

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторної роботи**

**«ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРНИКОВОГО ЕФЕКТУ»**

з навчальної дисципліни «Екологія»

для студентів денної форми навчання усіх спеціальностей

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол №1 від 19.02.2026

Харків  
НТУ «ХП»  
2026

**Методичні вказівки** до виконання лабораторної роботи «Дослідження парникового ефекту» з навчальної дисципліни «Екологія» для студентів денної форми навчання усіх спеціальностей / уклад.: В. В. Березуцький, О. А. Максименко, Л.А. Васьковець – Харків : НТУ «ХПІ», 2026 – 18 с.

Укладачі : В.В. Березуцький

О.А. Максименко

Л.А. Васьковець

Рецензент Н.Є.Твердохлебова

Кафедра безпеки праці та навколишнього середовища

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРНИКОВОГО ЕФЕКТУ

**Мета роботи** – вивчити парниковий ефект та дослідити як протікає парниковий ефект над поверхнями темного та світлого ґрунтів.

### ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Вплив енергетичної промисловості на навколишнє середовище є значним, оскільки споживання енергії та природних ресурсів тісно пов'язані між собою. Виробництво, транспортування або споживання енергії впливають на навколишнє середовище.

Енергія використовувалася людьми протягом тисячоліть. Спочатку це було з використанням вогню для освітлення, тепла, приготування їжі та для безпеки, і його використання можна простежити щонайменше 1,9 мільйона років назад.

В останні роки спостерігається тенденція до збільшення комерціалізації різних відновлюваних джерел енергії. Науковий консенсус щодо деяких основних видів людської діяльності, які сприяють глобальному потеплінню, вважають збільшення концентрації парникових газів, що спричиняє ефект потепління.

На початку XXI століття людство опинилося на порозі найбільшої зміни клімату, яка викликана його діяльністю. Протягом останніх півтора століття концентрація парникових газів в атмосфері значно зросла, але природні чинники не мають настільки великого ефекту на процеси зміни клімату, як діяльність людини - енергетика та транспорт, а також будівлі, промисловість, сільське господарство, відходи та землекористування.

Це може призвести до потепління клімату, а значить – до підвищення рівня світового океану і різкої зміни погодних умов у всьому світі.

## 1. Механізм виникнення парникового ефекту

**Парниковий ефект** – явище в атмосфері Землі та інших планет, при якому енергія сонячних променів, відбиваючись від поверхні, не може повернутися у космос, оскільки затримується молекулами різних газів, що призводить до підвищення температури поверхні. Побутовим прикладом парникового ефекту може послужити нагрівання зсередини автомобіля, який стоїть на сонці із закритими вікнами (рис. 1).



Рисунок 1 – Парниковий ефект

У глобальному масштабі це явище зводиться до наступного. Світлова енергія проникає крізь атмосферу, поглинається поверхнею Землі, перетворюючись в її теплову енергію, і виділяється у вигляді інфрачервоного випромінювання. Проте парникові гази (вуглекислий газ та інші), на відміну від інших природних компонентів атмосфери, поглинають це випромінювання. При цьому вони нагріваються самі і, у свою чергу, нагрівають атмосферу в цілому. Отож, чим більше в ній парникових газів, тим більше інфрачервоного проміння буде поглинене атмосферним повітрям, тим тепліше воно стане.

Парниковий ефект як наукове явище відкрив французький фізик Жозеф Фур'є у 1824 році. Він першим припустив, що атмосфера Землі діє як скло в теплиці, утримуючи тепло. Пізніше, у 1856 році, цю теорію експериментально підтвердила американська дослідниця Юніс Фут, а у 1859 році – ірландський

фізик Джон Тіндаль, який пояснив роль газів у поглинанні інфрачервоного випромінювання.

Завдяки глобальному парниковому ефекту в атмосфері Землі накопичилася величезна енергія (рис. 2).



