

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**Забалуєв Сергій Вікторович**

УДК 631.48:631.618

ДИСЕРТАЦІЯ  
**ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ РОЗКРИВНИХ ҐІРСЬКИХ ПОРІД  
ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ ЗА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ  
РЕКУЛЬТИВАЦІЇ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика  
Сільськогосподарські науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата наук.  
Дисертація містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів  
мають посилання на відповідне джерело \_\_\_\_\_ С.В. Забалуєв

Науковий керівник **Балаєв Анатолій Джалілович**,  
доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН  
України, завідувач кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів  
ім. професора М.К. Шикули Національного університету  
біоресурсів і природокористування України,

Київ – 2021

## **АНОТАЦІЯ**

**Забалуєв С. В. Потенціал ґрунтоутворення розкритих гірських порід та його реалізація за сільськогосподарської рекультивації в умовах Південного Степу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.03 «Агроґрунтознавство і агрофізика». – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2021.**

У дисертаційній роботі на основі комплексного дослідження кліматичних, біотичних, літогенних і антропогенних чинників зроблено оцінювання ресурсів ґрунтоутворювального потенціалу розкритих гірських порід в різноякісних за літогенним складом конструкціях техноземів і ступінь його реалізації за тривалого сільськогосподарського використання рекультивованих земель в умовах південного Степу України. Проблема створення едафічних систем за рекультивації порушених земель без використання родючого шару гумусованої маси виникла через її дефіцит.

Виробництву пропонується використання розкритих потенційно родючих гірських порід для формування безгумусних моделей різноякісних за літологічним складом конструкцій техноземів. Наукове обґрунтування раціональних моделей техноземів базується на дослідженні ресурсів літогенного потенціалу ґрунтоутворення у розкритих гірських породах за їх дисперсністю, здатністю до гумусонакопичення, хіміко-мінералогічним складом, термодинамічними характеристиками, забезпеченістю біофільними елементами.

Дисперсність твердої фази субстратів гірських порід обумовлює сприятливість для реалізації потенціалу ґрунтогенезу з «нуль-моменту» біологічного освоєння, визначає властивості і режими новостворених едафічних систем. Дослідженнями доведено, що рівень реалізації цього потенціалу залежить від конкретних природно-кліматичних умов і визначається спроможністю біоти (фіто-, мікробо- і зооценозів) використовувати як едафічні ресурси техно-

земів (насамперед води, тепла, повітря), так і додаткові агротехнологічні ресурси (використання добрив, меліорантів, пестицидів, підбір рослин-фітомеліорантів, механічний обробіток і ін.).

За коефіцієнтом специфічності (відношенням певного показника досліджуваних субстратів до еталонного ґрунту) було визначено потенціали ґрунтогенезу за вмістом органічної речовини, дисперсністю і ємністю катіонного обміну та їх зміни у часі за сільськогосподарського використання. Встановлено, що найкраще потенціал гумусонакопичення реалізується сіро-зеленими мергелястими глинами: якщо на початку їх освоєння показник подібності до еталонного зонального ґрунту (коефіцієнт специфічності) складав лише 0,04, то вже через 45 років сільськогосподарського освоєння виявився на рівні 0,32 – 0,36, тобто, збільшився у 8 – 9 разів. За вмістом тонкодисперсних фракцій («фізичної глини») досліджувані субстрати не поступаються або навіть дещо перевищують показники зонального ґрунту. Сприятливість до прискореного ґрунтоутворення обумовлена й високими показниками ємності катіонного обміну, насамперед, у сіро-зелених мергелястих глин. Встановлено, що за тривалого сільськогосподарського використання ці чинники мають певну тенденцію до зростання.

Встановлено потенціал ґрунтогенезу субстратів за хіміко-мінералогічним складом і термодинамічними характеристиками. Показано, що вміст, склад і співвідношення вторинних (глинистих) мінералів є визначальними для реалізації потенціалу ґрунтоутворення. Оскільки мінеральна частина лесоподібних і червоно-бурих відкладів має континентальне походження, тому у тонкодисперсних фракціях переважають гідрослюди (38–66 %) і каолінит (27–36 %), а в сіро-зелених мергелястих глин морського походження більше міститься монтморилоніту (52–64 %), що й обумовлює їх кращий потенціал до гумусонакопичення.

За термодинамічними показниками мінерального складу досліджуваних гірських порід і зонального ґрунту проведено оцінювання їх реакційної спроможності до ґрунтоутворення. Розрахунки дозволяють стверджувати про

кращу реакційну спроможність гірських порід, у порівнянні із зональним ґрунтом, що обумовлює прискорення реалізації потенціалу ґрунтогенезу у техноземах, сформованих досліджуваними гірськими породами. За термодинамічними показниками і мінералогічним складом найвищий потенціал до ґрунтоутворення виявився у сіро-зелених мергелястих глинах.

Показано, що темпи реалізації біогенного потенціалу ґрунтогенезу визначаються кількістю і якістю фітомаси, яка надходить до ґрунту і є основним джерелом органічної речовини для трансформації у педогенний органічний Карбон. Процеси продукування і трансформації фітомаси сільськогосподарських культур в органічну речовину у перші десятиліття освоєння техноземів відбуваються досить швидкими темпами – від 0,48 до 0,81 т/га у середньому на рік залежно від едафічних характеристик техноземів та насиченості агросукцесій фітомеліоративними агроценозами. Важливу роль в реалізації літогенного потенціалу відіграють і специфічні обмежувальні чинники вегетації рослин, притаманні гірським породам.

Встановлено, що найбільший вплив на реалізацію потенціалу гумусонакопичення мають кількість і якість підземної фітомаси, а також мінералогічний, гранулометричний склад, засоленість і термодинамічні характеристики субстратів. Найвищі показники реалізації потенціалу гумусонакопичення зафіксовані в техноземах, сформованих з сіро-зелених мергелястих глин: середньорічна акумуляція гумусу в них склала 0,71-0,81 т/га.

Власні дослідження і узагальнення відомої інформації дозволили розробити концептуальну схему управління ґрунтогенезом техноземів з метою прискорення гумусонакопичення як інтегрального показника родючості техноземних ґрунтів за сільськогосподарського напряму використання рекультивованих земель.

**Ключові слова:** *рекультивація, техноземи, гірські породи, потенціал ґрунтоутворення, фітомеліорація, гумусонакопичення.*

## **ABSTRACT**

**Zabaluev S.V. Potential of soil genesis of lithogenic techno-soils and its realization during agricultural recultivation in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript. The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of agricultural sciences on a specialty 06.01.03 "Agrosoil science and agrophysics". – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2021.**

During the extraction of minerals in an open way, the soil cover with its inherent phyto-, zoo- and microbiocenoses is destroyed. Post-technogenic landscapes with specific relief elements are formed in the disturbed territories. Hydrogeological and hydrological regimes, meso- and microclimate are transformed. Therefore, the restoration of soil cover as a basic component of the landscape of post-technogenic territories is an urgent problem for mining regions. Ukraine produces about 5% of the world's mineral resources. In the Nikopol manganese basin more than 15,000 hectares of fertile chernozem soils have been destroyed by manganese ore mining.

Recultivation of disturbed lands allows to solve both ecological-biosphere and socio-economic issues, to improve the sanitary and hygienic conditions of post-technogenic territories, as well as to return the destroyed soil resources to agricultural production.

The purpose of our research is to estimate the resources of soil-forming potential of overburden rocks in high-quality lithogenic composition of man-made structures and its implementation for long-term agricultural use of recultivated land in the southern steppe of Ukraine. With a shortage of humus soil mass, it is possible to use potentially fertile overburden rocks for the formation of humus-free models of techno-earth structures of different lithological composition. Substantiation of rational models of technosoils involves the study of resources of the lithogenic potential of soil genesis in different substrates of overburden rocks by dispersion, ability to humus accumulation, chemical and mineralogical composition,

thermodynamic characteristics, biophilic elements.

The dispersion of the solid phase of rock substrates determines the favorable for the realization of the potential of soil genesis from the "zero moment" of biological development, determines the properties and modes of newly formed edaphic systems. The level of realization of this potential depends on specific natural and climatic conditions and is determined by the ability of phyto-, micro- and zoocenoses to use both edaphic resources of technosoils (primarily water, heat, air) and additional agro-technological resources (use of fertilizers, ameliorants, pesticides, selection of phytomeliorants, mechanical treatment, etc.).

According to the coefficient of specificity (the ratio of a certain indicator of the studied substrates to the reference soil), the potentials of soil genesis in terms of organic matter content, dispersion and cation exchange capacity were determined. It is established that the highest realization of humus accumulation potential is characterized by gray-green marl clays. If at the beginning of their development the specificity index was only 0.04, then after 45 years of agricultural development - 0.32 – 0.36, so it was increased by 8 – 9 times. In terms of the content of "physical clay", the studied substrates are not inferior or slightly higher than the zonal soil. Favorable to the accelerated soil genesis is caused also by high indicators of capacity of a cation exchange, first of all, at gray-green marl clays. It is established that during long-term agricultural use these factors tend to increase.

The potential of soil genesis of substrates by chemical-mineralogical composition and thermodynamic characteristics is established. It is shown that the content, composition and ratio of clay minerals are decisive for the realization of soil formation potential. The mineral part of forest-like and red-brown sediments is of continental origin, so hydromica (38–66%) and kaolinite (27–36%) predominate in fine fractions, and montmorillonite contains 52–64% more in gray-green marly clays of marine origin. Therefore, these clays have the best potential for humus accumulation.

According to the thermodynamic parameters of the mineral part of rocks and soils, their reactivity to soil formation was assessed. Calculations allow us to claim

a better reactivity of rocks in comparison with zonal soil, which causes the acceleration of the realization of the potential of soil genesis in the techno-soils formed by the studied rocks. In terms of thermodynamic parameters and mineralogical composition, the highest potential for soil formation was found in gray-green marl clays.

It is shown that the rate of realization of the biogenic potential of soil genesis is determined by the quantity and quality of phytomass that enters the soil and is the main source of organic matter for transformation into pedogenic organic carbon. The processes of production and transformation of phytomass of agricultural crops into organic matter in the first decades of development of technosoils are quite fast - from 0.48 to 0.81 t / ha on average per year, depending on the edaphic characteristics of soils and saturation of agrosuccesses phytomelioration.

***Key words:*** *reclamation, techno-soils, rocks, soil formation potential, phytomelioration, humus accumulation.*

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України:

1. **Забалуєв С. В.** Зміни стану органічної речовини рекультивованих ґрунтів за їх тривалого сільськогосподарського використання. Вісник аграрної науки. 2016. № 5. С. 68-71.

2. **Забалуєв С. В.**, Балаєв А. Д. Літологічна характеристика осадових гірських порід як передумова їх здатності до ґрунтоутворення. Біоресурси і природокористування. 2014. № 1-2. С. 45-49. *(Аналізи едафічних характеристик розкритих гірських порід, узагальнено отриману інформацію, підготовлено статтю до друку)*

3. Забалуєв В. О., Бабенко М. Г., Горячковський С. В., **Забалуєв С. В.**, Бучек П. В. Фітоіндикація початкових етапів ґрунтоутворення на рекультивованих землях Нікопольського марганцеворудного басейну. Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія „Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство”. 2012. № 4. С. 78-84. *(Участь у проведенні польових дослідів, аналізі і узагальненні отриманих даних).*

4. **Забалуєв С. В.** Балаєв А. Д., Забалуєв В. О. Потенціал ґрунтогенезу літогенних техноземів і його реалізація за сільськогосподарської рекультивації в умовах Південного Степу України. Аграрні інновації. 2020. Вип. 4. С. 23 – 28. *(Здобувачем проведено лабораторні і польові дослідження, розраховано ресурси потенціалів ґрунтоутворення, узагальнено результати).*

### Статті у наукових фахових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

5. Balayev J., **Zabaluyev S.** Humus accumulation in technozems with different lithological composition in south steppe of Ukraine. Annals of agrarian Science. 2015. Vol .13. No 4. S. 37–39. *(Польові і лабораторні дослідження, обрахунки даних щодо реалізації літогенного потенціалу різноякісними*



моделями техноземів. Підготовлено статтю до публікації з перекладом на англійську мову).

#### Тези доповідей:

6. Бабенко М. Г., **Забалуєв С. В.** Початкове ґрунтоутворення на літоземах в Степу України. Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання. Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів імені проф. М.К. Шикули, 29-30 травня 2012 року: тези доповіді. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Видавництво ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2012. С. 158 – 161. *(Здобувач прийняв участь у польових дослідках, аналізі наукових публікацій, узагальненні результатів дослідження).*

7. Балаєв А. Д., **Забалуєв С. В.**, Ткачук М. С., Корнейчук О. О. Зміни вмісту та енергопотенціалу органічної речовини в техноземах з різною літологічною основою за сільськогосподарського використання. Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства. II міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів, 19-20 квітня 2012 року: тези доповіді. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України. 2012. С. 18–19. *(Здобувач прийняв участь у польових дослідках і узагальненні результатів дослідження, виконав лабораторні аналізи).*

8. Зленко І. Б., **Забалуєв С. В.** Біологічна активність едафотопів техногенних ландшафтів. Відновлення біотичного потенціалу агроєкосистем. Друга Міжнародна науково-практична конференція, 9 жовтня 2015 року: тези доповіді. Дніпропетровськ: видавництво «Арбуз», 2015. С. 75 – 78. *(Здобувач прийняв участь у проведенні польових дослідів, відборі зразків ґрунту і виконанні лабораторних аналізів).*

## Розробка державних стандартів України:

9. ДСТУ 7906:2015. Захист довкілля. Придатність розкривних та вміщувальних гірських порід для біологічної рекультивації земель. Класифікація. Балаєв А. Д., Бережняк Є. М., Бучек П. В., Дітковська М. В., Єстеревська Л. В., Забалуєв В. О., **Забалуєв С. В.**, Козак В. М., Кравченко Ю. С., Момот Г. Ф., Піковська О. В., Смолка А. М., Тонха О. Л. К.: ДП «Укр. НДНЦ», 2016. 6 с. *(Здобувачем узагальнено власні дослідження і наукові публікації інших авторів, прийняв участь у підготовці матеріалів до видання).*

10. ДСТУ 7905:2015. Захист довкілля. Придатність порушених земель для рекультивації. Класифікація. Балаєв А. Д., Бучек П. В., Дітковська М. В., Забалуєв В. О., **Забалуєв С. В.**, Кравченко Ю. С., Лікар Я. О., Момот Г. Ф., Піковська О. В., Тонха О. Л. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 10 с. *(Здобувач прийняв участь в зборі і узагальненні літературних джерел).*

