

<https://doi.org/10.15407/knit2019.03.40>

УДК 519.9

**О. П. Федоров, Л. І. Самойленко, Л. М. Колос, Л. В. Підгородецька**

Інститут космічних досліджень Національної академії наук України  
та Державного космічного агентства України, Київ, Україна

## ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

---

*Розглянуто низку міждисциплінарних проблем спільного використання супутникових та наземних даних у задачах моніторингу цілей сталого розвитку України. Ці проблеми розглядаються в контексті приєднання України до Всесвітньої стратегії сталого розвитку та розроблення відповідної методології. Аналіз чинних нормативно-правових документів показав, що вони лише частково відповідають ідеології «Порядок денний-2030», причому є тенденція уникнення індикаторів або інших показників, які передбачають кількісне оцінювання, зокрема за допомогою дистанційних даних. Визначено перелік національних цілей, завдань та індикаторів, які можуть підтримуватися даними космічних спостережень, розглянуто низку методичних питань щодо гармонійного входження розроблюваної української підсистеми у міжнародні системи моніторингу цілей сталого розвитку.*

**Ключові слова:** цілі сталого розвитку, індикатори, істотні змінні, супутникові дані.

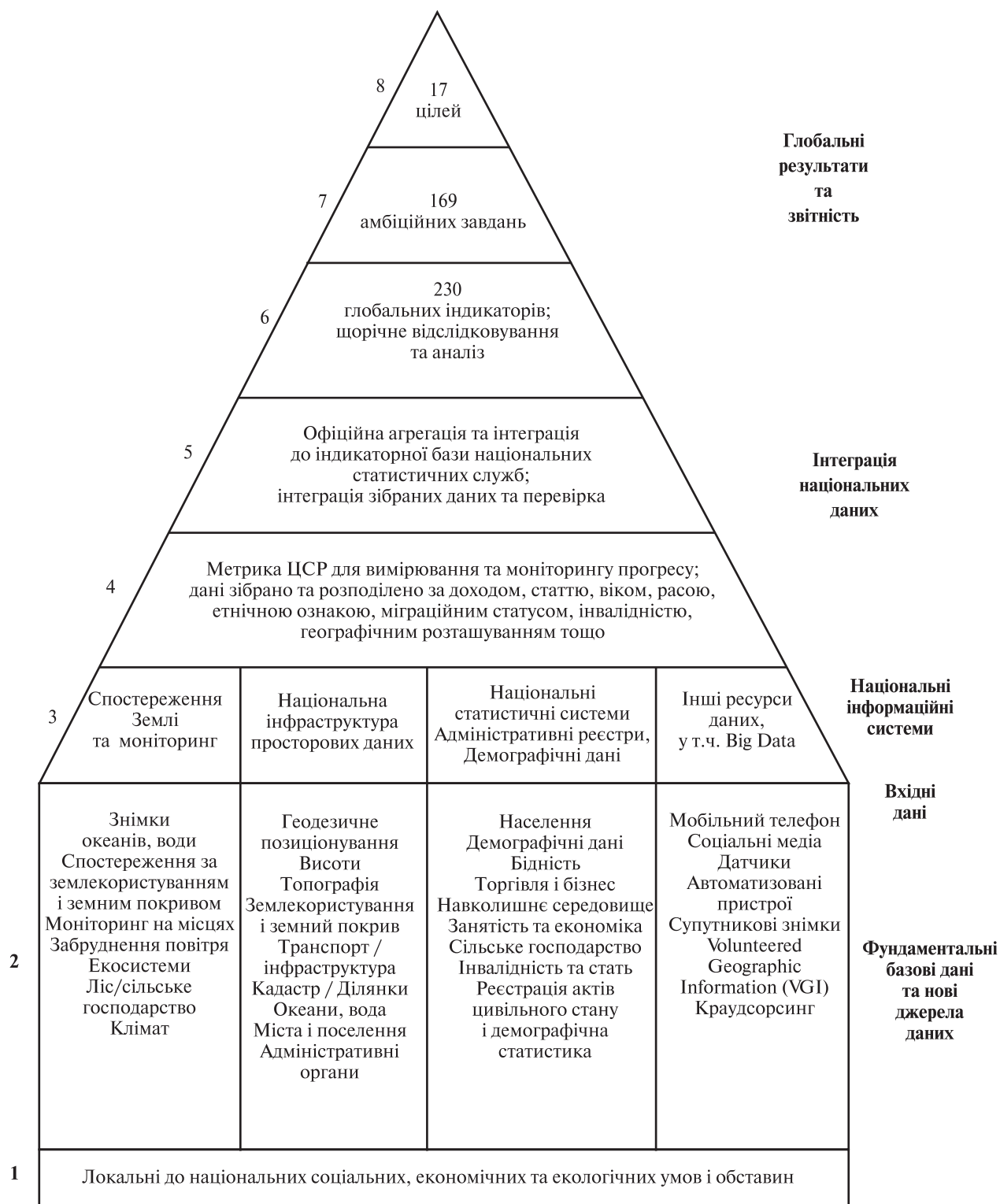
---

Впровадження ідеології сталого розвитку (СР) набуло нової якості з прийняттям на Саміті ООН у 2015 році документа «Порядок денний в галузі СР на період до 2030 року» (Agenda 2030) [35]. Він визначив 17 глобальних цілей сталого розвитку (ЦСР), спрямованих на просування трьох взаємопов'язаних складових СР — економічного зростання, соціальної відповідальності, захисту довкілля. ЦСР окреслюють глобальні пріоритети, для їхнього досягнення сформульовано завдання та визначено глобальні індикатори для моніторингу параметрів розвитку. Контроль поточної ситуації та покроковий аналіз ефективності реалізованих заходів на основі комплексу показників-індикаторів реалізує механізм керування на основі зворотного зв'язку для коригування і актуалізації завдань і обраних стратегій

просування до ЦСР. У цілому впровадження ідеології СР у суспільну практику відображає процес переходу від традиційних схем планування до управління адаптивною системою, яка здатна вдосконалюватися.

Парадигма СР носить інклюзивний характер («нікого не залишити осторонь») і передбачає солідарні колективні дії на глобальному і національному рівнях. Глобальна структура показників — це засіб, за допомогою якого уряди можуть практично контролювати і звітувати про хід досягнення цілей. Тому цей підхід є підґрунтям інтеграції принципів сталого розвитку до національної політики. Очікується, що уряди країн світу сформулюють на основі ЦСР національні плани та ініціативи відповідно до наявних можливостей, а цілі, завдання та індикатори глобального рівня будуть адаптовані відповідно до пріоритетів розвитку та безпеки країн шляхом

© О. П. ФЕДОРОВ, Л. І. САМОЙЛЕНКО,  
Л. М. КОЛОС, Л. В. ПІДГОРОДЕЦЬКА, 2019



Загальна структура «поток даних» про сталий розвиток національних інформаційних систем, яка забезпечує побудову блоків та процесів для кожної конкретної країни для вимірювання та моніторингу ЦСР з місцевих реальних умов шляхом узгодження глобальної гармонізованої звітності

розроблення національних цілей, завдань та індикаторів. Передбачено проведення моніторингу досягнення ЦСР на глобальному, регіональному, національному та тематичному рівнях, при цьому в центрі уваги перебуває національний моніторинг. За результатами моніторингу відповідними структурами ООН готується щорічна доповідь, яка обговорюється на Політичному форумі високого рівня.

17 цілей сталого розвитку, 169 завдань та 230 глобальних індикаторів визначають новий підхід до сталого розвитку, який керується конкретною інформацією та доказовою базою: «Якщо не вимірювати, то не можна й керувати». Реалізація ідеології «Порядок денний-2030» вимагатиме інтеграції та експлуатації багатьох нових наборів даних для моніторингу цілей та пов'язаних показників, а також істотної модернізації національних статистичних та геопросторових систем. На рисунку показано схему взаємодії різних підсистем, яка реалізує задекларований підхід [30]. Принципово важливе місце займають дані космічних спостережень, завдяки їхнім унікальним можливостям щодо масштабності та оперативності огляду, отримання глобальної та локальної інформації про природні та господарські об'єкти, регулярності спостереження Землі як системи. Резолюція Всесвітньої конференції із сталого розвитку (Йоханесбург, 2002) [22] відзначила неможливість забезпечення сталого розвитку без залучення дистанційних супутникових даних.