Рисунок 2 – Схема утворення глобального парникового ефекту

Процес накопичення стабілізувався тоді, коли кількість енергії, що втрачалася Землею за певний час у результаті випромінювання в космічний простір, точно компенсувалася енергією, яку вона отримувала за той же час за рахунок сонячної радіації. В такому стаціонарному стані як атмосфера, так і уся екосистема Землі перебувала приблизно до середини минулого століття. При цьому незмінна середня температура земної поверхні становила близько  $+15^{\circ}\text{C}$ . Підраховано, що за відсутності парникового ефекту середня температура земної поверхні не перевищувала  $-21^{\circ}\text{C}$ . Отже, парниковий ефект – не якесь шкідливе явище, а та головна умова, завдяки якій існує життя на Землі в його сучасних формах.

Температура і клімат, до якого ми звикли, забезпечуються концентрацією вуглекислого газу в атмосфері на рівні 0,03 %. При збільшенні концентрації, виникає тенденція до потепління клімату.

## 2. Причини парникового ефекту

Терміном «парникові гази» позначають вуглекислий і інші гази (метан, фторвуглеводні (фреони) і оксиди азоту), що поглинають інфрачервоне випромінювання і призводять до потепління клімату. Зміст газів у атмосфері Землі наведено на рис.3. Але на теперішній час вчені визначають тенденцію до збільшення вуглекислого газу та його вплив на глобальні кліматичні процеси.

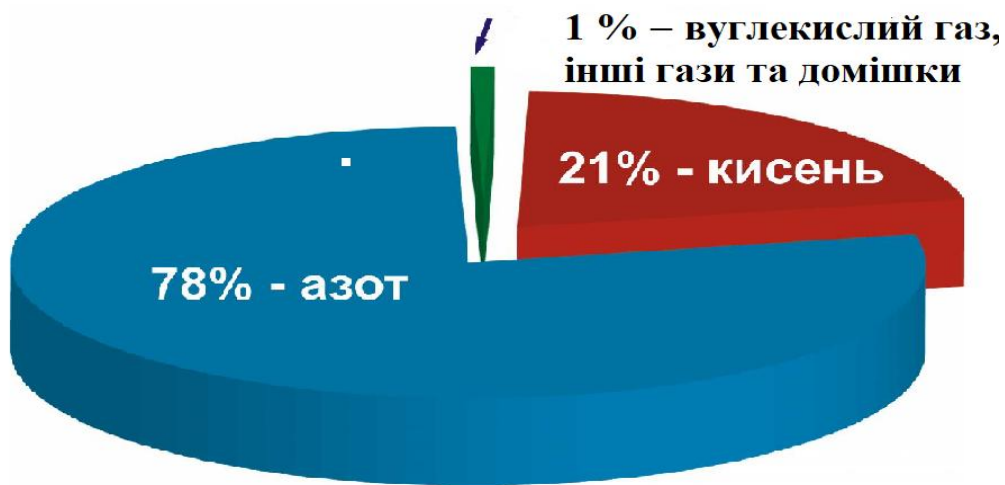


Рисунок 3 – Хімічний склад атмосферного повітря

У природній біосфері до початку науково - технічної революції, зміст вуглекислого газу в повітрі був на одному рівні, оскільки його надходження дорівнювало виділенню. Головними джерелами надходження  $\text{CO}_2$  в атмосферу є вулканічна діяльність, процеси гниття, дихання тварин, людей та їхня господарська діяльність. Кількість вуглекислого газу, яка потрапляла у атмосферне внаслідок процесів дихання та горіння, компенсувалася за рахунок фотосинтезу рослинами. В теперішній час в результаті вирубки лісів і використання викопного палива ця рівновага порушена.

Спалювання кожного кілограма вугілля, нафтопродуктів природного газу призводить до утворення приблизно трьох кілограмів, або  $6 \text{ м}^3$  вуглекислого газу (вага потроюється, оскільки кожний атом вуглецю палива в процесі

горіння і перетворення у вуглекислий газ приєднує два атоми кисню). Щороку спалюється близько 2 млрд. т викопного палива, отже, в атмосферу потрапляє майже 5,5 млрд. т вуглекислих газів. Ще приблизно 1,7 млрд. т їх потрапляє за рахунок вирубки і випалювання тропічних лісів і окислення органічної речовини ґрунту (гумусу).

