих. Характер і рівень спектральних кривих дозволяють досить надійно визначати генетичні різниці ґрунтів. Для вивчення ґрунтів при многозо-нальній зйомці використовують відмінності коефіцієнта спектральної яскравості ґрунтів в різних діапазонах спектру.

На методиці «поточечного» або «попиксельного» порівняння дистанційного сигналу для аерокосмічного моніторингу динаміки ґрунтового покриву зупиня-ється Б. В. Виноградов [9, 10]. Ця методика полягає в порівнянні дистанційного сигналу, виміряного в фотометричних або радіометричних одиницях, одних і тих же ділянок в різні роки і інтерпретації відповідних їм ґрунтових показників. Спо-сіб поточечного порівняння фотометричних і радіометричних вимірювань різних років досить коректний, але складний. Він вимагає стандартизації природних і те-хнічних умов зйомки, які б дозволили правильну ідентифікацію одних і тих же точок на послідовних знімках. Крім того, при фотометричному і радіометричному поточечному порівнянні необхідний облік просторово-часової неоднорідності до-сліджуваної ділянки. Тимчасові неоднорідності виключаються шляхом порів-няння знімків, отриманих в одні і ті ж агрофенологічні фази. Для обліку просто-рової неоднорідності обчислюються середньозважені характеристики з елементів, що становить кожну наступну «мішень». Для порівняння використовуються пі-знані на послідовних знімках точки, розташовані на розораних полях і посівах ку-льтур з покриттям рослинності до 30%. Так при порівнянні ранньолітніх панхро-матичних знімків великого масштабу була виявлена динаміка вмісту гумусу в ґру-нтах Казахстану. Для стандартизації були використані дві оптичних «реперних» ділянки, коефіцієнт відображення ґрунтів яких свідомо стабільний: це сурчини з

викидами лесів на поверхню, де вміст гумусу мізерно малий, а коефіцієнт відбиття в спектральному інтервалі 0,3-0,32; і потяжини з лучно-каштановими ґрунтами, де вміст гумусу більше 5%, а коефіцієнт відбиття найнижчий - 0,08-0,12. Методику «попільськельної» кореляції для розпізнавання образів КА «Landsat TM» використовували і інші дослідники [84].

Великий досвід дистанційної оцінки ґрунтових властивостей отримано при складанні державної ґрунтової карти СРСР з використанням космічної інформації. При цьому застосовувалися багатозональні знімки, укладачі користувалися переважно двома каналами: 0,6-0,7 (червона зона) і 0,8-1,1 мкм (інфрачервона зона).

У 80-90 роки ХХ ст. дешифрування ґрунтових комплексів на космічних знімках здійснювалося переважно засобами структурно-зонального аналізу. Останній полягає в оптичному перетворенні фотознімків і отриманні кількісної оцінки просторово-частотного спектра шляхом оптичної фільтрації найбільш інформативних ознак, що характеризують просторову структуру зображення. В даний час супутники оснащені оптичною скануючою апаратурою високого дозволу, що дозволяє отримувати зображення в цифровому вигляді. У зв'язку з цим замість оптичного когерентного спектрального аналізу застосовуються інші прийоми обробки цифрових вихідних даних.

У 2003 р опубліковано огляд [95], присвячений сучасному стану методів дистанційного зондування як інструменту для оцінки солоності ґрунтів. У цій статті розглядаються різні датчики (в т.ч. аерофотографічний, супутникові та літакові мультиспектральні, мікрохвильові, відео, аерогеофізичні, гіперспектральні, електромагнітні індуктометри) і підходи, використані для дистанційної індикації та картування засолених площ. Відзначається важлива роль обробки вихідних даних дистанційного зондування, серед найбільш ефективних для оцінки засолених ґрунтів обговорюються такі методики, як спектральне розділення (spectral unmixing), класифікація по максимальній правдоподібності (maximum likelihood classification), класифікація на основі нечітких множин (fuzzy classification), поєднання діапазонів (band rationing), аналіз головних компонент (principal components analysis), кореляційні рівняння (correlation equations). Нарешті, стаття показує

моделювання часової і просторової мінливості солоності з використанням комбінованих підходів із залученням методик злиття і розділення даних. Відомі способи розпізнавання об'єктів та виявлення аномалій на багатоспектральних та гіперспектральних зображеннях [52, 53]. Вказані способи базуються на тому положенні, що об'єкти (аномалії) докільця та фон мають різні спектральні характеристики (спектральні сигнатури). Тому, розрізняючи спектральні сигнатури на зображенні в процесі його аналізу, можна відокремлювати аномалії від навколишнього фону та розпізнавати їх.

Для картування засолених ґрунтів запропоновано використовувати інтегровані різночасові класифікації даних дистанційного зондування, фізичні та хімічні властивості ґрунтів і атрибути форм землі [93]. Три експертні системи, що використовують нечіткі множини і лінгвістичні правила нечітких множин для формалізації експертних знань про актуальну можливість змін, оброблені і внесені в ГІС. Системи використовують підхід семантичного імпорту нечітких множин, що дозволяє інтегрувати різнорідні дані в бази даних за правилами нечітких множин. Вихід системи - три карти, що представляють «правдоподібні зміни», «природу змін» і «магнітуду (розміри) змін». Ці карти потім комбінуються з ландшафтною інформацією, представленою на різних шарах ГІС.

В іншій роботі Д. А. Матернайт [94] показано, що рослинність, толерантна до солей, як індикатор для відділення солончаків і солонцюватих ґрунтів від незмінених ґрунтів не завжди може бути застосована в разі використання оптичних датчиків Landstat TM або Spot. Більш ефективні для цієї мети радіолокаційні матеріали. Метод нечітких множин застосований для класифікації радіолокаційних супутникових образів (JERS-1). Отриманий досвід свідчить, що класифікація радіолокаційних даних забезпечує надійне визначення (загальна точність дорівнює 81%) площ, деградованих через процеси засолення і осолонцювання. Основні проблеми виникають внаслідок різної шорсткості ґрунтів, певні класи поверхонь по шорсткості з засоленими і солонцюватими ґрунтами помилково відносяться до незміненим.

Дешифрувальні характеристики визначають здатність знімальної системи до якісної передачі кольору, текстури та інших радіометричних характеристик.

Підвищенню достовірності виявлення аномалій яскравості на зображенні присвячена розробка [52] що включає розбиття зображення на сегменти заданих форми та площі, які обумовлюються просторовими властивостями аномалії, формування сегмента-еталона, вибір поточного сегмента, порівняння значень яскравості пікселів кожного поточного сегмента зі значеннями яскравості пікселів сегмента-еталона, визначення за результатами порівняння наявності або відсутності площової аномалії у даному поточному сегменті. Але такий шлях потребує проведення неодноразової зйомки визначеної території та значних витрат часу.

В [53] описано спосіб виявлення аномалій довкілля різного походження за спектральними характеристиками аерокосмічного зображення, згідно з яким виконують спектральну фільтрацію пікселів зображення і виявляють пікселі, що за своїми спектральними характеристиками не збігаються з навколишнім фоном, навколо кожного з виявлених пікселів формують апертуру з центром у такому пікселі і з розмірами, що дозволяють охопити будь-яку аномалію з числа класів, що розглядаються. Для аномалій заданих класів заздалегідь формують еталони адаптивних спектральних індексів (АСІ), після локалізації аномалії, пов'язаної з місцевістю, визначають для неї класи на основі вимірних спектральних характеристик, а відмінність отриманих класів, обчислюють як модуль різниці їх з еталонними класами з АСІ, потім визначають функцію відповідності аномалії еталонам для заданих класів (функція відповідності аномалії) і відносять досліджувану аномалію до того або іншого класу за мінімальним значенням функції відповідності, остаточне рішення про клас аномалії приймають на основі даних про геометричні форми, структурно-текстурні характеристики та адаптивні спектральні індекси. Нажаль за таким способом прийдеться обробляти великий масив зображення з виділенням багатьох аномалій, близьких за характеристиками, але не приналежних до досліджуваної. Задача способу, що пропонується – усунення вказаних недоліків, а саме підвищення вірогідності визначення аномалій за рахунок задання

місцеположення аномалій, інформації про походження, мінімальний набір каналів з видимими спектральними діапазонами (RGB).

Особливе місце серед методик обробки даних дистанційного зондування займає Data Fusion Technology [86, 96, 98], яка в Україні розглядається під назвою «синергетичні методи» [46] або «методика злиття даних» [57]. Суть методики злиття даних полягає у використанні комплексного підходу при отриманні, обробці та інтерпретації аерокосмічної інформації. В рамках Data Fusion Technology використовуються різночасові знімки, отримані в різних діапазонах електромагнітного спектра [97], зводяться результати різної обробки вихідних матеріалів, залучаються дані різних експериментів, результати наземних досліджень, спеціальні картографічні матеріали і т.п. До методики злиття даних звертаються тоді, коли система що вивчається методами дистанційного зондування є слабоструктурована і досить мінлива в часі [57]. Безумовно, інформація про стан ґрунтів відноситься до цієї категорії оскільки використовуються не тільки дані дистанційного зондування, але дані фізико-хімічного аналізу, картографічні, інфологічні дані.

Теоретичним базисом оцінки придатності знімальних космічних систем для аналізу територій є розрізнявальна здатність та радіометрична характеристика. За даними Ю. П. Киенко і Ю. Г. Кельнера [36] космічні знімки з роздільною здатністю більше 10 м передають 100% інформації про форми елементарних ґрунтових структур, для фотознімків з більш низьким розрізненням (20-30 м) зображуються не більше 80% ґрунтових ареалів.

Бурові майданчики чітко вирізняються по космічним знімкам площинними аномаліями різних тонів, що займають досить значну площу в агроландшафтах [30]. Оскільки, виходячи з технологій видобутку вуглеводнів, зона досліджень представляє площу розміром 2,0-3,5 га, або 2000-3500 м кв., лінійні розміри від 140 м на 140 м, пошук придатної інформації починається з вибору космічного носія. Сьогодні доступні космічні знімки з високим просторовим розрізненням з космічних апаратів QuickBird (просторове розрізнення 0,61 м в панхроматичному та 2,44 м в мультиспектральному режимі), Ikonos (відповідно 1 та 4 м), Orbview-3 (1 та 4 м), 23 Formosat-2 (2 та 8 м), Spot-5 (5 та 10 м), Alos (2,5 та 10 м), WorldView-1

(0,5 м в панхроматичному режимі), WorldView-2 (0,50 та 1,8 м), GeoEye-1 (0,41 та 1,65 м). Деякі знімки є загальнодоступними в мережі Інтернет, інші – комерційні, доступні за визначеною платнею. Зазвичай мінімальне замовлення 25-100 км<sup>2</sup>. Нажаль мозаїчність розташування бурових майданчиків по території потребує з придбаного пакету знімків обробляти близько 10% інформації. Безкоштовний доступ до супутникових знімків надають декілька сайтів: Google Maps, Yahoo! Maps, Яндекс.Карти та інші. Окремі сайти надають лише результати супутникової зйомки, дозволяючи працювати з базами знімків: NASA World Wind, TerraServer-US, Космоснімки, LandsatLook Viewer (USGS).

Отже, складність використання технологій ДЗЗ пов'язана з високою вартістю повнопакетних космічних знімків високої роздільної здатності, необхідних для вирішення завдань оцінки стану ґрунтів. Вартість космічних знімків залежить від рівня попередньої обробки. Найбільшу вартість мають ректифіковані зображення (Orthorectified, Reference, Pro, Precision, PrecisionPlus), які вже є готовим продуктом. Оптимальним варіантом для рішення задач є архівні космічні знімки стандартного рівня попередньої обробки (Standard Ortho Ready, Geo Ortho Kit). Але розробка нових методів вилучення інформації дозволить використовувати доступні безкоштовні джерела інформації, що залучить фахівців до досліджень великих територій з локальними осередками забруднення.

Проблема дистанційної індикації забруднення ґрунтів стоїть гостро. У багатьох випадках дослідники спираються на вивчення ґрунтових характеристик, на ступінь деградації рослинності. Але для них характерні і такі відмітні риси, як своєрідна конфігурація ореолів і різка відміна від незмінених ґрунтів за багатьма характеристиками, в тому числі і в поверхневому шарі. Сучасні прийоми обробки вихідних космічних знімків з відповідним дозволом дозволяють досить впевнено ідентифікувати такі ефекти. Оскільки техногенне перетворення ґрунтів завжди пов'язане з наявністю технологічного об'єкта, то зону пошуку ділянок забруднення можна істотно скоротити, маючи точну карту об'єктів - потенційних забруднювачів ґрунтів. Така карта створюється з використанням ГІС-технологій, а наявність космічних знімків високого дозволу з космічних апаратів SPOT, Ikonos, QuickBird

в комплексі із засобами обробки, закладеними в сучасних програмах, дозволяє вирішити задачу оцінки техногенного засолення ґрунтів на нафтогазових родовищах [13].

Системи автоматизованої обробки даних дистанційного зондування складаються з тих же основних підсистем, що й географічні інформаційні системи - введення, зберігання, обробка й подання результатів. Це сприяло їхній програмно-технологічній інтеграції з ГІС, у силу чого для роботи з аерокосмічною інформацією в якості програмного забезпечення використовують сучасні програмні растрові й інтегровані ГІС - пакети. Як правило, ці засоби включають деякий обов'язковий стандартний набір, по більшій частині інтерактивних, процедур попередньої корекції, трансформування й класифікації знімків з візуальним контролем їхнього виконання на екрані монітора в комплексі з іншими ГІС-технологіями. Всі розширення або модифікації цього набору призначені для рішення завдань різних рівнів складності при всебічному використанні даних дистанційного зондування. З точки зору можливостей цифрової обробки знімків повним набором засобів операторського інтерфейсу і їхньою зручністю володіє повнофункціональний ГІС пакет ArcGIS (ESRI) - сімейство програмних продуктів, що складають цілком укомплектовану, відразу готову до роботи ГІС, засновану на загальноприйнятих галузевих стандартах. Ця інтегрована система призначена для створення, об'єднання і структурування, керування й аналізу географічних даних - тобто будь-якої інформації про просторове розташування об'єктів, явищ чи подій. З точки зору можливостей цифрової обробки знімків повним набором засобів операторського інтерфейсу і їхньою зручністю володіє повнофункціональний ГІС пакет ArcGIS (ESRI) – сімейство програмних продуктів, що складають цілком укомплектовану, відразу готову до роботи ГІС, засновану на загальноприйнятих галузевих стандартах. Ця інтегрована система призначена для створення, об'єднання і структурування, керування й аналізу географічних даних – тобто будь-якої інформації про просторове розташування об'єктів, явищ чи подій [38].

При вирішенні практичних задач дешифрування використовують зображення реальних об'єктів, представлених у вигляді знімків, растра та інше, тобто

також мати справу з оптичними особливостями, але не самих об'єктів, а їх зображень. Виявлення на зображенні об'єкта і віднесення його до того чи іншого виду (класу, підкласу, типу) можливе завдяки різниці в оптичних щільностях і за яскравістю зображень розміщених поруч об'єктів, або об'єкта і фону.

#### **1.4 Аналіз стану ґрунтів контактними методами**

Оцінка ступеня трансформацій і здатності ґрунтів до самовідновлення можлива на основі порівняльного вивчення властивостей порушених і непорушених ґрунтів. Такий підхід до визначення стану ґрунтового покриву зумовлений і постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 1997 р. № 1279 «Про розміри та порядок визначення втрат сільськогосподарського і лісогосподарського виробництва, які підлягають відшкодуванню» [69], де регламентовано, що від відшкодування втрат звільняються юридичні та фізичні особи, в разі надання їм вилучених сільськогосподарських угідь на період будівництва об'єктів (тимчасових під'їзних шляхів, майданчиків для складування ґрунту та будівельних майданчиків) за умови повернення їх у колишньому стані використання. Розмір відшкодування здійснюється на підставі зниження балу бонітету сільськогосподарських угідь. Тобто, це обумовлює дослідження саме тих властивостей ґрунту, які визначають бал його бонітету. Згідно з нормативними документами [69] бал бонітету визначається переважно на підставі потужності гумусованої частини профілю та вмісту в ній гумусу й фізичної глини.

Основним стандартом, що встановлює критерії родючості ґрунту, є ДСТУ 4362:2004 «Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів» [23]. Згідно даного стандарту показники родючості ґрунту включають: загальні (потужність гумусованого шару, грубизна профілю для схилових ґрунтів, гранулометричний склад), агрофізичні (щільність, агрегатний склад, найменша вологоємність, запаси продуктивної вологи), агрохімічні (вміст гумусу, вміст поживних речовин, вміст мікроелементів), фізико-хімічні властивості (реакція ґрунтового розчину, склад

увібраних катіонів), показники забрудненості важкими металами і залишковими пестицидами, ступінь засоленості та солонцюватості.

На кожній з обстежуваних ділянок відбираються точкові проби ґрунту з орного (0–30 см) та підорного шарів (30–60 см) для встановлення водно-фізичних, агрохімічних, та агроекологічних показників керуючись КНД 41-00032626-00-326-99 «Визначення забруднення ґрунтів навколо бурових площадок» [39]. Досліджувані ділянки розташовані на орних землях, тому, для оцінки санітарно-гігієнічного стану ґрунтового покриву необхідно використовувати вимоги до ґрунтів сільськогосподарських угідь, встановлені у відповідних нормативних документах або стандартах, а також у рекомендаціях дослідників у даній сфері.

За дотримання такого переліку показників можна адекватно оцінювати сучасний стан ґрунтів, діагностувати всі види їх деградації і прогнозувати зміни на близьку або навіть на віддалену перспективу.

### **Висновки до розділу**

1. Проаналізовано вплив розробки нафтогазових родовищ на ґрунти на рівні локалізації об'єктів інтересу. Встановлено, що тимчасове вилучення земель із сільськогосподарського обігу для будівництва або капітального ремонту свердловин може мати такі негативні наслідки, як погіршення агрофізичних, агрохімічних властивостей та забруднення важкими металами рекультивованих земель агроландшафту. Специфіка нафтогазовидобувних об'єктів, яка визначає особливості організації та проведення екологічного моніторингу на родовищах, характеризується такими аспектами: локальність ділянок можливого впливу за площею, динамічність розвитку інфраструктури родовища у часі та просторі, наявність технологічних споруд різного ступеня екологічної небезпеки, ризику аварійних викидів забруднюючих речовин. Площі рекультивованих земель відповідають типовим розмірам бурових майданчиків нафтогазових свердловин та складають 2-3 га.

2. Аналіз нормативних вимог показав, що основними інструментами реалізації національної екологічної політики серед інших є моніторинг стану довкілля

та контроль у сфері охорони навколишнього природного середовища і забезпечення екологічної безпеки. Моніторинг ґрунтового покриву проводиться на ділянках буріння свердловин з метою визначення якості проведеної рекультивації. На українських родовищах у переважній більшості випадків ці ділянки приурочені до сільськогосподарських угідь, зокрема, орних земель, які беруться в оренду нафтогазовидобувною компанією у землевласника на терміни від місяців до років. Дослідження проводяться до початку спорудження свердловини та після завершення технічної рекультивації, на основі чого робиться висновок щодо відповідності рекультивованих ґрунтів їхньому попередньому стану та придатності для цільового призначення (сільськогосподарського). Конкретні вимоги та настанови щодо вибору місць відбирання проб ґрунту, перелік показників і порядок відбирання та аналізу проб надано в галузевих нормативних документах. Проте методи досліджень, які пропонують використовувати галузеві нормативи, на цей час є застарілими і не враховують специфіку особливості впливу на середовище залишкового забруднення рекультивованих бурових майданчиків свердловин. Впровадження робіт з моніторингу для окремих типів господарської діяльності, особливо для видобувної галузі, потребує розробки більш детальних засад та настанов, які б ураховували специфіку об'єктів, що підлягають моніторингу – шляхи негативного впливу, просторовий розподіл джерел забруднення, характерні забруднюючі речовини.

3. Дистанційні методи вивчення ґрунтового покриву засновані на тому, що різні за походженням і ступенем вторинних змін ґрунту по-різному відображають, поглинають і випромінюють електромагнітні хвилі різних зон спектра. Як наслідок, кожен ґрунтовий об'єкт має свій спектрально-яскравісний образ, відображений на аеро- і космічних матеріалах. Застосовуючи різні методи обробки аерокосмічних знімків, можна ідентифікувати різні ґрунти і їх окремі характеристики. Для вивчення ґрунтів при многозональній зйомці використовують відмінності коефіцієнта спектральної яскравості ґрунтів в різних діапазонах спектру.

Аналіз стану проблеми, проведений у першому розділі дозволив виділити показники оцінки якості рекультивації ґрунтів, які необхідно оцінювати:

- Ознаки порушення ґрунтового покриву технічно рекультивованих земель на майданчиках свердловин: засмічення, нерівність площадки, зміна ґрунтового профілю, відсутність родючого шару ґрунту, забруднення вуглеводнями, порушення едафічних властивостей ґрунту, засолення.
- Ознаки порушення ґрунтового покриву біологічно рекультивованих земель на майданчиках свердловин: відсутність оранки, рихлення, відсутність посівів багаторічних трав.
- На рекультивованих бурових майданчиках старих свердловин (1960-х років, частково 1970-х), є більші підстави очікувати ознаки порушення ґрунтового покриву у вигляді ущільнення підорного шару та наявності залишкових кількостей компонентів бурових розчинів у ґрунтах.
- Ознаки якісної технічної рекультивації земель на майданчиках свердловин: рівномірність колориметричних параметрів майданчика рекультивації, хімічні та агрофізичні показники у межах нормованих величин.
- Ознаки якісної біологічної рекультивації земель на майданчиках свердловин: рівномірність колориметричних параметрів майданчика рекультивації, наявність багаторічної рослинності у перші два роки та рівномірність колориметричних параметрів посівів агроугіддя у подальші роки.

З використанням даних наземних зйомок важко оконтурити площі бурових майданчиків, та неможливо проаналізувати терміни та стан рекультивації.

Діагностику техногенних ґрунтів можна розглядати у двох аспектах. По-перше, вивчити процеси первинного формування ґрунту методами мікроморфології, мінералогічних та хімічних аналізів. По друге – картографувати, визначити якість та грошову цінність, напрямки цільового використання.

Інструментом у визначенні стану рекультивованих площ є аналіз даних ДЗЗ та хімічний аналіз ґрунту. Розробці методу оцінювання якості рекультивації присвячені дисертаційні дослідження.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ҐРУНТІВ БУРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ НАФТОГАЗОВИДОБУВНИХ СВЕРДЛОВИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

#### 2.1 Формування бази даних

Системним елементом ведення моніторингу ґрунтів є геоінформаційна система, яка дозволить збирати, систематизувати та аналізувати всю інформацію стосовно предмету дослідження.

Для первинної структуризації вихідних даних та задач, що вирішуються в рамках моніторингу ґрунтів розроблена система, що складається з двох блоків: бази даних атрибутивної інформації (реалізована на основі СУБД Microsoft Access) та електронних карт під управлінням ArcGIS.

База даних атрибутивної інформації складається із ряду таблиць, запитів, форм та звітів. В структурі таблиць (рис.2.1) враховані особливості промислових об'єктів, специфіка випробування ґрунтів та накопичення даних.

Вся просторова інформація закладена в базу геоданих під управлінням ArcGIS. Для зберігання даних в цій системі використані «персональні бази геоданих» які за структурою та організацією є базами даних Microsoft Access.

Така дволанкова система організації даних на етапі початкового формування ПС має ряд переваг – дозволяє окремо формувати і редагувати просторові дані в ArcGIS і атрибутивну інформацію в Microsoft Access. Розробка процедур поводження з атрибутивною інформацією (вибірка за параметрами, статистична обробка) простіше виконується саме в Microsoft Access, а результати при необхідності представляють на картах за допомогою ArcGIS.



## Структура шарів ГІС

1. Топографічна основа:
  - Рельєф (горизонталі та окремі точки);
  - Гідромережа (річки, канали, ставки, болота);
  - Дорожня мережа (дороги автомобільні з твердим покриттям та ґрунтові, залізниці);
  - Рослинність (сади, ліси, лісосмуги);
  - Населенні пункти;
2. Цифрова модель рельєфу (на основі даних топографічних карт масштабу 1:100000);
3. Промислова структура:
  - Гірничі відводи родовищ;
  - Свердловини (включаючи інформацію, що важлива для проведення моніторингу ґрунтів – дата буріння та рекультивації, тип свердловини (нафтова, газова, спостережна та ін.);
  - Внутрішньопромислові трубопроводи (включаючи інформацію про дату прокладання);
4. Ґрунти:
  - Типи ґрунтів (за картографіями агрохімічної характеристики ґрунтів центру «Облдержродючість» Мінагрополітики України, та картою ґрунтів Української РСР);
  - Ділянки та точки спостереження стану ґрунтового покриву (з інформацією про агрофізичні та хімічні властивості ґрунтів);
  - Точки агрохімічного обстеження.
5. Растрові геоприв'язані дані:
  - Космічні знімки
  - Скановані топографічні карти, технологічні схеми та ін.

Для окремих шарів та груп шарів розроблені топологічні правила, за якими здійснюється автоматичний контроль правильності просторового

розташування об'єктів. Так, для шару «Типи ґрунтів» застосовані два правила: 1) окремі ділянки розповсюдження ґрунтів не можуть перетинатися; 2) між площами розповсюдження різних ґрунтів не може бути пустоти. Ці два правила забезпечують неможливість пропуску окремої площі та неможливість подвійного підрахунку площ.

Для промислової структури, що вивчається в рамках впливу на ґрунти, застосовано правило топології між двома шарами – «Свердловини» та «Внутрішньопромислові трубопроводи», яке забезпечує знаходження свердловин на початку шлейфу.

Всі шари із груп «Промислова структура» та «Ґрунти» мають зв'язок з атрибутивною інформацією БД Microsoft Access, що дозволяє виконувати різноманітні графічні побудови – класифікувати виробничі об'єкти за часом рекультивациі, точки випробування за станом ґрунтів в цілому та окремими показниками та ін.

Додатково в базу даних введена інформація про всі пошукові та розвідувальні свердловини, що існували в межах родовищ. Інформація необхідна для інвентаризації стану ґрунтів району досліджень з урахуванням діяльності не тільки підприємства-розробника, а й його попередників по видобутку вуглеводнів на території.

## **2.2 Основні етапи обробки даних дистанційного зондування**

Загальну задачу обробки даних ДЗЗ можна сформулювати як задачу виявлення і локалізації різних природних і антропогенних об'єктів на підстилаючій поверхні, а також оцінки їх властивостей за параметрами космічних знімків, даних контактних методів зондування і допоміжної інформації (результатів раніше виконаного дешифрування, картографічних, літературних, відомчих і інших матеріалів, результатів підсупутникових вимірів досліджуваних показників) (табл. 2.1)

Таблиця 2.1 – Вимоги до вхідних даних

Елемент даних, до якого висувається умова	Умова
Просторова роздільна здатність пікселю зображення	Не більше 5 м, оптимально 0,5-1 м
Комбінації спектральних каналів космічної зйомки	Оптимально: спектральний діапазон RGB (червоний, зелений, блакитний)
Період зйомки	Зимовий – без снігового покриву Весняний, осінній, літній – без рослинного покриву
Стан атмосфери	Близький до нормального без значного погіршення оптичної прозорості
Рівень попереднього оброблення даних, що виконується оператором розповсюдження дистанційної інформації	1 – рівень обробки зображень, змістом якого є виконання необхідних процедур геометричного і радіометричного коригування і просторової прив'язки за орбітальними даними; 2 – рівень обробки зображень, змістом якого є його просторова прив'язка з використанням наземних опорних точок;
Необхідні матеріали для підвищення якості дешифрування	Топографічні карти не дрібніше за масштаб 1:25000 Карти (схеми) розташування технологічних об'єктів
Додаткові матеріали для підвищення якості дешифрування	Плани сільгоспугідь, Карти ґрунтів,

Детальний аналіз знімків території проводиться на основі порівняння еталонної території зі всіма іншими за принципом кольорового і геометричного аналізу зображень.