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, скорочень і тлумачень спеціальних термінів ...	14
ВСТУП .....	16
РОЗДІЛ 1. ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ ПРИРОДНИХ ЧИННИКІВ ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ В ТЕХНОЗЕМАХ РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	22
1.1. Рекультивація техногенно порушених земель та її значення у відновленні ґрунтових ресурсів.....	22
1.2. Розвиток і еволюція ґрунтів посттехногенних ландшафтів .....	27
1.3. Узагальнення наукових досліджень з сільськогосподарського використання рекультивованих земель. ....	31
1.4. Час як чинник ґрунтоутворення .....	33
1.5. Формування едафічних ресурсів і екологічних функцій у техногенних ґрунтах.....	37
1.6. Роль органічної речовини у формуванні молодих ґрунтів посттехногенних ландшафтів .....	42
1.7. Узагальнення інформації про ґрунтоутворювальний потенціал природних і антропогенних чинників .....	44
Висновки до Розділу 1 .....	49
РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТОУТВО- РЕННЯ ПОСТТЕХНОГЕННИХ ТЕРИТОРІЙ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ.....	50
2.1. Клімат .....	50
2.2. Геологічна будова .....	53
2.3. Геоморфологія .....	56
2.4. Рослинний і тваринний світ .....	59
2.5. Ґрунтовий покрив.....	60
Висновки до Розділу 2 .....	66
РОЗДІЛ 3. ОБ’ЄКТИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	68

3.1. Коротка характеристика науково-дослідного стаціонару з рекультивації порушених земель .....	68
3.2. Едафічна характеристика розкривних гірських порід як субстратів для формування техноземів .....	73
3.2.1. Гранулометричний склад .....	74
3.2.2. Хіміко-мінералогічний склад.....	75
3.2.3. Агрофізичні властивості субстратів гірських порід.....	87
3.2.4. Ресурси палеоорганічної речовини та макроелементів.....	91
3.2.5. Легкорозчинні солі та зміна їх вмісту в техноземах за тривалого сільськогосподарського використання .....	99
3.3. Едафічні чинники розкривних гірських порід, які обмежують реалізацію потенціалу ґрунтоутворення та можливості їх подолання .....	103
Висновки до Розділу 3 .....	104
РОЗДІЛ 4. ЛІТОГЕННИЙ ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ І ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ ЗА ТРИВАЛОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЗЕМІВ .....	106
4.1. Показник подібності гірських порід за дисперсністю твердої фази субстратів гірських порід .....	106
4.2. Потенціал ґрунтоутворення гірських порід за хіміко-мінералогічним складом і термодинамічними характеристиками. ....	109
4.3. Реалізація потенціалу забезпеченості техноземів біофільними елементами за тривалого сільськогосподарського використання .....	111
4.4. Едафічно-конструкційні можливості реалізації літогенного потенціалу ґрунтоутворення за рекультивації земель .....	114
Висновки до Розділу 4 .....	115
РОЗДІЛ 5. БІОГЕННИЙ ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ В ТЕХНОЗЕМАХ ЗА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ .....	117
5.1. Біогенний потенціал розкривних гірських порід.....	117

5.2. Реалізація біогенного потенціалу техноземів за їх сільськогосподарського використання .....	121
5.3. Надходження свіжої органічної речовини в техноземи і її значення в ґрунтоутворенні.....	126
5.4. Урожайність ячменю ярого залежно від зміни родючості техноземів за тривалого сільськогосподарського використання.....	127
5.5. Формування ґрунтового профілю у різноякісних за літологічним складом техноземах .....	129
5.5.1. Фітоіндикація профільної родючості різноякісних техноземів .....	131
5.5.2. Формування морфологічних ознак в техноземах за тривалого сільськогосподарського використання .....	140
Висновки до Розділу 5. ....	146
РОЗДІЛ 6. УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ В ТЕХНОЗЕМАХ ЗА ЇХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ .....	147
6.1. Можливість прискорення ґрунтоутворення в техноземах.....	149
6.2. Управління формуванням техногенного рельєфу .....	157
Висновки до Розділу 6 .....	160
ВИСНОВКИ.....	162
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ .....	165
ДОДАТКИ.....	191

## Перелік умовних позначень, скорочень і тлумачень спеціальних термінів

У дисертаційній роботі використані скорочення, умовні позначення, терміни і символи, які тлумачаться нами таким чином:

- **Рекультивація земель** (*Land recultivation*) – комплекс робіт, направлених на відновлення продуктивності і господарської цінності порушених земель, а також на поліпшення умов довкілля відповідно до потреб суспільства
- **НМРБ** – Нікопольський марганцеворудний басейн.
- **ОГЗК** – Орджонікідзевський гірничо-збагачувальний комбінат. Зараз – Покровський гірничо-збагачувальний комбінат (ПГЗК), м. Покров Дніпропетровської області.
- **ГМЗГ** – гумусована маса зонального ґрунту: ґрунтова маса верхніх генетичних горизонтів чорнозему звичайного або чорнозему південного з умістом гумусу не менше 2%.
- **ПРГП** – потенційно-родючі гірські породи:
- **ЛС** – лесоподібні суглинки: геологічні відклади гірської породи .
- **ЧБГС** – суміш червоно-бурих глин і суглинків.
- **СЗМГ** – сіро-зелені мергелясті глини.
- **Технозем** – цілеспрямовано сформована на технічному етапі рекультивації едафічна система (модель, конструкція) для цільового використання (сільськогосподарського, лісогосподарського, рекреаційного) з подальшим комплексом технологічних заходів запуску природніх регенераційних процесів і інтенсифікації посттехногенного ґрунтогенезу.
- **ТЛС** – технозем, сформований з лесоподібних суглинків.
- **ТЧБГС** – технозем, сформований з суміші червоно-бурих глин і суглинків.
- **ТСЗМГ** – технозем, сформований з сіро-зелених мергелястих глин.

- **Потенціал ґрунтоутворення** – здатність (можливість) природних чинників забезпечувати формування ґрунтових тіл і їх окремих властивостей з будь-якого твердофазного субстрату за певний проміжок часу.

- **ПГПЧ** – потенціал ґрунтоутворення природних чинників.

- **ЛПГ** – літогенний потенціал ґрунтоутворення.

- **Агросукцесія** – чергування агроценозів впродовж тривалого часу на постійній земельній ділянці.

- **БЗТС** – агроценоз з бобово-злакових багаторічних трав, компонентами якої є люцерна посівна, еспарцет піщаний, стоколос безостий і житняк вузькоколосий.

## ВСТУП

**Актуальність.** Забезпечення продовольством і збереження екологічно безпечного довкілля є основними викликами сучасності, вирішення яких потребує збереження й раціонального використання ґрунтових ресурсів. В Україні, яка займає лише 0,4 % території суші нашої планети і видобуває близько 5 % світового обсягу корисних копалин, ця проблема є надзвичайно актуальною. Лише в Нікопольському марганцевому басейні за видобутку марганцевої руди кар'єрним способом знищено понад 15 тис. га чорноземних ґрунтів. Окрім цього переміщується у відвали вся надрудна геологічна товща різноякісних гірських порід; знищуються фіто-, зоо- і мікробоценози; формуються посттехногенні ландшафти з не притаманними сучасній території елементами рельєфу; радикально змінюються гідрогеологічний і гідрологічний режими. Тому відновлення ґрунтових ресурсів є надзвичайно актуальною проблемою для гірничодобувних регіонів.

Біологічна рекультивація порушених земель вирішує еколого-біосферні й соціально-економічні проблеми посттехногенних територій, повертає для сільськогосподарського виробництва знищені ґрунтові ресурси. Теоретичні основи біологічної рекультивації техногенно порушених земель в Україні і світі започатковані дослідженнями А. І. Зражевського, В.В. Тарчевського, М. О. Бекаревича, М. Т. Масюка, І. Х. Узбека, І. П. Чабана, Л. В. Єстеревської, О.М. Бурикіна, С.С. Трофімова, А.Д. Гогатішвілі, Л.В. Моторіної, А. П. Травлеєва та ін. [24, 122, 123, 124, 176, 182, 74,75, 32, 33, 170, 171, 53, 168], поглиблені дослідженнями Г. О. Бондар, Е.Л. Додатко, В. М. Зверковського, М. Д. Горобця, В. П. Кабаненка, П. В. Волоха, Р. М. Панаса, В. І. Печенюка, В. О. Забалуєва, М. М. Харитонова, О. О. Мицика, В. В. Кулініча, Г. Ф. Момот, І. Б. Зленко, М. Г. Бабенка, О. О. Гаврюшенка та ін. [28, 68, 88, 61, 45, 142, 143, 83, 181, 134, 135, 89]. Завдяки їхнім зусиллям сформовано сучасне уявлення про родючість гірських порід, про раціональні моделі техноземів для сільсько- і лісгосподарського



використання, можливість управління процесами ґрунтоутворення на рекультивованих землях.

Сільськогосподарський напрям рекультивації передбачає на технічному етапі створення штучних ґрунтоподібних тіл – техноземів, різноякісність моделей і конструкцій яких обумовлюється геологічною специфікою родовища, еколого-економічними й інженерно-технічними можливостями, а також вимогами агроценозів до едафічного середовища. Тому дослідження потенціалу ґрунтоутворення природних чинників, можливості управління спрямованістю і прискоренням ґрунтоутворення в техноземах, сформованих із потенційно-родючих гірських порід без покриття їх гумусованим шаром ґрунтової маси, є ключовим актуальним питанням успішності біологічної рекультивації порушених земель.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана за планами науково-дослідних робіт кафедри ґрунтознавства і охорони ґрунтів ім. проф. М.К. Шикули НУБіП України: «Управління родючістю ґрунтів та продуктивністю сільськогосподарських культур за ресурсозберігаючих технологій. Завдання 1. Відтворення родючості ґрунтів за ресурсощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур» (№ДР 0112U002819, 2012 – 2014 рр.) і «Дослідження ефективності агротехнологічних засобів управління родючістю рекультивованих ґрунтів залежно від агроекологічних чинників» (№ ДР 0115U003409, 2014 – 2015 рр.).

**Мета і задачі дослідження.** *Метою* є оцінювання потенціалу ґрунтоутворення різноякісних за літогенним складом розкривних гірських порід і його реалізація в родючості техноземів і врожайності культур за тривалого сільськогосподарського використання рекультивованих земель в умовах південного Степу України. Для досягнення поставленої мети сформульовані такі *задачі*:

1. Визначити ресурси біокліматичного потенціалу ґрунтоутворення посттехногенних ландшафтів Нікопольського марганцеворудного басейну.

2. Дослідити едафічні ресурси основних розкривних гірських порід надрудної товщі марганцевих кар'єрів, на основі яких встановити їх літогенні потенціали ґрунтоутворення.

3. За показниками подібності зонального ґрунту й техноземів, сформованих: а) лесоподібними відкладами; б) технічною сумішкою червоно-бурих глин і суглинків; в) сіро-зеленими мергелястими глинами, встановити рівень і темпи реалізації природніх і антропогенних потенціалів ґрунтоутворення за їхнього сільськогосподарського використання залежно від часового чинника й насичення агросукцесій фітомеліоративними агроценозами.

4. Встановити ресурси органічної фітомаси, специфіку гумусоутворення й темпи гумусонакопичення в багаторічному польовому досліді з різним насиченням агросукцесій рослинами-фітомеліорантами залежно від літогенного потенціалу різноякісних техноземів.

5. Встановити динаміку зміни родючості техноземів з різною літогенною основою впродовж перших 45 років сільськогосподарського освоєння залежно від фітомеліоративної дії агросукцесій із різним насиченням багаторічними агроценозами.

6. На основі власних досліджень і узагальнення відомої наукової інформації розробити концептуальну схему управління ґрунтоутворенням у різноякісних за літологією техноземах за їхнього сільськогосподарського використання.

**Об'єкт дослідження** – реалізація потенціалу ґрунтоутворення природніх і антропогенних чинників в едафічних конструкціях техноземів, сформованих різноякісними субстратами потенційно родючих гірських порід за тривалого сільськогосподарського використання рекультивованих земель.

**Предмет дослідження** зміни показників родючості і ступінь реалізації ґрунтоутворювальних потенціалів у різноякісних за літологією моделях техноземів упродовж перших десятиліть сільськогосподарського використання рекультивованих земель.

**Методи дослідження.** Методологічною основою наших досліджень є вчення про чинники і процеси ґрунтоутворення [69, 149, 103], про ґрунтоутворювальний потенціал природних чинників [162, 190].

Для вирішення поставлених завдань застосовували такі методи: польового експерименту (для встановлення фітомеліоративної дії на техноземи); лабораторні (для визначення фізико-хімічних і агрохімічних характеристик техноземів); порівняльно-аналітичні; польової діагностики ґрунтів; інформаційно-логічного аналізу; варіаційної статистики; регресійний.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Одержані нові дані щодо первинного ґрунтоутворення в посттехногенних ландшафтах, темпів реалізації природних і антропогенних потенціалів ґрунтоутворення за тривалого сільськогосподарського використання техноземів різного літологічного складу, які дозволять більш ефективно вирішувати теоретичні і практичні проблеми рекультивації порушених земель.

**Уперше** визначено потенціали ґрунтоутворення: найбільш поширених осадових розкривних геологічних відкладів марганцевих кар'єрів (літогенний потенціал) у посттехногенних ландшафтах (геоморфологічний потенціал) та рівень їхньої реалізації в умовах південного Степу України (біокліматичний потенціал) у перші десятиліття (потенціал фактору часу) їхнього сільськогосподарського використання (агротехнологічний потенціал). Встановлені показники подібності зонального ґрунту й субстратів гірських порід та їхні зміни в часі залежно від застосованих агротехнологій.

**Удосконалено** методи управління реалізацією деяких природних і антропогенних потенціалів ґрунтоутворення за сільськогосподарського використання літогенних техноземів рекультивованих земель.

**Отримало** подальшого розвитку вчення про первинний ґрунтоутворення; про специфіку родючості гірських порід; про можливість успішного сільськогосподарського використання літогенних техноземів рекультивованих земель.

**Практичне значення одержаних результатів.** Матеріали досліджень можуть бути використані під час розробки проектів біологічної рекультивації техногенно порушених земель і їхньої практичної реалізації завдяки запропонованим заходам, а також технологічним прийомам, спрямованих на прискорене відновлення екологічних функцій техноземних ґрунтів. Виробничу перевірку результатів дослідження проведено на рекультивованих землях ПП «Агрофірма Катеринівська 1» Нікопольського району Дніпропетровської області на площі 167 га (Додаток А).

**Особистий внесок здобувача.** Здобувачем особисто проаналізовано й узагальнено наукові публікації за темою дисертації, проведені польові дослідження, виконані лабораторні аналізи, зроблено аналіз і узагальнення отриманих даних, сформульовані висновки, підготовлені рекомендації виробництву.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати та положення дисертаційного дослідження доповідались і обговорювались на: Всеукраїнській науково-практичній конференції науково-педагогічних працівників та аспірантів НДІ рослинництва і ґрунтознавства “Інноваційні технології в аграрному секторі України” (м. Київ, 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства” (м. Київ, 2012 р.); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 90-річчю заснування кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикuli “Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання” (м. Київ, 2012 р.), II Міжнародній конференції «Відновлення біотичного потенціалу агроєкосистем» (м. Дніпропетровськ, 2015 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 10 наукових праць, з яких 5 – статті у фахових виданнях, з яких одна стаття – у науковому фаховому виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз даних, 3 – тези доповідей, 2 – розробка ДСТУ.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, огляду літератури, характеристики природно-кліматичних умов та методики досліджень, трьох розділів з описанням результатів власних досліджень, висновків і рекомендацій, списку використаних джерел, додатків.