Відзначимо, що використання супутникових даних не виступає суто як засіб покращення наявних методів. Мова йде про інноваційний підхід, оснований на інтеграції наземних та космічних даних у моделях природних і техногенних процесів, який забезпечить якісно новий рівень вирішення задач моделювання та прогнозування, і в цілому — інформаційної підтримки управлінських рішень. Ця принципова задача є одним із пріоритетів створюваної всесвітньої системи систем спостереження Землі з космосу GEOSS та європейської системи COPERNICUS. Протягом останніх років ініційовано декілька проєктів, в яких розроблюються методологічні підходи до створення практично працюючих інфор-

маційних сервісів, які реалізують ланцюг від спостережної інформації до істотних змінних відповідних моделей і до індикаторів СР. Найбільший прогрес досягнуто у сферах кліматичних змін та погоди, досліджень океану, а також моніторингу біорізноманіття [18] (огляд відповідних національних проєктів розглянуто у монографії ЄКА [30]).

Для України залучення до міжнародних зусиль відповідно до «Порядку денного — 2030» має принципове значення як з огляду на національні інтереси, так і в контексті євроінтеграційних процесів. Вже зараз окремі органи виконавчої влади мають надавати поточну інформацію щодо індикаторів СР з використанням супутникових даних. Для розроблення методичних основ національної стратегії СР важливе значення має проєкт створення європейського дослідницького простору в галузі залучення супутникових спостережень у визначення індикаторів сталого розвитку ERA-Planet (проєкт у рамках програми HORYZON 2020, що підтримується НАН України). Відповідна робота на національному рівні тільки-но розпочалась і вимагатиме злагодженої роботи різних інституцій та науковців, як і координації на міжнародному рівні. З огляду на це у даній статті аналізуються процес приєднання України до всесвітньої стратегії сталого розвитку та проблематики використання у цьому контексті технологій космічного спостереження Землі.

#### **ПРИЄДНАННЯ УКРАЇНИ ДО ВСЕСВІТНЬОЇ СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

Актуальною для України задачею є визначення власного шляху досягнення ЦСР, трансформація загального Порядку денного СР у національні плани, стратегію та бачення. Україна офіційно підтримала міжнародні рішення щодо нової моделі розвитку, такі як «Порядок денний на ХХІ століття» (Ріо-де-Жанейро, 1992), Декларація Тисячоліття ООН 2000—2015 (2000), Йоханнесбурзька декларація та План реалізації рішень Всесвітнього саміту ООН зі сталого розвитку (Йоханнесбург, 2002), «Майбутнє, якого ми прагнемо» (Ріо-де-Жанейро, 2012), «Перетворення нашого світу: Порядок денний в області

сталого розвитку на період до 2030 року» (Нью-Йорк, 2015) [14, 22, 31, 35, 36] та приєдналась до Конвенції ООН про охорону біорізноманіття, про боротьбу з опустелюванням, про зміну клімату. У 2003 р. в ООН було представлено аналітичну доповідь «Цілі Розвитку Тисячоліття Україна: 2000—2015», яка презентувала світовій громадськості національні виміри розвитку у вигляді набору з семи національних цілей, однією з яких була ціль «сталий розвиток довкілля». Підсумком реалізації завдань «ЦРТ Україна: 2000—2015» стали певні позитивні зрушення, однак у цілому запланованих цілей було досягнуто лише частково [3] внаслідок вузькогалузевого підходу до виконання завдань, відсутності національної концепції СР і відповідної стратегії.

Слід зазначити, що *затвердженої на законодавчому рівні* національної Концепції або Стратегії сталого розвитку, гармонізованих з профільними документами ООН, в Україні досі немає. Було здійснено кілька спроб створення та затвердження національної Концепції СР — у 2001 р. (два проекти Закону України про Концепцію), у 2004 р. та у 2012 р. (проекти Концепції та Національної стратегії СР були розроблені низкою інститутів НАНУ), однак вони не увінчалися успіхом. Для забезпечення позитивної динаміки виконання завдань «ЦРТ Україна 2000—2015» у 2003 р. Постановою КМУ була затверджена «Комплексна програма реалізації на національному рівні рішень, прийнятих на Всесвітньому саміті зі сталого розвитку», її реалізація розглядалась як пріоритетний напрям діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади на 2003—2015 рр., проте у 2011 р. цю програму було закрито.

У 2015 р. Указом Президента України був прийнятий документ «Стратегія сталого розвитку «Україна-2020» [11], який передбачає реалізацію плану реформ та програм за чотирма векторами руху (розвитку, безпеки, відповідальності, гордості). Він концептуально відображає низку пріоритетів ЦСР, однак з моделлю сталого розвитку ООН не гармонізований та не відповідає формату глобальних документів ООН щодо СР, зокрема екологічна складова у його складі не конкретизована, переліку конкретних завдань та відповідних індикаторів немає.

У даний час в Україні проводиться аналітична робота з визначення напрямів розвитку країни на довгострокову перспективу — до 2030 р. в контексті імплементації у національній політиці ЦСР, які були затверджені на Саміті ООН у 2015 р. При координації Мінекономрозвитку у 2016 р. було розроблено Національну доповідь «Цілі Сталого Розвитку: Україна» (далі — «ЦСР — Україна 2030») [4], яка адаптує на національний рівень, з урахуванням умов і пріоритетів України, 17 глобальних ЦСР ООН. На цій основі у 2017 р. українськими експертами за підтримки Програми розвитку ООН в Україні та Глобального екологічного фонду в рамках проекту «Інтеграція положень Конвенцій Ріо в національну політику України» підготовлено проект Стратегії сталого розвитку України до 2030 р. і проект Національного плану дій на 2017—2020 рр. з впровадження Стратегії (НПД) [12]. У сукупності документи [4, 12] визначають модель сталого розвитку України та її шлях до досягнення ЦСР в економічному, екологічному та соціальному аспектах.

Механізмом впровадження у практику засад сталого розвитку є інтеграція ЦСР у плани профільних міністерств і галузеву політику, тому є актуальним питання — якою мірою у чинних стратегічних документах відбиваються сформульовані у документах [4, 12] національні цілі та завдання СР (дослідження за цим напрямом проведено, зокрема, у роботі [1]).

Національну доповідь «ЦСР — Україна 2030» [4] розроблено за форматом глобальних документів ООН: вона адаптує для України 17 глобальних цілей і містить відповідно 17 національних цілей, які спираються на 86 завдань та 172 індикатори для їхнього моніторингу. Проект Стратегії сталого розвитку України до 2030 р. [12] встановлює систему семи стратегічних цілей (СЦ), кожна з них включає ряд операційних цілей (ОЦ) та завдань, при цьому перелік ключових цільових показників структуровано за векторами «розвиток, безпека, відповідальність», задекларованими у документі [11]. Слід відмітити слабку скоординованість та узгодженість ключових документів [4, 11, 12], розроблених у логіці сталого розвитку України, відмінності у їхній структурі, форматах, формулюваннях цілей та завдань, що знижує рі-

вень їхньої системності, взаємозв'язків між ними, ускладнює моніторинг одержаних результатів. НПД [12] окреслює програму дій на короткостроковий період і є відпрацьованим розгорнутим документом, в якому, окрім СЦ, ОЦ, завдань та індикаторів, конкретизовано заходи, що підкріплюють виконання завдань, а також наводиться інформація щодо потенційних виконавців, строків виконання, джерел та обсягів фінансування з розподілом по роках.

Щоб визначити, якою мірою національні ЦСР за напрямом природокористування та захисту довкілля відображено у чинній нормативно-правовій базі, та щоб виявити можливі прогалини, ми виконали порівняльний аналіз документа «ЦСР — Україна 2030» [4] та групи профільних нормативно-правових актів національного рівня [5—11]. Аналіз проводився за такими критеріями: гармонізація з ідеологією сталого розвитку; наявність **напрямів, цілей, завдань екологічної спрямованості**, релевантних ЦСР; наявність та кількість індикаторів досягнення цілей та виконання завдань. За методологічну основу було взято рекомендації, наведені в аналітичному дослідженні [28], які передбачають: сканування мети, структури та змісту документів, стратегічних цілей, завдань і планів, а далі — їхнє порівняння з національними ЦСР та цільовими показниками.