При вирішенні задач дешифрування використовується зображення реальних об'єктів, представлених у вигляді знімків, растра та інше, тобто також маємо справу з оптичними особливостями, але не самих об'єктів, а їх зображень. Виявлення на зображенні об'єкта і віднесення його до того чи іншого виду (класу, підкласу, типу) можливе завдяки різниці в оптичних щільностях і за яскравістю зображень розміщених поруч об'єктів, або об'єкта і фону.

Мірилом цієї різниці служить контраст  $K$ , який визначається відношенням яскравостей [21].

Для порівняння яскравостей двох суміжних елементів використовують поняття дельта яскравості  $\Delta$ , яка визначається [45, 90]:

$$\Delta = \frac{B_1}{B_2}, \quad (2.1)$$

де:  $B_1, B_2$  – яскравість двох суміжних елементів.

### **Вхідні дані**

Як вхідні дані при побудові моделей для виявлення антропогенних аномалій використовуються:

- знімки роздільної здатності не гірше 3 м з відкритих джерел (мережі Google), які пройшли попередню обробку;
- растр ArcGIS «Топографічна карта».

### **Уточнення просторової прив'язки**

Візуальний контроль співпадіння об'єктів досліджень виконується по картографічним матеріалам розташування свердловин.

### **Фільтрація значень пікселів у зображенні**

Для підвищення різкості зображення, згладжування для усунення шумів, пов'язаних з ріллям, нерівномірністю освітлення рослинності необхідне перетворення – фільтрація значень пікселів у зображенні. Фільтри згладжування згладжують дані, зменшуючи локальні зміни і усуваючи шум. Фільтр низьких частот обчислює середнє значення для кожного оточення, усереднюючи великі та малі значення.

**Класифікація зображення** – встановлення зв'язку спектральних класів (групи пікселів, що демонструють подібність за своїм положенням в просторі спектральних ознак, характеризуючись близькими значеннями відбиваності) з тематичними класами (типів земних об'єктів, що потрібно розпізнати на знімку). Сутність процесу класифікації описана на основі робіт Чандра, Гош, [78]; Свідзінська [70]. При аналізі зображень, отриманих засобами ДЗЗ, використовується колірна модель RGB (Red, Green, Blue – Червоний, Синій, Зелений), в

основі якої лежить використання базових кольорів візуалізації інформації на моніторах комп'ютерів. Процес класифікації полягає в розподілі всіх пікселів знімка за класами відповідно до відбивної здатності (значенням спектральної яскравості) кожного з них в одній або декількох зонах спектру, наприклад, типи рослинності або класи використання земель (міські території, пасовища, рілля, водні об'єкти, ліси). Це обумовлено тим, що кожен об'єкт на знімку представлений компактною множиною точок в спектральному просторі з ознаками, що його характеризують. Таким чином, процес розподілу пікселів за класами здійснюється в спектральному просторі. Якщо піксель задовольняє певному набору умов, він приписується до класу, який відповідає заданому критерію.

Однозначність віднесення пікселя до того чи іншого тематичного класу на основі неоднозначних спектральних ознак залежить від обраного класифікаційного підходу (неконтрольована або контрольована класифікація) та алгоритму його реалізації.

Неконтрольована класифікація (*unsupervised classification*) – класифікація без навчання або кластеризація полягає у розподілі всіх пікселів зображення на відносно однорідні класи, ґрунтуючись лише на близькості їх спектральних характеристиках в багатовимірному просторі спектральних ознак. Неконтрольовану класифікацію застосовують за відсутності еталонних даних про наземні об'єкти, тобто коли їх спектральні властивості апріорно невідомі через нестачу наземної інформації або добре виражених рис ландшафту на самому знімку. В такому випадку основним завданням дешифрувальника є обґрунтування оптимального числа класів, а також визначення їх відповідності класам наземних об'єктів [78].

Контрольована класифікація (*supervised classification*) також відома як класифікація з навчанням передбачає віднесення пікселя на знімку до відомого класу земних об'єктів, якому відповідає попередньо визначений спектральний образ в багатовимірному просторі спектральних ознак. Для отримання цього спектрального образу застосовуються т.зв. сигнатури – еталонні області

знімку, які добре репрезентують визначені тематичні класи. Значення пікселів сигнатур застосовуються в якості навчальних вибірок для налаштування (навчання) алгоритму розпізнавання. В процесі розпізнавання кожен піксель знімка послідовно порівнюється з еталонами та відноситься до того чи іншого класу.

Використаємо класифікацію з навчанням оскільки її краще застосовувати за наявності наземних спостережень, які допоможуть сформувати якісний набір еталонних ознак та результат класифікації значною мірою контролюється дешифрувальником, який формує набір еталонів. Рекомендована послідовність дій в процесі контрольованої класифікації: спочатку визначаються тематичні класи, а потім – спектральні, що їм відповідають. Розглянемо детальніше послідовність основних етапів класифікації з навчанням:

а) Визначення тематичних класів: На основі візуального дешифрування, даних польових спостережень, картографічних та інформаційних джерел визначимось з набором та характеристиками тематичних класів, що будуть виділені на знімку та створимо дві групи еталонів: фон і майданчик свердловини.

б) Визначення еталонних ділянок та формування навчальних вибірок: Шляхом експертного оцінювання необхідно визначити на знімку еталонну ділянку, яка найкраще репрезентує фон, тобто стан агроугіддя без техногенного навантаження. Під еталонами розуміється полігональний шейп-файл, який отримують шляхом векторизації меж однорідних за яскравістю фрагментів зображення, типових для певного тематичного класу за значеннями яскравості та розташуванням [40].

Еталони визначають якість навчальної вибірки та, як наслідок, точність контрольованої класифікації. Тому при визначенні еталонних ділянок тематичних класів на знімку необхідно враховувати наступні характеристики [40, 43, 78]:

- Кількість пікселів, що увійшли до еталонних ділянок повинна становити приблизно однакову кількість пікселів зони досліджень (майданчика рекультивациі);

- Площа ділянки визначається таким чином, щоб вона містила точну та надійну інформацію про тематичний клас. Разом з тим, її площа не повинна бути занадто великою, оскільки в цьому випадку зростає ймовірність небажаних варіацій значень;
- Форма еталонної області відображає форму зони дослідження;
- Місцеположення – еталонну область обираємо за межами тематичного класу на знімку.

Еталонні ділянки є основою формування навчальних вибірок або сигнатур – сукупностей значень спектральної яскравості пікселів в межах еталонних ділянок, що належать до одного тематичного класу; вони є основою для формування спектрального образу класу, який передбачається застосовувати для класифікації. Якість навчальної вибірки оцінюють за наступними ознаками [40, 43, 78]:

1. Розподіл значень яскравості аналізується на основі частотних гістограм для кожного тематичного класу у всіх спектральних діапазонах. Якщо гістограма спектрального класу, що відповідає вибірці, є одномодальною (має один пік) та демонструє нормальний або близький до нього розподіл значень, це може слугувати критерієм того, що навчальна вибірка сформована коректно. Наявність декількох піків на гістограмі означає, що навчальна вибірка містить неоднорідну інформацію, відповідно, її не можна використовувати для класифікації об'єктів. В такому випадку необхідно ідентифікувати еталонні області, які викликають цей ефект, та виключити їх з аналізу;

2. Однорідність вибірки оцінюється за її статистичними показниками (середнє, розмах варіації, середнє відхилення, дисперсія тощо). Коректно сформовані навчальні вибірки повинні розташовуватись компактно в ознаковому просторі, тобто мати мінімально можливу дисперсію та стандартне відхилення значень від середнього;

3. Відмінність спектральних яскравостей класів – області значень яскравості різних класів не повинні перетинатись, інакше відбудеться змішування класів. Оцінити міру перекриття можна як візуально, аналізуючи гістограми

яскравості, так і за допомогою спеціальних статистичних показників (дивергенція). Якщо області, сформовані значеннями пікселів кожного з класів, мають істотне перекриття, їх краще розподілити на підкласи, що зробить результати класифікації більш достовірними.

Для успішного проведення класифікації сформовано вибірку, яка одночасно відповідає всім вищезазначеним вимогам. Подекуди це буває доволі складно, оскільки один і той самий тематичний клас з спектральної точки зору може бути представлений різними значеннями яскравості. Тематичний клас відкритого ґрунту, може бути представлений на знімку різними значеннями яскравості для вологих (більш низькі значення) та сухих (більш високі значення) ділянок. В таких випадках для дотримання вимог якості, створення навчальних вибірок та класифікація проводяться окремо за яскравішими підкласами, які об'єднуються в єдиний тематичний клас вже після класифікації. Після перевірки якості навчальних вибірок переходять до наступного етапу – власне процесу класифікації.

Вибір способу розподілу пікселів знімку за класами залежить від типу вихідних даних, вирішуваного завдання та значною мірою визначається характером розподілу яскравостей об'єктів в багатовимірному просторі спектральних ознак. Залежно від ступеня аналізу та урахування розподілу значень навчальною вибіркою всі методи класифікації можна розділити на дві великі групи [41, 43, 78, 79]:

- непараметричні – характер розподілу значень яскравості класу не враховується та не описується жодними параметрами. Це означає, що розподіл може бути доволі неоднорідним, головне – обмежити область спектральних ознак класу, що як правило робиться на основі діапазону мінімальних/ максимальних значень вибірки;
- параметричні – передбачають, що розподіл значень яскравості в межах кожного класу в кожній спектральній зоні характеризуються нормальним розподілом. В такому випадку область спектральних ознак

класу моделюється на основі додатково розрахованих статистичних показників.

З огляду на задачі класифікації, якість навчальних вибірок, швидкість застосуємо параметричний метод контрольованої класифікації. Для оцінки компактності класу застосовують стандартне відхилення, взаємозв'язків між зональними значеннями яскравості класів – показник коваріації або кореляції. Тоді для  $n$  спектральних зон значення коваріації/кореляції між яскравостями в усіх можливих парах зон узагальнюються у вигляді матриці розміром  $n \times n$ , яка є компактною характеристикою взаємозв'язків між спектральними яскравостями в межах класу. Очікується, що чим більше параметрів застосовується в класифікації, тим краще будуть розрізнятися класи, близькі за значеннями яскравості. Завдяки цьому параметричні способи застосовуються для класифікацій середньої та високої складності з великою кількістю класів (від 3 до 100), розподіл значень яскравості всередині яких відповідає нормальному

Подальша задача складається з вибору параметричних алгоритмів контрольованої класифікації (табл. 2.2) [70].

Згідно таблиці 2.2 вибираємо алгоритм Максимальної імовірності (максимальної правдоподібності) оскільки він враховує кореляцію між значеннями яскравості в різних каналах та диференціює кореляцію між значеннями яскравості в різних каналах для різних класів. Це метод оцінювання невідомого параметра шляхом максимізації функції правдоподібності. Він ґрунтується на припущенні про те, що вся інформація про статистичну вибірку міститься у цій функції. Основними перевагами цього методу є можливість врахування мілливості класів за допомогою коваріаційної матриці та аналізу більшості змінних у вхідних вибірках. Саме тому цей метод в наш час є одним із найбільш уживаних при класифікації зображень з навчанням і використовується як основний (за замовчуванням) при обробці даних дистанційних зондувань Землі у системі ArcGIS.

Таблиця 2.2 – Загальні особливості та рекомендації щодо вибору алгоритмів контрольованої класифікації [70]

Алгоритм	Переваги	Недоліки	Рекомендації щодо застосування
Параметричні алгоритми			
Відстані Махаланобіса	враховує кореляцію між значеннями яскравості в різних каналах	потребує багато комп'ютерного часу для складних розрахунків; жорсткі вимоги до якості навчальної вибірки; не диференціює кореляцію між значеннями яскравості в різних каналах для різних класів	середня та велика кількість класів (10-300); неоднорідні та сплутані класи
Максимальної імовірності (максимальної правдоподібності)	враховує кореляцію між значеннями яскравості в різних каналах диференціює кореляцію між значеннями яскравості в різних каналах для різних класів	потребує багато комп'ютерного часу для складних розрахунків; жорсткі вимоги до якості навчальної вибірки	середня та велика кількість класів (10-300); неоднорідні та сплутані класи

Основним недоліком метода максимальної подібності після його впровадження у обробку цифрових зображень, вважався великий обсяг обчислень (при значних розмірах зображень та спектральних діапазонах даних) [88, 89]. Але із зростанням потужностей обчислювальної техніки на даний час це питання знято.

Правило рішення максимальної правдоподібності ґрунтується на ймовірності того, що піксель належить до певного класу. Базове рівняння припускає, що ці ймовірності рівні для всіх класів, і що входні дані у кожному класі і діапазоні мають нормальний розподіл [78, 88].

Якщо існує апіорне знання, що ймовірності не рівні для всіх класів, можна вказати вагові коефіцієнти для окремих класів. Ця зміна правила визначення максимальної правдоподібності називається правилом байєсівського (Bayesian) рішення. Але у більшості випадків такі ймовірності не відомі і за замовчуванням дорівнюють 1,0 у рівнянні. Для класифікації за методом максимальної подібності Байеса рівняння наступне [88, 89]:

$$D = \ln(ac) - [0,5 \ln(|Covc|)] - [0,5 (X - Mc)^T (Covc - 1) (X - Mc)] \quad (2.2)$$

де:  $D$  – зважена відстань (ймовірність),

$ac$  – відсоток ймовірності, що будь-який піксель-кандидат є членом класу  $c$  (за замовчуванням дорівнює 1,0, або вводиться з апіорного знання),

$X$  – вектор оцінки пікселя,

$Mc$  – середній вектор зразка класу  $c$ ,

$Covc$  – коваріаційна матриця пікселів у вибірці класу  $c$ ,

$|Covc|$  – детермінант коваріаційної матриці,

$T$  – функція транспонування матриці.

Піксель призначається класу  $c$ , для якого  $D$  є найнижчою.

### **Додаткова обробка класифікованого зображення**

Є кілька поширених джерел хибних даних, наприклад: класифіковані супутникові зображення можуть містити невеликі області неправильно класифікованих комірок; можливі проблеми конвертації з растрів в різних форматах, розрізненнях або проєкціях. Щоб позбутися непотрібних деталей для більш загального аналізу (генералізації), очистити невеликі хибні дані проводимо додаткову обробку.

Інструменти генералізації допоможуть визначити такі області й автоматизувати призначення більш достовірних значень коміркам, які утворюють ці області. Засоби генералізації розділяють на три основні категорії:

1. Інструменти, що генералізують по зонам: відсікання, скорочення, розтягування, угруповання, стоншення.

2. Інструменти, що згладжують краї зон: видалення меж, фільтр більшої.  
сті.

3. Інструменти, що змінюють розрізнення даних: агрегування.

Завершальним етапом обробки знімка для векторизації зон дослідження є конвертація растру у векторний об'єкт – полігон.

### **2.3 Розроблення методу оцінки якості рекультивації**

Попередня обробка космічних знімків включає такі операції як перепроецювання, уточнення просторової прив'язки та згладжування.

На космічному знімку виділяються дві групи еталонів – на ділянці, що розташована на відстані більше 150 м від устя свердловини (поза зоною впливу процесів будівництва) і в межах якої немає візуальних аномалій на поверхні ґрунту та аномальні ділянки поруч із устям, які найбільш характерно відображають частину потенційної зони забруднення.

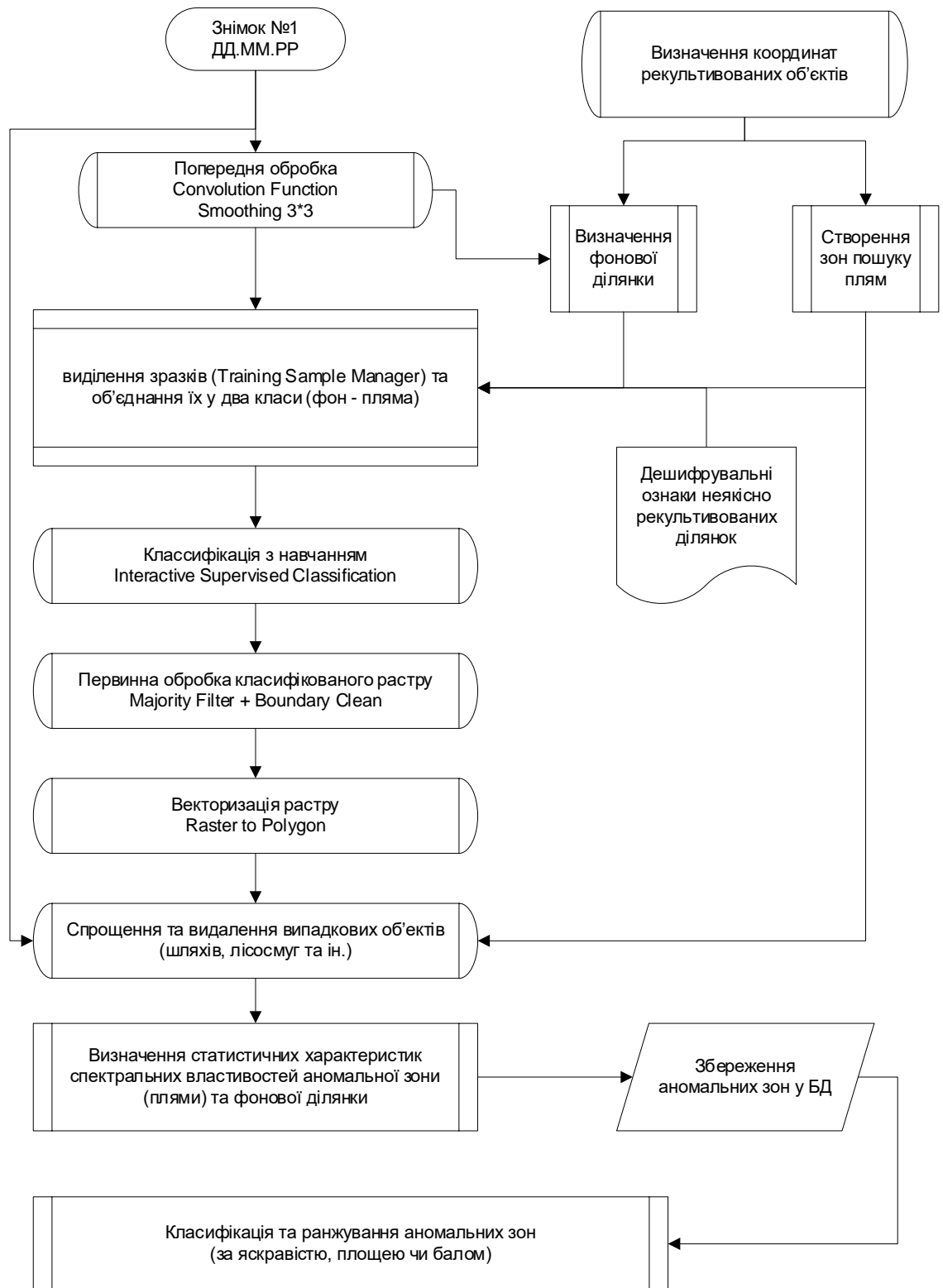


Рисунок 2.2 – Алгоритм обробки дистанційного зображення

Далі за допомогою класифікації методом максимальної правдоподібності формується растр, кожна комірка якого має значення або – «фон», або –

«пляма». На наступних кроках виконується додаткова обробка класифікованого зображення та конвертація растру у векторний об'єкт – полігон (рис. 2.3).

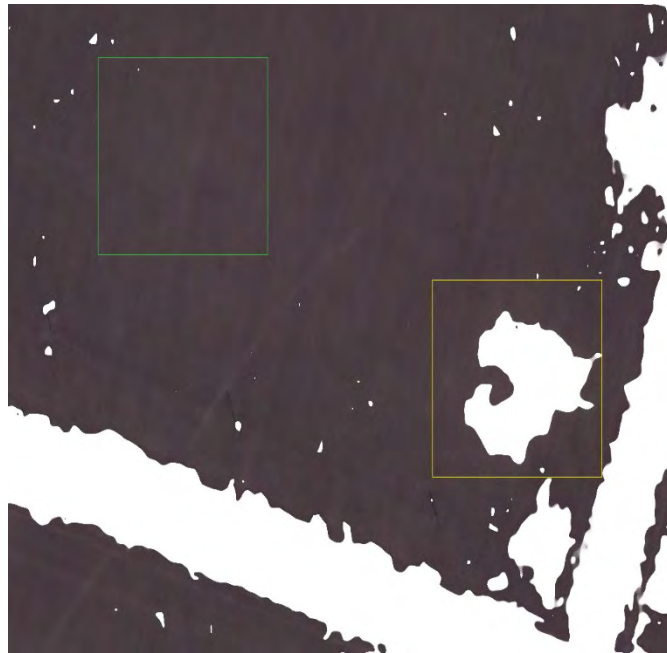


Рисунок 2.3 – Результат класифікації супутникового знімку на прикладі свердловини 10Р (у прямокутниках: «пляма» білого кольору, фон темного кольору)

Для кожної пари об'єктів (фон і порушені землі або «пляма» навколо кожної свердловини) зберігається додаткова статистична інформація про їх спектральний склад, яка допомагає класифікувати візуальні відхилення не тільки за геометричними показниками (площа «плями»), а і за відхиленням порушеної ділянки від фонові за яскравістю. Цей показник вираховується як середнє абсолютних відхилень у кожному з кольорових каналів (RGB) (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Статистичні показники зображення для ділянки фону та «плями» на прикладі аналізу знімка КА GeoEye

Показник	Band 1	Band 2	Band 3
Ділянка «плями»			
Minimum	93	88	85
Maximum	189	184	181
Mean	121,41	114,86	111,1
Std.dev	8,41	8,99	8,2
Covariance			
Band 1	70,81	73,85	67,38
Band 2	73,85	80,79	72,1
Band 3	67,38	72,1	67,26
фонова ділянка			
Minimum	92	85	87
Maximum	118	109	112
Mean	104,58	97,08	99,74
Std.dev	2,75	2,63	2,57
Covariance			
Band 1	7,58	4,96	5,72
Band 2	4,96	6,92	6,28
Band 3	5,72	6,28	6,61
Відхилення яс- кравості	0,065742	0,069453	0,044375
Середнє відхи- лення	0,059857 (6,0%)		

Результати обробки космічних знімків 32 рекультивованих бурових май-данчиків нафтогазових свердловин представлені в табл. 2.4. Оскільки немає залежності між розміром площі «плями» і відхиленням яскравості розроблено новий узагальнюючий показник якості рекультивації – «бал відхилення»:

$$B = S * \frac{B}{B_0}, \quad (2)$$

де:  $B$  – бал відхилення,  
 $S$  – площа плями (а),  
 $B$  – яскравість плями,  
 $B_0$  – яскравість фону.

Таблиця 2.4 – Площі порушених земель за результатами аналізу космічних знімків КА GeoEye (джерело Google-Digital Globe)

№№ св.	Площа, а	Відхилення яскравості, %	Бал відхилення
136	0,50	3,42	1,7
77	2,13	1,73	3,7
47Н	7,12	2,57	18,3
130	7,16	2,68	19,2
51Н	13,32	2,70	36,0
49Н	6,63	6,16	40,9
131	13,85	3,80	52,7
25Р	37,09	1,48	54,9
134	14,52	3,98	57,9
45	17,96	3,35	60,3
4Н	13,95	5,17	72,1
20РН	23,68	3,40	80,6
133	28,01	4,42	123,7
6Н	29,66	4,22	125,2
21Н	41,18	3,52	145,2
28Р	38,04	4,21	160,4
27Р	40,62	4,18	170,0
8Н	40,45	4,42	179,0
44Н	41,86	4,52	189,4
20	39,09	5,52	215,7
б/н	71,59	3,14	224,5
23Р	38,04	6,17	234,8
10Р	50,88	5,99	304,6
14	50,72	6,64	336,8
6Р	76,18	4,72	359,3
15Р	62,22	6,61	411,3
4Р	63,46	6,76	429,2
13Р	50,90	8,56	436,0
16Р	77,77	6,05	470,7
7Н	75,99	6,43	488,4
1Р	112,76	5,89	664,4
23	134,44	6,62	889,5
Середнє:			
по всіх свердловинах	41,6	4,69	223,0
по свердловинах сучасної рекультивації	11,0	3,34	43,2
по свердловинах давньої рекультивації	47,9	4,97	260,2
Загальна площа порушених земель	1454,8		

Загальна площа земель, що візуально відмінні від фонових ділянок склала 14,55 га, або в середньому 0,416 га на 1 свердловину. Візуальні показники якості рекультивації значно краще для свердловин сучасної рекультивації: так середня площа «плями» складає 0,11 га проти 0,479 га для свердловин давньої рекультивації (в 4,4 рази менше), зміна яскравості «плям» складає відповідно 3,34 % і 4,97 %. Середній умовний бал відхилення від фону для сучасних свердловин у 6 разів менший.

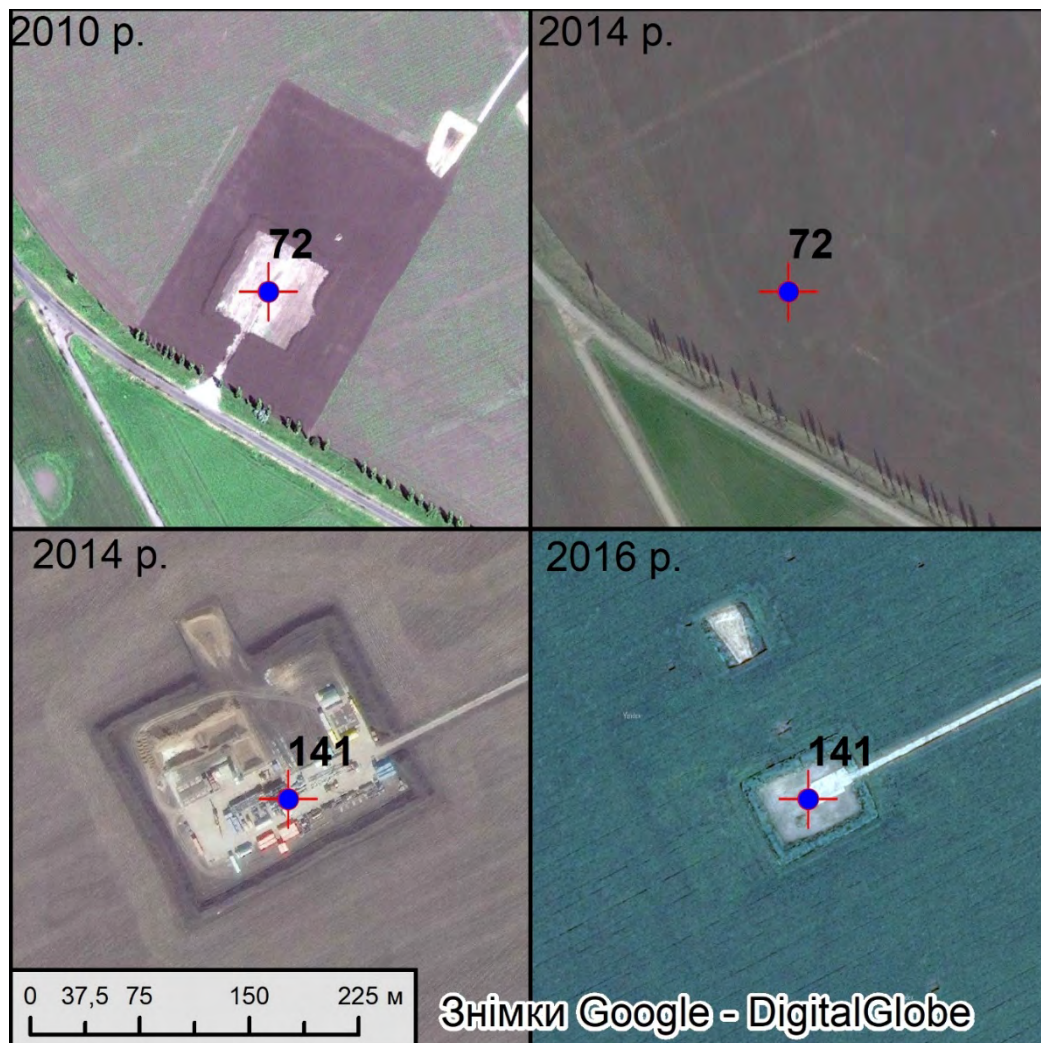


Рисунок 2.4 – Приклад сучасних бурових майданчиків свердловин до рекультивації (ліворуч) та після рекультивації (праворуч) з відсутністю візуальних аномалій фототону на поверхні ґрунту.