Основний зміст викладено на 185 сторінках тексту комп'ютерного набору, з яких 145 сторінок – основний текст. У роботі 27 таблиць і 7 малюнків. Список використаних джерел налічує 223 найменування, з них 32 – латиницею. Додатки викладено на 5 сторінках.

## РОЗДІЛ 1

### **ПОТЕНЦІАЛ ГРУНТОУТВОРЕННЯ ПРИРОДНИХ ЧИННИКІВ ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ В ТЕХНОЗЕМАХ РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)**

Вчення В.В. Докучаєва про ґрунти базується на науковому положенні про перетворення гірських порід у ґрунтове тіло [69]. За визначенням В.О. Таргульяна, ґрунтове тіло – це гетерогенна, багатофазна, полідисперсна, біокосна, ієрархічно-структурна система з великою різноманітністю механізмів гомеостазу і стійкості, яка має велику буферність саморегулюванням і компенсаційних підсистем (механічних, фізичних, хімічних, біологічних), які забезпечують поліфункціональність ґрунту в біосфері і екосистемі в цілому [161, 162].

Ґрунтовий покрив є складною багатокомпонентною відкритою системою безкінечно великої кількості первинних локальних ґрунтових різновидів, які акумулюють потенціальну енергію, вологу і поживні речовини, що забезпечує існування і відтворення живих організмів. Ґрунтовий покрив, як біоенергетична оболонка суші і як продукт взаємодії космосу, живої і мінеральної речовини, є акумулятором вільної (хімічної і теплової) енергії і завдяки цьому ґрунти мають унікальну здатність забезпечувати самовідтворення живої речовини [103].

#### **1.1. Рекультивація техногенно порушених земель та її значення у відновленні ґрунтових ресурсів**

Інтенсифікація промислового виробництва в усіх регіонах світу збільшує техногенний вплив на довкілля. Цей вплив різноманітний, його ступінь значна, а самовідновлення порушеної екологічної рівноваги відбувається досить повільно й не може задовольнити сучасні потреби суспільства. Видобуток

корисних копалин супроводжується корінною перебудовою всіх базових компонентів біогеоценозу, перш за все ґрунтів і рослинності. Особливо грандіозні масштаби техногенеза спостерігаються в гірничорудних регіонах, де формуються техногенні ландшафти. В сучасних умовах видобуток корисних копалин здійснюють переважно відкритим (кар'єрним) способом, за якого щорічно розкриваються, розпушуються і переміщаються трильйони тонн гірських порід і ґрунтової маси. При цьому значні земельні площі перетворюються в техногенні пустелі з повністю знищеним ґрунтовим і рослинним покриттями, радикально зміненою літологічною товщею, рельєфом, а також гідрогеологічним і гідрологічним режимом. Слід також зазначити, що негативні наслідки оточуючому середовищу таких «техногенних пустель» у десятки разів перевищують їх площу [147].

Отже, впродовж останнього сторіччя у світі спостерігається суттєве зменшення площ придатних для сільськогосподарського використання ґрунтових ресурсів. Причини цього різні. Однією з важливих причин є техногенне руйнування, знищення, псування ґрунтового покриття за видобутку корисних копалин. Це спостерігається насамперед у регіонах з великою концентрацією гірничовидобувної промисловості, до якого відноситься Придніпровський промисловий регіон, адже тут зосереджені величезні родовища різноманітних корисних копалин: залізної (Криворізький басейн) і марганцевої (Нікопольський басейн) руди, поліметалічних руд (Малишівське родовище), масштабний видобуток яких здійснюється відкритим способом. Наслідки такого впливу техногенезу виявляються у корінній зміні усіх базових компонентів біогеоценозів: ґрунтового і рослинного покриття, зоо- і мікробоценозу, геолітогенної основи, гідрогеології і гідрології посттехногенних ландшафтів.

Законом України „Про охорону земель” від 2003 р. визначено правові, економічні та соціальні основи охорони земель з метою забезпечення їх раціонального використання, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, збереження екологічних функцій ґрунтового покриття та охорони довкілля. Основ-

ними принципами державної політики України у сфері охорони земель є пріоритет екологічних інтересів суспільства у використанні земельних ресурсів над його економічними інтересами.

Необхідність оптимізації техногенно зміненого природного середовища зумовило виникнення нової науки – рекультивації порушених земель. Термін «рекультивація» вперше у світовій практиці був використаний у Німеччині на початку XX століття при проведенні масштабних робіт з відновлення земель, порушених гірничими розробками [114, 218].

Раціональні технології сільськогосподарської рекультивації передбачають створення на місці відпрацьованих кар'єрів штучного ґрунтового покриття з оптимальними параметрами фізичних властивостей і режиму живлення техноземних ґрунтів з метою виробництва продукції рослинництва [75, 113, 126, 155]. Головним критерієм якості виконання рекультиваційних робіт є створення штучних едафічних систем (техноземів), здатних виконувати головні ґрунтово-екологічні функції у сконструйованих (посттехногенних) ландшафтах [166, 123, 168].

В Україні перші результати наукових досліджень з відновлення техногенно порушених земель, а саме – озеленення териконів м. Донецьк були опубліковані у 50-х роках минулого століття А. Зражевським, М. Шалитом, Костомаровим [91, 186]. Перші польові дослідження з сільськогосподарськими культурами були закладені у 1962 році аспірантом М.Т. Масюком під науковим керівництвом професора М.О. Бекаревича на відпрацьованих відвалах Олександрівського марганцевого кар'єру Орджонікідзевського гірничо-збагачувального комбінату. У наступні роки дослідження були продовжені, розширені і поглиблені. Сформувалась дніпропетровська наукова школа з сільськогосподарської рекультивації земель, об'єктами якої стали техногенно порушені землі найбільших гірничорудних підприємств в різних регіонах Східної Європи, у т.ч.: Нікопольського марганцеворудного басейну (Орджонікідзевський гірничо-збагачувальний комбінат), Криворізького (Північний гірничо-збагачувальний комбінат) і Керченського (Камиш-Бурунський залізорудний комбінат)



басейнів, Донецькому кам'яновугільному басейні (Західний Донбас), Малишівському родовищі поліметалічних руд (Вільногірський гірничорудний комбінат), Курська магнітна аномалія (Губкінський гірничо-збагачувальний комбінат). Для цих підприємств були науково обґрунтовані технології раціонального господарського використання рекультивованих земель.

Роботи з рекультивації порушених земель проводяться і в інших регіонах нашої державі і за кордоном. В результаті багаторічних наукових досліджень в різних природно-кліматичних і соціально-економічних умовах розроблені наукові основи і теорія сільськогосподарського напрямку рекультивації, метою яких є наукове обґрунтування методів і технологій повернення у господарське використання порушених земель, створення нових едафічних систем і впровадження адаптованих до них систем землеробства з вираженням ґрунотворним ефектом [24, 25, 45, 61, 110, 124, 183, 176, 181, 133].

Аналіз значної кількості літературних джерел з питань сільськогосподарської рекультивації техногенно порушених земель дозволяє узагальнити інформацію і згрупувати її за такими категоріями:

1. Нормативно-правові документи, рекомендації, інструкції, методичні розробки, які урегульовують регламент проведення рекультиваційних робіт і раціонального використання рекультивованих земель на основі результатів теоретичних і практичних досліджень, в яких конкретизуються шляхи і методи відновлення порушених територій залежно від природно-кліматичних, соціально-економічних і санітарно-гігієнічних умов. В цих документах приводяться класифікації порушених земель, оцінка придатності гірських порід для біологічної рекультивації, інформація про якісний склад, агрохімічні і агрофізичні властивості розкритих порід, що складають тіло відвалів, інші характеристики і вимоги контролювання якості технологій рекультивації порушених територій.

2. Результати досліджень природного самозаростання техногенних субстратів і можливості регулювання природних сукцесій відновного процесу. Ці

публікації мають важливе природоохоронне значення головним чином для малонаселених територій, і сприяють запобіганню або значно послабленню шкідливого впливу порушених земель на прилеглі території. Аналіз антропогенної динаміки рослинності відображено в роботах В.В. Тарчевського, М.Т. Масьока, Г.О. Бондар, О.В. Жукова, У. Башуцької та ін. [120, 28, 164, 18].

3. Наукові публікації з технологій і методів сільськогосподарської рекультивації техногенно порушених земель. Значна кількість публікацій присвячена обґрунтуванню моделей і конструкцій техноземних ґрунтів для різних варіантів використання рекультивованих земель, а також штучному створенню продуктивних одно- і полікомпонентних багаторічних і однорічних агрофітоценозів. Узагальнюються дослідження ефективності окремих елементів агро-технологій – системи фітомеліоративних сівозмін, удобрення, обробітку ґрунту і інших прийомів.

4. Окрему категорію досліджень складають питання родючості техногенно створених ґрунтів у різних природно-кліматичних зонах нашої країни і зарубіжжя, які висвітлюється в численних публікаціях. Їх узагальнення дозволяє отримати інформацію щодо закономірностей і особливостей формування родючості залежно від природньо-кліматичних і антропо-технологічних чинників.

Здійснений аналіз літературних джерел засвідчив, що наукових досліджень і узагальнень загальнотеоретичного плану з рекультивації порушених земель порівняно мало. Теоретичні основи рекультивації, особливо біологічного етапу, поки ще недостатньо сформовані. Проведені дослідження у різних регіонах характеризують переважно емпіричний етап досліджень, який потребує осмислення і узагальнення для створення теорії рекультивації порушених земель.

Дослідження з раціональних способів і методів біологічної рекультивації проводяться з середини минулого століття. Дослідно-експериментальні роботи здійснюються у промислових масштабах. Узагальнення відомої наукової інформації дозволяє згрупувати на три основні групи усі процеси початкового

грунтоутворення, що формують ґрунти техногенних ландшафтів з гірських порід. Перше група – абіогенне перетворення твердої фази гірської материнської породи; до другої групи можна віднести педогенні зміни мінеральної частини, до третьої – біогенно-аккумулятивні процеси в техноземах.

## **1.2. Розвиток і еволюція ґрунтів посттехногенних ландшафтів**

Під поняттям «розвиток ґрунтів» розуміють процес формування ґрунтових властивостей, в тому числі й ресурсів ґрунтової родючості, під впливом факторів ґрунтоутворення. Термін «самовідновлення» ряд авторів вживає для визначення природного відновлення природного об'єкта без втручання людини [160, 161, 159, 162, 151, 153, 197, 200, 1].

Самовідновлення (регенерація) ґрунтів розпочинається з відновлення біотичної компоненти екосистеми (вторинних мікробо-, фіто- і зооценозів), що обумовлює біогенно-аккумулятивний процес з подальшою трансформацією органічної речовини в гумус. Антропо-техногенне руйнування, знищення, порушення, псування ґрунтового покриву на сучасному етапі розвитку суспільства стає широко розповсюдженим явищем, насамперед у гірничо-видобувних регіонах всього світу [205, 206, 208, 192, 198, 199, 202, 203].

Видобуток корисних копалин відкритим (кар'єрним) способом з розкриванням надрудної геологічної товщі призводить до глибоких змін функціонування компонентів сформованого геобіотичного комплексу на цих ділянках території. Відбувається повне руйнування ґрунтового покриву – верхні гумусовані шари знімаються технічними засобами, складаються і зберігаються для подальшого використання. При цьому знищуються фіто-, зоо- і мікробоценози. Розкривається, порушується, перемішується і переміщується у відвали вся надрудна геологічна товща різноманітного літогенного складу. Формується оновлена кора вивітрювання і нова поверхня посттехногенного ландшафту зі специфічними геоморфологічними формами рельєфу, гідрогеологічним і гідрологічним режимами і мікрокліматом [213].

На сьогодні сформувалось два сценарії регенерації біогеоценозів посттехногенних територій: природне самовідновлення і рекультивація порушених земель [210]. Природне самовідновлення знищених компонентів біогеоценозів відбувається з різним «характерним часом» (термін В.О. Таргульяна [160]). Відповідно до кліматичних ресурсів території найбільш швидко відновлюється мікробо-, фіто- і зооценотичні блоки вторинних екосистем. Для природного формування ґрунту з винесених на поверхню гірських порід потрібен значний проміжок часу залежно від продуктивності біоценозу, якісних едафічних характеристик субстратів материнських порід, геоморфологічних і інших чинників. Тому більш перспективним, на думку М.О. Бекаревича, М.Т. Масюка, Л.В. Єстеревської, С.С. Трофімова і ін., є цілеспрямоване формування конструкторів ґрунтоподібних тіл (моделей різноякісних техноземів) на технічному етапі рекультивації з подальшим комплексом агротехнологічних заходів для запуску природних регенераційних процесів і інтенсифікації посттехногенного ґрунтогенезу [20, 74, 137, 156, 171].

Еволюційної формою саморозвитку ґрунтів є ґрунтові сукцесії природних і природно-антропогенних ландшафтів, що визначаються динамікою розвитку ґрунтів, під якою С.С. Трофімов і ін. запропонували вважати сукупність всіх змін і процесів у ґрунтах під впливом як зовнішніх чинників, так і в результаті саморозвитку [172, 170].

Різновікові різноякісні за літологічним складом відвали створюють можливість дослідження закономірностей і особливостей початкових етапів ґрунтоутворення, що є надзвичайно важливим і в теоретичному плані. Найбільше робіт, що з'явилися за останній час, присвячені вивченню ґрунтоутворення в перші роки біологічного освоєння і значно менше – за більш тривалий час. Особлива увага в них приділяється накопиченню гумусу і його якісному складу з урахуванням стану рослинності, ємності катіонного обміну, гранулометричного складу, формування стійких агроценозів і мікробних угруповань, технологіям фітомеліорації. У цих роботах висвітлено і узагальнено закономі-

рності формування і розвитку ґрунтів посттехногенних ландшафтів з урахуванням природно-кліматичних особливостей і технологій видобутку корисних копалин.

Велику зацікавленість щодо вивчення проблеми еволюції, розвитку і саморозвитку ґрунтів виявляють і іноземні дослідники [169, 215, 216, 219, 204, 207, 208]. Широкого охоплення набули дослідження процесів ґрунтоутворення як за природного самовідновлення ґрунтів на відвально-кар'єрних ландшафтах, так і за цілеспрямованої біологічної рекультивації [154, 214]. Доведено, що природне самовідновлення ґрунтового покриву на відвалах проходить повільніше у порівнянні з цілеспрямованим комплексом рекультиваційних робіт. У проаналізованих наукових працях указується на досить швидкі зміни, що відбуваються в молодих ґрунтах за вказаний невеликий час ґрунтоутворення за умови, що гірські материнські породи не фітотоксичні. Проте ці зміни ще не суттєві, а молоді ґрунти ще далекі від періоду зрілості за усіма основними едафічними характеристиками.

Важливість дослідження початкових етапів ґрунтоутворення на рекультивованих землях обумовлюється ще й тим, що для розробки теоретичних питань еволюції ґрунтів ще недостатньо нових достовірних даних. На сьогодні вже встановлені географічні особливості і закономірності реалізації потенціалів ґрунто- та гумусоутворення, накопичено певні інформацію про біохімію процесів гуміфікації і гумусофіксації, доведена інтегральна роль гумусу у формуванні родючості ґрунтоподібних конструкцій посттехногенних ландшафтів [2, 171, 177, 6, 122, 129, 80, 195, 84, 220]. Недостатньо дослідженими залишаються процеси формування профільної родючості у техноземах з різною літологічною основою за сільськогосподарського використання рекультивованих земель в умовах степової зони України та можливості їх прискорення.