Як показав аналіз, розглянуті чинні документи мають різні рівні гармонізації з ідеологією СР. Закон України «Про національну безпеку України» та Указ Президента України «Про нову редакцію Стратегії національної безпеки України» сприяють вирішенню задач екологічної безпеки, однак з моделлю сталого розвитку ООН не гармонізовані, цільових показників та термінів виконання не містять. У Стратегії сталого розвитку «Україна-2020» [11] екологічний вимір розвитку не конкретизований. Адекватно відображає національний контекст ЦСР зі створення екологічно збалансованої системи природокористування Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року», спрямований на поетапне поліпшення стану екосистем, вдосконалення інтегрованого екологічного управління, припи-

нення втрат біологічного та ландшафтного різноманіття. Однак цей документ, розроблений в контексті реалізації завдань «ЦРТ Україна: 2000—2015», потребує актуалізації. Певною мірою відповідає ЦСР Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням, який передбачає широкий спектр заходів для стабілізації стану екосистем, зокрема із застосуванням ГС-технологій та технологій дистанційного зондування Землі, однак індикаторів або показників документ не містить. Пріоритети інших розглянутих документів також у різній мірі корелюють з ідеологією СР.

Для виявлення прогалин щодо відповідності чинних документів національним цілям та завданням, сформульованим у доповіді [4], використовувалась методологія GAP-аналізу (аналізу розривів, виявлення пробілів, управління змінами), який є одним з ефективних методів стратегічного аналізу, що знайшов застосування у сучасній практиці діагностики організаційних проблем. Проведений аналіз дозволив визначити низку прогалин, серед яких можна, зокрема, вказати такі:

- ціль 11 [4], завдання 11.4 «Забезпечити своєчасне оповіщення населення про надзвичайні ситуації з використанням інноваційних технологій»: відображено у розглянутих документах опосередковано, технології реконструкції системи оповіщення не конкретизовано;
- ціль 14, завдання 14.1 «Скоротити забруднення морського середовища»: у чинних документах відображено, однак кількісні характеристики та показники забруднення відсутні;
- ціль 15, завдання 15.1 «Забезпечити збереження, відновлення та стале використання наземних і внутрішніх прісноводних екосистем»: у чинних профільних документах це завдання передбачено лише для територій природно-заповідного фонду;
- ціль 15, завдання 15.2 «Сприяти сталому управлінню лісами»: у розглянутих документах використовується лише кількісний показник «лісистість території», інші складові та показники стану лісів та управління ними відсутні;
- ціль 15, завдання 15.3: «Відновити деградовані землі та ґрунти з використанням інновацій-



них технологій»: у нормативних документах кількісні характеристики рівня деградації земель відсутні, у тому числі, показник «нейтральний рівень деградації земель»;

- ціль 15, завдання 15.4: «Забезпечити збереження гірських екосистем»: у проаналізованих державних документах гірські екосистеми розглядаються лише у межах територій природно-заповідного фонду.

За результатами аналізу можна зробити висновки, що розглянуті нормативно-правові акти державної екологічної політики тією чи іншою мірою включають ЦСР, адаптовані для України, і в цілому спрямовані на впровадження загальних принципів СР. Вони відрізняються за типами і масштабами (закон, стратегія, план, програма), розроблені в різних форматах, мають різні рівні охоплення сфер діяльності, що відповідають ЦСР, різні терміни виконання і часові горизонти. Деякі завдання лише частково корелюють із завданнями ЦСР, низка документів за змістом відповідають національним цілям, але не включають цільових показників, або задекларовані індикатори носять загальний характер та недостатньо конкретизовані. Деякі акти мають термін дії до 2020 р. і не містять довгострокового перспективного бачення просування до ЦСР (горизонт глобальних ЦСР ООН — 2030 рік). Отже, в цілому наявна система документів лише частково відповідає ідеології «Порядку денного — 2030», при цьому відзначається тенденція уникнення індикаторів або інших показників, які передбачають кількісне оцінювання.

#### **ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

Вітчизняна практика та розглянута вище чинна нормативна база практично не враховують сучасних тенденцій використання космічних даних для визначення істотних змінних та індикаторів стану геосистем, необхідних для прийняття рішень у сфері керування СР. Більше того, система інформування міжнародної спільноти, передбачена відповідними угодами, вкрай недосконала і ґрунтується на зовнішніх вимогах, тоді як імперативи власного розвитку практично відсутні. Укра-

їна не представлена на урядовому рівні у міжнародних структурах, які координують діяльність в галузі супутникових спостережень в інтересах сталого розвитку, зокрема, у міждержавній групі GEO. Отже, організаційні та координаційні проблеми є серйозною перешкодою на шляху впровадження інноваційних технологій моніторингу сталого розвитку. Без координації дій різних органів управління та інституцій міждисциплінарна діяльність зі створення та ефективного функціонування національної системи моніторингу сталого розвитку неможлива. В даному розділі зосередимося на методичних аспектах проблеми впровадження супутникових даних, яка потребує вирішення у національному масштабі. Зокрема, розглянемо перелік ЦСР, для яких дистанційні дані є релевантними, а також підходи до визначення істотних змінних та комплексного використання великих обсягів даних.

40-річна історія використання супутникових технологій демонструє, що наразі ми є свідками переходу до нового етапу, у якому дистанційні дані спричиняють трансформаційний вплив на вирішення низки глобальних завдань, таких як моніторинг та захист вразливих екосистем, забезпечення стійкості інфраструктури, управління кліматичними ризиками, охорона здоров'я, підвищення рівня продовольчої безпеки, створення більш стійких міст, зменшення бідності та поліпшення управління. Унікальне значення супутникових даних стало предметом розгляду на Першому Всесвітньому форумі ООН з даних щодо сталого розвитку (2017 р.), який схвалив Кейптаунський глобальний план дій. Одним із стратегічних напрямів удосконалення системи глобальних індикаторів визначено застосування нових технологій і джерел даних у статистичній діяльності та інтеграція геопросторової інформації у підготовку статистичних даних. Цей загальний висновок обумовлює наступні фундаментальні функції, які супутникові дані виконуватимуть у проблемі моніторингу досягнення ЦСР [17]: 1) забезпечують життєздатність створеної системи індикаторів; 2) формують підґрунтя для надання більш своєчасних статистичних результатів та зменшення частоти обстежень; 3) підвищують точність звітування за раху-

нок просторового охоплення; 4) підвищують обсяги статистичних даних, сприяють перевірці загальних статистичних даних та забезпечують деталізацію індикаторів.

Міжвідомча група експертів з індикаторів ЦСР визначила п'ять пріоритетних напрямів наукового забезпечення ефективності процесу досягнення ЦСР: розроблення набору практичних показників; створення програми моніторингу досягнення цих показників; оцінювання процесу руху до поставлених цілей; вдосконалення інфраструктури спостережень; стандартизація джерел та якість даних. Експертною групою ([29], Статистична комісія ООН, березень 2017 р.) представлено пропозиції щодо доопрацювання глобальної індикаторної бази в контексті появи нових джерел інформації та розроблення методології їхнього визначення. З метою полегшення впровадження глобальних показників вони були класифіковані за ступенем методологічного опрацювання та загальної доступності даних на три рівні: 1 — є встановлена методологія визначення показника, дані надаються країнами на регулярній основі; 2 — є встановлена методологія,

дані надаються нерегулярно; 3 — відсутня встановлена методологія визначення показника. За станом на грудень 2017 р. з 232 показників глобальної індикаторної бази до рівня 3 відносять 68 показників (близько 30 %), тобто відсутні (або перебувають у стадії розроблення) кількісні моделі розрахунку майже третини глобальних індикаторів.

Фхівцями GEO (Group of Earth Observation) та CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) було оцінено роль супутникових спостережень в реалізації глобальної індикаторної бази в даний час та у майбутньому. Результати аналізу ілюструє табл. 1 [19], яка містить перелік цілей, завдань та індикаторів глобального рівня, які прямо чи опосередковано можуть бути підтримані даними спостереження Землі. Як видно, супутникові дані на високому рівні відповідають вимогам глобальних спостережень і можуть використовуватися для визначення ряду індикаторів СР, при цьому, за даними експертів, 45 % з них належать до рівня 1, 24 % — до рівня 2 і 31 % — до рівня 3.