Одночасна зйомка КА не охоплює всю територію родовищ, тому і не можливо виконати одномоментний підрахунок за всіма об'єктами [37]. Додаткові складнощі виділення аномальних ділянок ґрунтів пов'язані з виконанням під час зйомки сільськогосподарських робіт (оранка, посівна та збиральні компанії, інші роботи), які призводять до появи контрастних зон в районах об'єктів, що досліджуються. Для вивчення можливості дослідження стійких ґрунтових аномалій у різні часові періоди, була проаналізована одна й та ж ділянка на різних за часом і зйомочним апаратом космічних знімках. На рис. 2.5 представлений вигляд ділянки сільськогосподарського поля в районі ліквідованої ще у кінці 1970-х років свердловини.



Рисунок 2.5 – Контури техногенно порушених земель в районі свердловини на різних за часом космічних знімках

Аналіз контурів та площ «плям» давнього забруднення був виконаний за знімками, різними у часі та одержаними з різних космічних апаратів (КА) (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Параметри зони впливу бурового майданчика за різними у часі космічними знімками

Дата зйомки	Площа, м кв.	Відхилення яс- кравості, %	Бал відхилення	КА (Оператор)
2010-06-02	4328,2	10,74	465,0	GEOEYE-1
2014-03-26	4840,7	9,08	439,3	Astrium
2014-04-06	5088,8	5,99	304,6	GEOEYE-1
2014-11-21	4273,8	7,39	315,8	GEOEYE-1

Як контури так і площі аномальної зони з середини 2010 року до кінця 2014 року майже співпадають. Це свідчить про стійку зміну властивості ґрунту на цій ділянці з одного боку та можливість використання різних за часом космічних знімків для порівняння і відносної оцінки стану рекультивованих земель на різних просторових об'єктах.

### **Висновки до розділу**

Аналіз космічних знімків різних дат надає змогу вивчити історію освоєння території, показує достатньо високий контраст давніх промислових майданчиків на фоні сільгоспугідь через великий строк після їх ліквідації та рекультивації.

Розроблена автором методика оцінювання якості рекультивації ґрунтів за космічними знімками складається з наступних етапів:

1. Формування бази даних атрибутивної інформації та електронних карт під управлінням ArcGIS.
2. Класифікація зображень, виділення дві групи еталонів – на ділянці, що розташована на відстані більше 150 м від устя свердловини (поза зоною впливу процесів будівництва) і в межах якої немає візуальних аномалій на поверхні ґрунту та аномальні ділянки поруч із устям («пляма»), які найбільш характерно відображають частину потенційної зони забруднення.

3. Обробка статистичних показників зображення за відхиленням порушеної ділянки від фонові за яскравістю. Показник вираховується як середнє абсолютних відхилень у кожному з кольорових каналів (RGB).

4. Розрахунок площі порушених земель. Оскільки немає залежності між розміром площі «плями» і відхиленням яскравості розроблено новий узагальнюючий показник якості рекультивації – «Бал відхилення», який є множенням площі плями в га на відхилення яскравості у долях одиниці. У фізичному сенсі чим вищий Бал відхилення, тим гірше якісно-продукційні показники агроугідь.

5. Виявлено довготривалу зміну властивості ґрунту рекультивованих бурових майданчиків нафтогазових свердловин та можливість використання різних за часом космічних знімків для порівняння і оцінки стану рекультивованих земель на різних просторових об'єктах.

Оскільки при аналізі зображень для подальшої побудови прогнозу можливого поширення виявленої і локалізованої аномалії розглядаються не лише дані дистанційного зондування Землі, але і дані контактних методів зондування, картографічні та інфологічні характеристики зони досліджень, то найбільш доцільним є використання оцінок, заснованих на зв'язності. Такий підхід до організації даних дозволяє отримувати швидкі способи доступу до просторових даних, виробляти операції обчислення площі, реалізовувати алгоритми визначення суміжності елементів з виділеними фрагментами.

### РОЗДІЛ 3

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ НА ПРОМИСЛОВИХ МАЙДАНЧИКАХ КОНТАКТНИМИ МЕТОДАМИ

### 3.1 Ґрунтовий покрив території

Дніпровсько-Донецька Западаина – тектонічна структура на Лівобережжі України. У сучасному рельєфі ДДЗ відповідає Придніпровській низовині. Переважають лісостепові ландшапти. Важливий район вирощування зернових і технічних культур. За геоморфологічними умовами території більшість гірничих відводів входять до Полтавської низовини. Рельєф території хвилястий, зрідка зустрічаються мікрозападини. Долини річок мають еродовані схили з типовою будовою заплави, з великою кількістю стариць та боліт.

Номенклатурний список ґрунтів включає 95 ґрунтових різновидів за даними архівних ґрунтових карт Центру Облдержродючості [34]. Нові підходи до діагностики та класифікації ґрунтів дозволили дещо зменшити кількість ґрунтових назв (до 44) і згрупувати ґрунти за їх генетичною належністю і властивостями [50]. Це дає змогу більш широко вивчати вплив антропогенного навантаження на ґрунти, дотримуючись принципу єдності ґрунтових одиниць.

На основі узагальнення виділено 10 ґрунтових груп (табл. 3.1), що об'єднують у собі близькі за генетичними ознаками ґрунти.

Таблиця 3.1 – Групи ґрунтів території за генетичною належністю [50]

№	Група ґрунтів	Шифр ґрунту	Ґрунти з номенклатурних списків, що увійшли до групи
1	Ясно-сірі і сірі лісові	1	Ясно-сірі і сірі лісові супіщані ґрунти на пісках
		2	Ясно-сірі лісові глеюваті суглинкові ґрунти на алювії
		3	Ясно-сірі і сірі лісові суглинкові слабозмиті ґрунти на лесових породах
		4	Ясно-сірі і сірі лісові суглинкові середньозмиті ґрунти на лесових породах
2	Темно-сірі опідзолені	5	Темно-сірі опідзолені суглинкові ґрунти на лесових породах

№	Група ґрунтів	Шифр ґрунту	Ґрунти з номенклатурних списків, що увійшли до групи
		6	Темно-сірі опідзолені слабозмиті суглинкові ґрунти на лесових породах
		7	Темно-сірі опідзолені середньозмиті суглинкові ґрунти на лесових породах
3	Чорноземи опідзолені	8	Чорноземи опідзолені суглинкові на лесах
		9	Чорноземи опідзолені слабозмиті суглинкові на лесових породах
		10	Чорноземи опідзолені середньозмиті суглинкові на лесових породах
		11	Чорноземи опідзолені сильнозмиті суглинкові на лесових породах
		12	Чорноземи опідзолені намиті суглинкові на делювії
		13	Опідзолені сильнозмиті ґрунти на щільних глинах
		14	Чорноземи опідзолені глеюваті солончакові суглинкові на лесоподібних породах
4	Чорноземи типові	15	Чорноземи типові суглинкові на лесових породах
		16	Чорноземи типові суглинкові слабозмиті на лесових породах
		17	Чорноземи типові суглинкові середньозмиті на лесових породах
		18	Чорноземи типові суглинкові сильнозмиті на лесових породах
5	Чорноземи звичайні	19	Чорноземи звичайні суглинкові на лесових породах
		20	Чорноземи звичайні суглинкові слабозмиті на лесових породах
		21	Чорноземи звичайні глибокі суглинкові середньозмиті на лесових породах
		22	Чорноземи звичайні глибокі суглинкові сильнозмиті на лесових породах
6	Чорноземи намиті Слабогідроморфні ґрунти днищ балок чорноземного типу	23	Чорноземи намиті суглинкові на лесі
		24	Чорноземи супіщані на давньоалювіальних відкладах
		25	Лучно-чорноземні намиті на делювії, алювії
		26	Лучно-чорноземні осолоділі на лесах
		27	Лучно-чорноземні солончакуваті солонцюваті на лесах
7	Солонці та осолоділі ґрунти	28	Солонці лучно-чорноземні
		29	Солонці лучно-чорноземні коркові
		30	Солонці лучно-чорноземні мілкі

№	Група ґрунтів	Шифр ґрунту	Ґрунти з номенклатурних списків, що увійшли до групи
		31	Солонці лучно-чорноземні глибокі
		32	Солоді лучно-чорноземні і болотні
8	Дернові слаборозвинені ґрунти	33	Дернові піщані ґрунти на пісках
		34	Дернові глеюваті піщані ґрунти на пісках
		35	Дернові глейові та глейові солончакові піщані ґрунти на пісках
		36	Дернові глейові солончакові піщані ґрунти на пісках
9	Гігроморфні ґрунти заплавлі річок та штучно підтоплені ґрунти	37	Лучні солонцюваті солончакуваті на алювії
		38	Лучні солонцюваті солончакуваті на делювії
		39	Лучно-болотні солончакуваті на лесах
		40	Лучно-болотні суглинкові ґрунти на алювії делювії
		41	Лучно-болотні солонцюваті солончакуваті суглинкові ґрунти на алювії делювії
		42	Болотні солонцюваті солончакові суглинкові ґрунти на лесових породах та алювії
		43	Торфово-болотні і торфовища низинні солончакові
10	Виходи порід	44	Виходи порід

### 3.2 Аналіз стану ґрунтів сучасної рекультивації

Об'єктами досліджень були вибрані ділянки сучасної рекультивації сільськогосподарських полів після буріння свердловин на території родовищ.

У таблиці 3.2 наведено перелік видів досліджень, які проведені на свердловинах.

На кожній з обстежуваних ділянок закладені пробні площадки, на яких відібрані точкові проби ґрунту з орного (0–25 см) та підорного шарів (25–50 см) для встановлення водно-фізичних (вологість, щільність), агрохімічних (вміст гумусу, рН, вміст азоту, фосфору і калію), фізико-хімічних (склад водних екстрактів) та агроекологічних показників, керуючись КНД 41-00032626-00-326-99 «Визначення забруднення ґрунтів навколо бурових площадок» [39].

Таблиця 3.2 – Види досліджень ґрунтів на сучасних рекультивованих майданчиках свердловин

Види досліджень	Свердловини
Вимірювання щільності складення ґрунту	№№131, 134, 151, 138, 160
Визначення водно-фізичних властивостей ґрунту	№№131, 138, 160
Відбір проб і визначення агрохімічних показників	
Відбір проб і визначення складу водних екстрактів	
Відбір проб і визначення валового хімічного складу мінеральної частини	

Кількість ділянок випробування на кожній свердловині становила 2–3 у межах рекультивованій площі та 1–2 на фоні.

### 3.2.1 Аналіз водно-фізичних та агрохімічних показників ґрунтів

Водно-фізичні параметри, що визначалися, включали вологість ґрунту та щільність складення ґрунту, до агрохімічних показників входили вміст гумусу, показник рН, вміст поживних речовин – азоту, фосфору, калію.

Вміст поживних елементів (азоту, фосфору, калію) у ґрунті регулюється за допомогою внесення мінеральних і органічних добрив, тому відокремлення фактору використання ділянки під свердловину за цими показниками може бути нівельовано з початку її цільового використання, протягом одного або декількох вегетаційних сезонів, окрім одиничних випадків. Що звертає на себе увагу, – це одночасне підвищення вмісту рухомих сполук калію та значення рН.

На всіх ділянках із різним ступенем проявлено відносно ущільнення ґрунту орного і підорного горизонтів відносно фонових значень, тобто проявлено певний вплив на структурно-агрегатний склад унаслідок рекультиваційних робіт. Значення щільності складення ґрунту перебувало у межах 0–20 % границі

від фонового значення (рис. 3.1, 3.4), як для орного так і підорного шарів. Більшого ущільнення відносно фону зазнав підорний горизонт, оскільки він був основою бурового майданчика.

Вміст гумусу в орному і підорному горизонтах на всіх ділянках виявився нижчим за фонові значення – в орному шарі на 9–17%, у підорному – на 20–30% (рис. 3.2, 3.4). Підорний шар за вмістом гумусу більш помітно відрізняється від фонових значень, ніж орний. Очевидно, він зазнав більшої трансформації та його відновлення відбувається повільніше, ніж в орному шарі.

Значення кислотно-лужного показнику ґрунтів (рН) варіює у межах 5,55 – 7,29 (рис. 3.3), що відповідає нейтральній та слабко лужній категорії. На рекультивованих ділянках середнє значення рН виявилось до 25 % вище від фонового (рис. 3.4). Поясненням цього може бути розсіяння залишків лужних бурових розчинів та змішування більш глибоких шарів, які містять карбонати, з поверхневими шарами ґрунтового профілю.

Для визначення щільності складення ґрунтів на ділянках свердловин №№ 131, 134, 138, 151, 160, а також 21Н проводилися польові вимірювання пенетрометром-щільноміром, який за опором проникнення щупа на різних глибинах дозволяє оцінити ступінь ущільнення ґрунту.

Вимірювання пенетрометром проводилося з інтервалом у 7,62 см до глибини 61 см. Зміна тиску на щуп характеризує зміну щільності ґрунту з глибиною. На рекультивованих ділянках щільність складення ґрунту вища, ніж на фонових, та має більший розмах у значеннях, тобто характеризується помітно більшою неоднорідністю у просторі. Перевищення середніх значень щільності над фоновими спостерігається на протязі усього розрізу, окрім св. 138, де на глибині 50–60 см ці величини зрівнюються.

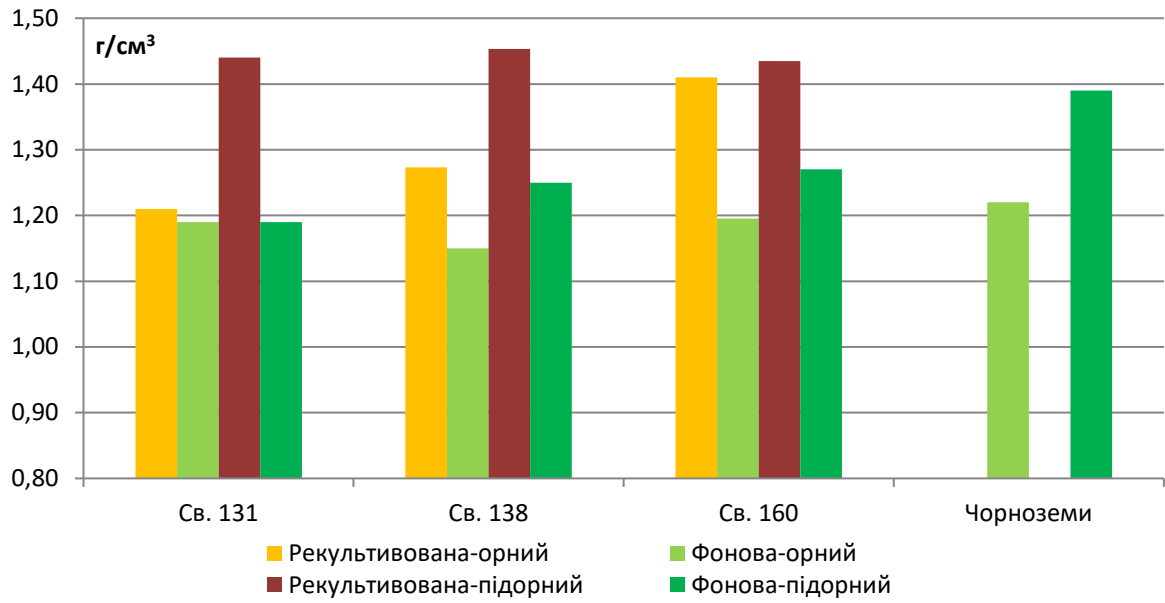


Рисунок 3.1 – Щільність складення ґрунту на рекультивованих і фонових ділянках

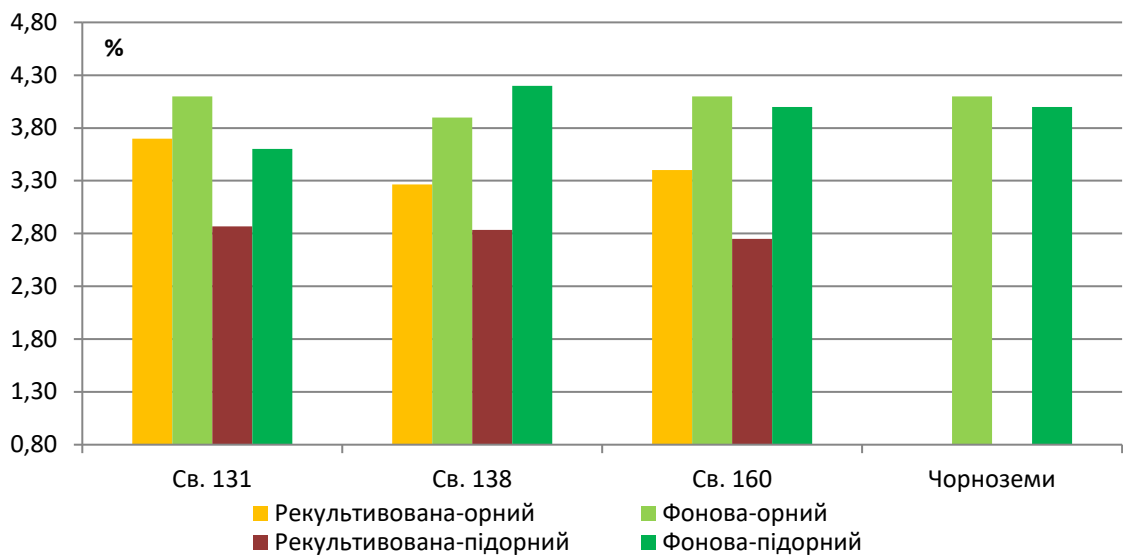


Рисунок 3.2 – Вміст гумусу на рекультивованих і фонових ділянках

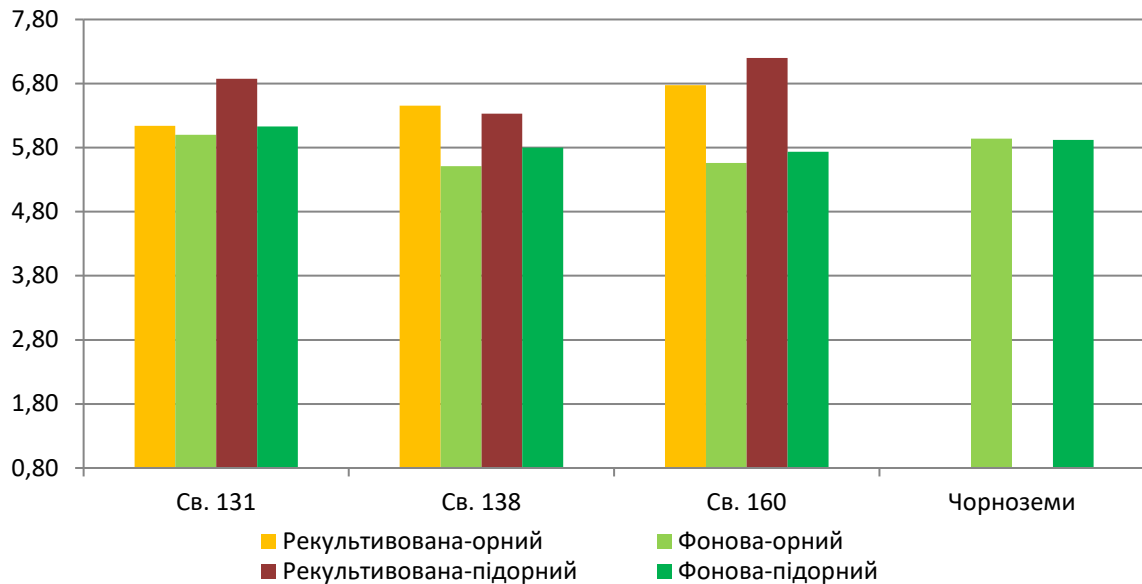


Рисунок 3.3 – Водневий показник (рН сольове) ґрунтів на рекультивованих і фонових ділянках

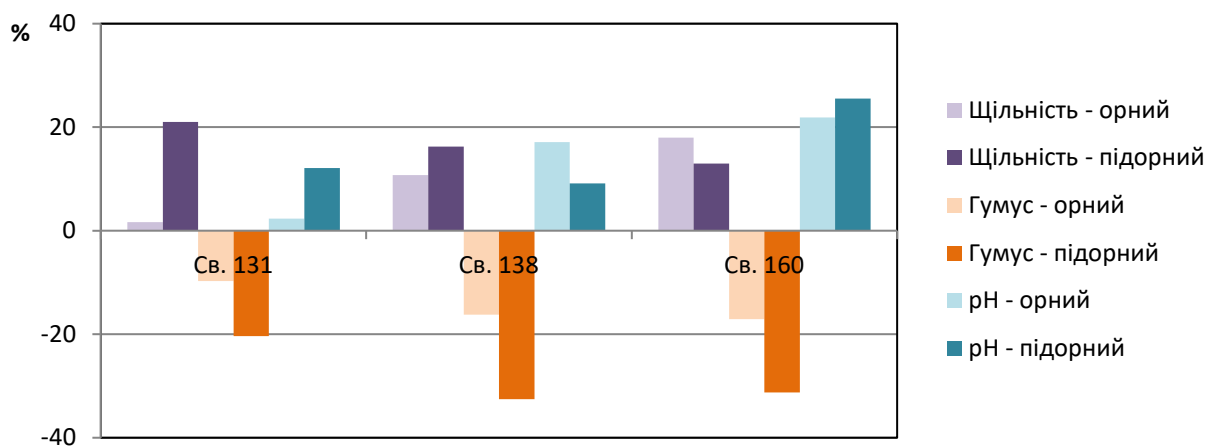


Рисунок 3.4 – Співвідношення фізичних та агрохімічних показників ґрунтів на рекультивованих і фонових ділянках

Кореляція виміряного тиску та об'ємної ваги в цілому зберігається по свердловинах, але їх співвідношення сильно залежить від ступеню і характеру зволоженості ґрунту на момент вимірювання, тому може значно коливатися протягом сезону.

Щільність майже завжди виступає показником, на якому у будь-якому разі відбиваються наслідки існування бурового майданчику і проведення

рекультиваційних робіт, навіть високоефективних. Не дивлячись на це, на досліджених майданчиках свердловин не спостерігається пов'язаного з цим зниження сільськогосподарської продуктивності ґрунтів. Для покращення стану рекультивованого ґрунту, безсумнівно, необхідна якісна біологічна рекультивация, відповідальність за виконання якої лежить на землевласникові.

### 3.2.2 Аналіз хімічного складу водних екстрактів з ґрунтів

За сумою токсичних солей перевищень норм, встановлених для родючого шару ґрунту під час здійснення земляних робіт, не виявлено. Середня величина суми токсичних солей на рекультивованих ділянках свердловин становила 0,068%, на фонових – 0,064%. Верхня допустима межа суми токсичних солей, згідно вимог ГОСТ 17.5.4.02-84 [16], становить 0,25%.

Візуальних ознак засолення ґрунтового покриву у вигляді плям осолонцювання та інших змін стану ґрунтів на жодній ділянці не виявлено.

### 3.2.3 Аналіз хімічного складу мінеральної частини ґрунту

Дослідження складу мінеральної частини ґрунту проводилися методом емісійного спектрального аналізу.

Оцінка варіації концентрацій хімічних елементів на сучасних ділянках показує, що у цілому значних коливань не відбувається (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти варіації елементів у ґрунтах на рекультивованих ділянках свердловин

Коеф. варіації	Елементи
20–30%	Li, Ba
10–20 %	Na, Mg, Sc, Cr, Ge, Co, Zr, Ag,
5–10%	Ba, Be, Fe, Pb, Mo, Ni, Zn, Ti, Bi Cu, Ca, Y, Mn, Sn, P, Al
0–5%	B, Si, V, Ga, Nb, La, Yb,

Коефіцієнти варіації, розраховані як відношення середньоквадратичного відхилення до середнього значення, не перевищували 30%, а для переважної більшості елементів – 10%. Найпомітнішу варіацію серед усіх мали Li та Ba. Такий розподіл варіації різко відрізняється від аналогічних даних на ділянках свердловин, рекультивованих до 1994 року, що свідчить про невисокий ступінь трансформованості ґрунтового шару на ділянках рекультивації свердловин. Незначна варіація і відсутність геохімічних аномалій є посередньою ознакою відсутності забруднення ґрунту на бурових майданчиках.

Оцінка ступеню забруднення ґрунтів та визначення рівня небезпеки проводилося на підставі граничнодопустимих концентрацій токсичних металів у ґрунтах сільськогосподарського призначення (табл. 3.4), для яких вони встановлені чинними в Україні нормативними документами або рекомендовані у роботах відповідних дослідників [18, 48, 47].

Таблиця 3.4 – Валовий фоновий вміст і ГДК важких металів у ґрунтах [48, 47]

Елемент	Кларк, мг/кг	ГДК, мг/кг
Ванадій	100	150
Марганець	850	1500
Хром	75	100
Кобальт	8	50
Нікель	40	85
Мідь	20	100
Цинк	50	300
Селен	0,01	10
Кадмій	0,5	3
Ртуть	0,02	2,1
Свинець	10	30
Стронцій	300	1000
Миш'як	-	2

Оцінка рівня забруднення ґрунтів проводилася по максимальним концентраціям елементів, окремо в орному (0–15 см) і підорному (15–30 см)

горизонтах. Розрахунки вмісту токсичних металів у частках ГДК показали, що небезпечних концентрацій не спостерігається.

Для майданчиків свердловин сформовано статистичні дані за усередненими концентраціям хімічних елементів у ґрунтах. (табл. 3.5). На всіх без виключення досліджених ділянках рекультивованих свердловин перевищень ГДК металів у ґрунтах не виявлено, тобто категорія забрудненості ґрунтів є допустимою згідно рекомендацій [48], досліджені рекультивовані ділянки можна використовувати для вирощування будь-яких сільськогосподарських культур без обмежень.