Отже, аналіз вивчення проблеми еволюції (розвитку і саморозвитку) ґрунтів засвідчив закономірну послідовність і причинні зв'язки ступенів реалізації

природніх і антропогенних потенціалів ґрунтоутворення. Між умовами і факторами ґрунтоутворення і процесами формування складу і властивостей в молодих ґрунтах також простежуються закономірні зв'язки.

В.О. Таргульяном було сформульовано поняття «універсальна суть педогенезу» як закономірна послідовність таких етапів ґрунтоутворення: контакт, взаємопроникнення і взаємодія чинників ґрунтоутворення; функціонування біоосної інситуї системи, розвиток мікропроцесів у товщі субстрату, виділення в ньому зони потенційного педогенезу; розвиток у зоні педогенезу елементарних ґрунтових процесів – утворення і накопичення ознак і властивостей ґрунту; диференціація ґрунтового профілю на генетичні горизонти як результат тривалого функціонування системи і дії ґрунтових процесів в усій зоні педогенезу; формування й існування зрілого ґрунтового профілю, що функціонує в зрілій екосистемі [162]. На відміну від біологічних процесів, ґрунтоутворення, як і більшість екзогенних і біоосних процесів, генетично не запрограмоване, тому не має специфічного апарату спадковості. На нього впливає специфіка і тривалість взаємодії лабільних і динамічних чинників (біота, антропогенез), а також дія більш консервативних чинників – клімату, материнських порід, рельєфу місцевості. Доведено, що ґрунти техногенних ландшафтів формуються під впливом як природніх, так і антропо-техногенних чинників ґрунтоутворення [131, 128, 130, 147, 157, 33, 7].

Наука має в своєму розпорядженні велику кількість даних про процеси гумусоутворення і гумусонакопичення у зональних непорушених ґрунтах за різних способів їх господарського використання. Однак ще недостатньо досліджена специфіка цих важливих процесів в посттехногенних ландшафтах (антропо-техногенний чинник) на різних едафічних субстратах (літогенний чинник), в різних природно-кліматичних зонах (клімагенний чинник) з урахуванням специфіки формування неоландшафтів (орогенний чинник), біоценотичних і антропо-технологічних умов (біоосний і антропо-технологічний чинник).

Важливою для розуміння ґрунтоутворення є інформація про вплив літогенного чинника на темпи і специфіку формування гумусового профілю молодих ґрунтів, про зональні особливості регенераційного ґрунтоутворення, про якісний склад гумусу молодих ґрунтів під впливом біокліматичного чинника [6, 217, 11, 63, 84, 80, 129, 11, 12, 148, 177].

### **1.3. Узагальнення наукових досліджень з сільськогосподарського використання рекультивованих земель.**

Сільськогосподарський напрямок біологічної рекультивації обумовлює створення продуктивних агроєкосистем інтенсивного використання (орні угіддя, сіножаті, пасовища, плодово-ягідні насадження), які пред'являють високі вимоги до виконання гірничо-технологічного етапу рекультивації (форма рельєфу, якість підстилаючих гірських порід та родючого шару ґрунту, товщина насипного шару ґрунту та ін.).

Перші польові досліді із сільськогосподарської рекультивації порушених земель у Степовій зоні України були розпочаті у 1962 році аспірантом кафедри ґрунтознавства Дніпропетровського сільськогосподарського інституту М.Т. Масюком під керівництвом професора М.О. Бекаревича. Об'єктами досліджень були порушені землі відпрацьованих відвалах марганцевих кар'єрів Орджонікідзевського ГЗК (Нікопольський марганцеворудний басейн), складених геологічними відкладами голоцен-олігоценового віку. Головним підсумком цих досліджень стало наукове відкриття – положення про специфічну родючість гірських порід. Було доведено, що осадові полімінеральні полідисперсні нефітотоксичні геологічні відклади голоцену, плейстоцену, пліоцену, міоцену та олігоцену можуть бути родючими субстратами по відношенню до певних еколого-трофічних груп рослин [22, 21]. Це положення обумовило можливість використання потенційно родючих гірських порід в сільському та лісовому господарствах як основи для нанесення родючого шару ґрунту або

створення продуктивних (переважно кормових) угідь безпосередньо на гірських породах без нанесення родючого шару ґрунту [19, 164, 183, 182, 61, 96, 133, 44, 112].

За понад півстолітній період було сформовано наукові основи виробництва продукції рослинництва на рекультивованих землях. Було визначено і обґрунтовано асортимент польових, плодово-ягідних, кормових, лікарських, декоративних і медоносних рослин, едафічно й ценотично пристосованих до специфічних умов штучних едафотопів. Виробництву запропоновані фітомеліоративні агросукцесії і сівозміни з ґрунтоутворювальним ефектом. Розроблено раціональну ресурсо- та енергозберігаючу технологію створення агрофітоценозів, адаптованих до специфічних умов штучних едафотопів з інтенсивною ґрунтоутворюючою здатністю та високою довговічною продуктивністю. Науково обґрунтований підбір екологічно і фітоценотично сумісних компонентів, адаптованих до специфічних умов рекультивованих земель, який дозволяє створювати складні багаторічні бобово-злакові агрофітоценози з тривалістю господарського використання не менше 5–7 років із середньорічною продуктивністю 33-64 ц/га надземної повітряно-сухої маси, економити на 2–4-му роках життя щорічно 60-90 кг/га азоту завдяки фітомеліорації та прижиттєвій азотопередачі від багаторічних бобових трав до злакових. Технологія створення й використання має ресурсо- і енергозберігаючий характер.

Узагальнення літературних джерел з цих питань дозволило встановити, що за результатами досліджень було встановлено обмежуючі чинники факторів життя рослин та можливість їх оптимізації, азональність техногенних територій та спрямованість ґрунтоутворювального процесу, визначено асортимент рослин для господарського використання в різних регіонах, особлива роль багаторічних бобових трав в біологізації гірських порід технології вирощування сільськогосподарських культур та їх окремі елементи.

При використанні розкритих гірських порід у якості едафічних продуктивних систем потрібна їх якісна оцінка. Перші спроби розробки оціночних критеріїв гірських порід для біологічної класифікації в колишньому СРСР



була розроблена для Підмосковного вугільного басейну [184]. У подальшому різноманітні класифікації були розроблені для основних промислових басейнів видобутку корисних копалин [58, 125, 76, 78, 110, 165, 167, 71, 201, 202].

#### **1.4. Час як чинник ґрунтоутворення**

У класичних працях В.В. Докучаєва час («вік ґрунту») є одним з п'яти чинників-ґрунтоутворювачів. Разом з тим, на думку багатьох дослідників, роль часу В.В. Докучаєвим була розкрита набагато менше порівняно з іншими чинниками. Б.Б. Полинов вважав час рівнозначним чинником ґрунтоутворення, однак деякі інші ґрунтознавці стверджували, що час – не матеріально-енергетична субстанція, адже не забезпечує ґрунт енергією і/або речовиною, тому пропонували, разом з простором, необхідною умовою і формою існування матерії взагалі і ґрунтів зокрема [144]. Не зважаючи на ці дискусії, значення цього чинника у комплексі факторів ґрунтоутворення, усі ґрунтознавці визнають змінність ґрунтів в часі і залежність формування властивостей від тривалості процесів ґрунтоутворення. Основними механізмами розвитку ґрунтів вважаються ритмічні зміни добових, сезонних, річних і вікових циклів. Оскільки за цей час ґрунти накопичують певні незворотні зміни, які приводять до певних якісних змін і розвитку ґрунту.

С.О. Захаров виділив три періоди в житті ґрунту: впродовж першого відбувається формування з материнської породи до набуття типової будови; другого – зміна вже сформованого ґрунту без зміни поєднання і характеру ґрунтоутворювачів; на третьому етапі відбуваються метаморфозні зміни у зв'язку із зміною ґрунтоутворювачів. Впродовж другого періоду окремо виділені стадії «дитинства», «молодості», «зрілості» і «старості» ґрунтів. На стадії "зрілості" ґрунт повинен відповідати притаманному на даній території ґрунтовому типу з найбільш повно вираженими типовими морфологічними ознаками і хімічними властивостями. Впродовж періоду «старіння ґрунту» спостерігається поступова деградація властивостей і складу відповідного типу. Це може бути забарвлення, структура, вміст гумусу, реакція середовища і т.п.). Формуються

нові властивості. Під поняттям "смерть" ґрунту С.О. Захаров розумів його перетворення у інший тип, а іноді навіть повне його зникнення, перетворення у матеріал для формування гірської породи або нових ґрунтів [87].

На сьогодні не сформовано однакової позиції у визначенні поняття «еволюція ґрунту». В.О. Таргульян пропонує вживати цей термін як зміну зрілих ґрунтів в часі при постійності інших факторів ґрунтоутворення [160]. Однак І.А. Соколов [152], В.А. Ковда і Б.Г. Розанов [103] під еволюцією ґрунту пропонують вважати будь-яку зміну ґрунтів у часі. І.П. Герасимов поняття «еволюція ґрунтів» пропонує тлумачити більш широко – як історико-геологічний процес прогресивної диференціації процесів ґрунтоутворення за геологічної еволюції всієї живої природи в тісному зв'язку із ускладненням природного середовища життя [51].

Не зважаючи на вищезначені розбіжності тлумачення і визначення понять «розвиток», «саморозвиток» і «еволюція» ґрунтів, провідними ґрунтознавцями стверджується, що впродовж розвитку молодого ґрунту зміни в ньому відбуваються більш швидкими темпами порівняно із змінами у зрілих ґрунтах за умови, що фактори ґрунтоутворення істотно не змінювалися. При зміні будь-якого чинника ґрунтоутворення зміни в ґрунтах знову прискорюються, однак, досягаючи нового рівня квазірівноваги – поступово сповільнюються і ґрунт переходить у новий стабільно рівноважний стан.

В.О. Таргульян [162] запропонував розрізняти в розвитку (саморозвитку) ґрунту такі стадії:

- нуль-момент експонування породи на денній поверхні і протоґрунтова стадія переважно абіогенного перетворення.
- передґрунтова стадія: біота вже є, але ґрунтовий профіль ще не відокремився, горизонтів немає.
- ефемерні стадії первинних і молодих ґрунтів, що розвиваються під первинними сукцесіями біоти; формування ґрунтових горизонтів, початок «росту» ґрунту в глибину.

- стадія ґрунту, що розвивається: випереджаючий розвиток біоценозу в екосистемі випереджає і обумовлює розвиток ґрунту; відбувається подальший ріст ґрунту в глибину і диференціація профілю на горизонти.

- факультативні стадії квазіклімакських метаморфоз ґрунту за принципом зворотного зв'язку з біотою; саморозвиток ґрунту, що запізнюється, на четвертій стадії настільки змінює середовище біоценозу, що він перебудовується і дає новий імпульс саморозвитку ґрунту; перебудова або подальший розвиток ґрунтового профілю.

- передклімаксна стадія асимптотичного уповільнення саморозвитку ґрунту: клімакський біоценоз майже замикає свої цикли; подальший ріст і диференціація профілю на генетичні горизонти у край незначні.

- термінальна стадія клімаксного (звичайно-зрілого) ґрунту в клімакській екосистемі: незворотні елементарні ґрунтові процеси закінчилися, зворотні – збалансовані.

При встановленні початкового моменту ґрунтоутворення В.О. Таргульян припускав, що на денну поверхню виходить щільна, масивно-кристалічна порода. У зв'язку з цим на доґрунтовій стадії відбуваються переважно абіогенні перетворення, а на передґрунтовій стадії профіль ґрунту ще не відокремився і генетичні горизонти ще не сформувались. На нашу думку, і на цих двох стадіях розвитку вже утворилися молоді ґрунти, хоча у них ще і не сформувався ґрунтовий профіль.

Виходячи з визначення ґрунту за В.В. Докучаєвим [69] як «...верхні або зовнішні шари гірських порід, природно змінені сумісною дією води, повітря і різного роду організмів як живих, так і мертвих», то як тільки ми будь-якими методами зможемо визначити такі зміни, ці об'єкти можуть називатись ґрунтом. Звичайно, такі ґрунти різко відрізняються від розвинутих, повнопрофільних, тому до них додають ще й уточнюючі визначення: слаборозвинені, юні, молоді, неповно-розвинені і т. д., але все таки ці утворення є ґрунтами.

Г. Йєнні запропонував класифікувати розвиток ґрунтів за ступенем зрілості на такі категорії: а) грубий, нерозвинений ґрунт; б) молодий ґрунт, що

слабо вивітрився; в) незрілий ґрунт, що помірно вивітрився; г) напівстиглий ґрунт, що значно вивітрився; д) зрілий ґрунт, що повністю вивітрився. Слід зазначити, що запропонована цим автором класифікація базується лише на якісних характеристиках ґрунтового тіла, однак у ній відсутні діагностичні критерії і чітке тлумачення таких понять, як «зрілий ґрунт» і «зрілий ґрунтовий профіль» [93].

Поняття «зрілий ґрунт» різні вчені тлумачать по-різному. За Г. Йенні, це ґрунт, у якому профіль розчленований на генетичні горизонти і знаходиться в квазірівноважному стані з навколишнім середовищем [93]. Ф. Дюшфор запропонував вживати поняття «клімаксний ґрунт», під яким розумів ґрунт із зрілим ґрунтовим профілем, який найбільш повно відображає дію факторів ґрунтоутворювачів [73]. За визначенням В. Ковди і Б. Розанова [146] зрілий ґрунт – це ґрунт, який досяг у своєму розвитку типової будови, повної диференціації і повного розвитку профілю відповідно до конкретного місцезнаходження.

На перших етапах розвитку ґрунту його властивості змінюються зі значною, зростаючою швидкістю. Однак при досягненні ґрунтом стадії зрілості і за збереження незмінності факторів ґрунтоутворення швидкість змін його властивостей помітно знижується.

Складність визначення стадій розвитку ґрунту полягає ще й у тому, що різні властивості ґрунту досягають рівноваги з навколишнім середовищем за неоднаковий час. Тому для визначення часу, необхідного для того, щоб ґрунтове тіло (або його певна ознака чи процес), що розвивається під впливом певної комбінації чинників середовища, прийшло у рівновагу або квазірівновагу з цими чинниками, А. Арманд, В. Таргульян запропонували термін «характерний час», який для зрілого ґрунтового профілю відповідає часу (періоду) його саморозвитку [9]. Однак точних відомостей про характерні часи ґрунтових властивостей поки що недостатньо. Найбільш надійні дані були отримані при вивченні ґрунтів, що утворюються на різних породах на історичних об'єктах, тобто на об'єктах з відомим датуванням (віком) їх утворення. Такими

об'єктами є стіни старих зруйнованих фортець і замків, споруди чи їх залишки з кам'яних плит, могильні надгробні плити старих кладовищ, кургани, виверження вулканічних порід з відомою датою вивержень, морські і річкові відкладення певного віку, днища осушених чи висохлих або спущених озер, різновікові ділянки після поступового відступу льодовиків, кар'єрні відвали, виїмки і залишкові траншеї відкритих розробок корисних копалин і ін.