Принципове значення для активізації впровадження супутникової інформації в метрики гло-

Таблиця 1. Цілі, завдання та індикатори ООН, що можуть підтримуватися даними космічних спостережень

Завдання									Цілі	Індикатори					
							1.4	1.5	1	1.4.2 <sup>2</sup>					
						2.3	2.4	2.c	2	2.4.1 <sup>3</sup>					
					3.3	3.4	3.9	3.d	3	3.9.1 <sup>1</sup>					
									4						
		6.1	6.3	6.4	6.5	6.6	6.a	6.b	5	5.a.1 <sup>2</sup>					
					7.2	7.3	7.a	7.b	6	6.3.1 <sup>2</sup>	6.3.2 <sup>3</sup>	6.4.2 <sup>1</sup>	6.5.1 <sup>1</sup>	6.6.1 <sup>3</sup>	
								8.4	7	7.1.1 <sup>1</sup>					
			9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.a	8						
					10.6	10.7	10.a	10	9	9.1.1 <sup>3</sup>	9.4.1 <sup>1</sup>				
	11.1	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.b	11.c	11	11.1.1 <sup>1</sup>	11.2.1 <sup>2</sup>	11.3.1 <sup>2</sup>	11.6.2 <sup>1</sup>	11.7.1 <sup>3</sup>	
				12.2	12.4	12.8	12.a	12.b	12	12.a.1 <sup>3</sup>					
					13.1	13.2	13.3	13.b	13	13.1.1 <sup>2</sup>					
		14.1	14.2	14.3	14.4	14.6	14.7	14.a	14	14.3.1 <sup>3</sup>	14.4.1 <sup>1</sup>	14.5.1 <sup>1</sup>			
	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.7	15.8	15.9	15	15.1.1 <sup>1</sup>	15.2.1 <sup>1</sup>	15.3.1 <sup>2</sup>	15.4.1 <sup>1</sup>	15.4.2 <sup>1</sup>	
								16.8	16						
17.2	17.3	17.6	17.7	17.8	17.9	17.16	17.17	17.18	17	17.6.1 <sup>3</sup>	17.18.1 <sup>3</sup>				

Примітка. Верхній символ при індикаторах вказує на віднесення його до певного рівня класифікації (див. вище).

Таблиця 2. Модель [2] оцінювання екологічної складової СР для регіонів України, індикатори і параметри, для визначення яких можуть бути використані космічні дані

Категорія політики	Індикатор	Параметри	Космічні дані (супутник)
Екологічні системи	Атмосферне повітря міст	Вміст окису вуглецю в атмосферному повітрі міст Перевищення вмісту окису вуглецю Вміст пилу в атмосферному повітрі міст Перевищення вмісту пилу в атмосферному повітрі міст Вміст формальдегіду в атмосферному повітрі міст Перевищення вмісту формальдегіду Вміст двоокису азоту в атмосферному повітрі міст Перевищення вмісту двоокису азоту	«Sentinel-5P», «Aura»
	Тваринний і рослинний світ	Об'єкти природо-заповідного фонду (ПЗФ) Зміна площі об'єктів ПЗФ Види флори під загрозою Види фауни під загрозою Відтворення рослинного світу Відтворення тваринного світу	«Sentinel-2» «Sentinel-2, -3»
	Надра і земельні ресурси	Забруднення підземних вод Деградовані землі Поширення зсувів Порушені та відпрацьовані землі	«Sentinel-1» «Sentinel-1»
	Водні ресурси:	Біологічне споживання кисню Фосфати Нітрати Завислі речовини Використання води	«Sentinel-2»
Екологічне навантаження	Викиди в атмосферу	Викиди забруднювальних речовин на душу населення Споживання кам'яного вугілля Споживання мазутів топкових важких Споживання дров для опалення Щільність викидів сполук сульфуру Щільність викидів оксидів азоту Щільність викидів летких органічних сполук Щільність викидів від автомобільного транспорту	«Sentinel-5P», «Aura» «Sentinel-5P», «Aura» «Sentinel-5P», «Aura»
	Екологічний тиск і керування природними ресурсами	Вилів риби Заготівля деревини Зміна лісовкритої площі Лісистість Рілля Забирання поверхневої води Забирання підземної води	«Sentinel-2, -3» «Sentinel-2, -3» «Sentinel-2»
	Поводження з відходами	Використання відходів Накопичення відходів Площі під твердими побутовими відходами Щільність утворення відходів Утворення відходів на душу населення	«Sentinel-2»
Регіональне екологічне керування	Біологічні проекти	Біологічні організації Екологічна мережа Спостереження за станом довкілля  Фінансування природоохоронних заходів Фінансування природоохоронних заходів до ВРП	«Sentinel-1», «Sentinel-2», «Sentinel-3»
	Викиди парникових газів	Інтенсивність карбонового сліду Викиди парникових газів на душу населення Викиди парникових газів до ВРП  Поновлення лісу Зміни у лісопоновленні	«Envisat», «Aqua», «Sentinel-5P», GOSAT, OCO-2, «Aura»  «Sentinel-2, -3» «Sentinel-2, -3»



бального управління має політика GEO та інших міжнародних структур щодо відкритості даних. Вже протягом тривалого часу дослідники та користувачі можуть одержувати у відкритому доступі та на регулярній основі оперативні та архівні дані супутників «Сентінель», «Ландсат», «Аура», «Аква» та ін.

Розглянуті напрацювання міжнародної спільноти мають бути враховані у побудові української системи використання аерокосмічних даних для моніторингу ЦСР. Зі сказаного вище стає зрозумілим суттєве відставання України у цьому процесі. Тому першим невідкладним завданням є доопрацювання **системи індикаторів та визначення тих, для яких можуть бути застосовані дистанційні дані**.

Нижче наведено дані аналізу застосовності супутникових даних для двох напрацьованих переліків індикаторів. У роботі [2] співробітниками Національного технічного університету «КПІ» запропоновано трифакторну (економіка, екологія, соціум) та трирівневу (категорія політики, індикатори, параметри) модель для комплексного оцінювання процесів СР для регіонів України. Для розрахунку індексів економічного, екологічного та соціально-інституціонального вимірів використовувались дані Держкомстату, Мінприроди, Мінекономіки, інших установ та дослідницьких центрів, а також експертні висновки. Для кількісного визначення ряду параметрів та індикаторів екологічного виміру можуть бути використані також дані космічних спостережень.

У табл. 2 наведено побудовану авторами модель оцінювання екологічної складової СР (графи 1, 2, 3). У графі 4 відмічено, які параметри можуть визначатися на основі регулярних даних супутникових спостережень відкритого доступу.

Наступним суттєвим кроком для впровадження супутникових даних є **визначення істотних змінних — Essential Variables (EV)**, під якими розуміють «мінімальний набір змінних, які визначають стан системи та її розвиток, і мають вирішальне значення для прогнозування розвитку системи та дозволяють визначати метрики, що контролюють траєкторію системи». Це поняття служить характеристикою моделей екосистем і не включає технологічні характеристики, такі,

наприклад, як просторова та часова роздільна здатність. Оскільки число показників моделі може бути великим, для моделювання відбирають головні, без яких модель втрачає сенс. Інші змінні при цьому не беруться до уваги, проте вони «несуттєві» не взагалі, а лише для даного завдання. З цього випливає, що істотні змінні повинні бути модулями, а не фізичними чи біохімічними характеристиками. Тому кожна істотна змінна при побудові моделі системи повинна відшукуватися як за певними алгоритмами, так і шляхом вибору рівня організації, на якому виникає потрібний модуль, який однозначно забезпечує прогнозовану поведінку системи.

Визначення суттєвих змінних з точки зору методології побудови системи моніторингу ЦСР є ланцюгом, який поєднує дані вимірювань, моделі екосистем та індикатори сталого розвитку. У той же час це відносно самостійна проблема, оскільки EVs виступають потужним інструментом спілкування та оцінок, який дозволяє вченим та практикам підвищувати рівень розуміння змін в екосистемах та формувати політику. У більшості тематичних сфер розробка наборів EVs передбачає процес узгодження того, що є важливим для цілей відповідної спільноти фахівців. Незважаючи на те що у різних спільнотах є багато відмінностей у критеріях та методологіях розробки наборів EVs, наявне також значне перехрещення в різних темах (найбільш очевидний приклад — теми «Клімат» та «Вода»).

