ВІДГУК ОФІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Шевчука Руслана Миколайовича
«Методика супутникового моніторингу геоекологічного стану
територій відкритого видобування корисних копалин
(на прикладі Житомирського Полісся)»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю
05.07.12 – Дистанційні аерокосмічні дослідження

Дисертаційна робота Шевчука Р.М. пов'язана з розробкою та впровадженням нових ефективних технологій ідентифікації та контролю об'єктів гірничого відводу, а також оцінки стану порушеності геологічного середовища в їх межах. Сьогодні в Україні з мінерально-сировинною базою(МСБ) пов'язано 42% ВВП і 60% валютних надходжень від експорту. Поповнення власної МСБ новими об'єктами є однією з основних складових безпеки та незалежності держави. Однак при цьому спостерігається негативна тенденція порушення стану довкілля в гірничопромислових регіонах, що проявляється в змінах рельєфу місцевості, деградації ґрунтово-рослинного покриву, створенні відвалів розкривних порід та технічних водойм, змінах мікроклімату, гідрологічного режиму та замуленні річок, тощо. Також мають місце порушення чинного законодавства України, що проявляється у виході за межі ліцензійних ділянок, неякісному проведенні рекультивації, або взагалі нелегальному видобуванні(бурштин, пісок, гравій). Отже, актуальною науковою задачею є розробка та впровадження нових підходів до моніторингу геологічного середовища методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) на територіях видобування корисних копалин. В зв'язку з цим, **актуальність проблеми** сумнівів не викликає.

Об'єкт дослідження — просторово-часові зміни геоекологічного стану територій відкритого видобування корисних копалин. Предмет дослідження — методи моніторингу геоекологічного стану територій відкритого видобування корисних копалин. В зв'язку з наявністю вище згаданих негативних тенденцій у розвитку вітчизняної МСБ(небажані екологічні наслідки, пов'язані з видобуванням корисних копалин, порушення законодавства) постає необхідність розробки та впровадження нових ефективних технологій ідентифікації та контролю об'єктів гірничого відводу, а також оцінки стану порушеності геологічного середовища в їх межах. Дисертантом пропонується застосування даних супутникової зйомки, основними перевагами якої, у порівнянні з традиційними наземними методами, є охоплення значних площ земної поверхні, висока частота оновлення, фінансова доступність та можливість проведення досліджень у ретроспективі.

У **Вступі** (загальній характеристиці роботи) обґрунтовано актуальність теми роботи, наведено її зв'язок з науковими програмами, планами, темами, визначені об'єкт та предмет дослідження. Надано досить повну інформацію щодо мети, основних завдань дисертації, застосованих методів дослідження, наукової новизни та практичного значення отриманих результатів. Подані відомості про апробацію результатів дисертації та її структуру.

Мета роботи чітко сформульована і полягає у покращенні інформаційного забезпечення раціонального природокористування шляхом розробки методики супутникового моніторингу геоекологічного стану територій відкритого видобування корисних копалин.

Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідних робіт, що проводились у Державній установі «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України» за сімома темами, серед яких «Розробка наукових основ адаптації дистанційних методів зондування в інфрачервоному діапазоні природних і антропогенних об'єктів для умов України при вирішенні задач геоекологічного моніторингу енергозбереження та раціонального природокористування» (Державний реєстраційний номер 0115U002047), «Розробка нових аерокосмічних технологій вивчення, прогнозування, запобігання та мінімізації ризиків надзвичайних ситуацій природного та природно-антропогенного походження» (Державний реєстраційний номер 0117U004264), «Розширення перспектив нарощування запасів корисних копалин на основі нових технологій аерокосмічних досліджень Землі» (Державний реєстраційний номер 0117U004166) та інші, де автор дисертації є одним з виконавців.