Утворення ґрунтів вивчається і на інших об'єктах: днищах покинутих меліоративних водних каналів, у місцях виїмки гірських порід при будівництві, в лісах і лісових насадженнях на вивалах дерев, в дослідках з моделювання процесів ґрунтоутворення, на валах і траншеях, створених у військовий час.

А.А. Роде ототожнював просторові серії датованих різновікових ґрунтів з послідовними стадіями розвитку ґрунтів у часі [149]. О.М. Геннадієв [48] для виявлення впливу часу на формування ґрунтів використав метод порівняння ґрунтів різного віку з фоновими ґрунтами, тобто метод хронорядів, в якому моделями були ґрунти з відомим віком.

Отже, не зважаючи на великий інтерес до проблеми розвитку ґрунтів у часі, фактичних матеріалів, що характеризують цей процес, недостатньо. Враховуючи, що пізнання суті ґрунтогенезу багато в чому визначається пізнанням особливостей розвитку ґрунтів в часі, можна зробити висновок про кількісну обмеженість досліджень, що акцентують увагу на хронологічних аспектах ґрунтоутворення і обмеженості на якісно-інформаційному рівні.

### **1.5. Формування едафічних ресурсів і екологічних функцій у техногенних ґрунтах**

М.К. Шикула і О.Н. Другов [189] у результаті проведених досліджень на техногенно сформованих ґрунтах після відкритого видобутку вогнетривких глин в Донецькому вугільному басейні (поблизу м. Часов Яр), встановили, що швидкість накопичення гумусу залежить насамперед від мінералогічного складу субстрату, характеру рослинності і гідротермічних умов території. На

суглинисто-глинистих розкривних гірських породах з трав'янистою рослинністю швидкість гумусоутворення виявилась набагато вищою, ніж на піщаних субстратах.

О.М. Бурикін і Е.В. Засоріна відзначають, що вирощування багаторічних трав на техногенних землях Курської магнітної аномалії (Російська федерація) сприяє активізації ґрунтоутворення на рівні елементарних ґрунтових процесів, а отже, відбувається й збільшення вмісту валового вуглецю і нагромадження гумінових кислот, зв'язаних з кальцієм. Одночасно з ґрунтоутворення відбувається й формування рослинного покриву [33].

Представники дніпропетровської школи рекультивації земель (М.О. Бекаревич, М.Т. Масюк, М.Д. Горобець, В.О. Забалуєв та ін.) зазначають, що вирощування на свіжовідсипаних відвалах багаторічних трав, перш за все бобових, прискорює процес утворення і накопичення гумусу, що сприяє перетворенню техногенного субстрату гірських порід у молодий ґрунт [19, 61, 83].

О.Г. Тарікою, В.О. Забалуєвим було доведено, що вирощування бобово-злакової травосуміші на порушених ґрунтах, бідних азотом, сприяє створенню бази для нормального росту рослин, вимогливих до азоту і органічної речовини, за допомогою азотфіксуючої здатності рослин та корневих залишків у товщі субстрату [163, 82].

У дослідях, проведених А.Д. Гогатішвілі й В.Р. Коїнавою на рекультивованих землях Чіатурського родовища марганцю (Грузія), виявлено, що використання багаторічних трав при біологічному відновленні родючості техноземних ґрунтів сприяло покращенню фізико-хімічних та біологічних властивостей [53].

Л.Т. Крупська і О.В. Новікова відзначали більш високу швидкість ґрунтоутворювального процесу за вирощування бобово-злакової травосуміші, ніж при природному заростанні [109].

Отже, підсумовуючи аналітичний огляд з цього питання, встановлено, що вирощування культурних рослин на спланованих відвалах розкривних гір-

ських порід без покриття їх гумусованим родючим шаром ґрунтової маси вважається найбільш простою і досить широко вживаною технологією біологічної рекультивації земель.

При відновленні порушених ґрунтів техногенних ландшафтів ефективно використовується модель з вирощуванням плодових і ягідних культур, деяких видів деревних рослин на породах з малопотужним шаром гумусовмісного матеріалу, а іноді й без нього, безпосередньо на самій породі [64, 183, 88, 30].

На жаль, у більшості випадків, як у нашій країні, так і за кордоном, при рекультивації порушених земель питання про відновлення ґрунтових функцій майже не ставиться. Експериментальні та польові досліді, орієнтовані на розробку діагностики темпів відновлення в ґрунтах втрачених господарських та екологічних функцій, проводяться дослідниками Інституту ґрунтознавства і агрохімії Сибірського відділення РАН. При цьому відразу виявилися складні теоретичні і практичні проблеми. Зокрема, В.М. Курачов, В.О. Андроханов і інші дослідники вказують на особливості і специфіку діагностики формування ґрунтів техногенних ландшафтів, яка має суттєві відмінності від діагностики зональних непорушених ґрунтів. Діагностуються, головним чином, ознаки, які обумовлені накопиченням в техногенному субстраті органічного вуглецю, азоту, а також процеси їх перетворення [113, 6].

Швидкість накопичення органічної речовини на перших стадіях формування ґрунту є досить високою, особливо у верхній частині кореневмісного шару. У міру розвитку ґрунтоутворення і гумусоутворення темпи накопичення органічної речовини поступово сповільнюються [113].

За даними Г.І. Махоніної, вже через 15-20 років заростання відвалів швидкість накопичення вуглецю органічної речовини і азоту знижується, активно проходить процес перетворення органічної речовини в гумус. У підсумку швидкість ґрунтоутворення на відвалах наближається до швидкості процесів, що проходять на зональних ґрунтах [128].

Якісний склад органічної речовини є важливим показником спрямованості процесу ґрунтоутворення. С.А. Тарановим та ін., Г.І. Махоніною,

Ф.А. Фаткулінін було доведено, що склад гумусу молодих ґрунтів залежить від типу рослинності на техногенних ландшафтах. На характер процесу гумусоутворення впливає також речовинний склад порід, кількість в них кальцію, особливості гранулометричного складу, кислотність субстрату, характер рослинності і мікрофлори. При ґрунтоутворенні в трав'янистих співтовариствах у складі органічної речовини молодого ґрунту гумінові кислоти переважають над фульвокислотами. Ці особливості процесу гумусоутворення діагностують розвиток ґрунту за зональним типом ґрунтоутворення [156, 157, 178].

Питання накопичення та перетворення азоту в ґрунтах техногенних ландшафтів досліджували М.Т. Масюк, В.П. Кабаненко, І.Л. Клевенська та ін. [120, 102, 61]. Ними було встановлено, що накопичення азоту в ґрунтах залежить від багатьох факторів: температури, вологості, щільності субстрату та ін. Накопиченню азоту в молодому ґрунті сприяє посів бобових трав, здатних фіксувати атмосферний азот бульбочковими бактеріями, створювати сприятливе середовище для розвитку інших процесів ґрунтоутворення. При цьому на початковій стадії розвитку ґрунтів процес амоніфікації переважає над процесом нітрифікації. Процеси накопичення органічної речовини та азоту в ґрунтах техногенних ландшафтів відбуваються майже з однаковою швидкістю. Однак співвідношення азоту до вуглецю в молодих ґрунтах, як правило, є дещо ширшим порівняно із зональними ґрунтами.

Поведінка фосфору і калію в молодих ґрунтах техногенних ландшафтів головним чином обумовлюється їх умістом і формами в ґрунтоутворюючій породі [130, 81, 34].

Динаміка фізичних і водно-фізичних властивостей ґрунтів набуває, поряд з процесами гумусоутворення, провідного значення, оскільки визначає широкий комплекс необхідних умов життєзабезпечення фітоценозів. Основним показником фізичних і водно-фізичних властивостей виступає утворення ґрунтової структури. Проведеними дослідженнями було виявлено, що утворення агрономічно цінної структури в молодих ґрунтах відбувається досить



повільно, особливо якщо субстрат має легкий гранулометричний склад. Накопичення гумусу прискорює цей процес [46].

Таким чином, проведений аналіз літературних джерел з цієї проблеми показує, що при біологічній рекультивації техногенних ландшафтів основним практичним завданням рекультивації є створення комплексу умов, які забезпечують отримання корисної продукції і стимулювання ґрунтоутворення за допомогою активного перетворення властивостей і режимів вихідного субстрату, які зумовлюють набір і якість екологічних функцій ще не сформованого ґрунтового покриву [55, 223].

Різновікові різноякісні за літологічним складом відвали створюють можливість дослідження закономірностей і особливостей початкових етапів ґрунтоутворення, що є надзвичайно важливим і в теоретичному плані. Найбільше робіт, що з'явилися за останній час, присвячені вивченню ґрунтоутворення в перші роки біологічного освоєння і значно менше – за більш тривалий час [74, 112, 111, 110, 111, 80, 88, 89].

Особливу увагу в них приділяється визначенню накопичення гумусу і його складу з урахуванням стану рослинності, зміні ємності катіонного обміну, гранулометричному складу, формуванню стійких агроценозів і мікробних угруповань, фітомеліорації. Ці дослідження проводяться переважно в лісовій, лісостеповій і степовій зонах, за результатами яких виявлені і узагальнені закономірності розвитку молодих ґрунтів з урахуванням природно-кліматичних особливостей і агротехнологічних заходів.

Проблема ґрунтоутворення в техноземних ґрунтах широко вивчається в країнах світу з розвиненим гірничодобувним і гірничо-переробним комплексом. Досліджуються процеси ґрунтоутворення як за природного самовідновлення ґрунтового покриву, так і за цілеспрямованої біологічної рекультивації [197, 193, 194].

Багатьма авторами було доведено, що природне самовідновлення ґрунтового покриву в посттехногенних ландшафтах без втручання людини відбу-

вається досить повільно. Разом з тим, у проаналізованих наукових працях указується на досить швидкі зміни, що відбуваються в молодих ґрунтах за невеликий проміжок часу ґрунтоутворення за умови, що породи відвалів не містять фітотоксичних сполук. Проте ці зміни ще не суттєві, а молоді ґрунти ще далекі від зрілості за усіма основними властивостями. Також встановлено, що рівень природної родючості обумовлюється процесами ґрунтогенезу, які трансформують літогенний склад і властивості материнської породи у конкретні ґрунти. Разом з тим недостатньо дослідженими залишаються процеси формування профільної родючості у техноземах з різною літологічною основою за сільськогосподарського використання рекультивованих земель в умовах степової зони України та можливості їх прискорення.

Отже, аналіз вивчення проблеми еволюції ґрунтів засвідчив, що їх розвиток відбувається у закономірній послідовності і причинно-наслідкових зв'язках. Між умовами і факторами ґрунтоутворення та формуванням складу і властивостей ґрунтів також існують певні закономірності. Проведеними дослідженнями у різних природно-кліматичних зонах були встановлені географічні закономірності процесів ґрунтоутворення, досліджено біохімічні аспекти процесів гуміфікації і гумусофіксації органічної речовини в техноземних ґрунтах, доведена інтегральна роль гумусу у формуванні рівня родючості у техноземах з різноякісними літогенними конструкціями профілю.

#### **1.6. Роль органічної речовини у формуванні молодих ґрунтів постте- хногенних ландшафтів**

В.Р. Вільямс у рецензії на дисертацію П. Р. Сльозкіна стверджував: "З якого боку ми не розглядали б ґрунт: з точки зору його походження, його складу, його хімічних і фізичних властивостей і процесів, які в ньому відбуваються; чи будемо ми розглядати питання про родючість ґрунту або про вміст у ньому поживних речовин, або будемо обговорювати обробіток ґрунту, удо-

брення, осушення або зрошення – завжди виникає питання органічної речовини ґрунту як головного чинника, який визначає увесь його характер, його властивості, всю фізіологію ґрунту" [37].

Одним з основних показників спрямованості процесу ґрунтоутворення є динаміка гумусоутворення і гумусонакопичення в молодих ґрунтах, а також склад новоутвореного гумусу. Органічна речовина є обов'язковим і незамінним компонентом ґрунту. Основи вчення про гумус ґрунту було розроблено П.А. Костичевим, В.Р. Вільямсом, С.А. Ваксманом, І.В. Тюріним, М. М. Коновою, Л.М. Александровою, Д.С. Орловим, М.І. Лактіоновим та ін. [108, 37, 115, 116]. Подальшими дослідженнями Л.М. Александрової, А.Д. Балаєва, В.В. Дегтярьова, О.Л. Тонхи та ін. було розширено й поглиблено уявлення про значення гумусу як найціннішого компонента ґрунту, його роль [3, 13, 14, 65, 66, 67].

Посттехногенні відвали, складені різноманітними розкривними гірськими породами (як гетеро- так і гомогенного геологічного складу і віку) є зручним об'єктом для вивчення початкових етапів формування ґрунту з материнської породи, дозволяє вирішити певні теоретичні питання генетичного ґрунтознавства, можливість інтенсифікації ґрунтогенезу.

За твердженням багатьох дослідників, початковий ґрунтогенез на посттехногенних територіях (насамперед, відпрацьованих відвалах, складених розкривними гірськими породами) доцільно розглядати як початкові стадії формування ґрунтових тіл, що розвиваються на подібних ґрунтоутворюючих породах і притаманні для конкретних природно-кліматичних умов. При цьому важливими є дослідження щодо швидкості і спрямованості ґрунтогенезу в едафотопах, сформованих із потенційно-родючих гірських порід без покриття їх родючим шаром ґрунту. Пізнання суті початкових стадій педогенезу багато в чому обумовлюється дослідженням гумусоутворення і гумусонакопичення в часі [32, 33, 84, 84, 177, 148, 156].

Органічна речовина ґрунту відіграє ключову роль у стійкому функціону-

ванні наземних екосистем завдяки регуляторній, енергетичній, захисній і санітарно-гігієнічній функціям. Найбільш важливими агроекологічними функціями органічної речовини є безпосередній вплив на формування елементів ґрунтової родючості (поживний режим, структуроутворення, буферність до несприятливих впливів, здатність інактивувати токсичну дію полютантів і ін.) [105].

У ґрунтах органічна речовина представлена сукупністю живої біомаси і органічних залишків рослин, тварин і мікроорганізмів, продуктами їх метаболізму, а також новоутвореними специфічними гумусовими речовинами. В.А. Ковда акцентує увагу на те, що енергія органічної речовини ґрунтів є основним джерелом для життєдіяльності мікроорганізмів і безхребетних тварин, для здійснення різноманітних процесів ґрунтоутворення [105].

### **1.7. Узагальнення інформації про ґрунтоутворювальний потенціал природніх і антропогенних чинників**

Концепція ґрунтоутворювального потенціалу природніх чинників була започаткована Г. Йенні отримала подальший розвиток в роботах В.О. Таргульяна, А.Н. Геннадієва із співавторами, С.А. Шоби із співавторами і ін. [93, 48, 49, 161, 162, 191, 190]. Під ґрунтоутворювальним потенціалом природніх чинників вищезгаданими авторами запропоновано розуміти здатність (можливість) природніх чинників забезпечувати формування ґрунтових тіл і їх окремих властивостей з будь-якого твердофазного субстрату за певний проміжок часу. В.О. Таргульяном і І.А. Соколовим запропоновано різні підходи до інтерпретації концепції ґрунтоутворювального потенціалу природніх чинників: перший, інтегральний, ґрунтується на дослідженні дії всієї сукупності чинників, другий – диференційований, базується на аналізі потенціалів окремих чинників ґрунтоутворення [152, 153].