На сьогодні тематичними областями з практично сформованим списком EVs є «Клімат» (ECV), «Океан» (EOV) та «Біорізноманіття» (EBV). Наближається до узгодження комплекс EVs для тематики водного середовища та сільськогосподарства (в рамках GEOSS). Додаткова робота очікується для узгодження наборів EV для катастроф, охорони здоров'я та екосистем. Українські фахівці на поточному етапі роботи користуються вже напрацьованим міжнародною спільнотою набором EVs, а власну роботу (як і вироблення ЦСР) ще не розпочато. Очевидно, що скористатися тільки напрацюваннями міжнародних груп фахівців не вдасться, оскільки для кожного регіону необхідно обрати найбільш релевантні моделі та відповідні істотні змінні.

Важливою методичною проблемою, яка має вирішуватися на національному рівні, є застосування Nexus-підходу (від лат. *nectare* — зв'язувати), який став ключовим для опису складних взаємозв'язків між сферами Продовольства, Енергії та Води — Food, Energy, Water — FEW [15, 21]. Традиційно більшість глобальних викликів, хоч і взаємопов'язаних, вирішується окремо, при цьому рішення, реалізовані в одному секторі, можуть мати непередбачені та небезпечні наслідки в інших секторах. Це обумовлено взаємопов'язаними характеристиками систем FEW (очевидно, що виробництво продуктів харчування або енергії обмежується, скажімо, наявністю води), заходи в яких зазвичай аналізуються та плануються незалежно.

Nexus-підхід передбачає вивчення взаємодії між різними секторами і переведення управління ресурсами від ізольованих до інтегрованих та економічно ефективних заходів щодо визначення спільних переваг у рамках певних ланцюгів виробництва продукції [16]. Численні кількісні дослідження показали, що підходи до взаємодії можуть виявити синергію та компроміси між секторами, зменшити негативні наслідки та сприяти інтегрованому плануванню та управлінню. Але аналіз проведених досліджень свідчить, що сьогоdnішній рівень є далеким від можливостей оцінювання прогресу у досягненні цілей сталого розвитку. У той же час визнано, що Nexus FEW прямо чи опосередковано стосується всіх без виключення ЦСР.

Труднощі застосування цього підходу можна розділити на фундаментальні та технологічні. До перших слід віднести складність формулювання економічних індикаторів, на які впливають компоненти систем FEW. Серед технологічних труднощів у роботі [20] виділено три області. По-перше, обмежена спостережливість ускладнює збирання даних у системах FEW як усередині, так і між ними (наприклад, дуже важко вивчати розподіл підземних вод та енергії вітру). По-друге, керування даними глобальних спостережень FEW не є адекватним: невеликі набори даних, зібрані з різних джерел та різних географічних регіонів, не можуть бути повністю використані разом. По-третє, сучасні дослідження

ускладнюються відсутністю ефективних протоколів обміну даними між секторами та країнами.

Перелічені проблеми дозволяють зрозуміти, чому на сьогодні розроблено здебільшого часткові підходи (Вода — Продовольство чи Енергія — Вода), а застосування Nexus FEW до оцінювання ЦСР потребує великих зусиль. У напрямках, що розроблюються науковою спільнотою, є певні успіхи у вирішенні фізичних або соціальних проблем, тоді як вирішення проблем на рівні геоінформаційних задач (зокрема збирання, інтеграції, керування, аналізу та візуалізації просторових даних, пов'язаних з FEW-зв'язком) ще попереду.

Рішення масштабного завдання застосування Nexus-підходу до оцінювання ЦСР провокує революцію в технології використання даних [27, 33]. Це, у першу чергу, пов'язано з **проблемою Big Data**, зумовленою не тільки великим обсягом даних, але також їхньою різноманітністю, необхідністю швидкої обробки, фільтрації, документування її якості і невизначеностей, а також вимогами до візуалізації (т. з. проблема «5V»). Ця проблема, взагалі кажучи, виникає в різних областях сучасної науки та має безпосередній стосунок до GEOSS — інтегрованої системи великого масштабу, що складається з множини діючих окремо підсистем, пов'язаних, однак, в інтересах вирішення спільних завдань. Варіант рішення, запропонований в рамках створення EuroGEOSS, передбачає організацію посередницької (брокерської) підсистеми — DAB (Discovery and Access Broker), яка забезпечує інтерфейс між користувачами і провайдерами [27]. Ця методологія передбачає ключові нововведення: повністю посередницький (брокерський) підхід, побудований на технології хмарних обчислень. GEO-DAB-архітектура хмарних компонентів має забезпечити всі «5V» завдань.

При побудові української підсистеми моніторингу ЦСР з використанням супутникових даних виникне питання щодо власних підходів до вирішення проблеми забезпечення європейського рівня надання інформаційних сервісів і гармонійного входження в розроблювані системи EuroGEOSS. Наразі виконано перші пілотні проекти українських науковців у рамках створюваної

Таблиця 3. Національні цілі, завдання та індикатори [4], що можуть підтримуватися супутниковими даними

Цілі та завдання	Індикатори	Місія / супутник, космічне агентство
<b>Ціль 2.</b> Подолання голоду, розвиток сільського господарства		
2.3. Забезпечити створення стійких систем виробництва продуктів харчування, що сприяють збереженню екосистем і поступово покращують якість земель та ґрунтів, в першу чергу за рахунок використання інноваційних технологій	2.3.1. Індекс виробництва харчових продуктів, %  2.3.3. Частка сільськогосподарських угідь під органічним виробництвом у загальній площі сільськогосподарських угідь України, %	«Sentinel-2», «Sentinel-3» (ESA), «Landsat-8» (NASA)
<b>Ціль 6.</b> Чиста вода та належні санітарні умови		
6.5. Забезпечити впровадження інтегрованого управління водними ресурсами	6.5.1. Кількість річкових басейнів, для яких затверджені плани управління	«Sentinel-2» (ESA), «Landsat-8» (NASA)
<b>Ціль 11.</b> Сталий розвиток міст і громад		
11.2. Забезпечити розвиток поселень і територій виключно на засадах комплексного планування та управління за участю громадськості	11.2.1. Частка регіонів, що затвердили і впроваджують регіональні стратегії розвитку та плани заходів з їхньої реалізації, розроблені за участю громадськості, %	«Sentinel-2», «Sentinel-3» (ESA), «Landsat-8» (NASA)
11.3. Забезпечити збереження культурної і природної спадщини із залученням приватного сектору	11.3.3. Площа природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, % території країни	«Sentinel-2» (ESA) «Landsat-8» (NASA)
11.4. Забезпечити своєчасне оповіщення населення про надзвичайні ситуації з використанням інноваційних технологій	11.4.1. Рівень реконструкції загальнодержавної системи централізованого оповіщення населення, %	«Sentinel-2», «Sentinel-3» (ESA), «Landsat-8» (NASA)
11.5. Зменшити негативний вплив забруднюючих речовин, у т.ч. на довкілля міст, шляхом використання інноваційних технологій	11.5.1. Обсяг викидів у атмосферне повітря забруднюючих речовин, % до рівня 2015 р.  11.5.2. Сумарний обсяг викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин від стаціонарних джерел, приведений до оксиду вуглецю з урахуванням відносної агресивності основних забруднювачів, % до рівня 2015 р.  11.5.3. Сумарний обсяг викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин від пересувних джерел, приведений до оксиду вуглецю з урахуванням відносної агресивності основних забруднювачів, % до рівня 2015 р.	«Sentinel-5P» (ESA), «Aura» (NASA), GOSAT (JAXA), OCO-2 (NASA), «Suomi NPP» (NOAA), OMI (NASA) GOME-2 (ESA) ODIN (ESA)
<b>Ціль 13.</b> Пом'якшення наслідків зміни клімату		
13.1. Обмежити викиди парникових газів в економіці	13.1.1. Обсяг викидів парникових газів, % до рівня 1990 р.	«Envisat» (SCIAMACHY, NASA), «Aqua» (NASA), GOSAT («Tanso-FTS», 2009, JAXA), OCO-2 (2014, NASA), «Sentinel-5P» (ESA), «Aura» (NASA)

Закінчення табл. 3.

