

## **Інструкція з перерахунку географічних координат в матеріалах і документах геологічної галузі між системами координат Pulkovo42 та WGS84**

Ця Інструкція розроблена і вводиться в дію на виконання Рішення засідання Колегії Держгеонадр від 11 грудня 2020 року №2/1 з метою застосування уніфікованої технології перерахунку координат між системами Pulkovo42 і WGS84 та визначення величини площ ділянок при обробці даних про географічні координати в матеріалах і документах геологічної галузі. Інструкція орієнтована на спеціалістів, які володіють базовими навичками роботи з пакетами ArcGIS.

Для перерахунку координат і визначення площ використовується ліцензійне програмне забезпечення ArcGIS. Розробник геоінформаційної системи ArcGIS компанія ESRI гарантує відповідність точності технології перерахунку професійним та технічним стандартам галузі.

В галузі перетворень координат між системами Pulkovo42 і WGS84 український стандарт поки що відсутній, але є діючий стандарт США «WORLD GEODETIC SYSTEM 1984», який встановлює параметри перерахунку WGS84 із локальними системами координат, зокрема і з Pulkovo42 (додаток D.5) (Рис 1).

В російському стандарті ГОСТ 32453-2017 «Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек» наведені ключі переходу між WGS84 та системою ПЗ-90.11 (Рис.2), яка є модифікацією Pulkovo42 і може бути поширена на територію України.

Процедура перетворення координат в ArcGIS, описана в Інструкції, використовує згадані вище стандарти. Результати перерахунку між системами, одержані в ArcGIS були порівняні із результатами, одержаними за допомогою геодезичного калькулятора на сайті Держгеокадастру <https://dgm.gki.com.ua/ua/geodezichni-kalkuljator>, який перебуває в дослідній експлуатації. Різниця між результатами обрахунку склала 0,3 сек. (Близько 10м), що вкладається у рамки, окреслені діючими нормативними актами щодо спеціальних дозволів на користування надрами.

**Appendix D.5**  
Transformation Parameters  
Local Geodetic Datums to WGS 84

Continent: EUROPE													
Local Geodetic Datums		Reference Ellipsoids and Parameter Differences			No. of Satellite Stations Used	Transformation Parameters							
Name	Code	Name	$\Delta a(m)$	$\Delta f \times 10^4$		Cycle Number	Pub. Date	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$			
ROME 1940	MOD	International 1924	-251	-0.14192702	1	0	1987	-225 ±25	-65 ±25	9 ±25			
Sardinia													
S-42 (PULKOVO 1942)	SPK	Krassovsky 1940	-108	0.00480795	5	0	1993	28 ±2	-121 ±2	-77 ±2			
Hungary	SPK-A												
Poland	SPK-B									23 ±4	-124 ±2	-82 ±4	
Czechoslovakia*	SPK-C									26 ±3	-121 ±3	-78 ±2	
Latvia	SPK-D									24 ±2	-124 ±2	-82 ±2	
Kazakhstan	SPK-E									15 ±25	-130 ±25	-84 ±25	
Albania	SPK-F									24 ±3	-130 ±3	-92 ±3	
Romania	SPK-G									28 ±3	-121 ±5	-77 ±3	
Estonia	SPK-H							19	0	2012	22 ±2	-126 ±3	-85 ±3

Рис.1. Фрагмент стандарту США «WORLD GEODETIC SYSTEM 1984»

### Приложение Г (обязательное). Параметры преобразования между системой координат ПЗ-90.11 и системой координат WGS-84 (G1150)

Приложение Г  
(обязательное)

Г.1 Преобразование координат из системы координат WGS-84 (G1150) в систему координат ПЗ-90.11

$$\Delta x = -0,013 \text{ м; } \omega_x = -0,00230'';$$

$$\Delta y = +0,106 \text{ м; } \omega_y = +0,00354'';$$

$$\Delta z = +0,022 \text{ м; } \omega_z = -0,00421'';$$

$$m = (-0,008)10^{-6}.$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90.11}} = [1 + (-0,008)10^{-6}] \begin{bmatrix} 1 & -2,041066 \cdot 10^{-8} & -1,716240 \cdot 10^{-8} \\ +2,041066 \cdot 10^{-8} & 1 & -1,115071 \cdot 10^{-8} \\ +1,716240 \cdot 10^{-8} & +1,115071 \cdot 10^{-8} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{WGS-84(G1150)}} + \begin{bmatrix} -0,013 \\ +0,106 \\ +0,022 \end{bmatrix}$$

(Поправка. ИУС N 7-2019).