Таблиця 3.5 – Усереднені статистичні дані вмісту валових концентрацій (мг/кг) макро- і мікрокомпонентів у ґрунтах

Свердловина, родовище	Li	Be	B	Na	Mg	Al	Si	P	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
св. 71, Новомикол-ке	38,0	1,83	50,0	7000	7150	65833	308333	743	7483	10,0	4667	93,3	63,0	715	32000	15,8	40,7
св. 72, Ігнатівське	36,0	2,08	46,7	6300	9000	71500	320000	687	10667	11,0	5000	100,0	65,8	800	33333	15,0	45,0
св. 101, Ігнатівське	30,3	2,00	50,0	5325	9500	59750	320000	850	11500	12,0	5000	100,0	67,3	758	32000	14,3	47,5
св. 125, Ігнатівське	28,5	2,00	50,0	6300	8500	63000	320000	683	10500	–	5000	100,0	63,0	758	30250	13,5	45,0
св. 127, Ігнатівське	28,5	2,00	53,3	5975	7650	59750	320000	800	8500	12,0	4750	100,0	53,3	800	34000	15,0	47,5
св. 130, Ігнатівське	32,0	2,00	50,0	6300	7150	71500	320000	715	10000	8,0	4000	100,0	63,0	630	32000	20,0	36,0
св. 131, Ігнатівське	37,6	2,00	50,5	7542	8788	66542	312083	758	11833	11,7	5000	101,7	70,9	765	32333	15,0	44,2
св. 133, Ігнатівське	28,5	2,00	50,0	5975	10500	56500	320000	800	7575	12,0	5000	100,0	59,8	758	38000	15,0	47,5
св. 134, Мовчанівське	33,5	2,00	50,0	6300	8000	71500	308333	755	15000	10,0	5000	96,7	60,8	743	30833	16,7	46,7
св. 136, Ігнатівське	22,5	2,00	50,0	5975	7575	59750	320000	800	10000	12,0	4750	100,0	56,5	758	26750	15,0	42,5
св. 138, Ігнатівське	44,8	2,13	49,3	7913	8820	72067	315333	732	9933	11,9	5000	100,0	65,8	732	32533	13,9	39,5
св. 151, Мовчанівське	28,3	2,07	47,1	6114	6543	70286	300000	756	8286	11,2	4714	94,3	57,4	727	31000	16,0	42,3
св. 152, Мовчанівське	28,5	1,88	47,5	6300	8075	63000	302500	800	9500	13,5	5000	100,0	50,0	800	32250	12,8	42,5
св. 160, Мовчанівське	53,8	2,06	50,0	9538	8288	73625	311250	763	11875	12,0	4875	102,5	82,9	863	33125	16,3	42,5
св. 167, Мовчанівське	28,5	2,13	45,0	5975	8575	63000	320000	850	8000	12,0	5000	100,0	63,0	800	36000	15,0	50,0
св. 169, Мовчанівське	26,0	2,25	45,0	6300	6300	63000	320000	900	9000	12,0	5000	100,0	50,0	800	36000	15,0	50,0
св. 206, Мовчанівське	32,0	2,50	50,0	6300	8000	80000	320000	630	8000	12,0	5000	100,0	63,0	800	32000	20,0	40,0
min	22,5	1,83	45,0	5325,0	6300	56500	300000	630,0	7483,3	8,0	4000	93,3	50,0	630,0	26750	12,8	36,0
max	53,8	2,50	53,3	9537,5	10500	80000	320000	900,0	15000,0	13,5	5000	102,5	82,9	862,5	38000	20,0	50,0
середнє	32,78	2,05	49,08	6554,81	8141,93	66506,0	315166,7	765,89	9861,90	11,45	4868,0	99,32	62,08	764,97	32612,25	15,53	44,07
середнє кв. відхил.	7,57	0,15	2,13	981,70	1057,13	6321,93	6811,51	67,56	1955,03	1,24	254,60	2,36	7,90	50,50	2526,30	1,94	3,87
коєф. варіації, %	23,1	7,2	4,3	15,0	13,0	9,5	2,2	8,8	19,8	10,9	5,2	2,4	12,7	6,6	7,7	12,5	8,8

Продовження табл. 3.5

Свердловина, родовище	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Sn	Ba	La	Yb	Pb	Bi	Σ ГДК ВМ
св. 71, Новомикол-ке	25,0	80,0	11,7	1,35	0	0	27,3	320,0	20,0	0,97	0,0437	3,87	388	23,33	3,35	16,2	1,75	0,45
св. 72, Ігнатівське	29,7	103,3	12,0	1,35	0	0	27,3	273,3	20,0	1,20	0,0387	3,87	472	25,00	3,20	20,0	1,88	0,50
св. 101, Ігнатівське	27,3	110,0	12,0	2,00	0	0	23,8	200,0	20,0	1,23	0,0425	4,00	638	25,00	3,20	21,3	1,63	0,50
св. 125, Ігнатівське	30,3	100,0	12,0	1,35	0	0	25,0	285,0	20,0	1,20	0,0400	3,80	380	25,00	3,20	20,0	2,00	0,49
св. 127, Ігнатівське	25,0	110,0	12,8	1,75	0	0	32,0	237,5	20,0	1,28	0,0573	4,00	340	22,50	3,20	20,0	2,00	0,48
св. 130, Ігнатівське	32,0	110,0	12,0	1,35	0	0	25,0	250,0	20,0	1,00	0,0400	3,20	715	22,50	3,20	17,5	1,75	0,48
св. 131, Ігнатівське	25,9	106,7	11,4	1,43	0	0	25,9	302,5	19,0	1,08	0,0388	3,87	462	24,58	3,27	19,8	2,00	0,50
св. 133, Ігнатівське	28,5	115,0	12,8	1,88	0	0	26,8	212,5	20,0	1,05	0,0450	4,25	333	25,00	3,20	21,3	1,63	0,50
св. 134, Мовчанівське	28,5	96,7	11,7	1,68	0	0	24,5	256,7	20,0	1,17	0,0437	3,73	522	25,00	2,97	17,5	1,75	0,48
св. 136, Ігнатівське	30,3	110,0	12,5	1,63	0	0	25,0	212,5	17,5	1,15	0,0380	4,00	320	23,75	3,20	17,5	1,88	0,47
св. 138, Ігнатівське	28,7	106,7	11,3	1,42	0	0	27,3	282,7	20,0	1,11	0,0425	3,89	396	25,00	3,25	18,7	1,87	0,48
св. 151, Мовчанівське	30,0	102,9	12,1	1,67	0	0	30,0	228,6	20,0	1,14	0,0401	4,00	446	25,29	3,10	17,1	1,79	0,46
св. 152, Мовчанівське	25,0	105,0	12,8	1,63	0	0	25,0	225,0	20,0	1,10	0,0385	4,00	588	23,75	3,03	20,0	1,75	0,47
св. 160, Мовчанівське	26,8	112,5	12,5	1,90	0	0	26,8	331,3	19,4	1,00	0,0425	3,70	400	25,00	3,31	21,3	2,00	0,53
св. 167, Мовчанівське	24,3	105,0	12,8	1,75	0	0	25,0	212,5	20,0	1,10	0,0425	4,00	340	25,00	3,20	20,0	1,75	0,50
св. 169, Мовчанівське	32,0	120,0	13,5	1,75	0	0	25,0	250,0	20,0	1,10	0,0360	4,00	400	25,00	3,20	20,0	2,00	0,50
св. 206, Мовчанівське	32,0	100,0	12,0	1,50	0	0	32,0	250,0	20,0	1,20	0,0400	4,00	400	25,00	3,20	15,0	1,50	0,48
min	24,3	80,0	11,3	1,35	–	–	23,8	200,0	17,5	0,97	0,036	3,20	320,0	22,50	2,97	15,0	1,50	0,47
max	32,0	120,0	13,5	2,00	–	–	32,0	331,3	20,0	1,28	0,057	4,25	715,0	25,29	3,35	21,3	2,00	0,53
середнє	28,30	105,51	12,22	1,61	–	–	26,68	254,7	19,75	1,12	0,042	3,89	443,44	24,45	3,19	19,00	1,82	–
середнє.кв.відхил.	2,65	8,78	0,57	0,21	–	–	2,50	39,31	0,65	0,09	0,005	0,22	112,69	0,92	0,09	1,87	0,15	–
коєф. варіації, %	9,3	8,3	4,7	13,2	–	–	9,4	15,4	3,3	7,6	11,2	5,6	25,4	3,8	2,9	9,9	8,4	–

Примітка: дані хімічних аналізів були надані підприємством ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД»

### **3.3 Оцінка техногенної трансформації ґрунтів на ділянках свердловин, пробурених до 1994 року**

#### **3.3.1 Трансформація хімічного складу мінеральної частини ґрунтів**

Рівень небезпеки забруднення ґрунтів, призначених для сільськогосподарського використання визначався на основі гранично допустимих концентрацій, встановлених для важких металів у чинних нормативних документах та рекомендованих дослідниками [18, 48, 47]. Статистичні дані та результати розрахунків наведені у таблиці 3.6.

Перевищення ГДК ВМ спостерігаються на ділянках свердловин 10Р, 15Р, 23 і обумовлені виключно високим вмістом Рb у ґрунтах і лише в одній точці – As. Решта металів, вміст яких обмежується встановленими ГДК у ґрунтах сільськогосподарського призначення – V, Cr, Mn, Co, Cu, Zn – перебувають на всіх свердловинах на рівнях нижче ГДК.

Іншим показником рівня накопичення металів у ґрунтах виступають коефіцієнти концентрації – ступінь перевищення наявної концентрації елементу над фоновою концентрацією у даному типі ґрунтів. Для аналізу були узяті шість основних забруднюючих елементів Cu, Zn, Ag, Ba, Рb, Мо, які характеризуються найбільшим накопиченням у ґрунтах бурових майданчиків. Суми розрахованих коефіцієнтів концентрацій представлені діаграмами на карті (рис. 3.5).

Таблиця 3.6 – Усереднені статистичні дані вмісту валових концентрацій (мг/кг)

макро- і мікрокомпонентів у ґрунтах на ділянках свердловин, пробурених і рекультивованих до 1994 р.

Свердловина, родовище	Li	Be	B	Na	Mg	Al	Si	P	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
Св. 5Н, Заплавська	46,3	2,00	52,2	7483	7767	69333	308333	750	34167	12,0	4417	93,8	62,7	715	29667	16,2	43,7
св. 10Р, Руденківське	54,8	1,87	47,1	6614	8571	70286	285714	643	47143	12,0	3957	85,7	57,3	703	30000	14,7	41,0
св. 15Р, Руденківське	61,3	1,90	45,6	7439	7656	63333	285556	671	49222	12,0	4222	85,6	58,1	671	27833	15,6	38,2
Св. 16Н, Руденківське	25,5	1,75	47,5	5867	10575	59750	250000	640	80000	0,0	4300	87,5	77,5	758	38000	14,3	45,5
Св. 18, Мовчанівське	52,0	2,00	53,3	7325	8575	59750	320000	715	20000	12,0	5000	100,0	63,0	640	25500	14,3	42,5
св. 21Н, Ігнатівське	66,1	1,94	51,4	7889	8222	69111	312222	751	20778	12,0	4778	100,0	64,9	743	32000	15,6	42,2
св. 21Р, Руденківське	40,2	1,83	52,6	6390	9115	59900	299000	717	29650	12,0	4560	95,0	66,4	768	28775	14,9	39,2
св. 23, Ігнатівське	49,2	1,89	50,9	6906	8038	70938	299375	647	48269	12,0	4575	89,8	60,6	728	29375	15,8	42,8
св. 25Н, Ігнатівське	26,8	1,88	50,0	5000	9000	63000	320000	800	24000	0,0	4500	100,0	57,5	673	30250	13,5	45,0
св. 45, Ігнатівське	54,4	2,00	51,6	6919	8750	68313	320000	758	13813	12,0	5000	100,0	61,4	715	29375	16,3	44,5
min	25,5	1,75	45,6	5000,0	7656	59750	250000	640,0	13812,5	12,0	3957	85,6	57,3	640,0	25500	13,5	38,2
max	66,1	2,00	53,3	7888,9	10575	70938	320000	800,0	80000,0	12,0	5000	100,0	77,5	767,5	38000	16,3	45,5
середнє	47,66	1,90	50,22	6783,21	8626,84	65371,3	300020,0	709,09	36704,08	12,0	4530,9	93,74	62,93	711,24	30077,5	15,09	42,46
середнє.кв.відхил.	13,47	0,08	2,61	861,05	842,49	4671,17	21941,68	56,43	19855,70	–	332,61	6,19	5,97	40,76	3254,74	0,92	2,41
коєф. варіації, %	28,3	4,3	5,2	12,7	9,8	7,1	7,3	8,0	54,1	–	7,3	6,6	9,5	5,7	10,8	6,1	5,7

Продовження табл. 3.6

Свердловина, родовище	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Sn	Ba	La	Yb	Pb	Bi	Σ ГДК ВМ
Св. 5Н, Заплавська	24,5	88,8	9,5	1,62	0	0	27,7	233,3	18,7	1,22	0,0538	4,17	365	25,00	2,97	21,7	1,92	0,48
св. 10Р, Руденківське	27,0	217,1	11,8	1,74	0	900	24,1	265,7	20,0	1,84	4,0480	3,67	25361	23,33	2,93	707,1	2,00	3,37
св. 15Р, Руденківське	27,7	136,7	9,3	1,66	0	650	26,5	305,6	19,0	1,72	3,1922	3,67	9867	23,89	2,82	270,7	2,00	1,51
Св. 16Н, Руденківське	32,0	110,0	11,0	1,75	0	0	25,0	225,0	16,8	1,15	0,0800	3,80	1955	25,00	2,85	27,5	1,63	0,54
Св. 18, Мовчанівське	23,8	95,0	10,0	1,68	0	0	26,8	325,0	20,0	1,23	0,0573	4,58	480	25,00	2,85	21,3	2,00	0,47
св. 21Н, Ігнатівське	24,4	100,3	12,4	1,63	0	0	28,1	312,2	20,0	1,52	0,0577	4,11	722	25,00	3,21	22,2	2,00	0,49
св. 21Р, Руденківське	25,6	263,3	11,4	1,69	0	800	25,6	250,5	16,9	1,76	0,5531	4,17	20224	22,35	2,94	70,5	1,83	0,76
св. 23, Ігнатівське	30,9	197,5	9,5	1,53	6,3	630	26,9	248,8	17,9	1,76	4,0009	4,21	12930	24,06	3,03	469,4	1,96	2,47
св. 25Н, Ігнатівське	32,0	112,5	12,0	2,00	0	0	25,0	200,0	20,0	1,20	0,0675	4,00	3450	25,00	3,20	22,5	1,50	0,49
св. 45, Ігнатівське	27,6	101,3	10,8	1,84	0	0	29,4	307,5	20,0	1,28	0,0536	4,00	531	25,00	3,20	21,9	2,00	0,49
min	23,8	88,8	9,3	1,53	6,3	630	24,1	200,0	16,8	1,15	0,054	3,67	365,0	22,35	2,82	21,3	1,50	0,47
max	32,0	263,3	12,4	2,00	6,3	900	29,4	325,0	20,0	1,84	4,048	4,58	25361,4	25,00	3,21	707,1	2,00	3,37
середнє	27,55	142,25	10,77	1,71	6,3	745	26,50	267,4	18,92	1,47	1,216	4,04	7588,49	24,36	3,00	165,47	1,88	–
середнє.кв.відхил.	3,14	61,28	1,15	0,13	–	128,2	1,61	42,85	1,33	0,28	1,77	0,28	9175,98	0,93	0,15	242,20	0,18	–
коэф. варіації, %	11,4	43,1	10,7	7,7	–	17,2	6,1	16,0	7,0	19,1	145,3	6,8	120,9	3,8	5,1	146,4	9,6	–

Примітка: дані хімічних аналізів були надані підприємством ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»

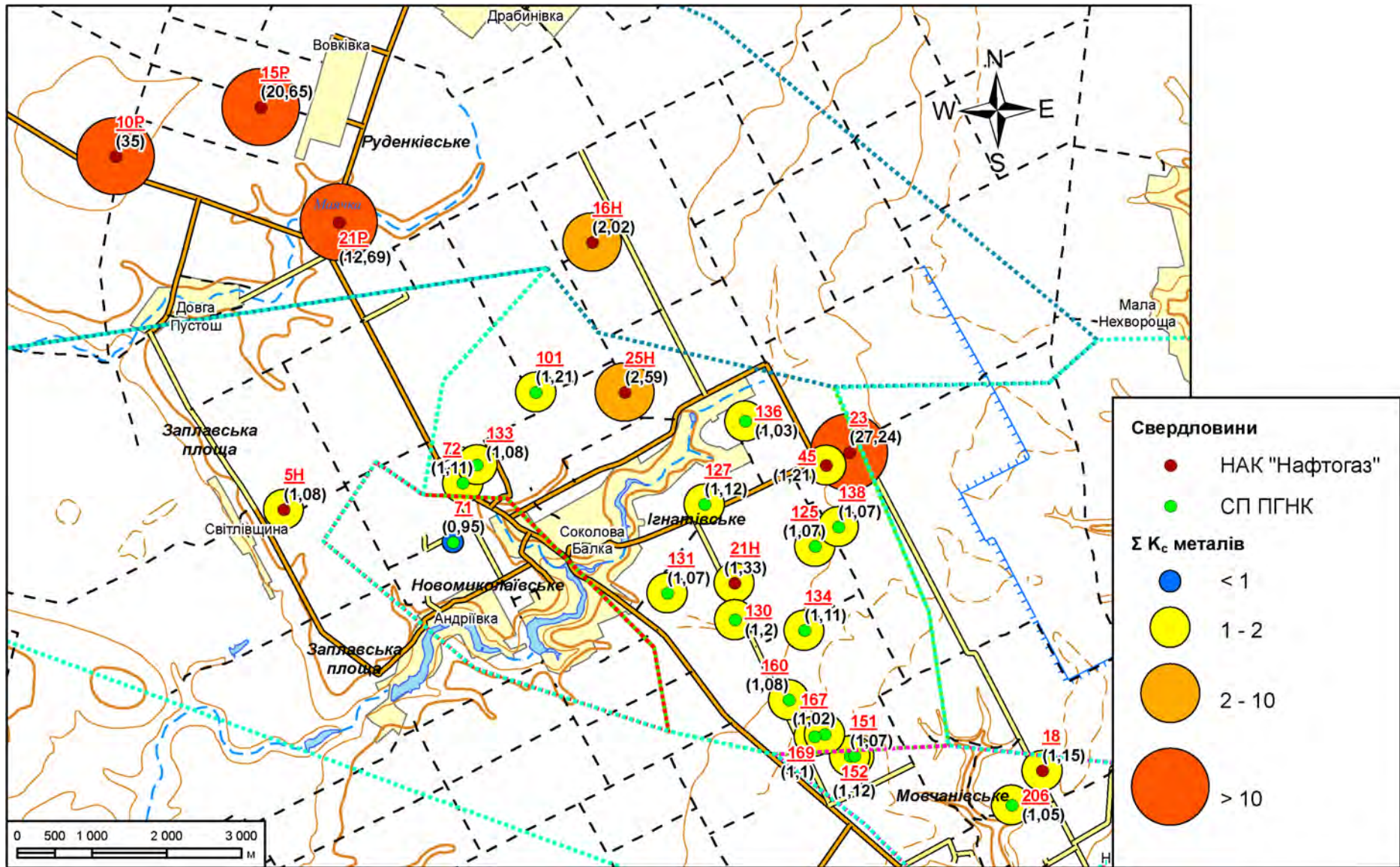


Рисунок 3.5 – Суми коефіцієнтів концентрації металів (Cu, Zn, Ag, Ba, Pb, Mo) у ґрунтах на ділянках свердловин

Як видно на вищенаведеній карті, до ділянок з найвищим рівнем накопичення належать майданчики свердловин 10Р, 15Р, 21Р, 23 – на них концентрації металів сумарно перевищують фон більше, ніж у 10 разів. Перевищення фону в 2 – 10 разів зафіксовано на свердловинах 16Н, 21Н. На решті свердловин концентрації металів складають 1 – 2 показники фонових концентрацій, що свідчить про наявність на них певної трансформації складу ґрунтів, але незначної.

Ділянки старих свердловин помітно відрізняються від сучасних рекультивованих ступенем варіації вмісту елементів. Коефіцієнти варіації певного набору елементів – Ag, Ba, Pb – сягають 120–150%, що свідчить про вкрай нерівномірний розподіл сполук цих елементів у ґрунтах. Такі коливання є наслідками концентрації залишків бурових відходів на ділянках буріння деяких свердловин.

Таким чином, за рядом показників встановлено, що ступінь перетвореності хімічного складу мінеральної частини ґрунтів на рекультивованих ділянках сучасних свердловин є незначним. Стан ґрунту на цих свердловинах різко контрастує з ділянками рекультивації до 1994 року, де спостерігаються перевищення у 1–10 разів фонових концентрацій та ГДК вмістом низки металів – Pb, Ba, Ag, Zn, Cu, Mo.

### 3.3.2 Мінералогічні аспекти техногенної трансформації

Для більш повного розуміння процесів накопичення та міграції елементів, привнесених до ґрунтового покриву з компонентами бурових розчинів, було проведено літолого-мінералогічні дослідження проб ґрунту орного й підорного шарів. Дослідження включали візуальний аналіз мінерального матеріалу ґрунту, визначення його мінерального складу, виявлення техногенних домішок і включень.

Мінералогічний опис проб можна розділити на дві основні групи: проби орного та підорного шарів. Орний шар зазнає постійного механічного впливу сільськогосподарською технікою і постійно переміщується. Підорний –

відносно стабільний у даному плані і може містити більше інформації щодо промислової діяльності на ділянках в минулі роки. Групи, в свою чергу, потребували більш дрібного розділення для спрощення опису проб. Розділення зразків на підгрупи ґрунтується на літолого-мінералогічному складі ґрунтів та однорідності – текстурних особливостях, кількості, величині, кольору і складу домішок та включень.

За даними признаками в обох групах було виділено по п'ять підгруп. В орному шарі перша підгрупа – це однорідні чорноземи; друга – майже однорідні чорноземи, світліші за кольором з рідкими включеннями суглинків; третя підгрупа складена техноземами, тобто неоднорідна з великою кількістю домішок; четверта підгрупа в основі свого складу має суглинок; до п'ятої підгрупи відносяться всі проби, які мають велику кількість включень різної розмірності, але основою проб є чорнозем. Підгрупи проб підорного шару виділялися за аналогією.

### **Проби орного шару**

Проби орного шару мають п'ять підгруп. До першої групи відносяться проби загального силікатного типу. Їх можна описати, як чорноземи без помітних включень, однорідної консистенції, темно-сірого кольору. Проби іноді вміщують рідкі білі включення до 0,5 мм (крейда).

Літолого-мінералогічний опис: більш, як 95% проби складає чорнозем. Також зустрічаються поодинокі зерна кварцу добре обкатані розмірністю до 0,5 мм та польового шпату – до 0,2 мм. Майже по всій пробі спостерігається рівномірний домішок лусочок слюдистих мінералів, розмірністю до 0,01 мм. Зрідка зустрічаються рештки суглинку жовто-бурого кольору, карбонатного. всі зразки містять залишки рослин. Також в деяких зразках можна побачити поодинокі вкраплення крейдо-мергельної породи.

Друга підгрупа, це проби силікатні за типом. Вони мають трохи світліший відтінок від попередніх, деякі мають невеликі включення суглинку до 2 мм в діаметрі. Суглинок жовтувато-бурий, жовтувато-сірий, при розтиранні ледь помітно твердіший, ніж чорнозем.

Літолого-мінералогічний опис: зразки даної підгрупи складаються на 90-95% з чорнозему та 5-10% суглинку карбонатного, лесоподібного, сіро-жовтого. Також зустрічаються рештки глини силікатної з невеликою часткою карбонатів. Спостерігаються окремі зерна кварцу (до 0,2 мм) та слюдистих мінералів пелітової розмірності.

Проби третьої підгрупи належать до силікатного типу і відрізняються тим, що складені суглинком від світло-жовтого до темно-жовтого, буро-жовтого та чорноземом у співвідношенні близько 50/50.

Літолого-мінералогічний опис: склад зразків третьої підгрупи на 50% – чорнозем, та на 50% – суглинок карбонатний, сіро-жовтий. Серед дрібних включень у пробах можна виділити луски слюдистих мінералів пелітової розмірності, окремі зерна кварцу рідше польового шпату до 0,1 мм. Зустрічаються також уламки вапняку до 0,5 см, рештки бентонітових наповнювачів бурових розчинів (буровий шлам). Зразки III підгрупи можна описати як технозем.

До четвертої підгрупи включено проби силікатного типу з жовто-бурого суглинку з невеликою домішкою чорнозему.

Літолого-мінералогічний опис: 70% об'єму всіх проб складає суглинок карбонатний лесоподібний, жовтувато-сірий плямистої текстури, пористий. Включення більш твердіші, світлішого кольору, ніж породовмісний суглинок. Серед пелітових частинок можна побачити луски слюди, але набагато менше ніж у попередніх групах.

П'ята підгрупа представлена пробами, що вміщують домішки у вигляді залишків крейдомергельної породи розмірністю від пелітової до гравійної. У пробах виявлено залишки аргілітоподібних чорних глин. Основою складу проб є чорнозем, глинозем. За типовим складом проби створюють досить строкату картинку: деякі перехідного типу зі співвідношенням 1:1 карбонатів і силікатів; деякі навпаки – карбонатно-силікатні.

Літолого-мінералогічний опис: основою зразків є на 95% чорнозем. Всі без винятку зразки мають включення, різної розмірності від пелітової до 1 см, білого кольору. Включення карбонатні, бурхливо взаємодіють з розчино

соляної кислоти – крейдо мергельна порода. Зразки мають уламки зелено-чорних аргілітоподібних глин (піритизованих?) сланцюватої структури подекуди з плівками озалізнення, уламки кварцу часто не обкатані, гравійної розмірності.

### **Проби підорного шару**

Проби підорного шару також, за аналогією з групою орного шару, діляться на п'ять підгруп. Перша група складені чорноземом без помітних включень, однорідної консистенції, темно-сірого кольору. Проби належать до загального силікатного типу.

Літолого-мінералогічний опис: 95% складу займає чорнозем, зрідка зустрічається вкраплення суглинку жовто-бурого слабо карбонатного. При більш детальному вивченні проб можна побачити слюдисті мінерали пелітової розмірності.

Друга підгрупа підорного шару представлена пробами світлішого відтінку від попередніх, деякі вміщують включення суглинку до 2 мм в діаметрі. Суглинок жовтувато-бурий, жовтувато-сірий, при розтиранні ледь помітно твердіший, ніж чорнозем. Тип проб – силікатний.

Літолого-мінералогічний опис: друга підгрупа складена чорноземом з більшою часткою глинистої фракції. Світліший, ніж проби I групи II підгрупи. Можна також виділити невеликий вміст слюдистих мінералів пелітової розмірності. Також можна помітити рідкі включення суглинку жовто-сірого, пористої структури, безкарбонатного, середній за щільністю. Піщинок та інших уламків не виявлено. В окремих щільних зразках спостерігаються бурі вкраплення озалізнення.

Проби третьої підгрупи складені суглинком від світло-жовтого до темно-жовтого, буро-жовтого та чорноземом у співвідношенні близько 50/50. Проби відносяться до силікатного типу.

Літолого-мінералогічний опис: зразки на 50% складені чорноземом і на 50% суглинком бурувато-жовтим, карбонатним, з озалізненими вкрапленнями. Іноді спостерігаються залишки графітової змазки до 2% вмісту. При

детальному візуальному вивченні в пробах спостерігаються луски слюди пелітової розмірності. Інших домішок не виявлено.

Проби четвертої підгрупи складаються з жовто-бурого суглинку з невеликою домішкою чорнозему. Іноді вміщують домішки білих і сіро-білих частинок розміром від пелітових до 3 мм, також спостерігаються лімонітові плівки на суглинках; іноді катуни пісковика дрібнозернистого з глинистим, озалізненим цементом, розміром до 1 мм. Тип проб карбонатно-силікатний з різними співвідношеннями кальцію до силіцію, іноді силікатний.

Літолого-мінералогічний опис: зразки четвертої підгрупи на 80–90% складені суглинком сіро-жовтим, буро-жовтим до бурого, карбонатним, з плямами озалізнення до 2 см та чорнозему до 10% нейтрального до HCl. Зразок №138 записочений кварц-польовошпативним дрібнозернистим піском з рідкими зернами темно кольорових мінералів, та окремими зернами кварцу (до 1 мм). Місцями пісок озалізнений. В усіх зразках спостерігається невеликий вміст слюдистих мінералів, до 1% та поодиноких зерен кварцу, розмірністю до 0,2 мм. При вивченні зразків спостерігаються окремі білі, сірувато-білі уламки та вкраплення крейди або вапняку.

П'ята підгрупа вміщує домішки у вигляді залишків бурового розчину та крейдомергельної породи розмірністю від пелітової до гравійної, виявлено залишки аргілітоподібних чорних глин. Основою складу проб є чорнозем, глинозем. За типом проби силікатні, карбонатно-силікатні зі співвідношенням 2 до 5; силікатно-карбонатні зі співвідношенням 2 до 5.

Літолого-мінералогічний опис: В пробах V підгрупи спостерігаються включення крейди та мергелів білого кольору. Основою проби є чорнозем з невеликим вмістом суглинку світло-жовтого, карбонатного, лесоподібного, зрідка з рештками графітової змазки.