Цілі та завдання	Індикатори	Місія / супутник, космічне агентство
<b>Ціль 14.</b> Збереження морських ресурсів		
14.1. Скоротити забруднення морського середовища	14.1.1. Частка скидів забруднених стічних вод у загальному обсязі скидів до морського середовища, %	«Sentinel-3» (ESA),
14.2. Забезпечити стале використання і захист морських та прибережних екосистем, підвищення їхньої стійкості та відновлення на основі інноваційних технологій	14.2.2. Площа територій та об'єктів природно-заповідного фонду приморських областей, % від території приморських областей	«Sentinel-2», «Sentinel-3» (ESA), «Landsat-8» (NASA)
	14.2.3. Площа територій та об'єктів природно-заповідного фонду в акваторії Чорного та Азовського морів, тис. га	
<b>Ціль 15.</b> Захист та відновлення екосистем суші		
15.1. Забезпечити збереження, відновлення та стале використання наземних і внутрішніх прісноводних екосистем	15.1.1. Площа територій та об'єктів природно-заповідного фонду, тис. га	«Sentinel-2», «Sentinel-3» (ESA), «Landsat-8» (NASA)
	15.1.2. Частка площі територій та об'єктів природно-заповідного фонду у загальній території країни, %	
	15.1.3. Частка площі територій національної екологічної мережі у загальній території країни, %	
15.2. Сприяти сталому управлінню лісами	15.2.1. Лісистість території країни, %	«Sentinel-2», «Sentinel-3» (ESA), «Landsat-8» (NASA)
15.3. Відновити деградовані землі та ґрунти з використанням інноваційних технологій	15.3.1. Кількість визначених та реалізованих завдань щодо досягнення нейтрального рівня деградації земель, одиниць	«Sentinel-1», «Sentinel-2», «Sentinel-3» (ESA), «Landsat-8» (NASA)
	15.3.2. Площа орних земель (ріллі), тис. га	
	15.3.4. Площа земель органічного виробництва, тис. га	
	15.3.5. Площа сільськогосподарських угідь екстенсивного використання (сіножатей, пасовищ), тис. га	
	15.3.6. Частка площі сільськогосподарських угідь екстенсивного використання (сіножатей, пасовищ) у загальній території країни, %	
15.4. Забезпечити збереження гірських екосистем	15.4.1. Площа територій природно-заповідного фонду в гірських регіонах, тис. га	«Sentinel-2», «Sentinel-3» (ESA)
	15.4.2. Частка площі територій природно-заповідного фонду в гірських регіонах у загальній території країни, %	

європейської дослідницької мережі застосування супутникових даних для моніторингу ЦСР у рамках проекту ERA-Planet. Серед розроблених сервісів відзначимо такі [13, 23, 24, 32]. Розроблено технології оцінки індикаторів досягнення ЦСР за напрямками «Zero Hunger» (індикатор 2.4.1) та «Life on land» (індикатори 15.1.1 та 15.3.1) відповідно до Nexus-підходу [34]. У національному звіті за програмою UNEP [25] представлено оцінки показників деградації землі (Land Degradation Neutrality), які надаються у конвенцію ООН з боротьби з опустелюванням [26].

Отримані результати будуть використані також як складова загальнодержавної автоматизованої системи «Відкрите довкілля», що створюється під егідою Міністерства екології та природних ресурсів України за підтримки FAO та Світового банку як відкрита система досягнення цілей сталого розвитку на національному рівні.

## ВИСНОВКИ

1. Досвід здійснення міжнародних програм GEOSS та COPERNICUS свідчить, що впровадження у систему державного управління ідеології сталого розвитку, визначеної документом ООН «Порядок денний — 2030», має базуватися на нових інформаційних технологіях з використанням даних аерокосмічних спостережень.

2. Розроблюваний міжнародною спільнотою інноваційний підхід передбачає інтеграцію наземних та космічних даних у моделях природних і техногенних процесів, який забезпечить якісно новий рівень вирішення задач моделювання та прогнозування, і в цілому — інформаційної підтримки управлінських рішень.

3. Аналіз чинної в Україні системи документів свідчить, що вони лише частково відповідають ідеології «Порядок денний-2030», причому наявна тенденція уникнення індикаторів або інших показників, які передбачають кількісне оцінювання.

4. Аналіз визначених для України цілей сталого розвитку виявив суттєву роль залучення супутникових даних, які мають використовуватися у 40 % оцінюваних індикаторів, а саме, 6 національних цілей, 13 завдань та 24 індикатори пря-

мо чи опосередковано мають використовувати дані спостереження Землі (табл. 3).

5. При побудові української підсистеми моніторингу цілей сталого розвитку з використанням супутникових даних виникає низка актуальних методичних питань (зокрема визначення істотних змінних, використання Nexus-підходу, проблеми Big data), вирішення яких є необхідним для розроблення власних підходів і гармонійного входження в розроблювані системи EuroGEOSS.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Аналіз державних стратегічних документів щодо врахування адаптованих для України Цілей сталого розвитку до 2030 року. Київ, 2017. URL: <http://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/sustainable-development-report/sdg-goals-ua-govt-strategies-full.html> (дата звернення: 21.01.2019).
2. Аналіз сталого розвитку: глобальний і регіональний контексти. Ч. 2: Україна в індикаторах сталого розвитку (2011—2012). Київ: НТУУ «КПІ», 2012. 232 с.
3. Національна доповідь «Цілі розвитку тисячоліття. Україна: 2000—2015». Київ, 2015. URL: [http://un.org.ua/images/stories/docs/2015\\_MDGs\\_Ukraine\\_Report\\_ukr.pdf](http://un.org.ua/images/stories/docs/2015_MDGs_Ukraine_Report_ukr.pdf) (дата звернення: 21.01.2019).
4. Національна доповідь: «Цілі сталого розвитку: Україна». Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 176 с. URL: [http://menr.gov.ua/files/docs/Національна%20доповідь%20ЦСР%20України\\_липень%202017%20ukr.pdf](http://menr.gov.ua/files/docs/Національна%20доповідь%20ЦСР%20України_липень%202017%20ukr.pdf) (дата звернення: 21.01.2019).
5. Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 р.: Закон України від 24.05.2012 № 4836-VI. Київ, 2012. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4836-17> (дата звернення: 21.01.2019).
6. Про затвердження Національного плану дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням: Розпорядження КМУ від 30.03.2016 № 271-р. Київ, 2016. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/271-2016-р> (дата звернення: 21.01.2019).
7. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля: Постанова КМУ від 30.03.1998 № 391. Київ, 1998. (Дата оновлення: 18.10.2017). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п> (дата звернення: 21.01.2019).
8. Про національну безпеку України: Закон України від 21.06.2018 № 2469-VIII. Київ, 2018. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19> (дата звернення: 21.01.2019).



9. Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року: Закон України від 21.12.2010 № 2818-VI. Київ, 2010. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17> (дата звернення: 21.01.2019).
10. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 8 червня 2012 року «Про нову редакцію Стратегії національної безпеки України»: Указ Президента України від 08.06.2012 № 389/2012. Київ, 2012. Дата оновлення: 29.05.2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389/2012> (дата звернення: 21.01.2019).
11. Про Стратегію сталого розвитку «Україна — 2020»: Указ Президента України від 12.01.2015 № 5/2015. Київ, 2015. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/5/2015> (дата звернення: 21.01.2019).
12. Стратегія сталого розвитку України до 2030 р. Проект 2017. Київ, 2017. URL: [http://www.ua.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP\\_Strategy\\_v06-optimized.pdf](http://www.ua.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf) (дата звернення: 21.01.2019).
13. Яйлимов Б. Я., Лавренюк М. С., Шелестов А. Ю., Колотій А. В., Яйлимова Г. О., Федоров О.П. Методи визначення істотних змінних для оцінки стану земного покриття. *Космічна наука і технологія*. 2018. 24, № 4. С. 24—37. doi: <https://doi.org/10.15407/knit2018.04.026>.
14. Agenda 21. *United Nations Conf. on Environment and Development (UNCED)*. Rio de Janeiro, 1992. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf> (Last accessed: 21.01.2019).
15. Allouche J., Middleton C., Gyawali D. Nexus Nirvana or Nexus Nullity? A dynamic approach to security and sustainability in the water-energy-food nexus. *STEPS Working Paper 63*. Sussex: STEPS Center. 2014. URL: <https://steps-centre.org/wp-content/uploads/Water-and-the-Nexus.pdf> (Last accessed: 21.01.2019).
16. Biggs E. M., Bruce E., Boruff B., et al. Sustainable Development and the Water-Energy-Food Nexus: A Perspective on Livelihoods. *Environ. Sci. and Policy J.* 2015. 54. P. 389—397. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.002> (Last accessed: 21.01.2019).
17. Cape Town Global Action Plan for Sustainable Development Data. 2017. URL: <http://unstats.un.org/sdgs/hlg/Cape-Town-Global-Action-Plan> (Last accessed: 21.01.2019).
18. Copernicus Climate Change Service (C3S). *European Contribution to the Monitoring of Essential Climate Variables from Space*. 2017. URL: <https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2017/17860-european-contribution-monitoring-essential-climate-variables-space.pdf> (Last accessed: 21.01.2019).
19. Earth Observations in Support of the 2030 Agenda for Sustainable Development. JAXA. 2017. URL: [http://www.earthobservations.org/documents/publications/201703\\_geo\\_eo\\_for\\_2030\\_agenda.pdf](http://www.earthobservations.org/documents/publications/201703_geo_eo_for_2030_agenda.pdf) (Last accessed: 21.01.2019).
20. Eftelioglu E., Jiang Z., Tang X., Shekhar S. The nexus of food, energy, and water resources: Visions and challenges in spatial computing. *The 13th Int. Conf. Advances in Geocomputation — Geocomputation 2015*. Heidelberg: Springer, 2017. P. 5—20. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-22786-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-22786-3_2) (Last accessed: 21.01.2019).
21. Hoff H. Understanding the Nexus. *Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus*. Stockholm: Stockholm Environ. Inst., 2011. URL: <https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-Paper-Hoff-UnderstandingTheNexus-2011.pdf> (Last accessed: 21.01.2019).
22. Johannesburg Declaration on Sustainable Development. *The World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, 2002*. 2002. URL: <http://www.un-documents.net/jburgdec.htm> (Last accessed: 21.01.2019).
23. Kussul N., Kolotii A., Shelestov A., Yailymov B., Lavreniuk M. Land degradation estimation from global and national satellite based datasets within UN program. *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*. 2017. 1. P. 383—386.
24. Kussul N., Lavreniuk M., Shumilo L., Kolotii A. Assessment of Sustainable Development Goals Achieving with Use of NEXUS Approach in the Framework of GEO-Essential ERA-PLANET Project. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer, 2019. 836. P. 146—155. DOI: 10.1007/978-3-319-97885-7\_15
25. Land Degradation Neutrality. URL: <http://web.unep.org> (Last accessed: 21.01.2019).
26. Land Degradation Neutrality. United Nations Convention to Combat Desertification. URL: <https://www.unccd.int/actions/achieving-land-degradation-neutrality> (Last accessed: 21.01.2019).
27. Nativi S., Mazzetti P., Santoro M., Ochiai O. Big Data challenges in building the Global Earth Observation System of Systems. *Environ. Model. and Software*. 2015. 68. P. 1—26.
28. Rapid Integrated Assessment (RIA). To facilitate mainstreaming of SDGs into national and local plans. Version 10 may 2016. 86 p. 2017. URL: [http://www.undp.org/content/dam/undp/library/Sustainable%20Development/SDG%20Tools/Rapid\\_Integrated\\_Assessment\\_10May2017.pdf](http://www.undp.org/content/dam/undp/library/Sustainable%20Development/SDG%20Tools/Rapid_Integrated_Assessment_10May2017.pdf) (Last accessed: 21.01.2019).
29. Report: *Inter-Agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators, 49 session*, 2018. URL: <https://unstats.un.org/unsd/statcom/49th-session/documents/2018-2-SDG-IAEG-E.pdf> (Last accessed: 21.01.2019).
30. Scott G., Rajabifard A. Sustainable development and geo-spatial information: a strategic framework for integrating a

- global policy agenda into national geospatial capabilities. *Geo-spatial Inform. Sci.* 2017. 20, № 2. P. 59–76. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10095020.2017.1325594> (Last accessed: 21.01.2019).
31. Rio+20, The Future We Want. *United Nations Conf. on Sustainable Development*. Rio de Janeiro. 2012. URL: [https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.2161-1\\_english.pdf.pdf](https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.2161-1_english.pdf.pdf) (Last accessed: 21.01.2019).
  32. Shumilo L. et al. Use of Land Cover Maps as Indicators for Achieving Sustainable Development Goals. *IGARSS 2018—2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. IEEE, 2018. P. 830–833.
  33. Simmons A., Fellous J., Ramaswamy V., et al. Observation and integrated Earth-system science: A roadmap for 2016–2025. *Adv. Space Res.* 2016. 57, № 10. P. 2037–2103.
  34. The Nexus Approach. UNU-FLORES Nexus Observatory. URL: <https://flores.unu.edu/en/research/nexus> (Last accessed: 21.01.2019).
  35. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. *United Nations*, 2015. 41 p. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf> (Last accessed: 21.01.2019).
  36. United Nations Millennium Declaration. *Resolution 55/2 adopted by the General Assembly of Sep. 8, 2000*. 2000. URL: <http://www.un.org/millennium/declaration/ares552e.htm> (Last accessed: 21.01.2019).
- Стаття надійшла до редакції 21.01.2019*
- #### REFERENCES:
1. Analysis of the state strategic documents on taking into account adapted for Ukraine the goals of sustainable development till 2030. URL: <http://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/sustainable-development-report/sdg-goals-ua-govt-strategies-full.html> [in Ukrainian].
  2. Analysis of sustainable development: global and regional contexts. Ch. 2: Ukraine in indicators of sustainable development (2011–2012). Kyiv: NTUU «KPI», 2012. 232 p. [in Ukrainian].
  3. National report «Millennium Development Goals. Ukraine: 2000–2015». URL: [http://un.org.ua/images/stories/docs/2015\\_MDGs\\_Ukraine\\_Report\\_ukr.pdf](http://un.org.ua/images/stories/docs/2015_MDGs_Ukraine_Report_ukr.pdf) (Last accessed: 21.01.2019).
  4. National Report: «Sustainable Development Goals: Ukraine». Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. 2017. 176 p. URL: [http://menr.gov.ua/files/docs/Національна%20доповідь%20ЦСР%20України\\_липень%202017%20ukr.pdf](http://menr.gov.ua/files/docs/Національна%20доповідь%20ЦСР%20України_липень%202017%20ukr.pdf) [in Ukrainian].
  5. About approval of the National Target Program for the Development of Water Management and Environmental Recovery of the Dnipro River Basin until 2021: Law of Ukraine dated May 24, 2012 No. 4836-VI.. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4836-17> (Last accessed: 21.01.2019).
  6. About approval of the National Action Plan for combating land degradation and desertification: The CMU Decree dated March 30, 2016, No. 271-p . URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/271-2016-p> (Last accessed: 21.01.2019).
  7. About approval of the Regulation on the state system of environmental monitoring: Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 30, 1998, No. 391. Date of update: 10/18/2017. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п> (Last accessed: 21.01.2019).
  8. About National Security of Ukraine: Law of Ukraine dated June 21, 2018 No. 2469-VIII. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19> (Last accessed: 21.01.2019).
  9. About the Basic Principles (Strategies) of the State Environmental Policy of Ukraine for the Period till 2020: Law of Ukraine dated December 21, 2010 No. 2818-VI. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17> (Last accessed: 21.01.2019).
  10. About the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated June 8, 2012 «On the new edition of the Strategy of National Security of Ukraine»: Decree of the President of Ukraine dated 08.06.2012 № 389/2012. Date updated: 5/20/2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389/2012> (Last accessed: 21.01.2019).
  11. About the Strategy of Sustainable Development «Ukraine-2020»: Decree of the President of Ukraine dated January 12, 2015 No. 5/2015. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/5/2015> (Last accessed: 21.01.2019).
  12. The Strategy for Sustainable Development of Ukraine until 2030. Project 2017. URL: [http://www.ua.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP\\_Strategy\\_v06-optimized.pdf](http://www.ua.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf) (Last accessed: 21.01.2019).
  13. Yajlymov B. Ya., Lavreniuk M. S., Shelestov A. Yu., Koltij A. V., Yajlymova H. O., Fedorov O. P. (2018). Methods of essential variables determination for the Earth's surface state assessing. *Space Sci. and Technol.* 24(4). 24–37. doi: <https://doi.org/10.15407/knit2018.04.026> [in Ukrainian].
  14. Agenda 21. United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Rio de Janeiro, Brazil, 3-14 June 1992. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf> (Last accessed: 21.01.2019).
  15. Allouche J., Middleton C., Gyawali D. (2014). Nexus Nirvana or Nexus Nullity? A dynamic approach to security and sustainability in the water-energy-food nexus. STEPS Working Paper 63. Sussex, UK: Social, Technological and Environmental Pathways to Sustainability (STEPS) Center. URL: <https://steps-centre.org/wp-content/uploads/Water-and-the-Nexus.pdf>.
  16. Biggs E. M., et al. (2015). Sustainable Development and the Water-Energy-Food Nexus: A Perspective on