Рис.2. Фрагмент стандарту ГОСТ 32453-2017 «Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек».

У цій Інструкції наведені нижче терміни вживаються у таких значеннях:

- датум - геодезичний датум або геодезична система - це система для точного вимірювання місцезнаходжень на Землі чи іншому планетарному тілі. Датуми є вирішальними для будь-якої технології чи техніки, заснованої на просторовому розташуванні, включаючи геодезію, навігацію, зйомку, геоінформаційні системи, дистанційне зондування та картографію. З часів створення глобальної системи позиціонування (GPS) еліпсоїд і базова система даних WGS 84 замінили більшість подібних у багатьох сферах використання.
- GPS (Global Positioning System) - Система глобального позиціонування) — сукупність радіоелектронних засобів, що дозволяє визначати положення та швидкість руху об'єкта на поверхні Землі або в атмосфері. Положення об'єкта обчислюється завдяки використанню розміщеного на ньому GPS-приймача, який приймає та обробляє сигнали супутників космічного сегменту GPS-системи глобального позиціонування.
- ITRF2000 (International Terrestrial Reference Frame 2000) - Міжнародна земна референсна система на епоху 2000 року;
- Pulkovo42 , також відома як еліпсоїд Красовського 1940 або СК42 (геодезична), - це система координат, створена в Радянському Союзі в 1942 році і забезпечує параметри всіх наступних систем координат включно з ПЗ-90.
- UTM (Universal Transverse Mercator) - Система координат універсальної поперечної проекції Меркатора) конформаційна проекція, яка використовує двовимірну Декартову систему координат, щоб задати координати місцерозташування на поверхні Землі.
- WGS-84 (World Geodetic System 1984) Світова геодезична система, яка є стандартом для використання в картографії, геодезії та супутниковій навігації, включаючи GPS. Цей стандарт включає визначення основних та похідних констант системи координат, еліпсоїдної (нормальної) гравітаційної моделі Землі (EGM), опис асоційованої Світової магнітної моделі (WMM) та актуальний список перетворень даних із локальними системами координат.

Світова геодезична система координат WGS84 детально описана у стандарті:

[ftp://ftp.nga.mil/pub2/gandg/website/wgs84/NGA.STND.0036\\_1.0.0\\_WGS84.pdf](ftp://ftp.nga.mil/pub2/gandg/website/wgs84/NGA.STND.0036_1.0.0_WGS84.pdf)

### Перетворення координат

Трансформація між системами здійснюється не прямим перерахунком, а є результатом ітераційного підбору параметрів зміщення центру датума вздовж трьох взаємно перпендикулярних осей.

При наявності набору даних у Pulkovo42 для одержання копії набору даних з координатами WGS84 достатньо завантажити в ArcGIS шейп або шар об'єктів бази геоданих з власною системою координат Pulkovo42 у вікно даних з встановленою системою координат WGS84. Обов'язково використати трансформацію, вибравши із переліку **Pulkovo 1942 to WGS 1984** (Рис. 3). Після цього виконати експорт даних із вибором координатної системи «як у вікні карти» (Рис.4). Об'єкти в експортованому шейпі матимуть координати WGS84.