Розділення на групи і підгрупи ґрунтових проб за вмістом основних хімічних і елементів силіцію та кальцію, за якими визначається тип ґрунту, а також забруднюючих елементів барію та свинцю, за результатами лабораторних досліджень представлені в табл. Таблиця 3.7.

Таблиця 3.7 – Групи і підгрупи ґрунтових проб та вміст основних хімічних елементів і забруднюючих елементів

Група	Підгрупа	№ св.	№ точки	вміст, мг/кг		Тип проби	вміст, мг/кг	
				Si	Ca		Ba	Pb
О р н и й	I	15P	4	320000	12000	Силікатний	5000	100
		18	9	320000	10000	Силікатний	400	20
		21H	0	320000	9000	Силікатний	360	22,5
		21P	0	320000	10000	Силікатний	630	20
		23	2	320000	8000	Силікатний	400	25
			5	320000	10000	Силікатний	1000	63
		45	3	320000	10000	Силікатний	500	25
		5H	5	320000	12000	Силікатний	320	25
	4		320000	8000	Силікатний	320	25	
	II	10P	3	320000	8000	Силікатний	12000	50
		18	4	320000	10000	Силікатний	320	20
		45	4	320000	13500	Силікатний	900	20
			2	320000	12000	Силікатний	500	20
	III	10P	1	320000	15000	Силікатний	1000	25
		15P	1	320000	20000	Силікатний	1200	32
		18	3	320000	20000	Силікатний	800	25
		21H	3	320000	20000	Силікатний	400	20
			2	320000	25000	Силікатний	400	20
		21P	5	320000	32000	Силікатний	2000	80
			6	320000	15000	Силікатний	800	32
		23	3	320000	32000	Силікатний	630	20
			4	320000	20000	Силікатний	630	25
	45	1	320000	15000	Силікатний	1000	25	
	IV	21P	4	320000	32000	Силікатний	320	25
	V	10P	2	150000	150000	Перехідний	63000	800
		15P	2	320000	20000	Силікатний	10000	400
			1	320000	15000	Силікатний	3200	40
		21H	4	320000	40000	Карбонатно-силікатний	400	20
			3	250000	22500	Силікатний	56500	175
		23	1	250000	100000	Карбонатно-силікатний	20000	800
5H		3	250000	120000	Карбонатно-силікатний	500	20	

Група	Підгрупа	№ св.	№ точки	вміст, мг/кг		Тип проби	вміст, мг/кг	
				Si	Ca		Ba	Pb
П і д о р н и й	I	21Н	1	320000	10000	Силікатний	400	20
			2	320000	10000	Силікатний	400	20
		21Р	4	320000	10000	Силікатний	500	20
		5Н	4	320000	8000	Силікатний	250	20
	II	10Р	1	320000	32000	Силікатний	630	25
			3	320000	10000	Силікатний	500	25
		15Р	2	320000	10000	Силікатний	400	20
			4	320000	10000	Силікатний	800	32
		18	1	320000	9000	Силікатний	400	20
			9	320000	10000	Силікатний	400	20
			4	320000	10000	Силікатний	400	20
			0	320000	12000	Силікатний	320	20
		21Н	4	320000	25000	Силікатний	500	20
			3	250000	32000	Силікатний	400	20
		21Р	0	320000	25000	Силікатний	400	20
			2	320000	10000	Силікатний	400	20
		23	5	320000	6300	Силікатний	250	25
			1	320000	10000	Силікатний	400	25
		45	3	320000	10000	Силікатний	250	20
			2	320000	10000	Силікатний	565	20
	5Н		5	320000	25000	Силікатний	400	20
	III	23	6	320000	32000	Силікатний	10000	320
		45	4	320000	25000	Силікатний	500	20
	IV	10Р	2	320000	32000	Силікатний	630	25
			1	250000	100000	Карбонатно-силікатний	100000	4000
		18	3	320000	40000	Карбонатно-силікатний	400	20
		21Р	3	250000	32000	Силікатний	400	20
			5	320000	50000	Карбонатно-силікатний	6300	50
			3	320000	25000	Силікатний	320	20
		23	3	320000	80000	Карбонатно-силікатний	4000	500
	4		320000	32000	Силікатний	400	25	
	V	15Р	3	80000	200000	Силікатно-карбонатний	55000	1000
		23	1	250000	100000	Карбонатно-силікатний	25000	1500
		5Н	3	320000	32000	Силікатний	400	20

Примітка: дані хімічних аналізів були надані підприємством ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД»

### 3.4 Оцінка продуктивної здатності ґрунтів

Надійними діагностичними відзнаками техногенного впливу на ґрунти при використанні даних ДЗЗ (космічних знімків) є такі показники розвитку рослин як густина стеблостою та довжина, які визначають проективне покриття поверхні землі. В агровиробництві ці параметри, зазвичай, визначають ступінь розвитку рослини в цілому і її врожайність (продуктивність).

Дослідження продуктивності кукурудзи було виконано на пізній стадії стиглості шляхом морфометричних та вагових вимірів на окремих ділянках поля в межах рекультивованої ділянки та фонові частини поля.

За результатами вимірювань, що наведені в табл. 3.8, можна відзначити наступні особливості: рослини на забрудненій ділянці мають дещо меншу щільність стеблостою, нижчу висоту, меншу кількість качанів на одиницю площі, а також меншу довжину качанів. Зважування зерен показало зниження врожайності кукурудзи на ділянці «плями» у порівнянні з фонові ділянкою більш ніж на 50 %.

Таблиця 3.8 – Показники продуктивності кукурудзи на рекультивованій ділянці св. 23\*

Показник		Рекультивована ділянка	Фонова ділянка	Співвідношення показників рекульт. ділянки до фону, %
Щільність стеблостою, рослин на м <sup>2</sup>		7,105	7,86	-9,61
Висота рослин, см	мінімальна	108	110	-1,82
	максимальна	186	198	-6,06
	середня	155	157	-1,27
Кількість качанів на м <sup>2</sup>		5,59	7,14	-21,71
Довжина качанів, см	мінімальна	5,33	7,5	-28,93
	максимальна	14,75	23,5	-37,23
	середня	10,83	13,8	-21,5
<b>Питома врожайність, кг/м<sup>2</sup></b>		<b>0,292</b>	<b>0,591</b>	<b>-50,6</b>

\*за даними «СВНЦ Інтеллект-сервіс»

## Висновки до розділу

Вперше для рекультивованих ділянок нафтогазових свердловин ДЗЗ вивчено комплекс показників, що включають фізичні, агрохімічні, водно-сольові, літолого-мінералогічні характеристики та валовий хімічний склад. Вперше проведено оцінку техногенної трансформації хімічного складу мінеральної частини ґрунтів орного та підорного шарів на ділянках свердловин, пробурених до 1994 року.

Оцінка результатів дослідження агроекологічних та фізико-хімічних показників ґрунту на сучасних рекультивованих майданчиках свердловин показує добру якість технічної рекультивації ґрунтів, що підтверджується:

- Близькими показниками вмісту гумусу і поживних речовин (N, P, K) на фонових і рекультивованих ділянках;
- Низьким вмістом токсичних солей на рівні 0,2 ГДК і відсутністю ореолів засолення ґрунтів;
- Відсутністю аномалій вмісту важких металів та перевищень ГДК для ґрунтів сільськогосподарського призначення.

У результаті літолого-мінералогічного вивчення ґрунтів навколо давніх свердловин можна зробити такі висновки:

- забруднення такими елементами, як Ва і Рb закономірно просліджується у пробах третьої, четвертої і п'ятої підгруп обох груп, які відрізняються від «чистих» фонових і незабруднених ґрунтів першої та другої підгруп обох груп;
- ступінь забруднення в цілому пропорційно залежить від ступеня неоднорідності ґрунтів та кількості механічних домішок в них;
- також всі незабруднені проби ґрунту без винятку мають силікатний тип, а забруднені проби – змішаний, силікатно-карбонатний або карбонатно-силікатний;
- механічні домішки у пробах свідчать про забруднення не лише в результаті зберігання бариту, монтморилоніту та інших матеріалів на

бурових майданчиках, а й через шлам пробурених порід, який потрапив до ґрунту в результаті буріння;

- у результаті літолого-мінералогічного аналізу також було виявлене забруднення ґрунтів на декількох бурових майданчиках графітовими змазками, що не показує спектральний аналіз;
- група металів Ca, Zn, Pb, Ba, Ag проявляє сумісне перебування у ґрунтах, що пояснюється їхнім спільним джерелом надходження – з компонентів бурових відходів.

## РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕЦИФІКИ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ РЕКУЛЬТИВАНИХ БУРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ

У результаті аналізу дистанційних даних та контактних вимірювань на території виділено ділянки з ознаками деградації ґрунтів. Враховуючи, що по космічним знімкам старі майданчики вирізняються аномаліями зображень різних тонів, і вони займають досить значну площу в аграрних ландшафтах регіону, постає необхідність виявлення генезису площинних аномалій.

### 4.1 Оцінка фонового накопичення макро- і мікроелементів в ґрунтах

Ґрунти району (переважно чорноземи звичайні суглинкові), що формуються на лесоподібних суглинках різної глинистості наслідують їхній мінеральний склад. У мінеральному складі чорноземів звичайних сумарний вміст фракції розміром від 1 до 0,01 мм складає від 60-70%. Частка вмісту глинистої фракції розмірами менше 0,005 мм складає близько 30%.

Різномірні компоненти мінеральної частини чорноземів можна об'єднати в такі групи:

1. Механічні частинки мінералів і гірських порід.
2. Високодисперсні мінерали глин.
3. Мінеральні новоутворення.
4. Органо-мінеральні комплекси.

Кожна із цих груп має важливе значення в накопиченні макро- і мікроелементів в ґрунтах району:

*Характеристика першої групи:*

- Чим більше уламкового кварцу в мінеральній складовій ґрунту, тим вищий вміст кремнію і менший – інших елементів.
- Чим більше уламкових силікатів, тим вищий вміст алюмінію.

- У слабкорозчинних акцесорних мінералах на 2-4 порядки (у порівнянні з кларком елементу у ґрунті) накопичується мідь, молібден, олово, свинець та інші важкі метали.
- Значна кількість розсіяних елементів зосереджена в акцесорних мінералах (ільменіті, магнетиті, цирконію, рутилі та ін.).
- Значний вплив на розподіл розсіяних елементів чинять уламкові силікати, польові шпати, на поверхнях яких у дефектах кристалів містяться важливі комплекси макро- та мікроелементів.
- При розкладанні залізо-магнезійних силікатів вивільнюються ванадій, хром, цинк, мідь, нікель, кобальт, а при розкладанні польових шпатів – стронцій, барій, свинець, рубідій.

*Характеристика другої групи:*

Високодисперсна частина мінеральної складової чорноземів в основному представлена гіпергенними силікатами, каолінітами, гідрослюдами, монтморилонітами та іншими глинистими мінералами. Менший об'єм характерний для мінералів групи оксидів та гідроксидів заліза та алюмінію. Усі ці мінеральні групи мають високу сорбційну здатність і в них зосереджена велика кількість важких металів та інших важких елементів.

*Характеристика третьої групи:*

- Визначальним для багатьох чорноземних типів ґрунтів є накопичення мінеральних новоутворень, які різко відрізняються від мінеральної основи ґрунту.
- Для чорноземів району характерні такі новоутворення: карбонати кальцію у вигляді білоглазки, журавчиків, присипки. У нижній частині ґрунтового профілю зустрічаються сульфати кальцію (гіпс).
- Серед новоутворень, що мають досить дрібну структуру в ґрунтовому профілі зустрічаються гідроксиди заліза та марганцю, які мають велике значення для розподілу рухомих форм важких металів.

*Характеристика четвертої групи:*

У гумусовому горизонті чорноземів накопичуються великі об'єми органічних речовин. Вміст гумусу складає від 4-8 % маси ґрунту. Компоненти гумусу – високомолекулярні сполуки зі складною структурою утворюють органіно-мінеральні комплекси з розсіяними металами, що призводить до накопичення багатьох із них у верхніх частинах ґрунтового покриву чорноземів.

Для моделювання фонового накопичення макро- і мікроелементів у ґрунтах району досліджені результати спектрального аналізу зразків були згруповані в матрицю. Параметри матриці включали 80 фонових зразків ґрунтів, де було визначено 21 хімічний елемент. Отримана матриця була оброблена за програмою факторного аналізу в моделі головних елементів. Аналіз факторної моделі розподілу хімічних елементів у фонових ґрунтах показує багатовекторність процесів формування їхнього хімічного складу (більше 10 факторів), що підтверджує багатство мінеральних форм та різноманіття ґрунтових процесів.

В наведеній факторній структурі показується вага фактору в сумі варіацій компонентів матриці (28,7%, 16,1%), в чисельнику – компоненти, які мають статистично значущі величини накопичення в субстраті, а в знаменнику – компоненти, які взаємкорельовано зменшують свої концентрації.

Перший фактор моделі F1, що має вагу 28,7%, інтерпретуємо як процес накопичення більшості мікроелементів у глинистій фракції ґрунтів та розподіл ґрунтів за вмістом різних гранулометричних фракцій:

$$F_{1,28,7} \frac{\text{Li Mg Ti P Ni Zn Cu Ag Ba Pb}}{\text{Na Al Cr}}$$

Крайніми проявами цього процесу можна визначити важкий суглинок – суглинок супіщаний (рис. 4.1а).

Другий по значимості фактор описує розподіл уламкових силікатів, переважно кальцієвих в алевритовій фракції ґрунтів.

$$F_{2,16,1} \frac{\text{Ca Na Al Si Zr Cr Fe Ag Ba}}{\text{Cu}}$$

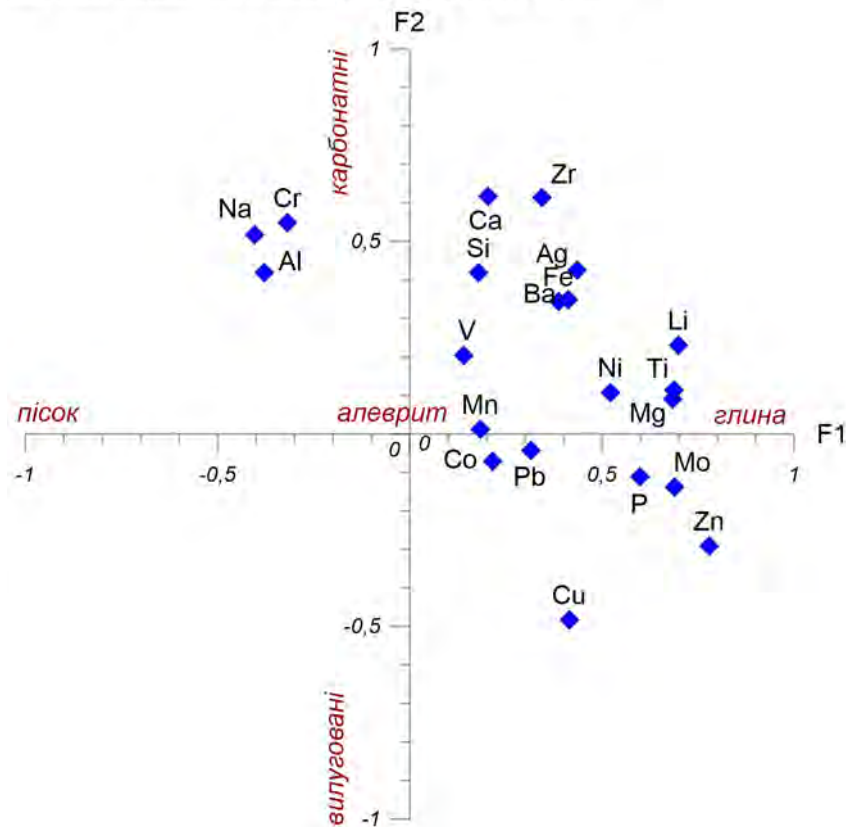
Вірогідно це диференціація фонових проб за ступенем вилугованості (рис. 4.1а). Цей процес також яскраво проявляється в ґрунтах різної ступені змитості. Крайніми об'єктами цього процесу є вихід на поверхню змитих ґрунтів перехідних горизонтів та потужні гумусові горизонти з великим вмістом гумусу.

Моделі розподілу елементів в фонових ґрунтах підтверджують основні закономірності хімізму чорноземів, що утворилися на суглинках:

1. У глинистій фракції накопичується більшість мікроелементів – Li, Mg, Ti, P, Ni, Zn, Cu, Ag, Ba, Pb.
2. Алевритиста фракція формується за участі уламкових силікатів та новоутворених карбонатів з накопиченням Ca, Na, Al, Si, Zr, Cr, Fe, Ag, Ba.
3. Піщана фракція ґрунтів та вилугованої частини глибоких гумусових горизонтів є обіденною макро- і мікроелементами.

Розподіл значень факторів F1 F2 представлений на рис. 4.1 б. По території дослідження рівномірно проявляються всі процеси формування хімічного складу ґрунтів. Переважна частина проб має чітко виражений алевритовий склад із різною кількістю домішок глинистої або піщаної фракції. За ступенем вилугованості зразки рівномірно розподілені по площі дослідження. Накопичення важких металів чітко проявляється у пробах підорного шару, де відмічається підвищений вміст глинистої фракції.

а) розподіл факторних навантажень хімічних елементів в площині факторів F1 та F2



б) розподіл значень факторів F1 та F2

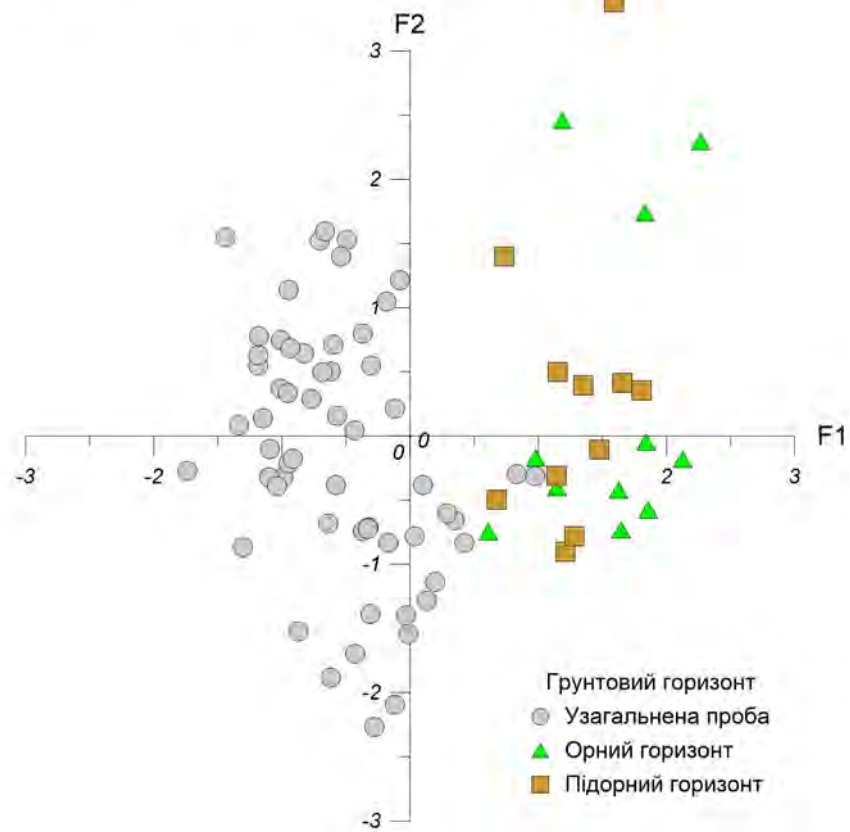


Рисунок 4.1 – Факторні моделі чорноземів звичайних

## 4.2 Компоненти бурових розчинів, як джерело хімічного забруднення ґрунтів

При приготуванні бурових розчинів застосовуються великі об'єми природних мінеральних компонентів та штучних хімічних речовин. До них у першу чергу відносяться: глинопорошок (бентонітові глини), вапняки ( $\text{CaCO}_3$ ), барит ( $\text{BaSO}_4$ ), галіт ( $\text{NaCl}$ ). У залежності від глибини свердловини на буровий майданчик завозиться від 50 до 200 тон цих реагентів.

Для визначення потенціалу забруднення ґрунтів мінеральними компонентами бурових розчинів були проаналізовані на вміст макро- і мікроелементів зразки бариту, вапняку та глинопорошку, що використовує СП ПГНК. Паралельно такі ж самі проби отримані з лабораторії буріння УкрНІІГАЗ. Побудовані за результатами спектрального аналізу геохімічні спектри коефіцієнтів накопичення та розсіювання хімічних елементів для кожного мінерального компоненту бурових розчинів порівнювались з фоновими спектрами ґрунтів 4.2.

Фонові показники визначалися шляхом усереднення валових концентрацій елементів у пробах, відібраних на віддалених від свердловин ділянках рілля, що не зазнали впливу від бурових майданчиків і рекультивації. Коефіцієнти концентрації розраховували як відношення вмісту елементу в речовині до кларку в земній корі і представили їх у логарифмічній формі для зручності візуалізації:

$$K = \lg \frac{C_i}{C_{\text{кларк}}} \quad (4.1)$$

де  $K$  – коефіцієнт концентрації;

$C_i$  – вміст елементу в ґрунті;

$C_{\text{кларк}}$  – кларк елементу в земній корі.

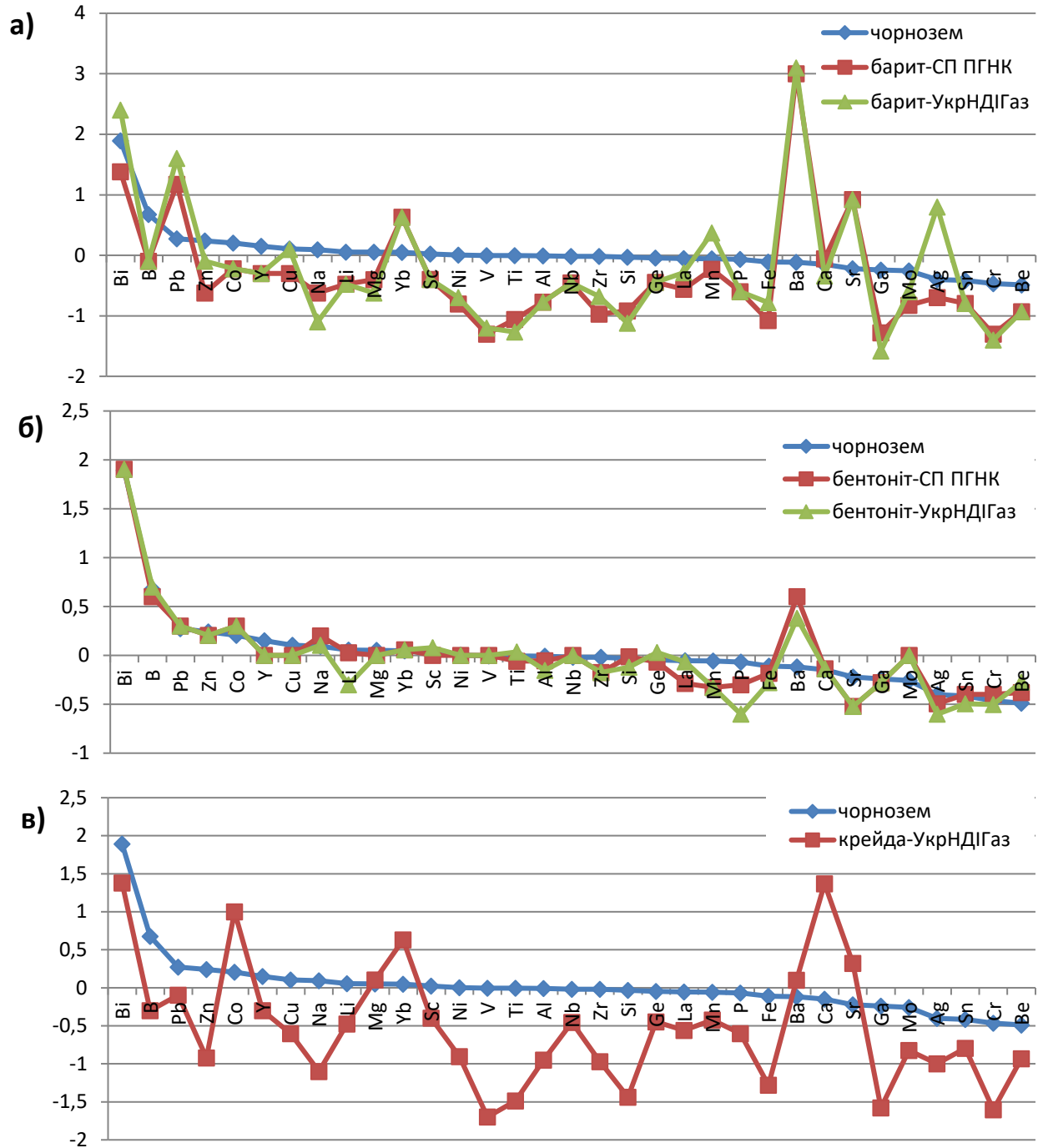


Рисунок 4.2 – Логарифми коефіцієнтів концентрацій хімічних елементів у компонентах бурових розчинів та чорноземах (а – порівняння коефіцієнтів концентрацій у чорноземі та бариті різного походження, б – порівняння коефіцієнтів концентрацій у чорноземі та бентоніті різного походження, в – порівняння коефіцієнтів концентрацій у чорноземі та крейді)

Як видно з рис. 4.2 майже всі показники глинопорошку близькі за вмістом хімічних елементів до показників фонових ґрунтів, що говорить про їхній близький мінеральний склад. Єдиний елемент, що має на 0,5 порядку більший вміст в глинопорошку – це барій при незначному підвищенні концентрацій молібдену та натрію.

Зразок вапняку (мармурова крихта) складається з  $\text{CaCO}_3$  із надзвичайно низьким рівнем важких металів на фоні підвищеного вмісту геохімічно споріднених кальцію, барію та стронцію. Підвищений вміст кобальту та ітербію в зразках мармурової крихти може пояснюватись гідротермальною проробкою вапняків (специфіка району виробництва).

За літературними даними галіт на 99 % складається з  $\text{NaCl}$  і характеризується надзвичайно низькими концентраціями важких металів.

Обидва зразки бариту дуже близькі за хімічним складом. На фоні переважаючого елементу барію (до 60 %) відмічається підвищений вміст стронцію та сульфідних металів свинцю, ітербію, срібла.

Таким чином, при попаданні мінеральних компонентів бурових розчинів на ґрунти бурових майданчиків, вони будуть мати наступні геохімічні ознаки:

- Хлоридне засолення ґрунтів у місцях зберігання реагентів та протіканні бурових розчинів (вплив галіту).
- Підвищення складової глинистої фракції в ґрунтах на фоні незначного збільшення вмісту барію (вплив глинопорошку).
- Зміна мінерального складу ґрунтів з силікатного на карбонатний при суттєвому зменшенні вмісту всього комплексу важких металів (вплив вапняку).
- Забруднення ґрунтів барію та сульфідними металами в містах зберігання бариту та протікання бурових розчинів в ореолах розсіяння бурових амбарів (вплив бариту).
- Поставки бариту в якості обважнювача в СРСР здійснювались централізовано. Майже весь барит, що використовувався в Україні поставлявся з Кавказу та Середньої Азії, де вироблявся з сульфідного бариту

поліметалічних родовищ. Тому, в техноземах старих бурових майданчиків можна очікувати в складі сульфідних металів, окрім свинцю, також і сурму, миш'як, цинк, молібден та інші розсіяні метали.

### **4.3 Моделювання накопичення макро- та мікроелементів в техноземах бурових майданчиків**

Для моделювання накопичення макро- та мікроелементів в техноземах було обстежено 27 бурових майданчиків, з яких 10 відносяться до етапу розвідки та дослідно-виробничої експлуатації (давній період), а 17 майданчиків є сучасними.