- Livelihoods. *Environ. Sci. and Policy J.*, 54, 389–397. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.002> (Last accessed: 21.01.2019).
17. Cape Town Global Action Plan for Sustainable Development Data. URL: <http://unstats.un.org/sdgs/hlg/Cape-Town-Global-Action-Plan> (Last accessed: 21.01.2019).
  18. Copernicus Climate Change Service (C3S). European Contribution to the Monitoring of Essential Climate Variables from Space. URL: <https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2017/17860-european-contribution-monitoring-essential-climate-variables-space.pdf> (Last accessed: 21.01.2019).
  19. Earth Observations in Support of the 2030 Agenda for Sustainable Development. URL: [http://www.earthobservations.org/documents/publications/201703\\_geo\\_eo\\_for\\_2030\\_agenda.pdf](http://www.earthobservations.org/documents/publications/201703_geo_eo_for_2030_agenda.pdf).
  20. Eftelioglu E., Jiang Z., Tang X., Shekhar S. (2017). The nexus of food, energy, and water resources: Visions and challenges in spatial computing. In *Advances in Geocomputation — Geocomputation 2015 - The 13th International Conference* (pp. 5–20). Heidelberg: Springer URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-22786-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-22786-3_2) (Last accessed: 21.01.2019).
  21. Hoff H. (2011). Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm. URL: <https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-Paper-Hoff-UnderstandingTheNexus-2011.pdf>.
  22. Johannesburg Declaration on Sustainable Development. The World Summit on Sustainable Development, Having met in Johannesburg, South Africa, from 26 August to 4 September 2002. URL: <http://www.un-documents.net/jburgdec.htm> (Last accessed: 21.01.2019).
  23. Kussul N., Kolotii A., Shelestov A., Yailymov B., Lavreniuk M. (2017). Land degradation estimation from global and national satellite based datasets within UN program. *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, 1, 383–386.
  24. Kussul N., Lavreniuk M., Shumilo L., Kolotii A. (2019). Assessment of Sustainable Development Goals Achieving with Use of NEXUS Approach in the Framework of GEOEssential ERA-PLANET Project. Chertov O., Mylovanov T., Kondratenko Y., Kacprzyk J., Kreinovich V., Stefanuk V. (Eds). *Recent Developments in Data Science and Intelligent Analysis of Information. ICDSIAI 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer, 836, 146–155.
  25. Land Degradation Neutrality. URL: <http://web.unep.org> (Last accessed: 21.01.2019).
  26. Land Degradation Neutrality. United Nations Convention to Combat Desertification. URL: <https://www.unccd.int/actions/achieving-land-degradation-neutrality> (Last accessed: 21.01.2019).
  27. Nativi S., Mazzetti P., Santoro M., Ochiai O. (2015). Big Data challenges in building the Global Earth Observation System of Systems. *Environ. Model. and Software*, 68, 1–26.
  28. Rapid Integrated Assessment (RIA). To facilitate mainstreaming of SDGs into national and local plans. Version 10 may 2016. 86 p. URL: [http://www.undp.org/content/dam/undp/library/Sustainable%20Development/SDG%20Tools/Rapid\\_Integrated\\_Assessment\\_10May2017.pdf](http://www.undp.org/content/dam/undp/library/Sustainable%20Development/SDG%20Tools/Rapid_Integrated_Assessment_10May2017.pdf) (Last accessed: 21.01.2019).
  29. Report of the Inter-Agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators, , 49 session, 6-9 March 2018. URL: <https://unstats.un.org/unsd/statcom/49th-session/documents/2018-2-SDG-IAEG-E.pdf> (Last accessed: 21.01.2019).
  30. Scott G., Rajabifard A. (2017). Sustainable development and geospatial information: a strategic framework for integrating a global policy agenda into national geospatial capabilities. *Geo-spatial Inform. Sci.*, 20 (2), 59–76. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10095020.2017.1325594> (Last accessed: 21.01.2019).
  31. Rio+20, The Future We Want. United Nations Conference on Sustainable Development. Rio de Janeiro, Brazil, 2012. URL: [https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216l-1\\_english.pdf.pdf](https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216l-1_english.pdf.pdf) (Last accessed: 21.01.2019).
  32. Shumilo L. et al. (2018). Use of Land Cover Maps as Indicators for Achieving Sustainable Development Goals. *IGARSS 2018—2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. IEEE, 830–833.
  33. Simmons A., Fellous J., Ramaswamy V., et al. (2016). Observation and integrated Earth-system science: A roadmap for 2016–2025. *Adv. Space Res.*, 57, No. 10, 2037–2103.
  34. The Nexus Approach. UNU-FLORES Nexus Observatory. URL: <https://flores.unu.edu/en/research/nexus> (Last accessed: 21.01.2019).
  35. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations, 2015. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf> (Last accessed: 21.01.2019).
  36. United Nations Millennium Declaration (2000). Resolution 55/2 adopted by the General Assembly of September 8, 2000. URL: <http://www.un.org/millennium/declaration/ares552e.htm> (Last accessed: 21.01.2019).

Received 21.01.2019

О. П. Федоров, Л. И. Самойленко,  
Л. Н. Колос, Л. В. Подгородецкая

Институт космических исследований Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины, Киев, Украина

#### ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ УКРАИНЫ

Рассмотрен ряд междисциплинарных проблем совместного использования спутниковых и наземных данных в задачах мониторинга целей устойчивого развития Украины. Эти проблемы рассматриваются в контексте присоединения Украины к Всемирной стратегии устойчивого развития и разработки соответствующей методологии. Анализ действующих нормативно-правовых документов показал, что они лишь частично соответствуют идеологии «Повестка дня-2030», причем наблюдается тенденция избегания индикаторов или других показателей, предусматривающих количественное оценивание, в частности с помощью дистанционных данных. Определен перечень национальных целей, задач и индикаторов, которые могут поддерживаться данными космических наблюдений, рассмотрен ряд методических вопросов гармоничного вхождения разрабатываемой украинской подсистемы в международные системы мониторинга целей устойчивого развития.

**Ключевые слова:** цели устойчивого развития, индикаторы, существенные переменные, спутниковые данные.

O. P. Fedorov, L. I. Samoilenko,  
L. M. Kolos, L. V. Pidgorodetska

Space Research Institute of the National Academy of Science of Ukraine and the National Space Agency of Ukraine, Kyiv, Ukraine

#### PROBLEMS OF USING SATELLITE DATA TO THE ASSESSMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS OF UKRAINE

A number of interdisciplinary problems of satellite and terrestrial data utilization in the assessing the goals of sustainable development of Ukraine are considered. These issues are considered in the context of Ukraine's accession to the World Strategy for Sustainable Development and the generation of an appropriate methodology. The analysis of the current legal documents showed that they only partly correspond to the ideology of the "Agenda-2030", and there is a tendency to avoid indicators that require quantitative assessment, in particular, with the help of satellite data. The list of national goals, tasks and indicators that can be supported by the data of space observations is determined, a number of methodological issues concerning the harmonious entry of the developed Ukrainian subsystem into international systems for monitoring the goals of sustainable development are considered.

**Keywords:** sustainable development goals, indicators, essential variables, satellite data.