Дисертант сформулював ряд завдань, основними з яких є розробка методики супутникового моніторингу геоекологічного стану територій відкритого видобування корисних копалин; удосконалення способу ідентифікації піщаних відвалів, сформованих внаслідок незаконного видобування бурштину, з-поміж піщаних масивів іншого генезису; проведення супутникового моніторингу порушеності геологічного середовища Житомирського Полісся внаслідок відкритого видобування корисних копалин та геолого-економічна оцінка його наслідків; валідація розробленої методики супутникового моніторингу на тестових ділянках. На основі вирішення цих задач запропоновані рекомендації щодо застосування розробленої методики.

Отже, актуальність, мета і завдання, сформульовані дисертантом, відповідають усім вимогам до кандидатських дисертаційних робіт геологічної тематики.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи 201 сторінка (із них 160

сторінок основного тексту), 71 рисунок, 21 таблиця, 7 сторінок додатків. Список використаних джерел налічує 148 найменувань.

Перший розділ «Теоретичні аспекти застосування даних дистанційного зондування землі для моніторингу територій відкритого видобування корисних копалин. Постановка завдання на дослідження.» складається з п'ятьох підрозділів, а саме: коротка геолого-геоморфологічна інформація про територію Житомирського Полісся і основні родовища корисних копалин, що видобуваються відкритим способом (підрозділ 1.1) ; особливості генезису, локалізації та розробки родовищ бурштину, ільменіту і граніту(підрозділ 1.2); аналіз сучасного стану методів контролю екологічного стану(підрозділ 1.3); теоретичні основи моделювання енергомасопереносу на порушених землях на базі аналізу цифрових моделей рельєфу та структурного дешифрування матеріалів космічної зйомки територій відкритого видобутку корисних копалин(підрозділ 1.4); постановка завдань дослідження(підрозділ 1.5) та висновків до розділу.

У підрозділі 1.1 подається інформація про межі Житомирського Полісся, геологічну будову та геолого-структурний план території, геоморфологічну будову та надано окремі характеристики рельєфу.

У підрозділі 1.2 розглянуто генезис бурштину та формування його родовищ і проявів на території Житомирського Полісся, генетичні типи родовищ ільменіту та їх формування, генезис та зональність гранітних масивів та приуроченість до них родовищ будівельного і облицювального каміння.

У підрозділі 1.3 проаналізовано сучасний стан методів контролю екологічного стану територій відкритого видобутку корисних копалин, виділені групи наземних методів(підрозділ 1.3.1) та дистанційні методи (авіаційний та супутниковий моніторинг)(підрозділ 1.3.2), оцінено їх можливості щодо застосування для розв'язання окремих завдань геоекологічних досліджень указані їх переваги та недоліки.

У підрозділі 1.4 охарактеризовані теоретичні засади моделювання енергомасопереносу на порушених землях. Охарактеризовано основні напрями міграції речовини в ландшафтах, наголошується що саме особливості рельєфу земної поверхні визначають та направляють потоки речовини, формуючи, тим самим області транзиту та акумуляції наносів, в тому числі і тих, що містять забруднюючі речовини. Показані широкі можливості використання цифрових моделей рельєфу у геоекологічних дослідженнях. Крім того, ефективним є структурне дешифрування космічних знімків, яке дозволяє виділити структурно-тектонічні елементи різних рангів.

На підставі виконаного аналізу літературних даних, існуючих методів геоекологічних досліджень, автором поставлені задачі досліджень, які представлені у підрозділі 1.5.

Зауваження до розділу 1. 1.На с.21 не сказано про північне обмеження Волинського блоку. З півночі Волинський блок обмежений Прип'ятським прогином, зчленування з яким відбувається по Південно-Прип'ятському і Північно-Ратнівському крайовим скидам, а з заходу він відокремлений від Волино-Подільської плити Стохідським, Південно-Ратнівським та Рівненським крайовими скидами. Північна межа блоку(як і на прилеглій західній ділянці) має складний характер, що пояснюється горстові-грабеновою будовою території . 2. На с.23 при описі інтрузивних порід блоку не згадано нарцизівський комплекс. Найдавнішим комплексом основних-ульраосновних порід в межах Волинського блоку є нарцизівський. В схемі УРМСК 1984р. він був виділений як комплекс основних-ульраосновних порід, а пізніше М.М.Костенко запропонував для порід метагбаро-метапіроксеніт-метаперидотитової формації назву «нарцизівський комплекс». Ці породи пов'язані з довго живучими магмоактивними структурами, які розглядаються як вулкано-тектонічні палеодепресії або природломні троги(проторифтогени). 3. На с.24 при описі геологічної будови регіону досліджень не згадані юрські відклади. В палеодолинах відомі юрські відклади, зокрема в розрізах Валки-Гацківського родовища, розміщеного в межах Лемненської палеодолини.