Грунтоутворювальні породи, виконуючи роль фундаменту і каркасу ґрунту, визначають їх гранулометричний, хімічний і мінералогічний склад ґрунтів, а також фізичні та фізико-механічні властивості, водно-повітряний, тепловий і поживний режими.

Відомо, що інтенсивність прояву літогенного чинника з часом змінюється. Ґрунти в процесі саморозвитку при стабільному стані чинників ґрунтоутворення проходять нескінченний ряд етапів, кожен з яких включає стадію порівняно швидкого саморозвитку (стадія становлення) і стадію порівняно повільного саморозвитку (стадія квазірівноважного стану з чинниками ґрунтоутворення, або клімакс). Саме клімаксні стадії зазвичай розглядаються як самостійні типи ґрунтів [152, 153].

На початкових фазах розвитку ґрунтів вплив літогенного чинника особливо великий. На нашу думку, це твердження справедливе для ґрунтоутворення на техногенно порушених ландшафтах зі свіжими формами рельєфу і різноманітними винесеними на денну поверхню гірськими породами, а також для спланованих рекультивованих поверхонь, де потенціал і спрямованість ґрунтоутворення визначається перш за все складом і властивостями порід, що з'явилися на поверхні.

Як зазначають І.А. Соколов і інші дослідники, на більш пізніх етапах розвитку властивості ґрунтів, що формуються в одній біокліматичній обстановці на різних породах, зближуються, але повної конвергенції в результаті ґрунтоутворення не відбувається. Це обумовлено різноякісними літогенними матрицями ґрунтоутворення, із-за яких не відбувається повного вирівнювання відмінностей між ґрунтами, пов'язаних з характером ґрунтоутворювальних порід [152, 93, 180, 12, 195].

Отже, ґрунтоутворювальні породи є одним з чинників ґрунтоутворення, без якого неможливий розвиток ґрунту і вплив якого на властивості ґрунтів в певних умовах може бути домінуючим. Специфіка прояву літогенного чинника ґрунтогенезу залежить від поєднання його з іншими природними чинниками. Особливо чітко взаємозв'язок між властивостями ґрунтів і характером

грунтоутворювальних порід проявляється на ранніх стадіях ґрунтоутворення. З віком цей зв'язок, що не втрачаючи повністю, стає менш очевидним.

Окрім гранулометричного складу, на властивості ґрунтів істотно впливає хімічний склад ґрунтоутворюючих порід, особливо ступінь їх карбонатності і засоленості. Карбонатність порід підтримує в ґрунті високий вміст кальцію, який коагулює органічні і мінеральні колоїди, запобігаючи їх міграцію. При цьому карбонатність порід не скрізь має однакове значення. Ґрунтоутворюючі породи складають матеріальну основу всякого ґрунту. Найбільш істотний вплив на ґрунтоутворення карбонати мають там, де географічні умови сприяють мобілізації кальцію, де карбонати нестійкі і піддаються вивітрюванню. Засоленість же порід найбільш проявляється, навпаки, в умовах посушливого клімату, де солі перерозподіляються в ґрунтовій (породній) товщі.

Видобуток корисних копалин відкритим способом призводить до повної деструкції не лише ландшафтів з притаманними йому базовими компонентами (ґрунтами, організмами, рельєфом), а й літогенної основи корінних гірських порід (геологічних відкладів) до глибини 100 – 400 м і глибше від сучасної поверхні.

Технології гірничих розробок передбачають зняття і переміщення за їх межі родючого гумусованого шару зональних ґрунтів, а пост техногенний ландшафт формується з субстратів розкритих гірських порід різного геологічного віку, різноякісного гранулометричного і хіміко-мінералогічного складу, а також різноманітних едафічних властивостей.

Незважаючи на значну зацікавленість щодо оцінки гумусового стану техноземів, дослідження з цього питання часто проводять без урахування особливостей взаємодії органічної речовини і літогенної основи.

Враховуючи, що понад 95% педогенної органічної речовини зв'язується з мінеральною частиною ґрунтів, виникає необхідність оцінювання літогенного потенціалу накопичення гумусу техноземами різноякісного складу субстратів. Тому це питання є одним із завдань нашої роботи.

Термін «літогенний потенціал гумусонакопичення» запропоновано вживати як показник здатності мінеральної частини ґрунту акумулювати максимально можливу кількість органічної речовини за найбільш сприятливих умов гумусонакопичення. Д. О. Соколовим [154] цей термін і його показник було використано для оцінки здатності до гумусонакопичення в техногенних елювіях відвалів кам'яновугільних кар'єрів в Кузбасі (Росія). Автором стверджується, що для оцінки літогенного потенціалу ґрунтоутворення важливо знати кількість і якість тонкодисперсних гранулометричних фракцій субстрату (ґрунту), з якими взаємодіють органічні сполуки, утворюючи органо-мінеральні комплекси. За диференційованого підходу виділяють ґрунтоутворювальний потенціал клімату, біоти, материнських порід рельєфу [191]. Стверджується, що реалізація ґрунтоутворювального потенціалу середовища відбувається протягом всього онтогенезу ґрунту і завершується в клімаксовому стані. Навіть якщо неможливо отримати повне уявлення про ґрунтоутворювальний потенціал середовища, то цілком можливо визначити ефективність його реалізації на кожному окремому етапі розвитку ґрунту.

Складність діагностики ґрунтоутворювального потенціалу природніх чинників багато в чому обумовлена просторово-часовою мінливістю дії чинників ґрунтогенезу. Ще В.В. Докучаєвим була висловлена гіпотеза, що в деяких випадках якийсь з чинників може відігравати більш суттєву роль, що інші трохи не применшує роль інших [69].

Г. Йенні підтвердив, що в конкретному ландшафті в певний проміжок часу ефективність чинників ґрунтогенезу є різною, і тому в конкретній просторово-часовій ситуації можна виділити найбільш значущий чинник. Він запропонував виділяти ґрунти, розвиток яких контролюється впливом одного провідного чиннику (кліма-, біо-, топо-, літо- і хронокатени ґрунтів) [93].

Ефективність дії чинників може змінюватись і в ході онтогенезу ґрунтів. Наприклад, вплив материнської породи на розвиток ґрунту є найбільшим на початковому етапі педогенезу і поступово знижується з віком ґрунту в міру посилення інших процесів ґрунтоутворення [29].

Роль біотичного чиннику, навпаки, зростає в процесі формування ґрунту за набуття ним функціональної стійкості і стабілізації продукційно-деструкційних процесів. Ґрунтоутворювальні можливості біоти визначаються типом біоценозу, який характеризується певним рівнем продуктивності і інтенсивності біологічного кругообігу.

Ґрунтоутворювальна здатність високоефективних агроєкосистем, в яких найбільш повно використовується матеріально-енергетичний потенціал середовища, обмежується зональними кліматичними умовами. Тому кліматичний чинник стає провідним. На думку О.Л. Александровського, клімат є основним чинником еволюції ґрунтів. Його вплив на ґрунт значною мірою опосередковується через інші компоненти геосистем, що розглядаються як чинники ґрунтоутворення (рельєф, рослинність, материнські породи), трансформуючись у ґрунтовий клімат [4]. Таким чином, діагностуючи ґрунтоутворювальний потенціал природніх чинників на різних етапах розвитку ґрунтів, необхідно завжди враховувати ресурсне забезпечення, конкретні умови функціонування і проміжок часу, протягом якого відбувається дія цих чинників.

С.А. Шоба зі співавторами виділяють чотири критерії реалізації ґрунтоутворювального потенціалу природніх чинників: мінералого-трансформаційний; профільно-горизонтний; органо-профільний і ємнісно-сорбційний [190].

Таким чином, за процесно-генетичного підходу оцінювання потенціалів ґрунтоутворення можливо здійснити при дослідженні процесу ґрунтоутворення в конкретних природно-кліматичних умовах.

В дослідженнях з рекультивації порушених земель для сільськогосподарського і лісгосподарського використання фіксуються зміни складу, режимів і властивостей техногенно створених едафічних систем різноманітних конструкцій. Узагальнення і ретельний аналіз впливу чинників ґрунтогенезу дозволяє визначити роль і ступінь реалізації їх ресурсного забезпечення.

Новим перспективним напрямом експериментальних і теоретичних досліджень є запровадження і оцінювання конструктивно-техноземного чинника



грунтогенезу, насамперед його ресурсно-енергетичне наповнення і можливість управління продукційною функцією (рівнем родючості).

### **Висновки до Розділу 1**

Проведений критичний аналіз літературних джерел з рекультивації порушених земель дозволив встановити загальні тенденції відтворення ґрунтових ресурсів, а також науково-методичні і теоретичні підходи досліджень раціональних способів і методів біологічної рекультивації. Встановлено, що дослідно-експериментальні роботи здійснюються практично у всіх техногенно напружених гірничодобувних регіонах.

Аналіз вивчення проблеми розвитку і саморозвитку ґрунтів засвідчив закономірну послідовність і причинні зв'язки ступенів реалізації природних і антропогенних потенціалів ґрунтоутворення. Показано, що між умовами і факторами ґрунтоутворення і процесами формування складу і властивостей в молодих ґрунтах також простежуються закономірні зв'язки.

Узагальнення і аналіз наукових публікацій дозволив згрупувати їх за напрямками і проблемами, що підлягають вирішенню. Показано, що не достатньо вивченими залишаються питання реалізації природних і антропогенних потенціалів ґрунтоутворення впродовж перших років біологічного освоєння і господарського використання рекультивованих земель.

Узагальнення відомої наукової інформації дозволило встановити невирішені, суперечливі чи недостатньо вивчені питання проблеми рекультивації техногенно порушених земель, вирішення яких потребує подальших досліджень, що й стало за мету і завдання нашої роботи.

## РОЗДІЛ 2

### ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ ПОСТТЕХНОГЕННИХ ТЕРИТОРІЙ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Швидкість і спрямованість фундаментальних біосферних процесів ґрунтоутворення значною мірою обумовлюються ресурсним потенціалом, який формується природно-кліматичними умовами на конкретній території. Для розуміння специфіки трансформації органічної речовини в ґрунтах необхідно також знати якісні і кількісні характеристики основного джерела органічної речовини – рослинності, а також едафічні умови субстратів-ґрунтоутворювачів (склад, властивості, режими).

У фізико-географічному відношенні територія Нікопольського марганцевого басейну розташована на межі північної і південної підзон Степу України в південній частині Українського кристалічного щита з боку Причорноморської низовини і має протяжність близько 250 км [10].

Промислові розробки марганцевої руди здійснюють в Нікопольському і Томаківському адміністративних районах Дніпропетровської області. Розвідані поклади марганцевої руди залягають на площі понад 43 тис. га, а відпрацьовані і техногенно порушені площі перевищують 18 тис. га [145].

#### 2.1. Клімат

Для характеристики кліматичних ресурсів використані багаторічні дані спостережень метеостанції м Нікополь і наявні літературні джерела. Клімат території досліджень помірно-континентальний з недостатнім і нестійким зволоженням, значними змінами погодних умов як протягом року, так і за роками [23, 56]. За даними метеостанції м. Нікополь (таблиця 2.1), середньорічна багаторічна температура повітря становить  $9,4^{\circ}\text{C}$  з коливаннями по рокам від  $7,7^{\circ}\text{C}$  до  $12,2^{\circ}\text{C}$ . Найнижча середньомісячна і абсолютна температури зафіксовані у січні (відповідно  $-7,3^{\circ}\text{C}$  і  $-34^{\circ}\text{C}$ ), а найвищі показники – у липні

(+22,5°C і +39°C). Сума річних температур вище +10°C становить 3100–3200°C, тривалість безморозного періоду – 160–190 днів, що цілком достатньо для вегетації традиційного асортименту сільськогосподарських культур Степової зони України. Період стійкого промерзання ґрунту триває з грудня до середини березня. Глибина промерзання в середньому складає 45-50 см, максимальні показники (115–120 см) зафіксовано у січні-лютому. Амплітуда зміни температури поверхні ґрунту впродовж року (різниця між найбільшим і найменшим показником) може сягати понад 100 °C.

Температура повітря в весняний період наростає швидко і до 20 квітня сягає +10°C, а з 10-15 травня розпочинається теплий період з температурами вище +15°C. До настання середньодобових температур понад +5°C в верхньому 20 см шарі ґрунту запаси продуктивної вологи зазвичай сягають 90–95% НВ, що достатньо для отримання дружних сходів сільськогосподарських культур. Середня багаторічна сума атмосферних опадів становить 448 мм з коливаннями від 317 до 626 мм. Протягом вегетаційного періоду випадає 240-290 мм опадів. Причому за останні 20 років спостерігається тенденція до зростання суми опадів. По місяцях опади розподіляються нерівномірно. Найбільша їх кількість випадає в травні-серпні, найменша – у лютому-березні (див. рисунки 2.1, 2.2). Несприятливими для землеробства умовами є періодичні посухи, суховії, нестабільність снігового покриву, утворення льодяної кірки та різкі коливання температури повітря в зимовий період.

Середньорічний коефіцієнт зволоження становить 0,65 з діапазоном коливань від 0,58 до 0,79. Характерною кліматичною особливістю є поєднання недостатнього зволоження з високими літніми температурами, що призводить до дефіциту вологи і зменшення продуктивності фітомаси як основного джерела для утворення органічної речовини ґрунту, а також обумовлює специфіку гумусоутворення і гумусонакопичення. Як видно з рис 2.2, з кінця червня по середину серпня спостерігається період дефіциту ґрунтового зволоження.

Таблиця 2.1

**Узагальнена кліматична характеристика території досліджень**  
(за даними [https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate\\_stations/113/17](https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/113/17))

Показники	Місяці												Річна
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Температура повітря, °C													
Середньомісячна	-4,1	-3	1,8	10	16	20	22	21	16	9,3	3,7	-0,7	9,4
Абсолютна мінімальна	-33	-34	-26	-9	-4	3	7	5	-5	-19	-23	-25	-34
Абс. максимальна	14	15	25	31	35	38	38	39	36	34	26	14	39
Сума опадів, мм													
Середня	43	35	29	37	44	48	46	42	28	29	38	46	465
Максимальна	69	105	45	77	114	88	100	112	87	93	114	131	605
Добова максимальна	24	21	19	41	45	62	69	57	42	33	34	30	69
Висота снігового покриву													
см	4	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2
Відносна вологість повітря													
%	86	85	81	66	61	61	58	59	64	76	85	87	72
Хмарність													
Бали	7,7	7,6	6,9	6,2	5,7	5,1	4,0	3,9	4,1	5,7	7,5	8,2	6,0
Випаровування з водної поверхні													
мм	—	—	25	50	109	142	167	159	109	59	16	—	836
Випаровування з поверхні суші													
мм	5	13	36	56	76	81	70	60	46	33	9	2	481

## Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Середня швидкість вітру													
м/сек	4,5	4,6	4,8	4,3	3,9	3,4	3,1	3,0	2,9	3,5	4,1	4,5	3,9
Число днів із швидкістю вітру > 15 м/с													
Днів	1,8	2,5	2,7	2,5	1,5	0,7	0,9	0,5	0,6	1,0	1,4	1,0	17, 1

Променева енергія Сонця є основним джерелом енергії усіх природних процесів. Тривалість сонячного сяяння на території наших досліджень має добре виражений річний хід, що обумовлений змінами тривалості дня і кількості сонячних днів, а також прозорістю атмосфери.