#### **4.3.1 Процедури статистичної обробки**

З метою більш глибокого осмислення процесів, що формують сучасний стан ґрунтів районів нафтогазових родовищ для обробки отриманого фактичного матеріалу були застосовані методи математичної статистики.

При одномірному статистичному аналізі у вибірках даних розраховувалися: середнє значення компонента, похибка середнього, середньоквадратичне відхилення, похибка середньоквадратичного відхилення, мінімальне і максимальне значення компонента, розмах, коефіцієнт варіації (%), коефіцієнт асиметрії нормалізований, коефіцієнт ексцесу нормалізований. За двома останніми характеристикам робився висновок про відповідність або невідповідність вибірки нормальному розподілу, що в свою чергу визначало подальшу процедуру обробки даних.

#### ***Кластерний аналіз***

З метою виявлення статистичної близькості чи віддаленості різних типів природних та техногенно-змінених ґрунтів і виявлення груп об'єктів найбільш подібних (чи навпаки – віддалених) за характером забруднення та геохімічними процесами був застосований кластерний аналіз, який, використовуючи

формальні математичні методи, класифікує об'єкти з багатовимірними показниками на однорідні групи.

Спочатку кластерний аналіз виконувався із застосуванням агломеративної ієрархічної процедури з побудовою дендрограми – одновимірного графа, що зображує взаємні зв'язки між об'єктами. Дендрограма дозволяє візуально оцінити кількість утворених кластерів та їх якісний склад.

Сутність агломеративної кластерної процедури полягає в обчисленні функції відстаней між усіма парами об'єктів і об'єднанням на кожному кроці тієї пари об'єктів, для якої досягається мінімум функції відстані.

В якості функції відстані застосовувалося евклідова відстань між об'єктами, ознаки яких попередньо були стандартизовані [24, 25]:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^M (X_{ki}^s - X_{kj}^s)^2}, \quad (4.2)$$

де  $D_{ij}$  – евклідова відстань між  $i$ -тим і  $j$ -тим об'єктами;

$X_{kj}^s$  – стандартизоване значення  $k$ -тої ознаки  $i$ -того об'єкту;

$X_{kj}^s$  – стандартизоване значення  $k$ -тої ознаки  $j$ -того об'єкту;

$M$  – число ознак;

Стандартизація даних дозволяє враховувати всі параметри з однаковою вагою, незалежно від їх абсолютних значень.

Надалі проводилося автоматичне розбиття всієї сукупності точок на задане число груп (кластерів), з перерахунком центральної точки кластеру і повторенням процедури до отримання стійкого рішення (метод  $k$ -середніх).

### ***Факторний аналіз***

Для математичного обґрунтування причинно-наслідкових зв'язків процесів трансформації ґрунтового покриву, був застосований факторний аналіз. Цей статистичний метод є одним з найефективніших засобів виявлення закономірностей, прихованих в масивах даних, для яких відсутня можливість безпосереднього спостереження і вимірювання геохімічних процесів – факторів. Про них можна судити лише за кінцевими результатами, що відображаються у значеннях різних характеристик.

Обчислювальна процедура факторного аналізу (R-модифікація) складається з таких етапів [25]:

а) вихідна матриця даних  $X$  стандартизується (кожна змінна має нульове середнє значення та стандартне відхилення, що дорівнює одиниці).

б) на основі стандартизованої матриці  $[X^s]$  обчислюється кореляційна матриця  $[R]$ , шляхом множення  $[X^s]$  зліва на транспоновану до неї матрицю:

$$[R] = [X^s]' \cdot [X^s], \quad (4.3)$$

або

$$r_{jk} = x_{ij} \cdot x_{ik}, \quad k, j = 1 \dots M, \quad i = 1 \dots N, \quad (4.4)$$

де  $j, k$  – номери стовпців матриці даних;

$M$  – кількість змінних;

$N$  – кількість точок (об'єктів).

в) визначають власні значення ( $\lambda$ ) і відповідний їм базис власних векторів ( $Z$ ) матриці  $[R]$ . Власні вектори  $i$  є головними компонентами:

$$Z_j = \sum_{i=1}^P A_{ij} \cdot X_{ij}, \quad (4.5)$$

де  $P$  – кількість головних компонент (дорівнює кількості параметрів у вихідній матриці);

$A_{ji}$ -вага  $j$ -ої компоненти в  $i$ -ої змінної (або навпаки).

г) з власних векторів конструюється ортогональна матриця, що зв'язує ознаки і фактори. Факторні навантаження є коефіцієнтами кореляції між ознаками і факторами;

д) чинники ранжують за спаданням дисперсії. Отримана матриця  $f$  факторних навантажень  $i$  є основою для геохімічної інтерпретації;

е) для оцінки ступеня прояву різних факторів на різних ділянках простору (наприклад, для виявлення інтенсивності протікання різних природних і техногенних процесів на фонових і рекультивованих ділянках ґрунту) розраховується матриця значень факторів у точках спостереження (об'єктах):

$$F_{jk} = \frac{\sum_{k=1}^M f_{jk} \cdot X_{jk}^S}{\lambda_j}, \quad i = 1 \dots N, \quad j = 1 \dots P, \quad (4.6)$$

де  $F_{jk}$  – значення  $j$ -того чинника в  $i$ -тій точці;

$f_{jk}$  – факторне навантаження  $j$ -того чинника на  $k$ -ту змінну;

$X_{jk}^S$  – значення  $k$ -тій змінної в  $i$ -тій точці,

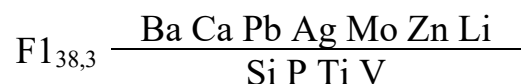
$\lambda_j$  – вектор власних значень кореляційної матриці, або сума квадратів факторних навантажень  $j$ -того чинника,

$N$  – кількість точок (об'єктів),

$P$  – кількість факторів,

$M$  – кількість змінних.

Факторні моделі розподілу хімічних елементів у ґрунтах бурових майданчиків мають у своїй основі процеси, що описують суттєві зміни мінерального субстрату. Прояви їх по території досліджень наведені на рис. 4.3 – 4.5. Основний процес формування хімічного складу техноземів на бурових майданчиках можна описати як додавання до складу переважаючої силікатної основи ґрунту значних об'ємів кальциту та бариту:



З боку мікроелементів цей процес описується аномальним накопиченням сульфідних металів Pb, Ag, Mo, Zn на фоні зменшення вмісту елементів, характерних для акцесорних мінералів лесоподібних суглинків – Si, P, Ti, V. Процес формування техноземів із аномально високим вмістом кальцію та

барію у комплексі з аномальним накопиченням сульфідних металів виявлений на бурових майданчиках давнього періоду (св. №10Р, 15Р, 16Н, 21Р, 23), де застосовувався кавказький та середньоазійський барит. Колосальні об'єми кальциту та бариту в ґрунтах простежуються на космічних знімках плямами сірого кольору на фоні оточуючих темних структур чорноземів. Це показує надзвичайно неефективний підхід до рекультивації, що призвело до виходу на поверхню ґрунту значних об'ємів бурового шламу та залишків бурового розчину. Послідуєча оранка цих земель призвела до рознесення по площі майданчиків десятків кубометрів бурових відходів з великим вмістом вапняку та бариту. Все це яскраво підтверджується результатами повного хімічного аналізу техноземів із найбільш забруднених майданчиків (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Хімічний аналіз техноземів, вагові %

Хімічний компонент	Фонова проба (чорнозем звичайний)	Технозем, св.№10Р	Технозем, св.№21Р	Технозем, св.№23
SiO <sub>2</sub>	65,21	40,50	48,08	45,38
TiO <sub>2</sub>	0,66	0,33	0,44	0,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,10	10,90	9,26	7,95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO	3,67	6,80	4,55	3,95
MnO	0,07	0,08	0,07	<0,02
MgO	1,73	0,79	0,94	0,68
CaO	1,84	10,35	6,52	12,72
Na <sub>2</sub> O	0,75	0,50	0,50	0,58
K <sub>2</sub> O	2,20	1,2	1,70	1,49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,06	0,03	0,03
H <sub>2</sub> O	4,16	1,06	2,92	2,62
в.п.п.*	9,28	15,50	12,62	21,72
SO <sub>3</sub> розчин.	–	2,60	2,74	–
BaO	0,05	9,29	9,53	2,10
<b>Сума</b>	<b>99,73</b>	<b>99,96</b>	<b>99,90</b>	<b>99,50</b>

\* витрати під час прожарювання

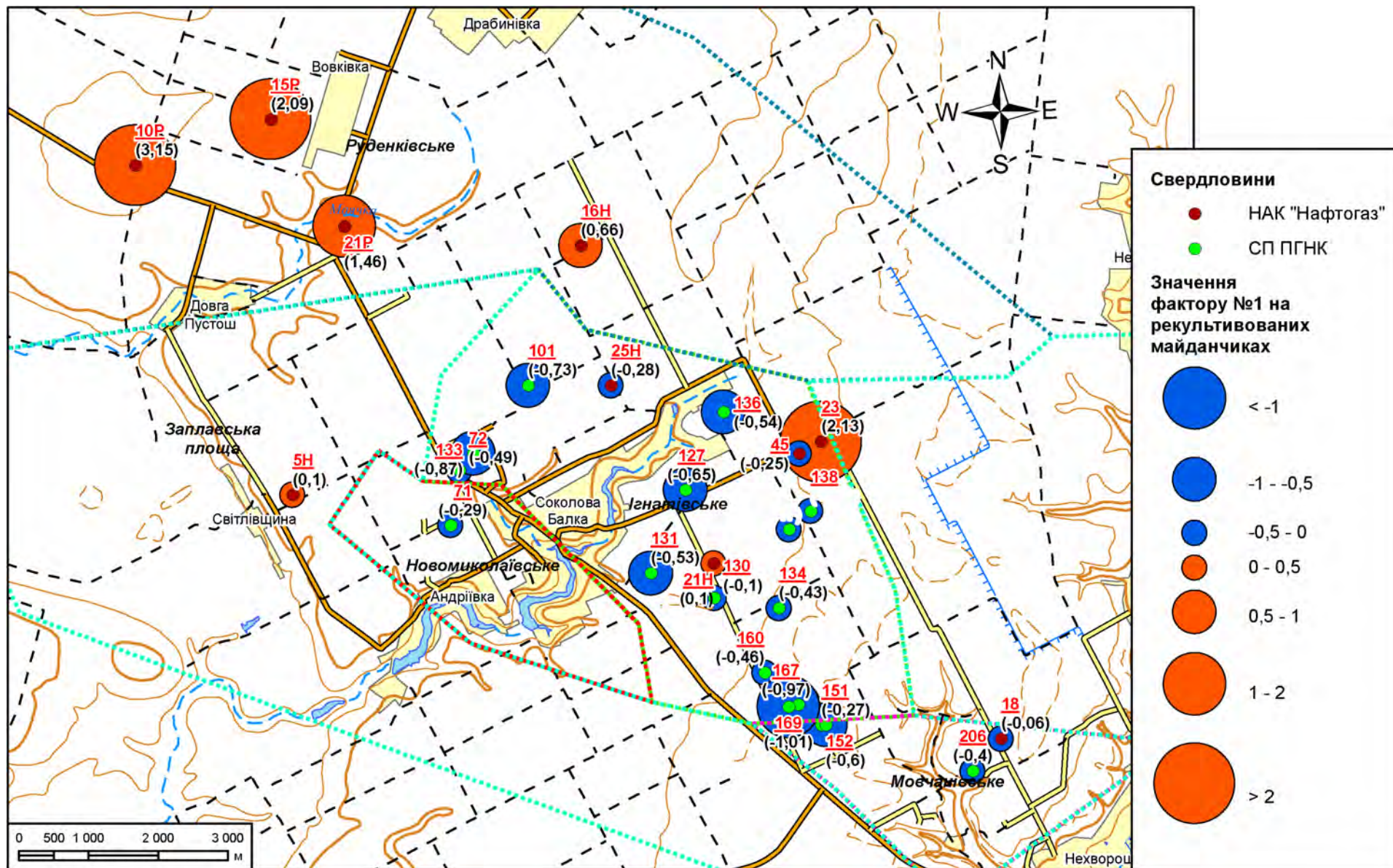


Рисунок 4.3 – Значення фактору F1 на рекультивованих майданчиках

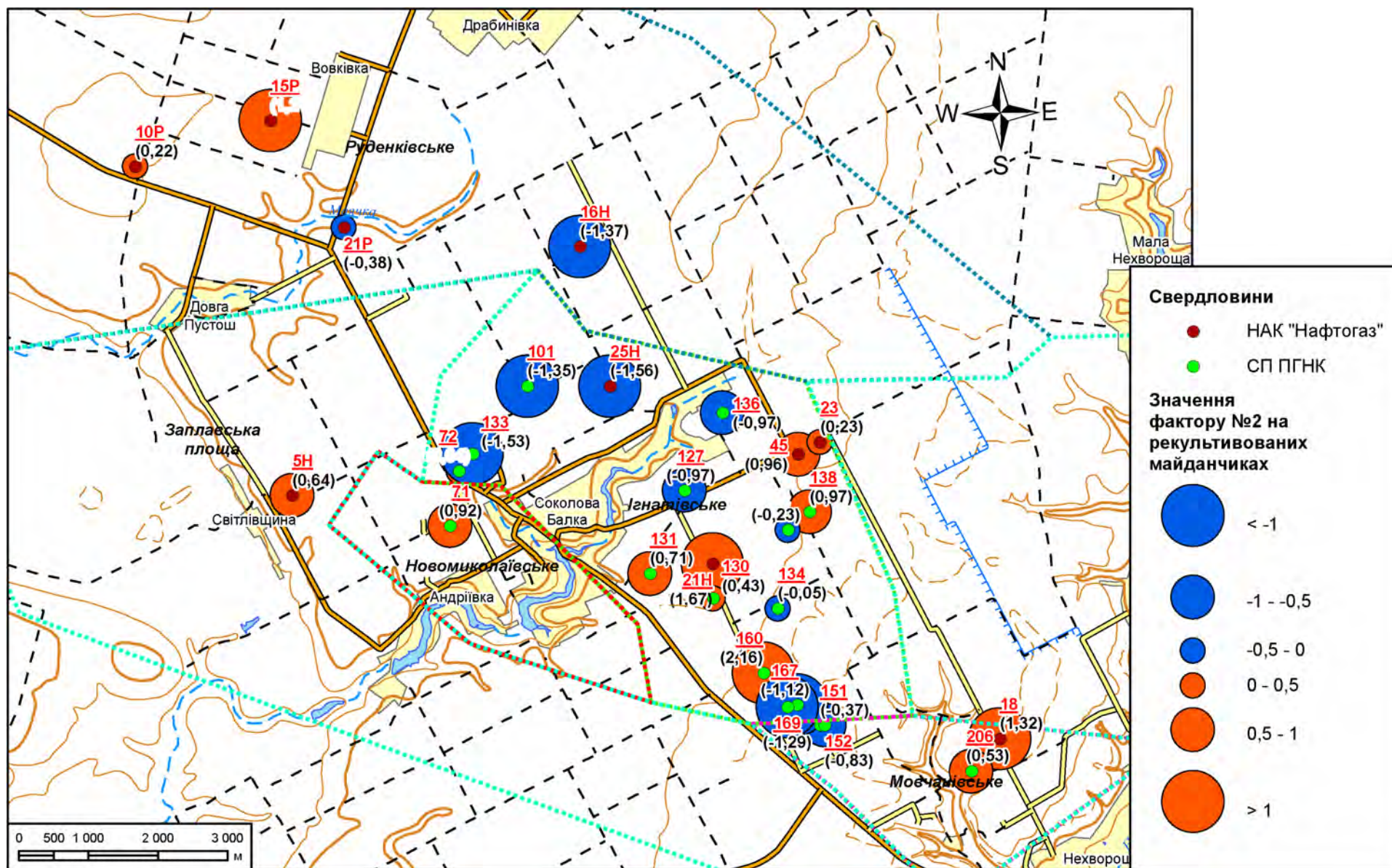


Рисунок 4.4 – Значення фактору F2 на рекультивованих майданчиках

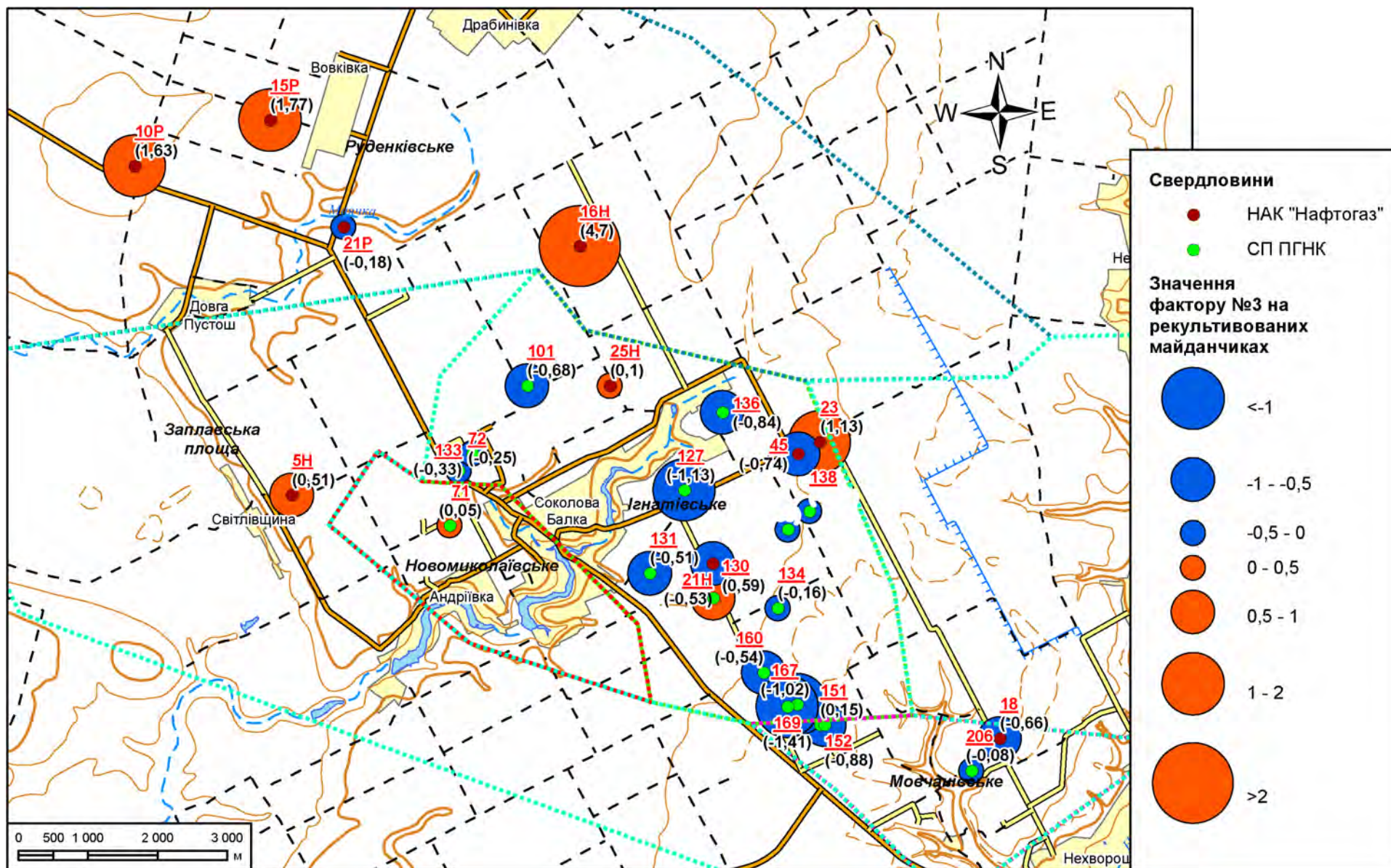


Рисунок 4.5 – Значення фактору F3 на рекультивованих майданчиках

Техногенні ґрунтові утворення на сучасних бурових майданчиках описуються фактором F2:

$$F2_{15,4} \frac{Zr Li Na Al}{-}$$

Набір елементів індикаторів показує домінуючу участь суміші глинопошки та галіту в хімічних змінах ґрунтів рекультивованих майданчиків. При цьому навіть присутність незначної кількості бариту в бурових розчинах не призводить до появи поліметалічних аномалій, оскільки барит, що застосовується, досить чистий, і в ньому відсутній спектр важких металів. Територіально цей процес проявляється по всій зоні сучасної діяльності і в деяких зразках ґрунтів свердловин давнього періоду.

Серед процесів формування техноземів бурових майданчиків проявився фактор F3, який показує заміщення силікатів ґрунту на карбонати кальцію без участі бариту:

$$F3_{15,3} \frac{Ca}{Si}$$

Такий процес заміщення кальцієм кремнію може бути при участі карбонатних суглинків в рекультивованій масі ґрунту, а також при використанні в бурових розчинах в якості наповнювача та обважнювача вапняків без участі бариту, про що говорить стабільний фоновий вміст важких металів. Не виключена поява цього ефекту при розмиві ореолів кальцій-баритових мас атмосферними опадами. У такому випадку більш легкий кальцит мігрує у водних потоках, а більш важкий барит залишається на місці вилучення бурових відходів.

Розподіл факторних навантажень хімічних елементів у складі ґрунту у площині факторів F1 і F2 та факторів F2 і F3 наведені на рис. 4.6а і 4.7а відповідно. Чітко видно групування (рис. 4.6а) мікроелементів Ag, Ba, Pb, Zn, Mo та Ca, які пов'язані генетично у гідротермальних родовищах бариту, в кальцит-баритову групу забруднення.

Розподіл значень факторів на майданчиках свердловин, що наведені на рис. 4.6а і 4.7а (відповідно у площині F1 – F2 та F2 – F3), ілюструє просторово

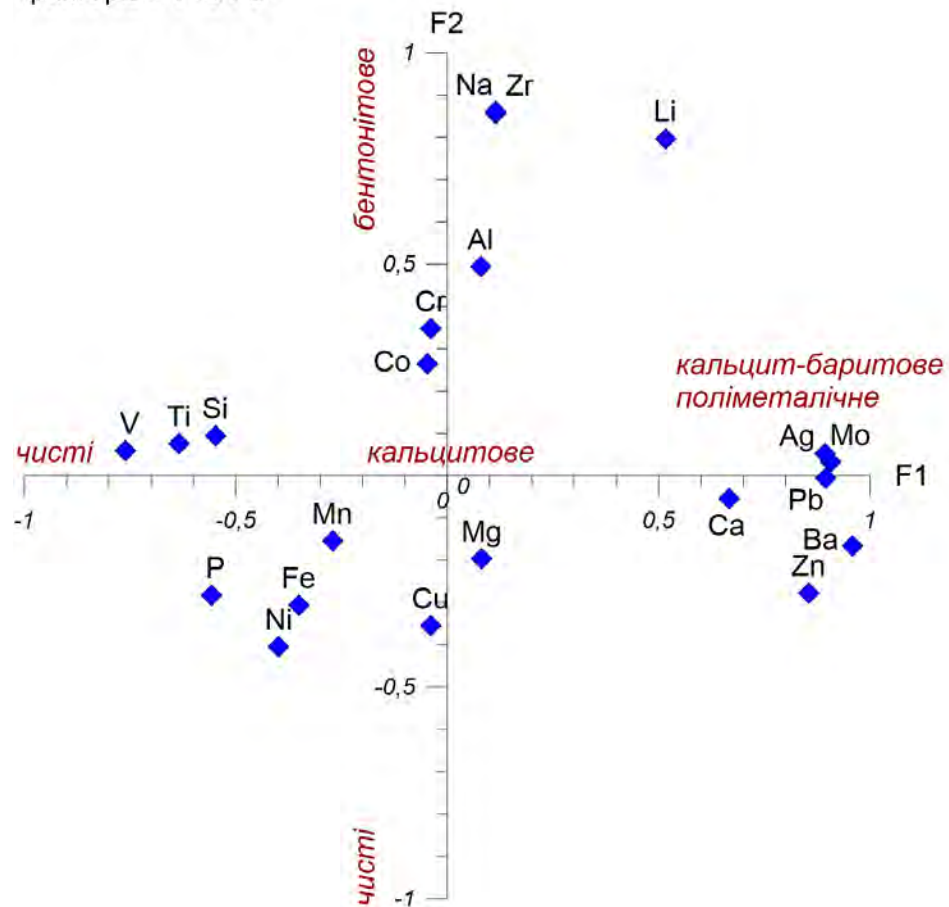
угруповання досліджених об'єктів у три кластери, яке підтверджується також результатами кластерного аналізу.

Результати кластерного аналізу у варіанті візуального розподілу рекультивованих майданчиків за хімізмом ґрунтів відображені на дендрограмі (рис. 4.9). Чітко простежується формування 3-х кластерів за близькістю у багатовимірному Євклідовому просторі.

Співставлення хімічного складу ґрунтів, розподілених на три групи відповідно до результатів кластерного аналізу (табл. 4.2) доводить вищенаведені тези, що процеси формування техноземів на майданчиках давнього періоду та на рекультивованих сучасних майданчиках різні: давні майданчики, що рекультивовані зі значними порушеннями, мають переважно кальцито-баритовий тип техноземів з високим накопиченням важких металів, а рекультивовані сучасні майданчики характеризуються ґрунтами дуже близькими з хімізмом до фонових чорноземів.

Одним із простих але інформативних показників, що виявлений на основі проведеного статистичного аналізу хімічного складу техноземів, є співвідношення  $Ca/Si$  (як двох макроелементів, що пов'язані з різними напрямками впливу формування хімічного складу порушеного ґрунту). Просторовий розподіл співвідношення  $Ca/Si$  у ґрунтах в межах дослідженої частини родовищ проілюстрований на рис. 4.8. Найпомітніше зміщення цього показнику вбік концентрації кальцію відносно фонових значень виявлено на свердловинах, рекультивованих до 1994 р.