Автором не точно вказані стратиграфічні підрозділи палеогену-неогену. На даний час внесені зміни до стратиграфії палеоген-неогенових відкладів України, зокрема бучацька серія скасовується. Володарськ-Волинські верстви – це різновид континентальних відкладів бучацького часу в межах УЩ. Потребують додаткових досліджень розрізи київського регіоярусу, які є поліфаціальними і тому для конкретних ділянок треба надати, відповідно, і їх опис. Також не застосовується термін «харківський ярус», виділені обухівський, межигірський та берецький регіояруси. При описі стратиграфії пропущені відклади неогену - полтавська серія, до яких приурочені продуктивні пласти в Злобицькому, Тростяницькому та багатьох інших розсипах.

4. На с.31 не вказано, що найбільшим залишковим родовищем є Торчинське, а поблизу Поромівського розсипного родовища є однойменний залишковий та корінний прояви. Жодне з корінних родовищ в Україні не розробляється.

Другий розділ «Методично-технологічне забезпечення супутникового моніторингу екологічного стану територій відкритого видобування корисних копалин» складається з шести підрозділів:2.1. Вибір, підготовка та первинна обробка космічних даних; 2.2 Оцінка порушеності природного середовища на основі матеріалів

дистанційного зондування Землі; 2.3 Аналіз рельєфу досліджуваних територій для моделювання напрямків латеральної міграції речовини та прогнозування вплив видобування на навколишнє середовище; 2.4 Використання різночасових супутникових знімків для моніторингу порушених територій; 2.5. Оцінка якості проведеної рекультивації порушених земель; 2.6 Технологічна схема супутникового моніторингу екологічного стану територій відкритого видобутку корисних копалин.

В цьому розділі наведені відомості про наявний фактичний матеріал, зокрема, охарактеризовані космознімки, відібрані для досліджень, є детальний опис методів дослідження, характеристика об´єктів дослідження.

Розділ містить інформацію про критерії вибору космічних даних для проведення дистанційного моніторингу геоекологічного стану територій видобування корисних копалин. Розглянуто методи їх попередньої обробки – радіометричне калібрування та атмосферну корекцію. Проаналізовано методи оцінки порушеності природного середовища за даними дистанційного зондування Землі на основі спектрометричних, термометричних та гіпсометричних характеристик досліджуваних об'єктів та виділені показники оцінки стану об'єктів гірничого відводу; охарактеризовано методичні засади аналізу рельєфу досліджуваних територій для моделювання напрямків латеральної міграції речовини та прогнозування впливу видобування на навколишнє середовище, а також розроблено шкалу оцінки рекультивації та технологічну схему методики супутникового моніторингу геоекологічного стану територій видобування корисних копалин.

Зауваження до розділу: варто було б при розгляді аналізу рельєфу звернути увагу на морфохронодинамічний підхід вивчення геоморфогенезу, розроблений проф.О.О.Комлєвим(2005).