Найбільший показник сонячного сяяння зафіксована у червні-серпні (280-320 годин на місяць), найменший – у грудні (30–40 годин). Середньорічна тривалість сонячного сяяння складає 2060–2080 годин. Річні суми сумарної сонячної радіації знаходяться у межах 44424 – 4581 МДж/м<sup>2</sup>. Середньорічний радіаційний баланс складає 1950 – 1985 МДж/м<sup>2</sup>. Альbedo території визначає величину сонячної радіації, поглинутої землею поверхнею, і суттєво залежить від пори року. Максимальні значення поглинутої радіації (580 – 590 МДж/м<sup>2</sup>) зафіксовано в літній період, а мінімальний – взимку (45 – 55 МДж/м<sup>2</sup>). Кількість одержуваної від сонця енергії в ясні літні дні становить 270 МДж/м<sup>2</sup> на добу, в хмарні - 60 МДж/м<sup>2</sup>; взимку відповідно 69 і 17 МДж/м<sup>2</sup>. Кількість сонячної енергії, що потенційно може бути використана на формування усіх природних процесів, знаходиться у межах 4450 – 4650 МДж/м<sup>2</sup> за рік.

## 2.2. Геологічна будова

Геологічна будова Нікопольського марганцевого басейну (рисунок 2.1) детально представлена в літературних джерелах [27, 26, 16, 17, 97, 38, 39]. В геологічній будові території приймають участь кристалічні породи докембрію,

їх древня кора вивітрювання і осадова товща кайнозою. Докембрійські породи формують кристалічний фундамент Придніпровської частини Українського щита. Кристалічні породи плащеподібно покриті корою вивітрювання потужністю до 100 і більше метрів. Осадова надрудна товща представлена геологічними відкладами кайнозою (палеоген, неоген, антропоген). Загальна потужність осадових порід складає 50-150 м.

За даними В.В. Постоловського, видобуток 1 т марганцевої руди відкритим способом супроводжується переміщенням у відвали 25-50 м<sup>3</sup> породи розкритої товщі, яка переважно складається з геологічних відкладів антропогену і неогену [145].

На основі аналізу мінералогічного складу, структури і текстури, ступеня сортування, наявності та складу рослинних і органічних решток весь комплекс геологічних відкладів В.В. Богданович розділив на літологічні типи. Грубоуламкові породи представлені двома літотипами, серед пісків виділено 13, серед алевритів - 3, серед глин - 10 літотипів. Вапняки розділені на 14, доломіт - на 6 літотипів, мергелі представлені шістьма літотипами [26].

Неогенові відклади Нікопольського басейну формувалися в континентальних і морських ситуаціях і розділені В.В. Богдановичем на 24 фації [26]. Найбільш поширеними серед них є: гравійно-глинисто-піщана (формувалась в континентальних умовах); вапняково-мергелясто-глиниста і мергелясто-глиниста (накопичувались в лагунних умовах); алеврито-піщана і глинисто-алеврито-піщана фації, (утворилися в мілководній зоні морських басейнів); алеврито-глиниста з великою кількістю органічної речовини і вапняна хемогенно-біогенна фації (сформовані на шельфі мілководних морських басейнів).

Мінерали неогенових відкладів Нікопольського басейну за умовами утворення розділені на три групи: уламкові, аутгенні і змішаного генезису. Уламкові мінерали утворилися в результаті руйнування і осадження водою, вітром, льодом і т. ін. Представлені кварцем, польовими шпатами, слюдами, сілліманітом, ставролітом, дістеном, рутилом, гідратованими і окисленими глауконітами і ін. Аутигенні мінерали, які виникли на місці залягання осаду

або гірської породи в результаті хімічних, фізико-хімічних і біологічних процесів, представлені доломітом, піритом, марказитом, гідроксидами марганцю і гіпсом.

Мінерали змішаного генезису представлені глауконітом, глинистими мінералами і кальцитом трьох груп: теригенної (обкатані уламки кристалів кальциту), біогенної (скелетні залишки організмів) і хемогенної (кристалокальцит мергелів і вапняків). Накопичення марганцевмісних осадів відбувалося на початку олігоцену. Їх пласт складають піщано-глинисті породи, які насичені марганцевими конкреціями, оолітами і/або пухкою землистою масою. Як зображено на рисунках 2.1 і 2.2, розкривна товща представлена геологічними відкладами різної генези, складу і властивостей (глинисті і суглинкові породи, піски, супіски, мергелі, вапняки і ін.).



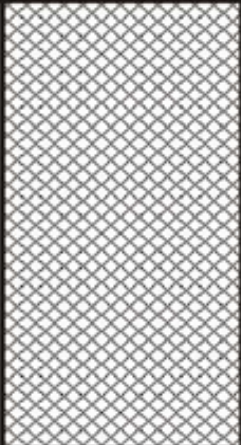
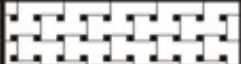

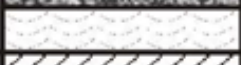




А) загальна панорама



Б) стінка середнього уступу

**Рис. 2.1 Геологічна товща надрудного марганцевого шару представлена осадовими породами континентального і морського походження**

вік		шар, м	найменування порід
Q		0-7	грунти, суглинки
N <sub>2</sub> SQ		7-12	глина червоно-бура
N <sub>1</sub> Srm <sub>2+3</sub>		12-47	глина зеленувато-сіра, голубовато-сіра з прошарками мергелю
N <sub>1</sub> Srm <sub>2</sub>		47-53	вапняк-ракушечник
N <sub>1</sub> Srm <sub>1</sub>		53-59	глина піщаниста
		59-63	пісок кварцевий
Pg <sub>3</sub> ch <sub>3</sub>		63-71	глина зеленувато-сіра
Pg <sub>3</sub> ch <sub>3</sub>		>71	марганцева руда

**Рис. 2.2 Стратиграфія надрудної товщі геологічних відкладів марганцевого кар'єру Нікопольського марганцеворудного басейну**

Таким чином, уся товща осадових гірських порід як континентального, так і морського походження, є перевідкладеною корою вивітрювання, що пройшла певні стадії гіпергенезу [26, 17, 16].

### **2.3. Геоморфологія**

Непорушена гірничими розробками територія Нікопольського марганцевого басейну представляє собою горбисту степову рівнину, яка розчленована долиною річки Дніпро на дві частини: Правобережну і Лівобережну. Ці



частини відрізняються між собою гіпсометрією, ступенем розчленованості і геологічною будовою [50, 94, 35].

На правобережжі сформувався водно-ерозійний рельєф із розвинутою яружно-балочною і річковою мережею. Лівобережна частина є менш розчленованою ерозійними процесами. Прилегла до річки Дніпро рівнина знаходиться на висоті 90-95 м над базисом ерозії, що обумовлює денудаційні процеси і розчленування поверхні. Такі зміни базису ерозії зумовили утворення акумулятивних терас. У долині р. Дніпро на території, яку займає Нікопольський марганцеворудний басейн, чітко простежуються три акумулятивні тераси: дві надзаплавні і власне заплава, яка в теперішній час затоплена штучним Каховським водосховищем. Надзаплавні тераси добре виражені по рельєфу і простежуються безперервно від східних меж марганцевого родовища до ріки Базавлук на заході.

Гірничодобувні кар'єрні розробки докорінно змінюють геоморфологію території. Первозданній природні форми рельєфу, які сформувались впродовж останніх тисяч років, зазнають радикальних техногенних змін – від повного знищення до глибоких трансформацій. На місці вироблених кар'єрів виникають нові посттехногенні форми ландшафту: промислові внутрішні і зовнішні відвали різної конфігурації, форм і висот; залишкові траншеї і виїмки відпрацьованих кар'єрів; промислові майданчики; накопичувачі відходів збагачення руди (шламосховища), відстійники і ін. Вже зараз такі техногенні і посттехногенні ландшафти займають значні території, які будуть й надалі збільшуватись.

У загальних рисах усі відвали кар'єрів Покровського (бувшого Орджонікідзевського) гірничо-збагачувального комбінату, які мають однакову технологію розкривних гірничих робіт і приблизно однакову глибину залягання пласту марганцевої руди, мають подібні посттехногенні форми рельєфу (рисунк 2.3). Їх схожість визначається наявністю позитивних (акумулятивних) форм рельєфу (зовнішні і внутрішні відвали) і супутніх генетично пов'язаних з ними

негативних (денудаційних) форм (експлуатаційні, розрізні і дренажні траншеї) [31, 145].

Враховуючи технічні, технологічні і економічні можливості, привести до природного стану всі форми рельєфу існуючих посттехногенних ландшафтів практично неможливо. Для цього треба виконати величезний обсяг гірничотехнічних робіт, що забезпечують переміщення відвальних мас, здійснити засипку днищ кар'єрів і прилеглих до них схилів до відповідних геодезичних відміток. Еколого-економічні аспекти такої діяльності розцінюються як далека перспектива.



**Рис. 2.3 Рельєф посттехногенних ландшафтів**

В нинішній час відновлення порушених відкритими розробками земельних ділянок з метою створення на них об'єктів культурного посттехногенного ландшафту проводиться диференційовано, з урахуванням морфологічної структури рельєфу, складу і властивостей гірських порід, що формують поверхневі шари відвалів. Разом з тим, вже зараз необхідно вести дослідження з пошуку

нових технологічних рішень, які дозволять цілеспрямовано формувати оптимальний посттехногенний рельєф, який буде максимально задовольняти вимоги біологічної рекультивації, охорони навколишнього середовища і раціонального використання ґрунтових ресурсів рекультивованих територій.

#### **2.4. Рослинний і тваринний світ**

За ботаніко-географічним районуванням [158] територія досліджень розташована в межах зони справжніх степів, в перехідній смузі від дерновинно-злакової багаторізотравної до дерновинно-злакової біднорізотравної підзони з домінуванням вузьколистих щільнодерновинних злаків (ковила, тирса, типчак, тонконіг). Ці види доповнюють бідне ксерофітне різотрав'я і напівчагарники. Навесні чітко простежується синузія ефемерів і ефемероїдів.

На гідроморфних ґрунтах заплав, днищ балок і інших елементів степових ландшафтів формується специфічна галофітна рослинність. Незасолені сухі і, особливо, вологі луки характеризуються різними формами лучних фітоугруповань, представлених злаковими, злаково-різотравними і різотравно-бобово-злаковими рослинами. Прояв засолення в цих умовах супроводжується проникненням в їх склад очерету морського, шведки, солеросу і інших галофітів. Такі луки, особливо по днищах балок, внаслідок інтенсивного випасання худоби часто перетворюються в збої, де панують види рослин, які не поїдаються худобою.

Станом на сьогодні усі придатні для землеробства степові ландшафти розорані під сільськогосподарські угіддя. У агрофітоценозах провідними сільськогосподарськими культурами є пшениця озима, кукурудза, ярі колосові, соняшник, ріпак, овочеві, а також плодово-ягідні насадження. Нерозораними залишилися переважно схили і днища балок, які використовуються під пасовища і сіножаті. Кормову цінність травостою тут забезпечують костриця борозна, тонконіг вузьколистий і сплюснутий, пирій повзучий, люцерна жовта, лядвенець рогатий і ін. Надмірний перевипас призводить до різкої зміни

флористичного складу, зниження покриття, продуктивності надземної фітосади і т.д.

Вплив тварин на ґрунтоутворення проявляється у деструкції і трансформації різноманітного органічного матеріалу, що надходить у ґрунт. Важливим чинником ґрунтогенезу є також механічний вплив зооценозу на ґрунтовий покрив. Екскременти тварин є цінною складовою органічної речовини ґрунту. Особливо важливу роль у деструкції рослинних і тваринних решток відіграє безхребетна фауна. Завдяки її діяльності відбувається подальша трансформація органічних речовин, формується органогенний гумусований профіль, покращується структурно-агрегатний стан ґрунту, інтенсифікується кругообіг біогенних елементів, підтримується гомеостаз ґрунтової біоти. За участю ферментів і ензимів симбіотичних мікроорганізмів безхребетні здатні розщеплювати целюлозу, вивільняти лігнінові сполуки, тим самим сприяючи гуміфікації органічних решток.

Фауна хребетних нараховує близько 207 видів, з них - 25 видів ссавців, 133 - птахів, 15 - земноводних та плазунів, 35 видів риби. Група безхребетних тварин представлена понад 7 тис. видами, з яких комахи - понад 5 тис. видів. Кількість типово степових видів незначна, спостерігається переважання у видовому багатстві лісового та водно-болотного комплексів, з яскраво вираженою тенденцією до синантропізації і наявністю типових видів синантропів.

Сільськогосподарські підприємства в основному спеціалізуються на вирощуванні великої рогатої худоби, свиней, овець та птахівництва [31].

## **2.5. Ґрунтовий покрив**

Згідно даних ґрунтового районування [185, 101, 40] територія Нікопольського марганцеворудного басейну розташована в перехідній зоні від північного до південного Степу України. Тому тут сформувався ґрунтовий покрив, в якому одночасно поєднуються властивості як чорноземів звичайних, так і чорноземів південних. Морфологічна подібність цих ґрунтів з чорноземами пі-

вденними полягає в тому, що вони мають компакту «білозірку», яка фіксується з глибини 80-85 см, грудкувато-горіхувату структуру, помітну твердість в першому перехідному горизонті, знижений вміст гумусу (3,5–4,5%), трапляються друзи гіпсу (на слабодренованих підстилаючих породах) нижче горизонту «білозірки». Із чорноземами звичайними ці ґрунти зближують порівняно глибокий гумусований профіль (62–73 см), понижена «лінія скипання» (50-57 см), рідко виявляється карбонатна цвіль.

Основною материнською породою зональних ґрунтів є лесоподібні відклади суглинкового гранулометричного складу. Менш поширені глинисті, суглинчані породи і інші геологічні відклади.

Найбільш поширеними ґрунтами є чорноземи звичайні і чорноземи південні. Обстеженнями виявлені такі генетичні групи ґрунтів: чорноземи звичайні повнопрофільні, чорноземи південні повнопрофільні, чорноземи звичайні і південні слабоеродовані, чорноземи південні середньо- і сильноеродовані, чорноземи південні з ознаками осолоділості в комплексі з чорноземами слабосолонцюватими, чорноземи солонцюваті, лучно-чорноземні засолені ґрунти, лучно-болотні засолені ґрунти в комплексі із солонцюватими, осолоділі ґрунти [101].

По всьому ґрунтовому профілю в різних генетичних горизонтах чорноземів (Н, НР, Ph і Р) формується неоднакова кількість органічної речовини різної якості. На цьому положенні, власне, і базується генетичне ґрунтознавство В.В. Докучаєва.