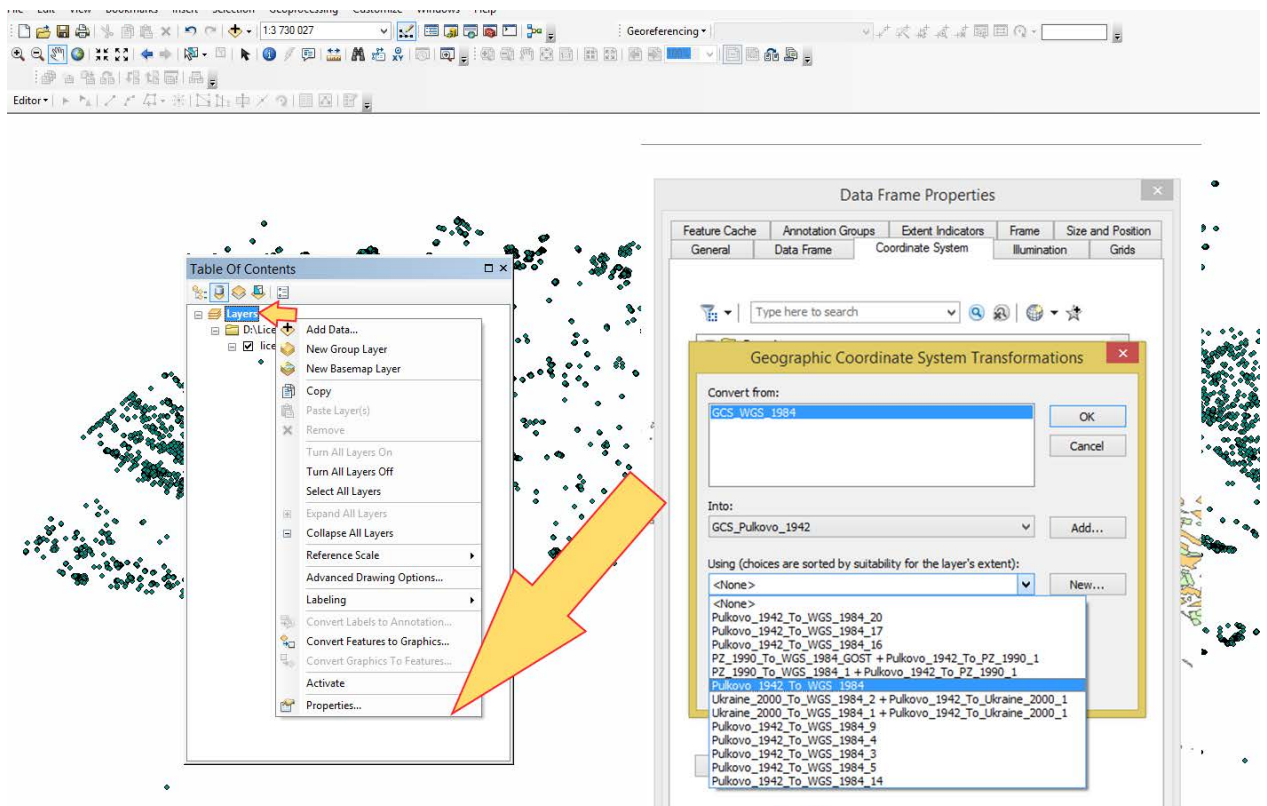


Рис. 3 Вибір трансформації проєкції.