В результаті концентрація вуглекислого газу в атмосфері, що складала на початку ХХ століття близько 0,029 %, до теперішнього часу досягла 0,035 %, тобто збільшилася на 20 %. Цей процес стає дедалі швидшим, оскільки зростає населення планети, спалює все більше палива і вирубує все більше лісів. Значно усугубляють проблему деякі інші гази, що викидаються в атмосферу, особливо метан, фторвуглеводні (фреони) і оксиди азоту. Оксиди азоту поглинають інфрачервоні промені у 50 – 100 разів інтенсивніше, ніж вуглекислий газ. І хоч їх в атмосфері небагато, на температурний режим планети вони впливають майже так само, як і  $\text{CO}_2$ .

Значний вклад у парниковий ефект вносять також фторвуглеводні (фреони), які широко використовуються в холодильній, парфумерній та інших галузях промисловості. Вони з'явилися в атмосфері, починаючи з 1930 року, й відтоді рівень їх постійно зростає. Важливо відмітити: незважаючи на відносно низьку їх концентрацію, молекули фреону в 16 тисяч разів ефективніше поглинають тепло, ніж вуглекислий газ.

### **3. Масштаби потепління і його можливі наслідки**

Глобальна середня температура поверхні зростає, що вказує на глобальне потепління. Вплив на потепління (так званий радіаційний вплив) парникових газів майже подвоївся за 40 років, причому вуглекислий газ і метан є домінуючими факторами глобального потепління. Набори даних про середню глобальну температуру поверхні, отримані від різних наукових організацій, показують прогрес і масштаби глобального потепління. Науковий консенсус щодо глобального потепління та зміни клімату полягає в тому, що це

спричинено антропогенними викидами парникових газів, більшість яких походить від спалювання викопного палива з вирубкою лісів та деякими сільськогосподарськими методами також є основними факторами. Дослідження 2013 року показало, що дві третини промислових викидів парникових газів пов'язані з виробництвом викопного палива (і цементу) лише дев'яноста компаній у всьому світі (між 1751 і 2010 роками, з половиною викидів з 1986 року).

Хоча заперечення зміни клімату широко розголошується, переважна більшість вчених, які працюють у галузі кліматології, визнають, що це спричинено діяльністю людини. У доповіді IPCC «Зміна клімату 2007: вплив зміни клімату, адаптація та вразливість» передбачає, що зміна клімату призведе до нестачі їжі та води та збільшить ризик повеней, які вплинуть на мільярди людей, особливо тих, хто живе в бідності.

Вплив на потепління (так званий радіаційний вплив) парникових газів майже подвоївся за 40 років, причому вуглекислий газ і метан є домінуючими факторами глобального потепління.

Якщо припустити, що існуючі тенденції і надалі будуть зберігатися, то до 2050 року концентрація вуглекислого газу в атмосфері подвоїться. Комп'ютерні моделі різних кліматичних параметрів показують, що це призведе до всесвітнього потепління атмосферного повітря на 1,5 – 4,5 °С. Ймовірно, воно буде більшим у полярних районах (до 10 °С).

На перший погляд, потепління здається помірним. Проте зростання оточуючої температури на 4,5 – 5,5 °С важче за її піки, що досягають 38 °С, може виявитися катастрофічним. Воно призведе до танення льодовиків та спричинить підняття рівня світового океану на 1,5 м. Це призведе до негативного впливу штормів, затоплення прибережних зон .

Різна температура на полюсах і екваторі – основна рушійна сила циркуляції атмосфери. Більш сильне потепління на полюсах призведе до її ослаблення. Це змінить картину циркуляції атмосфери, а значить, і розподіли опадів, в одних регіонах будуть засухи, в інших – повені. Особливого впливу,

за прогнозами, зазнають Канада і США. Кількість опадів там буде такою мізерною, що створиться пряма загроза сільському господарству.