У **третьому розділі** «Супутниковий моніторинг порушеності геологічного середовища Житомирського Полісся внаслідок відкритого видобування корисних копалин» дисертант наводить результати проведеного супутникового моніторингу за розробленою методикою. Для проведення моніторингу було побудовано просторово-часові ряди космічних даних, що охоплюють понад 100 супутникових знімків. Найбільше даних було використано при побудові просторово-часового ряду для дослідження територій нелегального видобування бурштину, оскільки масштаб цього явища регіональний, охоплює значну частину цієї території та стан геологічного середовища змінюється досить швидко. Для побудови просторово-часового ряду території видобування ільменіту використовувалися супутникові дані Landsat (5, 7, 8) та Sentinel (2A, 2B). Просторово ряд охоплює Хорошівський та Коростенський райони Житомирської

області, а часовий період, знаходиться в межах від 1984 по 2019 р., тобто 36 років. Основою просторово-часового ряду для дослідження територій видобування кристалічних порід послужили супутникові дані Sentinel. Гірничі виробки кристалічних порід зазвичай мають невелику площу (кілька гектарів) і знімки серії Landsat дають лише можливість ідентифікації найбільших із них, тому ці дані використовувалися виключно для попіксельного обрахунку розподілу температури земної поверхні у місцях видобування.

В результаті проведених досліджень побудовано картографічні моделі порушеності геологічного середовища внаслідок видобування ільменіту, кристалічних порід та нелегального видобування бурштину. Проведено оцінку якості рекультивації ділянки Верхньо-Іршинського родовища ільменіт-цирконових руд. Зроблено прогноз негативного впливу видобування ільменіту на навколишнє середовище. Автором розроблено базову ГІС, яка включає результати проведених досліджень, представлених у векторному та растровому форматі.

Зауважень до розділу немає.

Четвертий розділ – «Рекомендації щодо використання супутникових даних для окремих екологічних задач» – присвячено розробці рекомендацій щодо впровадження розробленої методики. Дисертантом удосконалено методику оцінки завданих державі збитків, внаслідок нелегального видобування бурштину, шляхом використання даних про площі порушених земель отриманих дистанційними методами. Автором показаний величезні втрати держави внаслідок нелегального видобування бурштину, які лише на одній ділянці склав 4,3 млн. грн., без урахування вартості видобутого бурштину та шкоди, заподіяної водному та лісовому господарству! Розроблено рекомендації щодо впровадження розробленої методики супутникового моніторингу територій відкритого видобування корисних копалин, які включають вимоги до освіти і професійних навичок користувача, апаратного та програмного забезпечення та до дистанційних даних.

Побажання дисертанту: активно впроваджувати розроблену методику в практику роботи правоохоронних органів, Державної служби геології та надр України; Державної екологічної інспекції та інших організацій. На виході тоді матимемо оцінку масштабів цього екологічного лиха, припинення нелегального видобутку та збільшення надходжень до бюджету. Крім того, оцінки масштабів та наслідків ушкоджень середовища дозволять розробити раціональну методику рекультивації.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:

1. Вперше в Україні розроблено методику супутникового моніторингу геоекологічного стану територій відкритого видобування корисних копалин, яка

базується одночасно на аналізі спектрометричних, термометричних та гіпсометричних характеристик об'єктів земної поверхні.

2. Удосконалено спосіб ідентифікації піщаних відвалів, сформованих в результаті нелегального видобування бурштину, з-поміж піщаних масивів іншого походження на супутникових знімках.

3. Вперше в Україні розроблено критерії оцінки та 7 бальну шкалу якості проведеної рекультивації за даними ДЗЗ.

4. Удосконалено метод ідентифікації гірничих виробок кристалічних порід шляхом застосування цифрових моделей рельєфу (ЦМР).

5. Удосконалено методику оцінки завданих державі збитків внаслідок нелегального видобування бурштину на основі супутникових даних, розроблено експрес-метод її застосування.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що:

- розроблена методика дасть змогу ефективніше проводити моніторинг екологічного стану геологічного середовища та може бути використана для екологічного контролю над територіями введеними в гірничу експлуатацію; для підвищення ефективності рекультивації земель, де проводиться видобування корисних копалин;
- отримані в результаті дослідження дані можуть бути використані в якості доказової бази для притягнення до юридичної відповідальності осіб, причетних до створення негативних екологічних наслідків, завданих територіям видобування корисних копалин на території Житомирського Полісся;
- окремі положення розробленої методики можуть застосовуватись при інших геологічних роботах.