а) розподіл факторних навантажень хімічних елементів в площині факторів F1 та F2



б) розподіл значень факторів F1 та F2 на майданчиках свердловин та групування кластерів різного типу забруднення

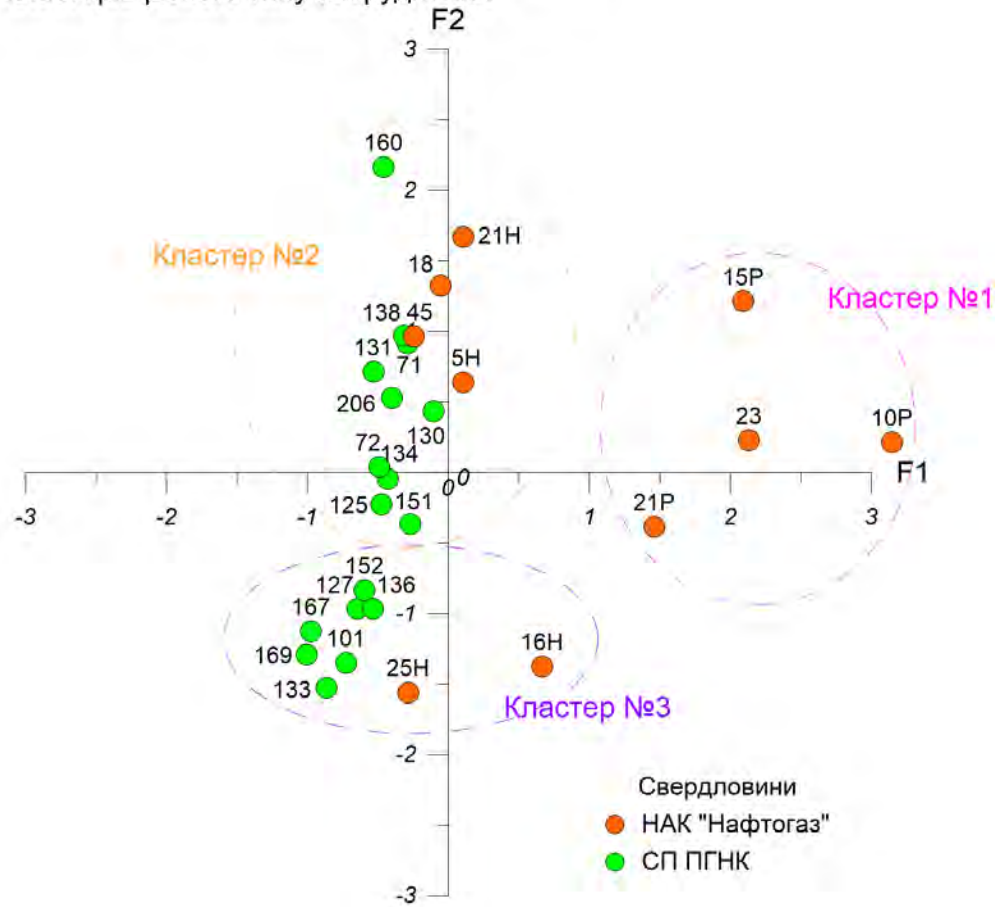
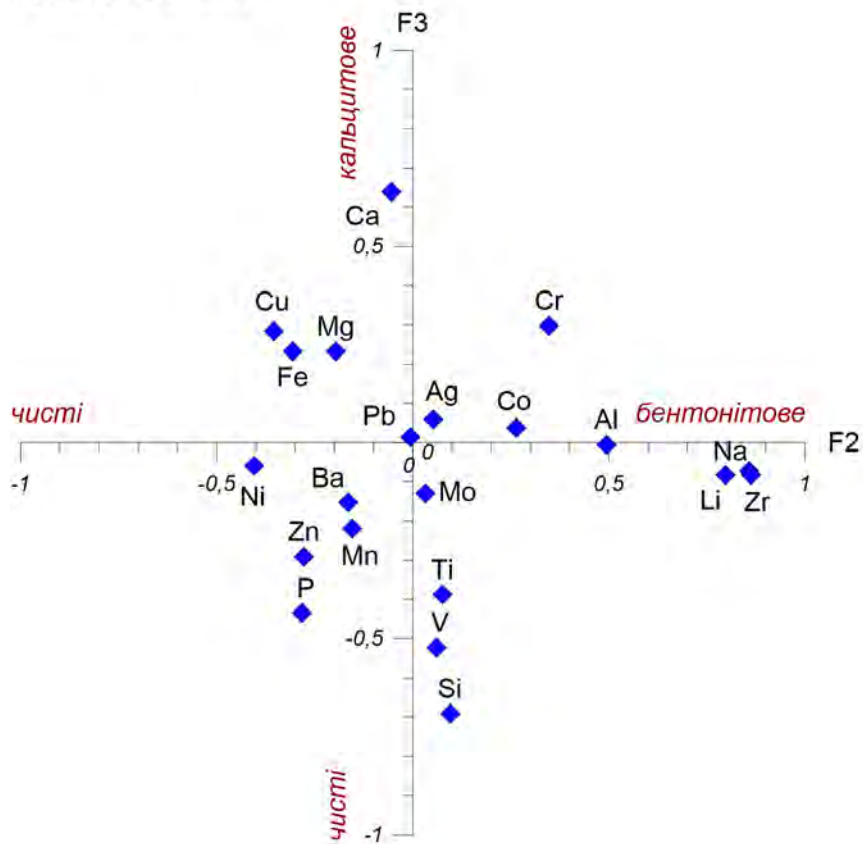


Рисунок 4.6 – Факторні моделі типів техноземів на бурових майданчиках в площині факторів F1 та F2

а) розподіл факторних навантажень хімічних елементів в площині факторів F2 та F3



б) розподіл значень факторів F2 та F3 на майданчиках свердловин та групування кластерів різного типу забруднення

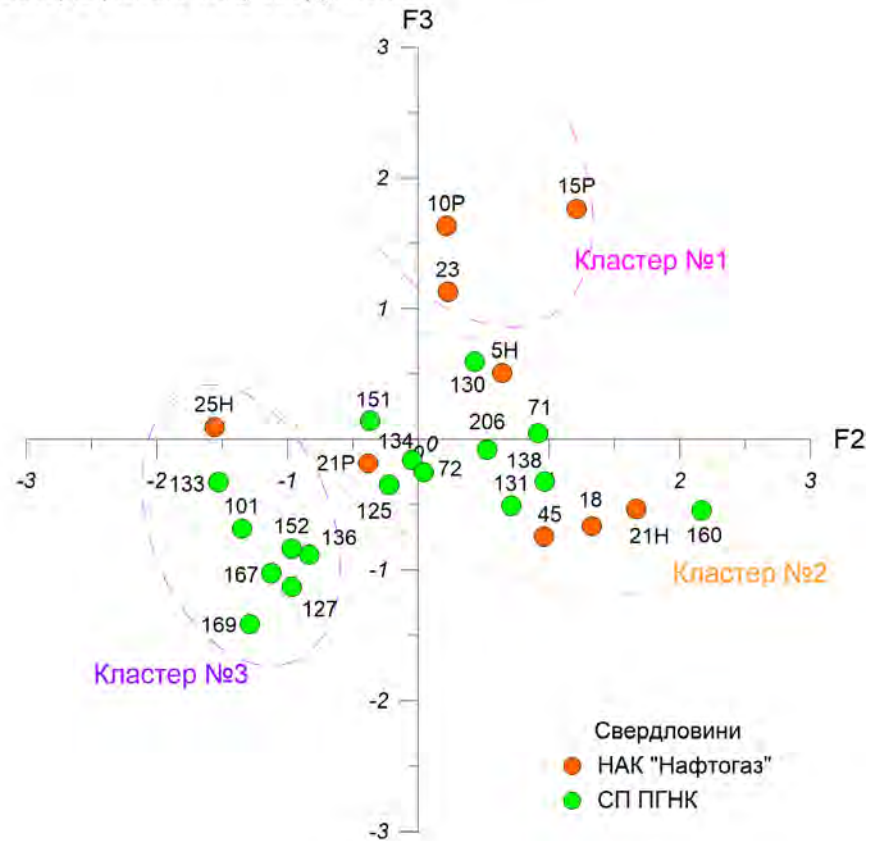


Рисунок 4.7 – Факторні моделі типів техноземів на бурових майданчиках в площині факторів F2 та F3

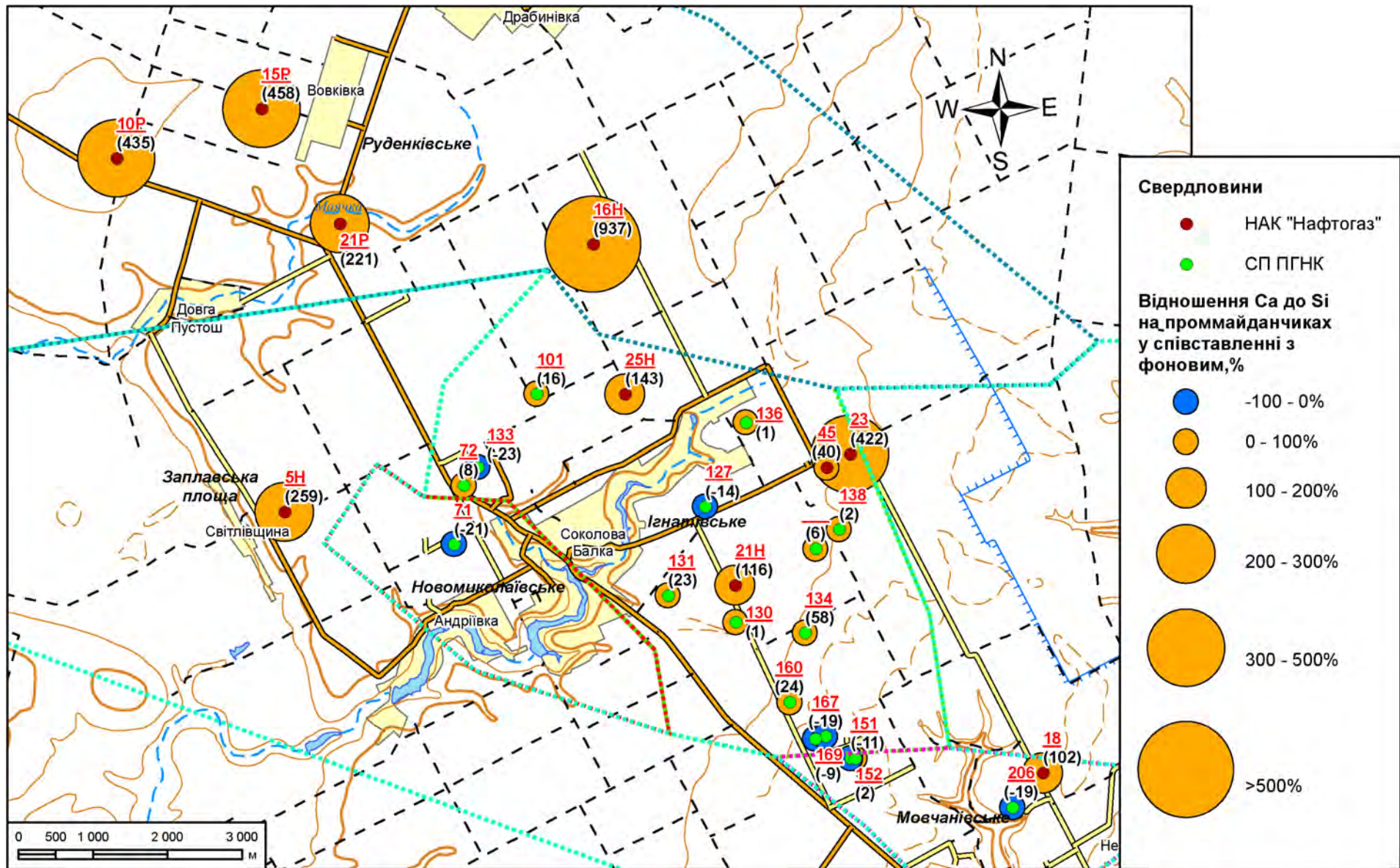


Рисунок 4.8 – Розподіл співвідношення Ca Sr у складі ґрунтів на бурових майданчиках

Таблиця 4.2 – Геохімічна спеціалізація рекультивованих майданчиків за результатами кластерного аналізу

	Група (кластер)		
	1	2	3
№№ свердловин у порядку віддалення від центру кластера	23, 10P, 15P, 21P	101, 167, 127, 133, 152, 136, 25H, 169, 16H	138, 131, 72, 125, 45, 134, 71, 21H, 5H, 151, 18, 206, 160, 130
Об'єм групи	4	9	14
<b>Елементи</b>	<b>Середні концентрації для групи, ppm</b>		
Li	51,4	27,2	41,7
Na	6837	5855	7087
Mg	8345	8639	8111
Al	66114	60833	69454
Si	292411	310278	313992
P	670	804	728
Ca	43571	18675	13738
Ti	4329	4811	4818
V	89	99	99
Cr	60,6	59,4	64,8
Mn	718	767	739
Fe	28996	33694	31139
Co	15,3	14,4	16
Ni	40,3	46,4	42,5
Cu	27,8	28,5	27,8
Zn	203,6	110,8	100,3
Zr	268	219	283
Mo	1,77	1,15	1,17
Ag	2,9486	0,0497	0,0452
Ba	17096	929	477
Pb	379,4	21,1	19,3

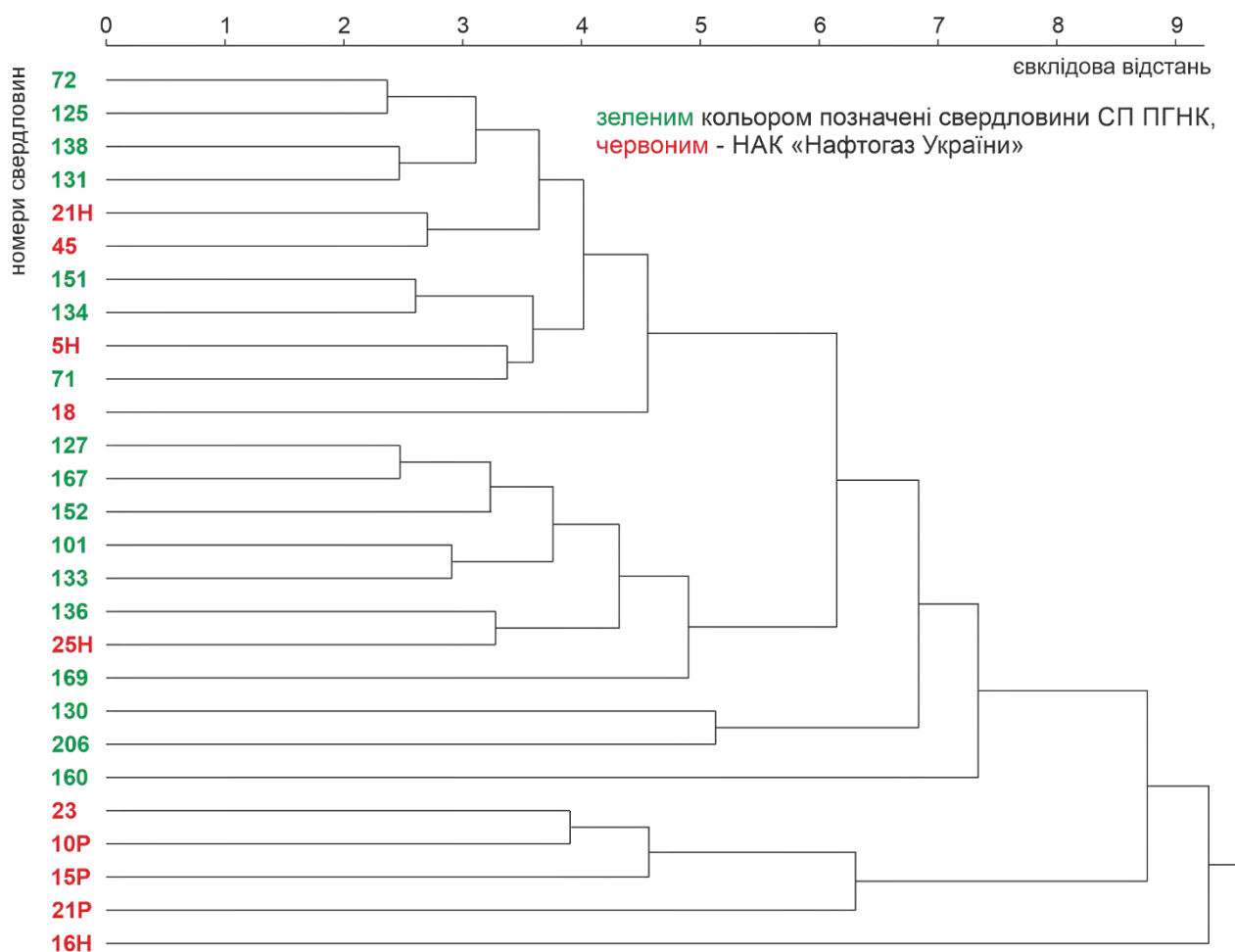


Рисунок 4.9 – Дендрограма кластерного аналізу валового хімічного складу ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків.

### Висновки до розділу:

Вперше із застосуванням багатовимірних методів статистичного аналізу визначені специфічні впливи процесів буріння, що призвели до зміни хімічного складу ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків нафтогазових свердловин.

Одним із простих але інформативних показників, що виявлений на основі проведеного статистичного аналізу хімічного складу техноземів, є співвідношення Ca/Si (як двох макроелементів, що пов'язані з різними напрямками впливу формування хімічного складу порушеного ґрунту). Найпомітніше

зміщення цього показнику вбік концентрації кальцію відносно фонових значень виявлено на свердловинах, рекультивованих до 1994 р.

Трансформація ґрунтового покриву на бурових майданчиках давньої рекультивації та на майданчиках сучасної рекультивації призвела до формування різних за фізико-хімічними показниками і мінералогічним складом ґрунтів. Старі майданчики, як правило, рекультивовані зі значними порушеннями, про що свідчить формування на них техноземів переважно кальцито-баритового типу з аномальним накопиченням важких металів. Ґрунти майданчиків сучасної рекультивації за фізико-хімічними показниками близькі до фонових чорноземів.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науковою працею, у якій розв'язана актуальна науково-практична задача по підвищенню екологічної безпеки шляхом застосування розробленого методу оцінки якості рекультивації ґрунтів за допомогою даних дистанційного зондування на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини.

У процесі виконання дисертаційних досліджень було отримано такі наукові і прикладні результати:

1. Проаналізовано технології видобутку вуглеводнів та визначено характер проявів його екологічних впливів на ґрунти. Специфіка нафтогазовидобувних об'єктів, яка визначає особливості організації та проведення екологічного моніторингу на родовищах, характеризується такими аспектами: локальність ділянок можливого впливу за площею, динамічність розвитку інфраструктури родовища у часі та просторі, наявність технологічних споруд різного ступеня екологічної небезпеки, ризики аварійних викидів речовин-забрудників.

2. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість оцінки якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин дистанційними засобами шляхом встановлення взаємозв'язку між альbedo та характеристичною функцією наявності забруднюючих речовин. Оскільки при аналізі зображень для подальшої побудови прогнозу можливого поширення виявленої і локалізованої аномалії розглядаються не лише дані дистанційного зондування Землі, але і дані контактних методів зондування, картографічні та інфологічні характеристики зони досліджень, то найбільш доцільним є використання оцінок, заснованих на зв'язності. Такий підхід до організації даних дозволяє отримувати швидкі способи доступу до просторових даних, виробляти операції обчислення площі, реалізовувати алгоритми визначення суміжності елементів з виділеними фрагментами.

3. Розроблено метод оцінки якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин із застосуванням даних дистанційного зондування Землі, який на відміну від відомих дозволяє використовувати дистанційне зображення без жорстких вимог до спектрального діапазону, сталості повторюваності зйомки. Метод заснований на виділенні зони досліджень та класифікації елементів, що надає знімкам вимірювальних властивостей (розмір площ порушених ґрунтів, показники яскравості), необхідних для оцінки якості рекультивації. Відхилення яскравості зображення рекультивованих ґрунтів від фону становить у середньому по свердловинах сучасної рекультивації 3,3 %, по свердловинах давньої рекультивації 5,0 %; розміри площ порушених ґрунтів відповідно 0,1 та 0,5 га. Розроблено новий узагальнюючий показник якості рекультивації – «бал відхилення», який є пропорційним до потенційної втрати врожаю агрокультур внаслідок неякісної рекультивації. Середнє значення цього показника на свердловинах сучасної рекультивації складає 43, а на свердловинах давньої рекультивації – 260.

4. Науково досліджено специфіку забруднення ґрунтового покриву за даними геохімічних аналізів ґрунту у межах визначених ореолів. Рекультивовані ділянки бурових майданчиків давніх свердловин (дати рекультивації – 1960-ті – 1994 роки), характеризуються ущільненням ґрунту у межах 0–20 % від фонового значення, зниженням вмісту гумусу та поживних речовин більше ніж на 10%, формуванням техноземів переважно кальцито-баритового типу з аномальним накопиченням важких металів, насамперед свинцю, молібдену, цинку. Це свідчить про стійку зміну властивості ґрунту та можливість використання різних за часом космічних знімків для порівняння і відносної оцінки стану рекультивованих земель на різних просторових об'єктах. Розроблення єдиної шкали раціональності переваг при обробці різнорідних і різночасових даних дозволяє приймати оперативні рішення в умовах інформаційної невизначеності.

5. Науково обґрунтовано, що забезпечення екологічної безпеки досягається за рахунок підвищення точності ідентифікації об'єктів рекультивації та

оперативності прийняття рішень щодо попередження негативних наслідків процесів нафтогазовидобутку, здійснення інформаційної підтримки системи комплексного екологічного моніторингу, що забезпечує оптимізацію витрат при реалізації ґрунтових досліджень та виконання заходів з рекультивації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко Я. О. Мандрик О. М., Знак М. С., Лопушняк Я. І., Коншина А. О., Горбачевський З. Б. Основні принципи організації системи екологічного моніторингу довкілля у межах території нафтогазових промислів Богородчанського району. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2010. № 1. С. 5–11.
2. Андроников В.Л. Дистанционный мониторинг почв и посевов. *Применение аэрокосмических методов для изучения и контроля состояния земной поверхности*. М.: МФГО АН СССР, 1986. С. 24–35.
3. Андроников В.Л., Добровольский Г.В. Космические проблемы географии, картографии и плодородия почв. *100 лет генетического почвоведения*. М.: Наука, 1986. С. 184–194.
4. Афанасьева Т.В. Использование аэрометодов при картировании и исследования почв. М.: Изд-во МГУ, 1965. 158 с.
5. Белоненко Г.М. и др. Изменение черноземных почв при нефтедобыче и пути восстановления их плодородия. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Київ: Аграрна наука, 1996. С. 27–37.
6. Булигін С. Ю. Якість земель як основа контролю землекористування. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 1. С. 36–47.
7. Варламов Е. Н. Квасов В. А., Скакальский А. Н. Критерии необходимости проведения мониторинга состояния окружающей природной среды на предприятиях. *Экология и промышленность*. 2014. № 4. С. 105–109.
8. Васильев А.Н., Журавель Н.Е., Ключко П.В. Прогноз техногенного засоления почв на нефтепромыслах северо-востока Украины в рамках ОВОС. – Харьков: Экограф, 1999. – 86 с.
9. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг динамики почвенного покрова. *Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве*. М.: Наука, 1990. С. 55–60.

10. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с.
11. Виноградов Б.В. Преобразованная Земля: аэрокосмические исследования. М.: Мысль, 1981. 296 с.
12. Власова Н.В. Изменение геохимических показателей на техногенно-измененных территориях Средней Тайги при добыче нефти и газа. *Вестник ТГУ*, т.19, вып.5. 2014. С. 1655-1658.
13. Геомоделі в завданнях еколого-економічних оцінок земель та моніторингу їх використання / Під ред. С.О. Довгого. Київ: ТОВ «Видавництво Юстон» 2018. 256 с.
14. Гірничий Закон України: Закон України від 06.10.1999 р. №1127-XIV                      Дата оновлення:                      29.12.2019.                      URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1127-14> (дата звернення 01.02.2020).
15. ГОСТ 17.4.3.06-86 Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ (СТ СЭВ 5301-85) [Втратив чинність з 01.01.2018]. Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 4 с.
16. ГОСТ 17.5.3.05-84 Охрана природы. Рекультивация земель. Общие требования к землеванию [Втратив чинність з 01.01.2019]. Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1984. 4 с.
17. ГОСТ 17.5.4.02-84 Охрана природы. Рекультивация земель. Метод измерения и расчета суммы токсичных солей во вскрышных и вмещающих породах. [Втратив чинність з 01.01.2019]. Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1984. 11 с.
18. ГСТУ 41-00032626-00-023-2000. Рекультивация земель під час спорудження нафтових і газових свердловин. [Чинний від 2000-11-01]. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України. 2000. 69 с.
19. Грунтознавство: Підручник / Д.Г. Тихоненко, М.О. Горін, М.І. Лактіонов та ін.; за ред. Д.Г. Тихоненка. К.: Вища освіта, 2005. 703 с.

20. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Затв. наказом МОЗ України від 19.06.1996 р. № 173. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96> (дата звернення 01.02.2020).
21. Дистанционное зондирование: количественный подход. / Дейвис Ш.М. и др. / пер. с англ., М: Недра, 1983. 415 с.
22. Дорожукова С.Л., Янин Е.П. Экологические проблемы нефтегазодобывающих территорий (на примере Тюменской области). *Научные и технические аспекты охраны окружающей среды*, 2002. № 6. С. 57–92.
23. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. [Чинний від 2004-12-09]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 28 с.
24. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии. Том 1 / пер. с англ., М., Недра, 1990. 319 с.
25. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии. Том 2 / пер. с англ., М., Недра, 1990. 427 с.
26. Дядін Д. В. Журавель М. Ю., Клочко Т.О., Яременко В.В. Аналіз чинного нормативно-правового забезпечення екологічного моніторингу на територіях діяльності нафтогазовидобувних підприємств України. *Екологія та промисловість*. 2017. №3–4 (52–53). С.127–134.
27. Еколого-агрохімічна паспортизація полів та земельних ділянок. КНД / За ред. О.О. Созінова. Київ: Аграрна наука, 1996. 37 с.
28. Євстігнєєв А. Особливості правового забезпечення екологічної безпеки при здійсненні спеціального використання надр в Україні. *Вісник КНУ. Юридичні науки*. 2014. № 1(99). С. 53–55.
29. Журавель М. Ю., Дрозд О. М., Дядін Д. В., Клочко Т. О. Еколого-геохімічні особливості ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків нафтогазових свердловин. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. №1 (15). С. 47–56.
30. Журавель М. Ю., Клочко Т.О. Дистанційна оцінка якості рекультивуваних родючих земель бурових майданчиків на нафтогазових родовищах України. *Науково-технічний журнал*. 2011. №2(4). С. 11–17.

31. Земельний Кодекс України. Кодекс України №2768-III від 04.06.2017 р. Дата оновлення: 21.02.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> (Дата звернення 23.02.2020).

32. Інтерактивна карта ділянок надр, на які надані спецдозволи на користування надрами. ДНВП «Геоінформ України». URL: <http://geoinf.kiev.ua/wp/interaktyvni-karty-spetsdozvoliv.htm> (дата звернення 23.11.2019).

33. Карманов И.И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств. М.: Колос, 1974. 351 с.

34. Картограма агрохімічної характеристики ґрунтів. Полтавський обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції «Облдержродючість», Полтава, 2008.

35. Киенко Ю.П. Современные состояния, перспективы развития космического природоведения. *Геодезия и картография*. 1982. №12. С. 19–25.

36. Киенко Ю.П., Кельнер Ю.Г. Использование аэро- и космических снимков для целей комплексного картографирования. *Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве*. М. 1990. С. 16–21.

37. Клочко Т.О. Дослідження історії рекультивації бурових майданчиків за допомогою ARCGIS та ДЗЗ. *Часопис картографії*: зб. наук. пр. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2015. Вип. 12. С.142–150.

38. Клочко Т.О., Кручина В.В. Інформаційне забезпечення моніторингу навколишнього природного середовища матеріалами космічних зйомок. *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". Харьков: ХАІ. 2012. Т.53. С. 163–169.

39. КНД 41-00032626-00-326-99. Визначення забруднення ґрунтів навколо бурових площадок. [Чинний від 1999-01-01]. Київ : Держкомгеології України, 1999. 50 с.

40. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Принцип множественности в современных аэрокосмических методах и способы дешифрирования серии снимков при сельскохозяйственных исследованиях. *Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве*. М.: Наука, 1990. С. 47–54.
41. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. М.: Академия, 2004. 336 с.
42. Кондратьев К. Я., Виноградов Б. В. Космические методы земледелия. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 191 с.
43. Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. М.: АСПЕКТ ПРЕСС, 2004. 184 с.
44. Лапчинская Л.В., Васильев А.Н., Журавель Н.Е., Жук Н.М. О возможности применения радиолокации для контроля засоленности черноземных почв. *Тез. докл. Всесоюз. науч.-тех. симпозиума «Дистанционное зондирование земных покровов радиометодами»*. М.: Радио и связь, 1985. С. 30–31.
45. Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений. М.: Научный мир, 2003. 168 с.
46. Лялько В.І. Стан і перспективи розвитку аерокосмічних досліджень Землі. *Космічна наука і технологія*. 2002. Т. 8. № 2.3. С. 6–28.
47. Методика моніторингу земель, що перебувають в кризовому стані. – Харків, Вид-во ін-ту ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського, 1998. – 88 с.
48. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами, СанПиН № 4266-87, утв. 13.03.1987. 27 с.
49. Методичні рекомендації щодо розрахунку відшкодування збитків сільськогосподарського виробництва власникам землі та землекористувачам при вилученні чи викупу або тимчасовому зайнятті сільськогосподарських угідь для будівництва та ремонту об'єктів Дочірньої компанії «Укртрансгаз» Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України». – Київ, 2003. – 81 с.