До остатнього часу на небезпеку виникнення парникового ефекту звертали мало уваги, вважаючи цю проблему справою віддаленого майбутнього. Крім того, рік від року так сильно варіює погода, що нові кліматичні тенденції не дуже помітні. Тим не менш, регулярні спостереження за кліматом ведуться вже близько 100 років. За цей час 6 найжаркіших літ припали на останнє десятиріччя. В 1989 році А. Стронг з Національного управління з дослідження атмосфери і океану доповів, що в період з 1982 по 1988 роки світовий океан нагрівався приблизно на 0,1 °С в рік. Через свою колосальну теплоємність океан майже не реагує на випадкові кліматичні зміни. Проте факт потепління океану доводить серйозність проблеми.

Клімат в Україні також реагує на глобальні зміни теплового режиму та має стійку тенденцію до підвищення середньорічної температури повітря (за останнє півстоліття підвищилася на 0,5 °С). За збереження тенденції такого підвищення температури протягом нинішнього сторіччя матимемо різницю між середньою температурою 2000 і 2100 років 2 – 2,5 °С.

Наведені дані свідчать про те, що завдяки глобальному потеплінню, в Україні загалом пом'якшали зими, а весни стали більш ранніми і теплими. Вплив парникового ефекту на Україну: зменшення та перерозподіл по сезонах стоку рік, загальне зниження вологості ґрунтів та зменшення їх родючості, виснаження ресурсів прісної води в південних регіонах, деградація екологічних систем Чорного і Азовського морів та прибережних регіонів.

#### **4. Стратегія боротьби з парниковим ефектом**

Світова промисловість і транспорт настільки залежать від викопного палива, що в найближчому майбутньому надходження CO<sub>2</sub> в атмосферу неминуче. Одне з вимірювань парникових газів та інших зовнішніх порівнянь між джерелами енергії можна знайти в проєкті ExternE Інституту Пауля

Шеррера та Університету Штутгарта, який фінансується Європейською Комісією. Згідно з цим дослідженням гідроелектроенергія створює найменші викиди CO<sub>2</sub>, вітер виробляє другий найменший, ядерна енергія виробляє третій найменший, а сонячна фотоелектрична виробляє четвертий найменший. Подібним чином те саме дослідження (ExternE, Externalities of Energy), проведене з 1995 по 2005 рік, виявило, що вартість виробництва електроенергії з вугілля чи нафти подвоїться порівняно з поточною вартістю, а вартість виробництва електроенергії з газу зростає на 30% якщо взяти до уваги зовнішні витрати, такі як шкода навколишньому середовищу та здоров'ю людини через викиди твердих частинок у повітрі, оксидів азоту, хрому VI та арсену з цих джерел.

При спалюванні палива людство вивільняє тепло, яке розсіюється у просторі, змінюючи температурний режим середовища і динаміку процесів, що відбуваються в ньому. Великі втрати теплової енергії пов'язані з низькими коефіцієнтами корисної дії теплоелектростанцій (ТЕС) (25 – 35 % для парових турбін, 50 – 60 % для парогазових установок), теплоелектроцентралей (ТЕЦ) (50 – 60 %), двигунів внутрішнього згорання (25 – 30 % для бензинових двигунів, 40 – 45 % для дизельних), систем опалення житла та промислових приміщень (25 % для пічного, до 40 % для водяного і 80 – 90 % для повітряного опалення), недостатньою теплоізоляцією теплопроводів, низькими теплозахисними властивостями загороджувальних конструкцій будівель та ін. Це призводить до зміни температурного балансу середовища, що в свою чергу відбивається на погоді і навіть на кліматі в цілому, що особливо помітно в районах великих міст та промислових центрів, де перепад температури повітря в центрі та за околицею становить 2 – 4 °С, а на відстані декількох кілометрів становить 5 – 7 °С і більше. За останні 100 років людство збільшило в понад тисячу разів обсяги використання енергії. Внаслідок спалювання палива частка вуглекислого газу в атмосфері зросла на 25 – 30 %.