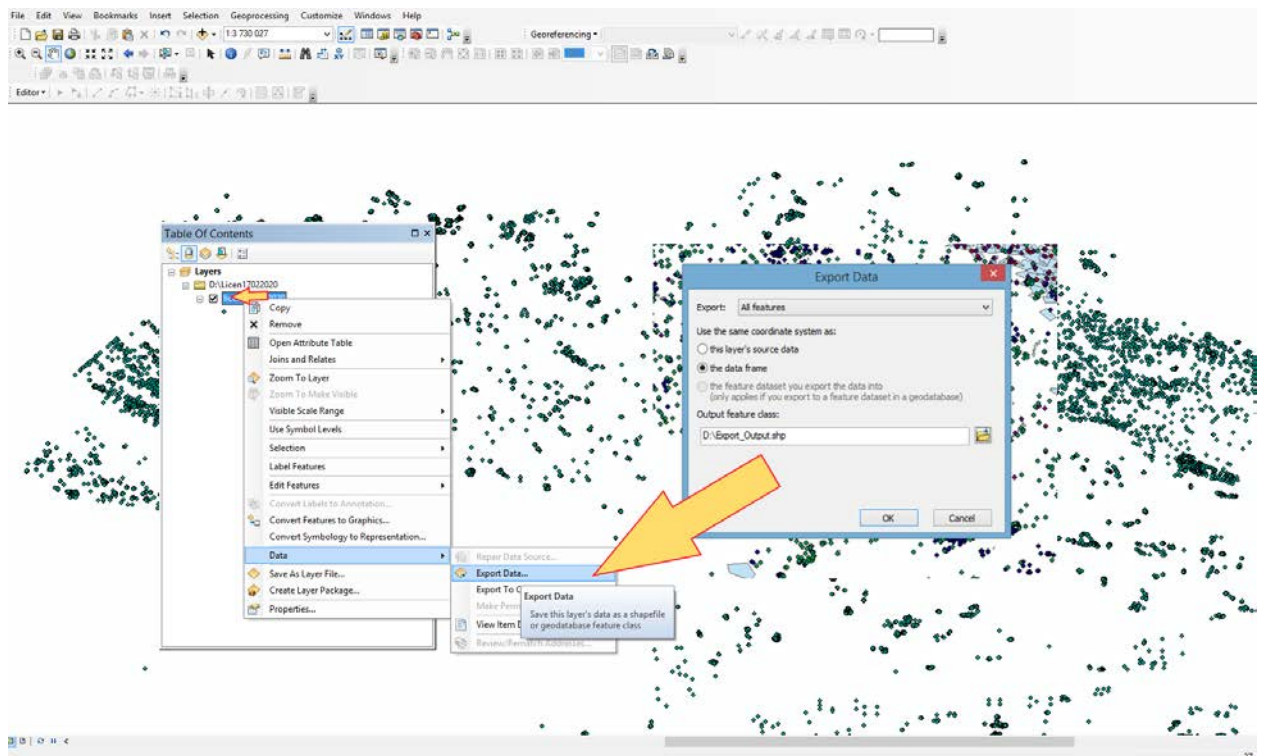


Рис.4 Експорт даних з координатною системою вікна карти.

Зворотна процедура виконується подібно. Шейп або набір з бази геоданих з системою WGS84 завантажуються у вікно з попередньо встановленою системою координат Pulkovo42 і використовується той же трансформаційний метод **Pulkovo 1942 to WGS 1984**, оскільки скрипт, який таким чином запускається, працює в обох напрямках. Після експорту буде створено шейп із системою координат Pulkovo42. З одержаних пар наборів даних можуть бути одержані координати двох систем, які відповідають об'єктам цих наборів. Для використання числових значень точок їх слід заокруглювати до сотих кутової секунди.

#### Визначення площ ділянок

Визначення площ ділянок виконується для полігональних об'єктів шейпів або баз геоданих, які мають систему координат WGS84. Шейп або шар бази геоданих завантажуються у вікно карти, яка має попередньо встановлену проекцію UTM на WGS 84 для північної півкулі із зоною, яка обирається залежно від розташування об'єкта. У списку проекцій це виглядає так (Рис.5):