50. Моніторинг стану ґрунтів на території діяльності СП ПГНК (Ігнатівське, Новомиколаївське, Мовчанівське, Руденківське родовища та Заплавська площа) / Звіт про НДР. ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс», Харків, 2010. – 75 с.

51. Обиралов А.И. Дешифрирование снимков для целей сельского хозяйства. М.: Недра, 1982. 145 с.

52. Спосіб виявлення аномалій яскравості на цифровому зображенні та пристрій для його здійснення: пат. 76211 України: МПК G06K 9/00, G06K 9/46, G06K 9/68. № 20040503582; заявл. 13.05.04; опубл. 17.07.06, Бюл. № 7.

53. Спосіб виявлення аномалій довкілля різного походження за спектральними характеристиками аерокосмічного зображення: пат. 115450 України, МПК G06K 9/62, G06K 9/46, G06K 9/34. № 201503292; заявл. 07.04.15; опубл. 10.11.17, Бюл. № 21.

54. Положення про державну систему моніторингу довкілля. Затв. постановою Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391. Дата оновлення 24.12.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF> (дата звернення 01.02.2020 р.).

55. Положення про порядок техніко-економічного обґрунтування кондицій для підрахунку запасів родовищ нафти і газу: Затв. Наказом ДКЗ Мінприроди України від 27.11.2006 р. № 316 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1383-06> (дата звернення 23.11.2019 р.)

56. Полупан М.І. Фатєєв А.І. Стан ґрунтового покриву в зоні будівництва нафтопроводів та якість проведення рекультиваційних робіт. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 7. С. 54–60.

57. Попов М.О. Сучасні погляди на інтерпретацію даних аерокосмічного дистанційного зондування. *Космічна наука і технологія*. 2002. Т. 8. № 2.3. С. 110–115.

58. Правила розробки нафтових і газових родовищ: Наказ Мінприроди України від 15.03.2017 № 118. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0692-17> (дата звернення 24.11.2019).

59. Про державний контроль за використанням та охороною земель: Закон України від 19.06.2003 № 963-IV. Дата оновлення 28.12.2015. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/963-15> (дата звернення 01.08.2019).

60. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення: Закон України від 24.02.1994 р. № 4004-XII, Дата оновлення: 04.10.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12> (Дата звернення 04.06.2019).

61. Про надра: Кодекс України від 27.07.1994 р. № 132/94-ВР. Дата оновлення: 29.12.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/132/94-%D0%B2%D1%80> (дата звернення 01.02.2020).

62. Про нафту і газ: Закон України від 12.07.2001 р. №2665-III. Дата оновлення: 04.04.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2665-14> (Дата звернення 04.06.2019).

63. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року. Закон України від 21.12.2010 № 2818-VI. [Втратив чинність від 01.01.2020]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17> (дата звернення 01.02.2020).

64. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Закон України від 28.02.2019 № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19> (дата звернення 01.02.2020).

65. Про охорону земель: Закон України від 19.06.2003 р. № 962-IV. Дата оновлення: 18.12.2017. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15> (Дата звернення 04.06.2019).

66. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 26.06.1991 р. №1264-XII Редакція від 12.10.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (Дата звернення 04.06.2019).

67. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. Дата оновлення: 18.12.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (Дата звернення 04.06.2019).

68. Про оцінку земель: Закон України від 11.12.2003 № 1378-IV. Дата оновлення: 17.10.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-15> (Дата звернення 04.12.2019).

69. Про розміри та порядок визначення втрат сільськогосподарського і лісогосподарського виробництва, які підлягають відшкодуванню: Постанова Кабінету Міністрів України від 17.11.1997 № 1279. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1279-97-%D0%BF> (дата звернення 01.02.2020).

70. Свідзінська, Д.В. Методи геоекологічних досліджень: геоінформаційний практикум на основі відкритої ГІС SAGA. К.: Логос, 2014. 402 с.

71. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. Москва, 1998. 376 с.

72. Солнцева Н.П. Общие закономерности трансформации почв в районах добычи нефти (формы проявления, основные процессы, модели). *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. М.: Наука, 1988. с. 23–42.

73. СОУ 73.1-41-10.01:2004. Охорона довкілля. Оцінка забруднення ґрунтів та визначення втрат сільськогосподарського виробництва внаслідок погіршення якості земельних ділянок під час спорудження нафтових і газових свердловин. [Чинний від 2004-07-01]. Київ: Державна геологічна служба України. 2004. 24 с.

74. СОУ 73.1-41-11.00.01:2005. Природоохоронні заходи під час споруджування свердловин на нафту і газ. [Чинний від 2006-03-01]. Київ : Державна геологічна служба України. 2005. 109 с.

75. Троценко, А. В., Дригулич П. Г., Пукіш А. В. Дослідження впливу на навколишнє середовище місць зберігання нафтошламів. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2010. № 1. С. 171–177.

76. Федоровский А.Д., Якимчук В.Г., Рябоконеко С.А., Пахомов И.П., Суханов К.Ю. Дешифрирование космических снимков ландшафтных

комплексів на основі структурно-текстурного аналізу. *Космічна наука і технологія*. 2002. Т. 8. № 2.3. С. 76–82.

77. Фесенко І. М. Оцінка якості відходів буріння та контроль за станом ґрунтів в районах спорудження нафтових та газових свердловин (на прикладі ДДЗ): дис. канд. техн. наук: 21.06.01 / Харківський національний ун-т ім. В.Н. Каразіна. Х., 2002. 167 с.

78. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Учебник для вузов. Москва: Техносфера, 2008. 312 с.

79. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений. Москва, Техносфера, 2010 – 560 с.

80. Adams J. B.; Sabol D. E., Kapos V., Almeida Filho R.; Roberts D. A., Smith M.O., Gillespie A.R. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers. Application to land-cover change in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment*. V.53, 1995, N 2. P. 137–154.

81. Anifowose B., Lawler D.M., Van der Horst D., Chapman L. A systematic quality assessment of Environmental Impact Statements in the oil and gas industry. *Science of the Total Environment*, 2016. Vol. 572. P. 570–585.

82. Arai K. A classification method with a spatial-spectral variability. *International Journal of Remote Sensing* 14, 1993, N 4. P. 699–709.

83. Arai K. Classification by re-estimating statistical parameters based on the autoregressive model. *Canadian Journal of Remote Sensing*. v. 16, 1990. P. 42–47.

84. Arai K. Maximum likelihood TM classification - Taking the effect of pixel to pixel correlation into account. *Geocarto International* 7, 1992, N 2. P. 33–39.

85. Cullu M. A. Estimation of the Effect of Soil Salinity on Crop Yield Using Remote Sensing and Geographic Information System. *Turk. J. Agric. For.* v .27, 2003. P. 23–28.

86. Dasarathy B. V. Sensor Fusion Potential Exploration – Innovative Architectures and Illustrative Applications. *Proc. IEEE Special issue on Sensor Fusion*. v. 85. 1997, N 1. P. 24–38.
87. Dehaan R. L., Taylor G. R. Field-derived spectra of salinized soils and vegetation as indicators of irrigation-induced soil salinization. *Remote Sensing of Environment*. v.80, 2002, N 3. P. 406–417.
88. ERDAS Field Guide. Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC, 2005. 770 p.
89. Hord, R. M. Digital Image Processing of Remotely Sensed Data. New York: Academic Press. Elsevier, 1982. 270 p.
90. Jian Guo Liu, Mason, Philippa J. Image processing and GIS for remote Sensing. Wiley-Blackwell. 2016. 472 p.
91. Kinigoma, Bs. Effect of Drilling Fluid Additives on the Niger Delta Environment: A Case Study of the Soku Oil Fields. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 2001. Vol 5 (1). PP. 57–61.
92. Mcfarland Mark L., Ueckert Darrell N., Hons Frank M. Hartmann Steve Selective-placement burial of drilling fluids: Effects on soil properties, buffalograss and fourwing saltbush after 4 years. *Journal of range management*, 47(6). November 1994. PP. 475–480.
93. Metternicht G. Assessing temporal and spatial changes of salinity using fuzzy logic, remote sensing and GIS. Foundations of an expert system. *Ecological Modelling* v.144, 2001, N 2-3. P. 163–179.
94. Metternicht G. I. Categorical fuzziness: a comparison between crisp and fuzzy class boundary modelling for mapping salt-affected soils using Landsat TM data and a classification based on anion ratios. *Ecological Modelling* 168, 2003, N 3, P. 371–389.
95. Metternicht G. I., Zinck J. A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints: Review article. *Remote Sensing of Environment*, 2003, Volume 85, Issue 1. P. 1–20.

96. Pohl-Garsia D.F., Hoffer R.M. Multisensor image fusion in remote sensing: concept, methods and applications. *Remote Sensing* 19, 1998, N 5. P. 823–854.

97. Simone G., Farina A., Morabito F. C., Serpico S. B., Bruzzone L. Image fusion techniques for remote sensing applications. *Information Fusion* 3, 2002, N 1. – P. 3–15.

98. Vernazza G.; Dambra C.; Parizzi F.; Roli F.; Serpico, S.B. Territorial analysis by fusion of LANDSAT and SAR data. *Earth and atmospheric remote sensing; Proceedings of the Meeting*, Orlando, FL, Apr. 2-4, 1991, p. 206–212.

99. Wilshire H.G. Environmental impacts of oil and gas pipelines. *U.S. Geological Survey Circular*. 1995.№ 1108. PP. 117–118.

## ДОДАТОК А

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

## Статті у наукових фахових виданнях України та за кордоном:

1. Журавель М.Ю., Клочко Т.О. / Дистанційна оцінка якості рекультивації родючих земель, бурових майданчиків на нафтогазових родовищах України // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2011. – № 2. – С. 11-17. (особистий внесок автора – застосування матеріалів космічних зйомок виявлення зон техногенного впливу на ґрунти у комплексі з проведенням наземних досліджень).
2. Клочко Т.О., Кручина В.В. / Інформаційне забезпечення моніторингу навколишнього природного середовища матеріалами космічних зйомок // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. / Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". – Харьков: ХАІ. – 2012. – Т.53. – С.163-169. (особистий внесок автора – використання матеріалів космічної зйомки в геоінформаційних системах для моніторингу довкілля).
3. Клочко Т.О., Кобрин Н.В. / Применение беспилотных авиационных комплексов для решения экологических задач // «Экология и промышленность» – Харьков: ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», 2014. – №1. – С.88-90. (особистий внесок автора – систематизація комплексу тематичних екологічних задач, що вирішуються із застосуванням дистанційних зйомок).
4. Васенко О.Г., Лунгу М.Л., Мельникова Н.В., Клочко Т.О. / Деякі результати комплексного екологічного моніторингу довкілля української частини дельти Дунаю // «Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки» – Харків: УкрНДІЕП, 2014. – №36. – С.176-190. (особистий внесок автора – створення бази даних космічних знімків, аналіз у просторовому та часовому аспектах із застосуванням космічних зйомок).
5. Unmasking the soil disruption by modeling the dynamics of ground vegetation parameters. Vysotska O. V., Zholtkevych G. N., Klochko T. A., Bepalov Yu. G., Nosov K. V. Вісник НТУ КПП. Серія Радіотехніка – Київ: КПП, 2016. – № 64 – С. 101-109 (Індексується в міжнародній наукометричній базі Web of Science) (особистий внесок автора – визначення варіацій спектрально-відбивальних характеристик для демаскування порушень ґрунтового покриву).
6. Журавель М. Ю., Дрозд О. М., Дядін Д. В., Клочко Т. О. / Еколого-геохімічні особливості ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків нафтогазових свердловин. // «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування» Івано-Фр., 2017 – №1 (15). – С. 47-56 (особистий внесок автора – визначення локалізації та геохімічних особливостей трансформації ґрунтів після проведення рекультивації бурових майданчиків).

7. Красовський Г.Я., Шумейко В.О., Ключко Т.О. Семенцова Н.І. / Інформаційні технології моніторингу екологічних наслідків видобутку бур-штину в Україні // «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування» Івано-Фр., 2018 – №2 (18) – С.104-114 (особистий внесок автора – аналіз дешифрованих ознак порушених ґрунтів).

8. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Ключко Т.О., Яременко В.В. / Анализ действующего нормативно-правового обеспечения экологического мониторинга на территориях деятельности нефтегазодобывающих предприятий Украины // «Экология и промышленность» – Харьков: ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», 2017. – №3-4. – С.88-90 (особистий внесок автора – аналіз нормативно-правового забезпечення екологічного моніторингу ґрунтів).

9. Olena Vysotska, Marine Georgiyants, Kostiantyn Nosov, Yurii Balym, Anna Pecherska, Andrii Porvan, Sergey Pavlov, Victoriya Shekhovtsova, Tetiana Klochko, Andrii Solodovnikov / Development of a spatial dynamical model of the structure of clumps of toxic Cyanobacteria for biosafety purposes // East European Scientific Journal. 2018. № 10 (96). Volume 6. P. 65-75 (Індексується в міжнародних наукометричних базах Scopus) (особистий внесок автора – аналіз біопродукційних процесів за допомогою дистанційних даних).

#### **Тези доповідей на наукових конференціях:**

10. Ключко Т.О. / Экологические проблемы нефтегазового комплекса // Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки: збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції / Національний університет цивільного захисту України.-Х.: НУЦЗУ, 2013. – С.194-196.

11. Ключко Т.О. / Досвід впровадження геоінформаційних систем у сфері управління довкіллям нафтогазовидобувного підприємства // Геоінформаційні технології у територіальному управлінні: матеріали наук.-практ. конф. 11-12 верес. 2014 р. – Одеса: ОРІДУ НАДУ, 2014. – С.131-134.

12. Ключко Т.О., Беспалов Ю.Г. / Моделирование квазицикличности колориметрических параметров посевов культурных растений, демаскирующих нарушения почвенного покрова // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: наукові праці XIV Міжнародної науково-практичної конференції – Київ, 2015. – С.296-299.

13. Ключко Т.О. / Підвищення ефективності екологічного моніторингу ґрунтів в зоні впливу нафтогазовидобувних підприємств // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2016. – С. 165-166.

14. Ключко Т.О., Нагорна Н.В. / Еколого-геохімічна оцінка ґрунтів рекультивованих ділянок нафтогазовидобувних підприємств // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія за матеріалами XVI Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, Пуща-Водиця, 03-04 жовтня 2017 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2017. – С.135-136.

15. Ключко Т.О., Нагорна Н.В. / Формування техногенних геохімічних аномалій у зоні впливу об'єктів нафтогазодобичі // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні»: тези доп. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2018. – с.44.

16. Ключко Т., Акчуріна С. / Оцінювання стану дельти р. Дунай за допомогою матеріалів ДЗЗ // Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених «GeoTerrace-2018» 13–15 грудня 2018 р., Львів (Україна): Збірник матеріалів / відповід. ред. К. Р. Третяк. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – С.156-157.

17. Ключко Т.О., Онищенко А.С. / Вибір ділянки буріння нафтогазових свердловин за допомогою геоінформаційних технологій // «Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки»: зб. наук. праць конференції. Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ». – Х., 2019. – С.194-196.

#### **Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації**

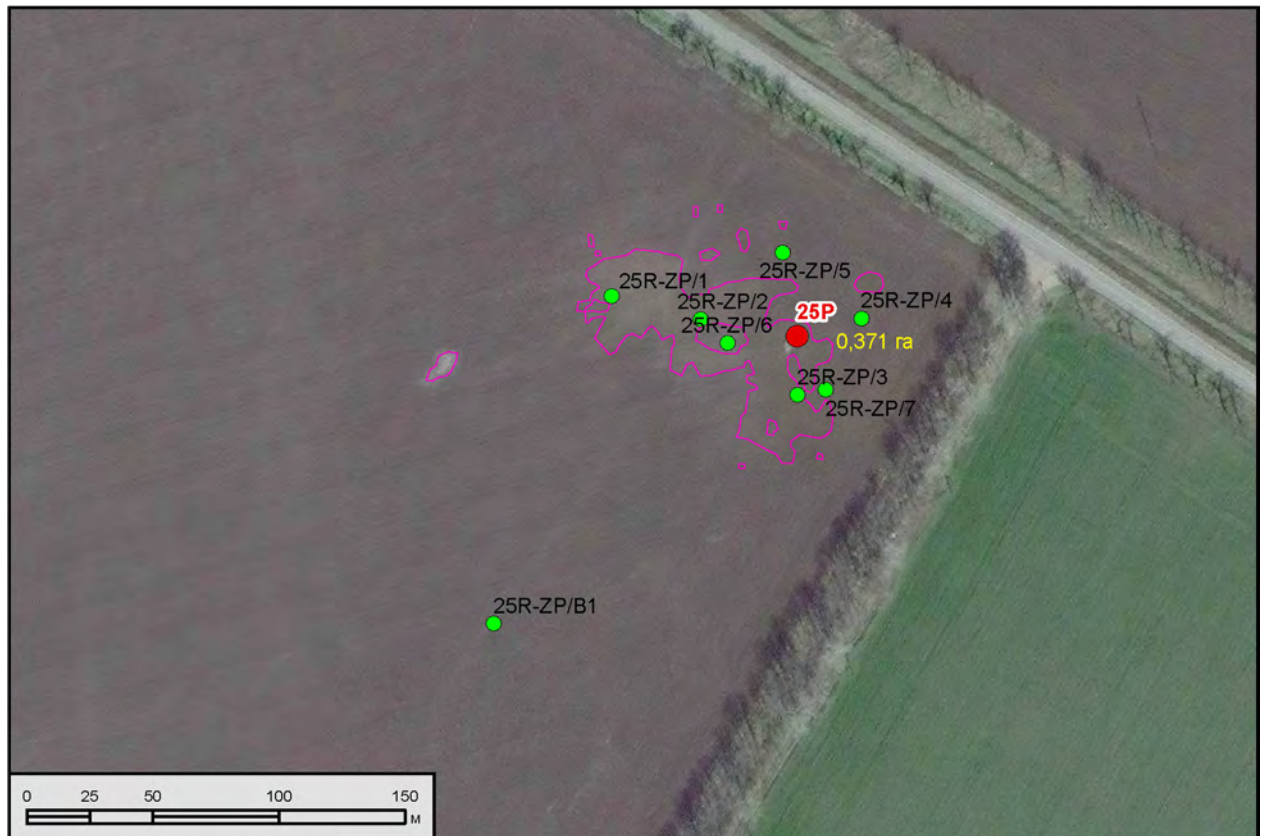
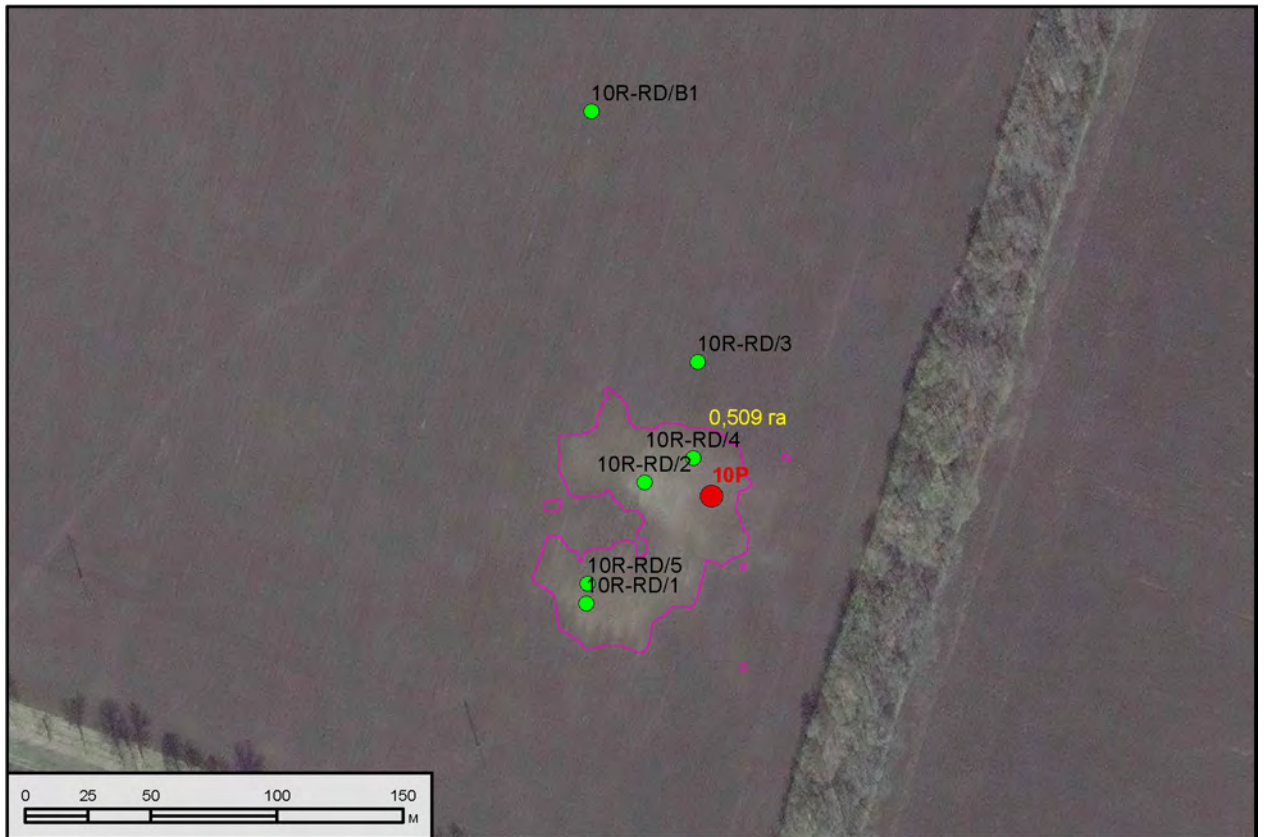
18. Беспалов Ю.Г. Моделирование влияния токсичности ливневого стока с городских территорий на динамику колориметрических параметров временных микроводоемов / Ю.Г. Беспалов, Е.В. Высоцкая, А.П. Порван, Т.О. Ключко // Соціальна відповідальність бізнесу і адміністрації – створення інноваційного управління: монографія / За заг. ред. В. Думчала, Т.П. Гесторенко, Т. Покуси. – Бердянськ: Видавець Ткачук О.В., 2015. – С. 65-70 (особистий внесок автора – колориметричний аналіз цифрового зображення).

19. Дискретное моделирование динамических систем отношений колориметрических параметров разнотравья и посевов культурных растений. Ключко Т.О., Высоцкая Е.В., Печерская А.И., Носов К.В., Парвадов Д.А. «Современный научный вестник» – Белгород, 2015. – №11 (258). – С. 65-70 (особистий внесок автора – визначення варіацій спектрально-відбивальних характеристик компонентів ландшафту).

20. Геомоделі в завданнях еколого-економічних оцінок земель та моніторингу їх використання / Красовський Г.Я., Трофимчук О.М, Радчук В.В., Бутенко О.С., Ключко Т.О. та ін. // Під ред. С.О. Довгого. – Київ:, ТОВ «Видавництво Юстон» – 2018. – 256 с. (особистий внесок автора – аналіз у просторовому та часовому аспектах екологічного стану ґрунтів у зоні впливу об'єктів нафтогазовидобування).

## ДОДАТОК Б

### ОПТИМІЗАЦІЯ ТОЧОК ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ З УРАХУВАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ



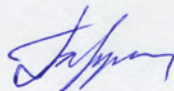
- Точки дослідження ґрунтів
- Контури ділянок з відмінностями за фототоном



1. Визначення вимог до детальності при рішенні задач вивчення компонентів довкілля та картографування їх стану за допомогою матеріалів дистанційного зондування;
2. Розробка принципу створення та структуризації електронного архіву космічної інформації з оптимальними характеристиками розрізнення, оперативності і ретроспективи, придатної для природоохоронного тематичного дешифрування;
3. Розробка науково-методичного забезпечення технології дистанційного моніторингу засобами сучасних систем ДЗЗ;
4. Створення картографічних моделей просторового розподілу ділянок зі сталими рівнями антропогенного забруднення. Моделі реалізовані засобами ГІС – платформи ARCVIEW.

**Голова комісії,**

Завідуючий відділом, д.ф.-м. н.



Полумієнко С.К.

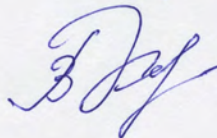
**Члени комісії:**

Головний науковий співробітник, д.т.н.



Стрижак О.Є.

Учений секретар, к.т.н., с.н.с.



Клименко В.І.

## ТОВ «СВНЦ ІНТЕЛЕКТ-СЕРВІС ЛТД»

61068, м. Харків, вул. Академіка Павлова, 20, оф.5, e-mail scentris@ukr.net

Тел. (057)-7383854  
№ 02-20/11

Fax: (057)-7383854  
від 20.11.2018 р.

### ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень  
з теми кандидатської дисертації  
Клочко Тетяни Олександрівни

Цим документом засвідчуємо, що результати наукових досліджень та положення, які складають наукову новизну кандидатської дисертації **Клочко Тетяни Олександрівни**, старшого викладача Національного аерокосмічного університету ім.М.Є.Жуковського «ХАІ», за темою «Оцінка якості рекультивації ґрунтів бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин дистанційними засобами (на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини)» впроваджені у науково-дослідних роботах підприємства ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»:

- Визначення екологічного стану ґрунтів на території діяльності СП ПГНК (Ігнатівське, Новомиколаївське, Мовчанівське, Руденківське родовища та Заплавська площа) в об'ємі вимог природоохоронного законодавства (договір № 25/01-2016 від 25.01.2016 р., № 02-2014 від 28.02.2014 р., № 02-2012 від 16.02.2012 р.);

Директор



Д. Г. Мохов

ПОГОДЖЕНО

Директор

ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»

Д. Г. Мохов

2018 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор  
Спільне підприємство «Полтавська  
газонафтова компанія»

В. В. Яременко

"03"



АКТ

## впровадження науково-дослідної роботи

1. Назва науково-дослідної установи оригінатора розробки: ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»
2. Найменування закінченої НДР, яка запропонована для впровадження: Визначення екологічного стану ґрунтів на території діяльності СП «Полтавська газонафтова компанія» (СП ПГНК) (Ігнатівське, Новомиколаївське, Мовчанівське, Руденківське родовища та Заплавська площа) в об'ємі вимог природоохоронного законодавства
3. Автори закінченої НДР: Журавель М. Ю., канд. геол.-мін. наук, керівник роботи, Дрозд О.М., к.с.-г.н., ст. наук. співроб., Ключко Т.О., наук. співробіт., ст.викл. НАУ ім.М.Є.Жуковського «ХАІ», та ін.
4. Обсяг впровадження: 40 рекультивованих бурових майданчиків нафтогазових свердловин, загальною площею близько 80 га
5. Терміни проведення впровадження: січень 2011 – грудень 2018
6. Впровадження здійснювалося: на території діяльності СП ПГНК у межах ліцензійних площ Ігнатівського, Новомиколаївського, Руденківського, Мовчанівського нафтогазових родовищ у Новосанжарському районі Полтавської області, Заплавська площа
7. Порядок проведення впровадження: розроблено спосіб дослідження стану ґрунтів, рекультивация яких була проведена протягом визначеного часу освоєння родовища, що ґрунтується на аналізі даних космічних зйомок
8. Результати впровадження розробки (екологічні, економічні, соціальні): підвищення екологічної безпеки діяльності СП ПГНК, інформаційна підтримка системи комплексного екологічного моніторингу, котра забезпечує оптимізацію витрат при реалізації ґрунтових досліджень на 30% та виконанні заходів з рекультивациі, а також при складанні відповідного розділу з оцінки впливу на ґрунти при формуванні звітів з оцінки впливу на довкілля.
9. Пропозиції щодо подальшого використання: рекомендовано для подальшого використання СП ПГНК на постійній основі  
Відповідальні за впровадження:

від ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»

Ключко Т.О.

від СП «Полтавська газонафтова компанія»

Яременко В. В.,

Провідн. інженер з ОНС