Дискусійні положення та зауваження:

Поряд з позитивною оцінкою результатів дослідження, слід зазначити деякі дискусійні положення та недоліки роботи.

1. Слід доповнити класичний басейновий підхід, запропонований для екологічних досілджень,Р.Є.Хортом, новими підходами, зокрема історико-динамічних басейнових геоморфосистем, що дозволило б більш точно оцінити латеральну міграцію речовини. Всюдність, просторова і структурна сталість історико-динамічних басейнових геоморфосистем відкриває значні можливості для їх практичного використання. Так, вони дозволяють складати більш обгрунтовані прогнози негативних наслідків господарської діяльності для навколишнього середовища, зокрема розповсюдження хімічних техногенних забруднень, виявленими в геоморфолітосфері морфолітотунелями, морфолітобар'єрами і морфолітопастками. Історико-динамічні басейнові

геоморфосистеми прямо впливають на розміщення і динаміку водоносних горизонтів, зон їх живлення і розвантаження, формування басейнів підземних вод, парагідродинамічні зв'язки сусідніх річкових басейнів. Вони повинні враховуватись у водопостачанні, при проектуванні кар'єрів та хвостосховищ, для цілей природокористування і охорони природи.

2. При проведенні польових досліджень звернути увагу на геохімічні бар'єри, особливо при розповсюдженні забруднень у гідросистемах.

3. З тексту дисертації не зрозуміло, чи виявлялись про проведенні дослідженъ ділянки ландшафтів, повторно охоплені нелегальним видобутком. Наприклад, в урочищі Гальбин поблизу кар'єру по видобутку бурштину «Олексіївка» ДП «Укрбурштин» після проведення рекультивації знову відновлювався нелегальний видобуток. І такі випадки не поодинокі.

4. Слід звернути увагу на виявлення несанкціонованих звалищ камяних відходів, які утворюються внаслідок каменеобробки. При обробці каменю у грунти з цих відходів потрапляють важкі метали, які містяться у полірувальних матеріалах.

Висловлені критичні зауваження не зменшують науково-практичної цінності дисертаційного дослідження Р.М. Шевчука та не впливають на загальне враження від роботи.

У висновках наведені отримані результати дисертаційної роботи.

Всі поставлені завдання автором виконані, мета дисертаційної роботи досягнута, результати й висновки дисертанта ретельно обґрунтовані, досить повно відображені в публікаціях і апробовані на наукових конференціях.

Робота Р.М. Шевчука виділяється чітким структурованим викладом предмету досліджень, добре ілюстрована рисунками, в достатній мірі забезпечена бібліографією і є завершеною науковою кваліфікаційною працею.

Зміст автореферату повністю відповідає тексту дисертації.

Дисертація Р.М. Шевчука є самостійною завершеною науково-дослідною роботою, в якій розроблені методичні засади супутникового моніторингу територій відкритого видобування корисних копалин з метою оцінки їх геоекологічного стану. Розроблена методика відрізняється від існуючих більш повним задіянням інформації про характеристики об'єктів земної поверхні, такі як спектрометричні, термометричні та гіпсометричні характеристики. Отримані результати базуються на великому обсязі використаного фактичного матеріалу і характеризуються науковою новизною. Дисертація і автореферат відповідають вимогам, які висуваються Законом України «Про вищу освіту» та ДАК МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема п. 11, 13 «Порядку

присудження наукових ступенів», а її автор – Шевчук Руслан Миколайович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 05.07.12 – Дистанційні аерокосмічні дослідження.

Офіційний опонент:
доктор геологічних наук,
доцент, зав.відділу геології корисних копалин
Інституту геологічних наук НАН України О.О. Ремезова

Підпис доктора геологічних наук, доцента, зав.відділу геології корисних копалин Інституту геологічних наук НАН України О.О.Ремезової засвідчую

Вчений секретар
Інституту геологічних наук НАН України
канд. геол. наук Р.Б.Гаврилюк