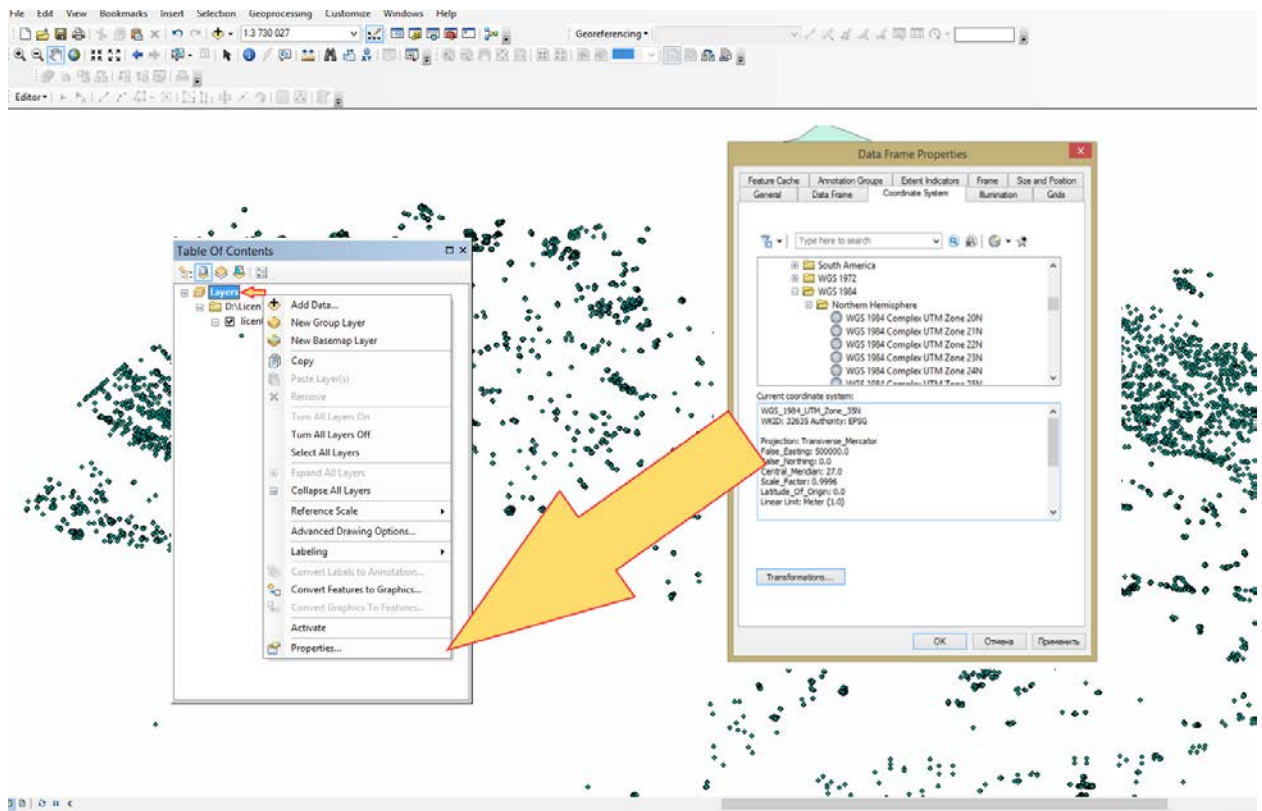


Рис. 5 Вибір системи координат вікна карти.

Вибір зони здійснюється виходячи із розташування об'єкта. Якщо довгота об'єкта не перевищує 24 градуси східної довготи, слід обирати зону 34, якщо довгота знаходиться в межах 24-30 градуси, слід обирати зону 35, для діапазону 30-36 – зону 36, для значень більше 36 - зону 37. У випадку, коли ділянка розташовується у двох зонах, слід обирати ту, в якій знаходиться більша її частина. Трансформацію з WGS84 до UTM використовувати не потрібно.

Для одержання значення площі слід додати до семантичної таблиці поле із типом даних Double і назвою, наприклад, Area (Рис.6):