У дослідженні було підраховано, що ці зовнішні витрати на викопне паливо становлять до 1 - 2% від усього валового внутрішнього продукту (ВВП)

ЄС, і це було ще до того, як зовнішні витрати на глобальне потепління від цих джерел були навіть включені. Дослідження також показало, що вартість атомної енергії для навколишнього середовища та охорони здоров'я на одиницю поставленої енергії становила 0,0019 євро/кВт·год, що виявилось нижчим, ніж у багатьох відновлюваних джерел, включно з біомасою та фотоелектричними сонячними панелями. У тридцять разів нижча, ніж вугілля – 0,06 євро/кВт·год, або 6 центів/кВт·год, а джерелом енергії з найнижчими зовнішніми витратами на навколишнє середовище та здоров'я, пов'язаними з цим, є вітрова енергія з ціною 0,0009 євро/кВт·год.

Щороку у світі вирубується 13 млн га лісів, за останні 60 років понад 1 млрд. га лісів перетворено на сільськогосподарські угіддя. За останні 20 років лісистість планети зменшилась на 2 %. Вирубка лісів негативно впливає на клімат тому що при знищенні лісів вивільняється накопичений у біомасі вуглець, зменшується загальний обсяг фотосинтезу, що призводить до зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері. Додатково 1 - 2 млрд. т CO<sub>2</sub> надходить в атмосферу за рахунок спалювання лісів, головним чином тропічних. Ліси є критично важливими для стабілізації клімату, оскільки їхній фотосинтез безпосередньо протидіє зростанню парникових газів, утримуючи глобальну температуру від катастрофічного підвищення.

Зміст вуглекислого газу можна зменшити (декарбонізація) і досягти рівноважного стану атмосфери наступними діями:

1. Обмеження та скорочення споживання викопного вуглецевого палива (вугілля, нафта, газ);
2. Ширше використання неуглецевих і відновлювальних джерел енергії, використання екологічно чистого транспорту;
3. Підвищення ефективності споживання енергії, впровадження заходів з енергозбереження;
4. Лісовідновлення, а також запобігання лісових пожеж;
5. Зменшення забруднення довкілля, зокрема морів та океанів, де живе фітопланктон, який виробляє значну кількість кисню на планеті,

поглинаючи вуглекислий газ;

6. Розвиток преробки відходів;
7. Впровадження технологій уловлення вуглецю;
8. Розвиток нових екологічно чистих і низьковуглецевих технологій.

Постановою Кабінету Міністрів України від 4 квітня 2007 року № 612 було створено Національне агентство екологічних інвестицій України. Агентство є центральним органом виконавчої влади, діяльність якого спрямовується та координується через Міністра охорони навколишнього природного середовища України.

Одним з основних завдань Агентства є виконання вимог Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та впровадження механізмів Кіотського протоколу до неї, у тому числі в частині реалізації проектів, спрямованих на охорону навколишнього природного середовища. Кіотський протокол – міжнародна угода про обмеження викидів в атмосферу парникових газів. Головна мета угоди: стабілізувати рівень концентрації парникових газів в атмосфері на рівні, який не допускав би небезпечного антропогенного впливу на кліматичну систему планети. Рамкова конвенція ООН про зміну клімату була підписана у 1992 році, а у 1997 році – Кіотський протокол до неї.

Предметом Кіотського протоколу є обмеження та зниження викидів парникових газів усіма країнами, які його ратифікували. Хоча Конференція в Кіото проходила в досить напруженій атмосфері, її результатом стало ухвалення тексту Протоколу. Відповідно до цього документу 34 розвинуті країни світу, серед яких є й Україна, зобов'язані в середньому на 5,2 відсотка зменшити до 2030 року викиди парникових газів в атмосферу. Зокрема, США – на 7 %, країни Європейського Союзу – на 8%, Японії – на 6 %.

Україна, з огляду на об'єктивні труднощі, зобов'язана не перевищувати об'єм викидів парникових газів рівня 1990 року.

## Хід роботи

Для виконання роботи необхідно:

- зволожити ґрунт, що знаходиться в ємності (шар ґрунту 2-3 см);
- помістити в ємність термометр;
- накрити ємність кришкою;
- встановити лампу на відстані 20 – 30 см над ємністю так, щоб світло не падало на кульку термометра;
- записати початкові показання термометра;
- включити лампу (джерело теплового випромінення);
- записувати температуру кожні 5 хв. протягом 40 хв. у табл. 1.;
- побудувати графік залежності температури від часу;
- порівняти температурні криві темного і світлого ґрунту;
- результати вимірювань занести в таблицю;
- зробити висновок.

Таблиця 1 – Залежність температури повітря від часу

Час, хв.	Температура, °С	
	над світлим ґрунтом	над темним ґрунтом
0		
5		
10		
15		
20		
25		
30		
35		
40		

## Контрольні запитання

1. Опишіть механізм виникнення парникового ефекту.
2. Що таке парникові гази?
3. Наведіть приклади парникових газів.
4. Джерела вуглекислого газу.
5. Небезпека парникового ефекту у світі.
6. Небезпека парникового ефекту для України.
7. Поясніть відмінність температурних кривих темного і світлого ґрунтів.
8. Методи боротьби з парниковим ефектом.
9. Масштаби потепління.
10. Хто відкрив парниковий ефект?

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Березуцький В. В., Вамболь С. О. Теоретичні основи промислової екології: підручник. Харків: НТУ «ХПІ», 2025. 244 с.
2. Березуцький В. В., Васьковець Л.А., Древаль О. М. Екологія : навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», 2018. 420 с.
3. Вінклер І. А., Тевтуль Я. Ю. Екологічна безпека джерел енергії. Від традиційних до сучасних і перспективних: навч. посібник. Львів : Новий Світ, 2024. 280 с.
4. Дячок В. В., Венгер Л. О. Основи промислової екології: навч. посібник. Ч. 2 : Екологічна безпека атмосфери. Львів: Новий Світ, 2024. 200 с.
5. Гуделл Д. Палюче тепло вб'є нас найперше. Життя і смерть на розпеченій. Рівне : Бородатий Тамарин : Видавець Тетяна Кідрук, 2024. 368 с.
6. Соломенко Л. І., Боголюбов В. М., Волох А. М. Загальна екологія: підручник. 3-тє видання, стереотип., випр. і доп.- Одеса: Олді плюс, 2025.— 346 с.
7. Іванюта С.П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. (2020). Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналітична доповідь. Київ: НІСД. с. 110.
8. Wang, Fang; Harindintwali, Jean Damascene; Yuan, Zhizhang; Wang, Min; Wang, Faming; Li, Sheng; Yin, Zhigang; Huang, Lei; Fu, Yuhao (2021-11). Technologies and perspectives for achieving carbon neutrality. The Innovation. T. 2, № 4. Pp. 100 - 180.
9. Anderson, Thomas R.; Hawkins, Ed; Jones, Philip D. CO<sub>2</sub>, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. Endeavour. T. 40, № 3. с. 178 - 187.
10. Khojasteh, Danial; Haghani, Milad; Nicholls, Robert J.; Moftakhari, Hamed; Sadat-Noori, Mahmood; Mach, Katharine J.; Fagherazzi, Sergio; Vafeidis, Athanasios T.; Barbier, Edward. The evolving landscape of sea-level rise science

from 1990 to 2021. Communications Earth & Environment T. 4, № 1. Pp. 1 - 11.

11. Апостолов О. А., Артеменко І. Г. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки : монографія. Київ : Наук. думка, 2015. с. 257-275 .

## ЗМІСТ

Загальні положення .....	3
1. Механізм виникнення парникового ефекту .....	4
2. Причини парникового ефекту.....	6
3. Масштаби потепління і його можливі наслідки .....	7
4. Стратегія боротьби з парниковим ефектом .....	9
Хід роботи.....	13
Контрольні запитання .....	14
Список джерел інформації.....	15

Навчальне видання

Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи  
«Дослідження парникового ефекту»  
з навчальної дисципліни «Екологія»  
для студентів денної форми навчання усіх спеціальностей

Укладачі :

БЕРЕЗУЦЬКИЙ Вячеслав Володимирович

МАКСИМЕНКО Олена Аркадіївна

ВАСЬКОВЕЦЬ Людмила Антонівна

Відповідальний за випуск проф. Вамболь С.О.  
Роботу до видання рекомендувала проф. Мезенцева І.О.

В авторській редакції

План 2026 р., поз. 199

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 0,6.

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Електронне видання