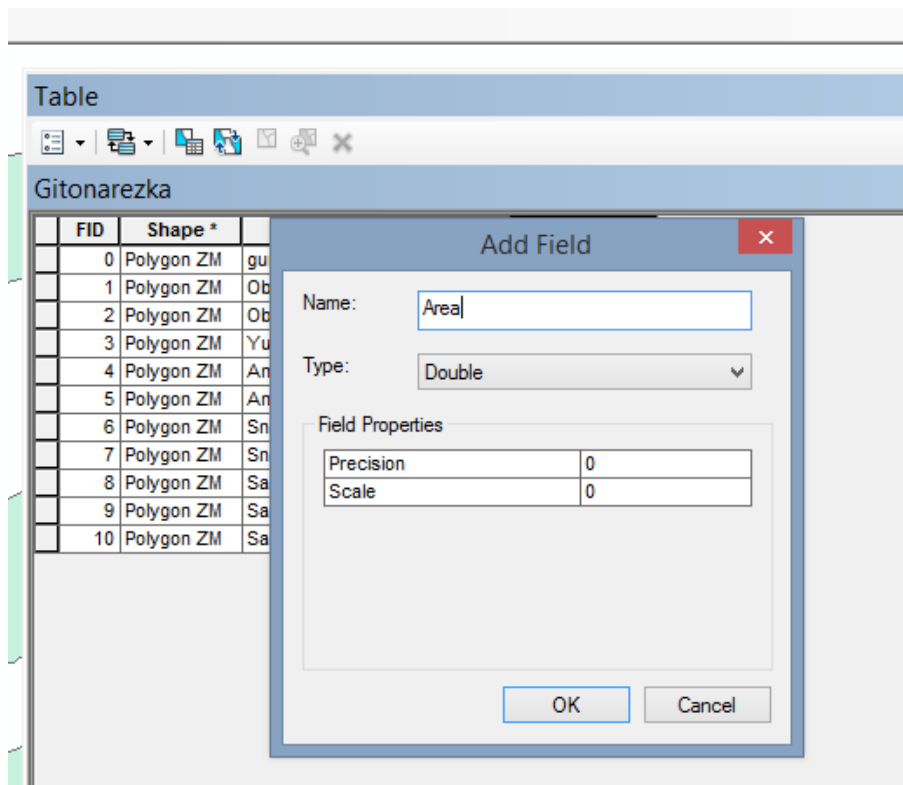


Рис. 6 Додавання поля до семантичної таблиці.

Далі обчислити площу через опцію Calculate geometry (Рис. 7). Слід обрати координатну систему як у вікні карти, а з випадаючого меню одиниці виміру. Для об'єктів з площею до 10 кв. км слід обирати гектари, а для об'єктів 10 кв. км і більше – відповідно квадратні кілометри.

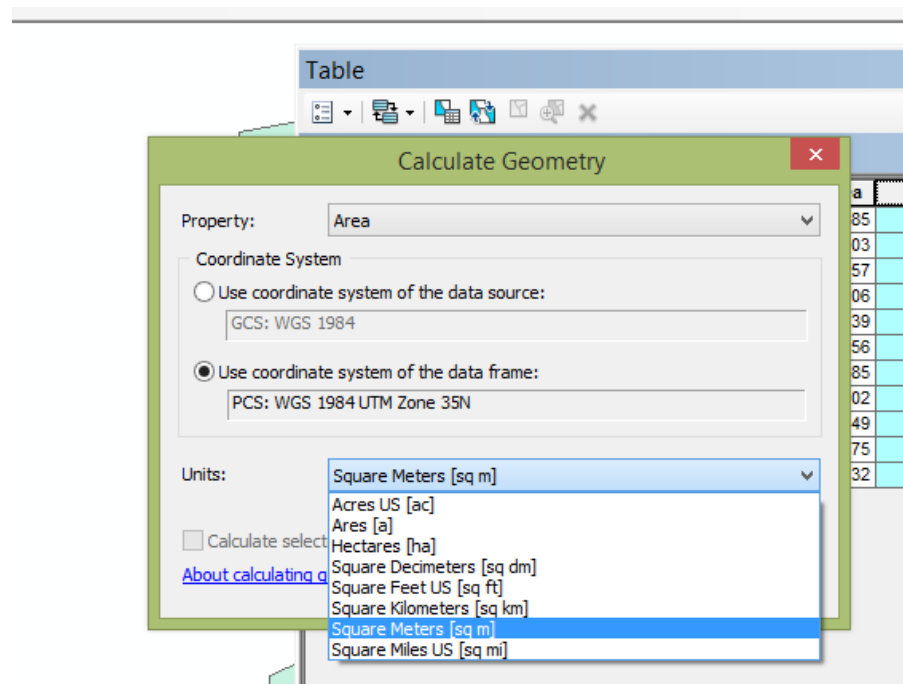


Рис. 7 Робота з опцією Calculate geometry.

Для подальшого використання результати обчислень слід округляти до 2 знаків після коми.