Відмінності в кількості і якості органічної речовини пов'язані з різними біологічними, хімічними, фізико-хімічними та фізичними процесами, що відбуваються в кожному окремому горизонті. У ґрунтовій масі гумусового горизонту зонального чорнозему міститься максимальна кількість органічної речовини. Гумінові кислоти переважають над фульвокислотами ( $C_{ГК}:C_{ФК} = 2,1-3,0$ ), а частка гуміну складає понад 50% від загального вмісту вуглецю.

Таблиця 2.2

**Основні показники найбільш поширених ґрунтів на території Нікопольського марганцеворудного басейну [185, 101]**

Показник	Генетичний горизонт			
	Н	Нр	Phk	Pk
<i>1</i>	2	3	4	5
<b>Чорнозем звичайний середньопотужний малогумусний важкосуглинковий на лесах</b>				
Потужність шару, см				
Гумус, %	4,2	2,7	1,2	0,5
Запаси гумусу, т/га				
Валовий азот, %	0,23	0,16	0,11	0,08
Карбон гумінових кислот, % від C <sub>орг</sub>	32,6	26,4	14,2	–
Карбон фульвокислот, % від C <sub>орг</sub>	15,2	17,1	30,1	–
Карбон нерозчинного залишку, % від C <sub>орг</sub>	52	56	57	–
Сгк: Сфк	2,1	1,5	0,5	–
CaCO <sub>3</sub>	–	–	9,8	15,7
ЄКО, мг-екв./100 г:	37,9	35,8	31,1	26,3
pH водне	7,2	7,2	7,3	7,5
Рівноважна щільність складення, г/см <sup>3</sup>	1,17	1,25	1,35	1,40
Загальна пористість, %	56,8	53,3	50,6	47,3
Найменша вологоємність, %	28,7	24,1	22,4	22,3
Гранулометричний склад, % на абс. суху безкарбонатну наважку				
Вміст по фракціях:				
• 1–0,25 мм	0,3	0,3	0,2	0,1
• 0,25–0,05 мм	9,5	8,8	7,9	8,5
• 0,05–0,01 мм	32,1	33,3	38,5	38,9
• 0,01–0,005 мм	9,5	7,9	6,1	7,7
• 0,005–0,001 мм	13,7	14,2	12,4	9,3
• <0,001 мм	34,9	35,5	34,9	35,5
Уміст «фізичної глини», %	58,1	57,6	53,4	52,5

Закінчення таблиці 2.2

1	2	3	4	5
<b>Чорнозем південний середньопотужний малогумусний важкосуглинковий на лесах</b>				
Потужність шару, см				
Гумус, %	3,8	2,1	1,0	0,5
Запаси гумусу, т/га				
Валовий азот, %	0,17	0,15	0,11	0,07
Карбон гумінових кислот, % від C <sub>орг</sub>	30,7	24,5	16,2	–
Карбон фульвокислот, % від C <sub>орг</sub>	13,2	12,2	18,6	–
Карбон залишку, % від C <sub>орг</sub>	56,1	63,3	65,2	–
Сгк:Сфк	2,3	2,0	0,9	–
CaCO <sub>3</sub>	–	2,1	11,3	12,7
ЄКО, мг-екв./100 г:	34,2	31,8	30,0	–
pH водне	7,5	7,7	7,9	8,1
Рівноважна щільність складення, г/см <sup>3</sup>	1,14	1,26	1,39	1,50
Загальна пористість, %	59,5	50,8	45,6	45,3
Найменша вологоємність, %	30,2	23,7	22,6	20,7
Гранулометричний склад, % на абс. суху безкарбонатну наважку				
Фракції, мм:				
• 1–0,25	0,2	0,3	0,2	0,2
• 0,25–0,05	4,5	5,8	2,9	7,1
• 0,05–0,01	36,1	34,8	35,5	32,9
• 0,01–0,005	8,5	10,8	10,1	9,7
• 0,005–0,001	10,9	8,2	12,1	11,5
• <0,001	39,8	40,1	39,2	38,6
Уміст «фізичної глини», %	59,2	59,1	61,4	59,8

У складі гумінових кислот домінують їх сполуки з кальцієм (25–29%), зменшується кількість вільних гумінових кислот (у 1,6 – 2,6 рази) і їх сполук з  $R_2O_3$ . Зменшується й частка гумінових кислот, зв'язаних з кальцієм (у 1,3 – 1,7 рази). Незначна частина вуглецю (лише 2 – 6%) припадає на вільні гумінові кислоти та їх сполуки, зв'язані з полуторними оксидами. У першому перехідному генетичному горизонті кількість органічної речовини істотно зменшується, також зменшується й частка гумінових кислот, але зростає кількість фульвокислот ( $C_{ГК}: C_{ФК}$  зростає до 1,5- 2,0).

У другому перехідному горизонті фіксується ще менший вміст органічної речовини, однак вона характеризується порівняно стабільним складом: 26-28% від загального вуглецю приходить на гумінові кислоти, 17 – 21% – на фульвокислоти і 54 – 55% - на нерозчинний залишок. Співвідношення  $C_{ГК}: C_{ФК} = 1,25 – 1,63$ . Вільні гумінові кислоти і їх сполуки з  $R_2O_3$  складають 1 – 2% від загальної кількості, а гумінові кислоти, пов'язані з кальцієм – 24 – 26%.

У ґрунтоутворюючій породі (лесоподібному суглинку), що залягає безпосередньо під гумусованим шаром ґрунту, співвідношення гумінових і фульвокислот становить близько одиниці. Тут фіксується мінімальна кількість вільної гумінової кислоти та її сполук з  $R_2O_3$ . Як і у другому перехідному горизонті чорнозему, у ґрунтоутворюючій породі органічна речовина відрізняється високою стабільністю складу, що, на наш погляд, може бути пов'язано зі значним загасанням ґрунтоутворювального процесу і загальмованістю біологічних, хімічних, фізико-хімічних і фізичних процесів.

Таким чином, у різних генетичних горизонтах чорноземів формується різноякісна органічна речовина. Широко поширені також різного ступеня еродовані ґрунти, які, на відміну від повнопрофільних, характеризуються скороченим профілем, меншим вмістом гумусу, меншою ємністю катіонного обміну, гіршою агрономічно цінною структурою і менш сприятливими агрофізичними властивостями, зниженими валовими запасами гумусу і поживних елементів, а також гіршою їх доступністю для рослин.



Менш розповсюджені ґрунти, утворені на нелесових породах (глинах, пісках, супісках). Чорноземи на глинистих породах відрізняються від чорноземів на лесових відкладах більш важким гранулометричним складом, що обумовлює їх запливання при зволоженні і сильне ущільнення при висиханні. В результаті цих особливостей в них складається менш сприятливий водно-повітряний режим.

До інших характерних ознак таких ґрунтів відносяться: скороченість ґрунтового профілю, ясно виражена солонцюватість, іноді засолення. Солонцюваті ґрунти характеризуються меншим вмістом кальцію в ГВК (59-68% від ЄКО), більш вузьким співвідношенням катіонів  $\text{Ca}^{2+}$ :  $\text{Mg}^{2+}$  (0,9-1,4), пониженою рухомістю поживних речовин, особливо фосфору.

У заплавах річок, на другий і третій терасах Дніпра, днища балок, а також в подах сформувалися лучно-чорноземні, чорноземно-лугові, лучні, лучно-болотні та болотні гідроморфні ґрунти. В утворенні цих ґрунтів брали участь ґрунтові і рідше поверхневі води, а також різнорідний матеріал, що зносився в процесі ерозії з вододілів.

На території Нікопольського району значні площі зайняті зовнішніми і внутрішніми відвалами, складеними розкривними гірськими породами різного геологічного віку, отже, й різноманітного складу з різними властивостями. Такі техногенні субстрати ще не встигли перетворитись у ґрунтове тіло із-за малого проміжку часу ґрунтогенезу чи через екологічні обмеження для життєдіяльності біоти (токсичність, несприятливий гранулометричний склад і/або гідротермічні умови), тому дані об'єкти не можна назвати навіть молодими ґрунтами. В. Д. Тонконогов пропонує їх класифікувати як техногенні поверхневі утворення, характерною рисою яких є відсутність ознак ґрунтових структур (ґрунтових генетичних горизонтів), а також ґрунтових процесів, за винятком дуже слабкого і поверхневого фрагментарного перетворення субстрату піонерною рослинністю [167].

Таким чином, район досліджень характеризується досить родючими ґрунтами переважно чорноземного типу. При відведенні земельної ділянки під

кар'єрні розробки передбачено зняття верхнього гумусованого родючого шару ґрунту до нижніх горизонтів профілю з вмістом гумусу менше 1%. Глибина зняття визначається у кожному конкретному випадку за результатами ґрунтового обстеження і регламентується відповідними нормативними документами.

Зняту гумусовану ґрунтову масу складують і зберігають у буртах («земляних складах») і використовують для формування технопедоземів на технічному етапі рекультивації посттехногенних ландшафтів.

## **Висновки до Розділу 2**

Природно-кліматичні умови території Нікопольського марганцеворудного басейну сприяють утворенню в ґрунтах гумусу гуматного типу і розвитку гумусово-аккумулятивних процесів. Однак умови ґрунтоутворення в техногенних ландшафтах, складених розкритими породами різного літогенного складу, мають свою специфіку, що обумовлює особливості гумусоутворення і гумусонакопичення. Тому необхідне деталізоване дослідження усіх чинників ресурсного потенціалу ґрунтоутворення з метою використання у процесі біологічної рекультивації порушених земель.

В процесі гірничовидобувних робіт докорінно змінюється геоморфологія території. На місці відпрацьованих кар'єрів виникають нові техногенні форми ландшафту: постпромислові відвали, виїмки, кінцеві траншеї, загороджувальні дамби і сховища відходів збагачення марганцевої руди, промислові майданчики, склади зберігання гумусованої маси знятого ґрунту і т.ін. Вже зараз такі техногенні і посттехногенні ландшафти займають тисячі гектарів й надалі будуть безупинно збільшуватися. На сучасному етапі проводяться певні роботи з оптимізації існуючих посттехногенних ландшафтів, виконуються роботи з рекультивації за усіма відомими напрямками. Створюються об'єкти культурного ландшафту з урахуванням морфологічної структури, складу і властивостей гірських порід, що складають поверхневі шари відвалів. Тому вже зараз необхідний науковий пошук нових технологічних рішень для цілеспря-

мованого формування культурних ландшафтів на посттехногенних територіях, які будуть максимально задовольняти сучасні вимоги біологічної рекультивації і охорони навколишнього середовища.

## РОЗДІЛ 3

### ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Методика досліджень процесів ґрунтоутворення в техноземах, сформованих розкривними гірськими породами без використання гумусованої ґрунтової маси, має певні особливості порівняно з класичними методами вивчення непорушених ґрунтів [15, 127, 188, 4, 36, 51]. По-перше, у таких ґрунтоподібних тілах або молодих малопотужних ґрунтах відсутні генетичні горизонти профілю. По-друге, формування літогенних техноземів відбувається в умовах посттехногенних ландшафтів зі значними, не притаманними зональним, діапазонами просторової мінливості форм рельєфу, а також неоднорідності (як вертикальної, так і горизонтальної) складу і властивостей гірських порід, що складають відвали. Ще однією особливістю об'єкту досліджень є досить динамічні зміни едафічних характеристик техноземів у перші роки їх біологічного освоєння: у молодих ґрунтах навіть на одній і тій же ґрунтоутворюючій породі, в однакових кліматичних і геоморфологічних умовах під однотипною рослинністю едафічні характеристики динамічно змінюються, що потребує обов'язкової фіксації їхніх параметрів через певні нетривалі проміжки часу для встановлення темпів і стадій ґрунтогенезу [82].

#### **3.1. Коротка характеристика науково-дослідного стаціонару з рекультивації порушених земель**

Експериментальні дослідження виконували на науково-дослідному стаціонарі з рекультивації земель, розташованому поблизу м. Покров Дніпропетровської області. Географічні координати і загальний вигляд дослідного поля представлені в додатку Д і рисунку 3.1.

Створення дослідного поля і формування різноякісних літотехноземних моделей рекультивованих земель було здійснено впродовж 1968-1970 рр. Відібрані з борту кар'єру найбільш розповсюджені субстрати потенційно родю-

чих гірських порід автотранспортом завозили на попередньо сплановану поверхню зовнішнього відвалу, який був хаотично сформований технічною сумішшю різноякісних розкритих гірських порід, що входять до складу надрудної товщі. Товщина відсипки субстратів складала не менше 2 м. Завершальним етапом формування таких спеціальних моделей рекультивованих земель (без використання родючої гумусованої маси ґрунту) було ретельне (чистове) планування поверхні.

Загальна площа наукового стаціонару зі спеціальними моделями техноземів складала 4,567 га, у т. ч. моделі, сформованої лесоподібними відкладами – 1,836 га, червоно-бурими глинами і суглинками – 1,397 га, сіро-зеленими мергелястими глинами – 1,384 га. Дослідне поле сформовано одним масивом, що дозволяє виконувати агротехнологічні операції в єдиному комплексі.

У 1971 році були закладені перші польові досліді з сільськогосподарського використання літотехноземів, які продовжуються й нині. Експерименти проводяться за однаковою схемою в однакових кліматичних умовах. Дослідні ділянки, які мали первинну облікову площу 215 м<sup>2</sup> з розміром сторін 7,2х30 м у подальшому (у 1975 і 1980 рр.) були двічі розділені на рівні частини, що дозволило суттєво розширити схему дослідів. Першими дослідними культурами на всіх моделях літотехноземів були люцерна посівна і еспарцет піщаний. У подальшому схема дослідів видозмінювалась. дослідними культурами були пшениця озима, ячмінь ярий, горох посівний, а також бобово-злакові травосумішки з люцерни посівної, еспарцету піщаного, стоколосу безостого, житняка вузькоколосого. Такі об'єкти є унікальними моделями з вивчення сучасного ґрунтогенезу в едафічних системах, сформованих різноякісними за літологічним складом потенційно родючими гірськими породами. Більш детальна характеристика науково-дослідного стаціонару з рекультивації порушених земель і об'єктів дослідження на початок експерименту наведена у публікації М.О. Бекаревича [24].

Багаторічний вплив рослинності на темпи ґрунтогенезу і зміну едафічних характеристик трьох моделей техноземів вивчали у двох варіантах з таким чергуванням агроценозів протягом 45-річного періоду (1971-2015 рр.):

- агросукцесія А – люцерна посівна 4 роки → ярий ячмінь → еспарцет піщаний 5 років → ярий ячмінь → бобово-злакова травосуміш 9 років → чистий пар → озима пшениця → бобово-злакова травосуміш 23 роки;
- агросукцесія Б – люцерна посівна 4 роки → чистий пар → ярий ячмінь → ярий ячмінь → чистий пар → озима пшениця → ярий ячмінь → чистий пар → озима пшениця → ярий ячмінь → кукурудза → горох → ярий ячмінь → горох → ярий ячмінь → горох → ярий ячмінь → чистий пар → озима пшениця → озима пшениця → бобово-злакова травосуміш 22 роки.

Таким чином, у агросукцесії А багаторічні бобові і бобово-злакові агроценози вирощували 41 рік, (91% часу), ще 3 роки (7 %) – однорічні зернові культури і один рік техноземи були під чистим паром (2%).

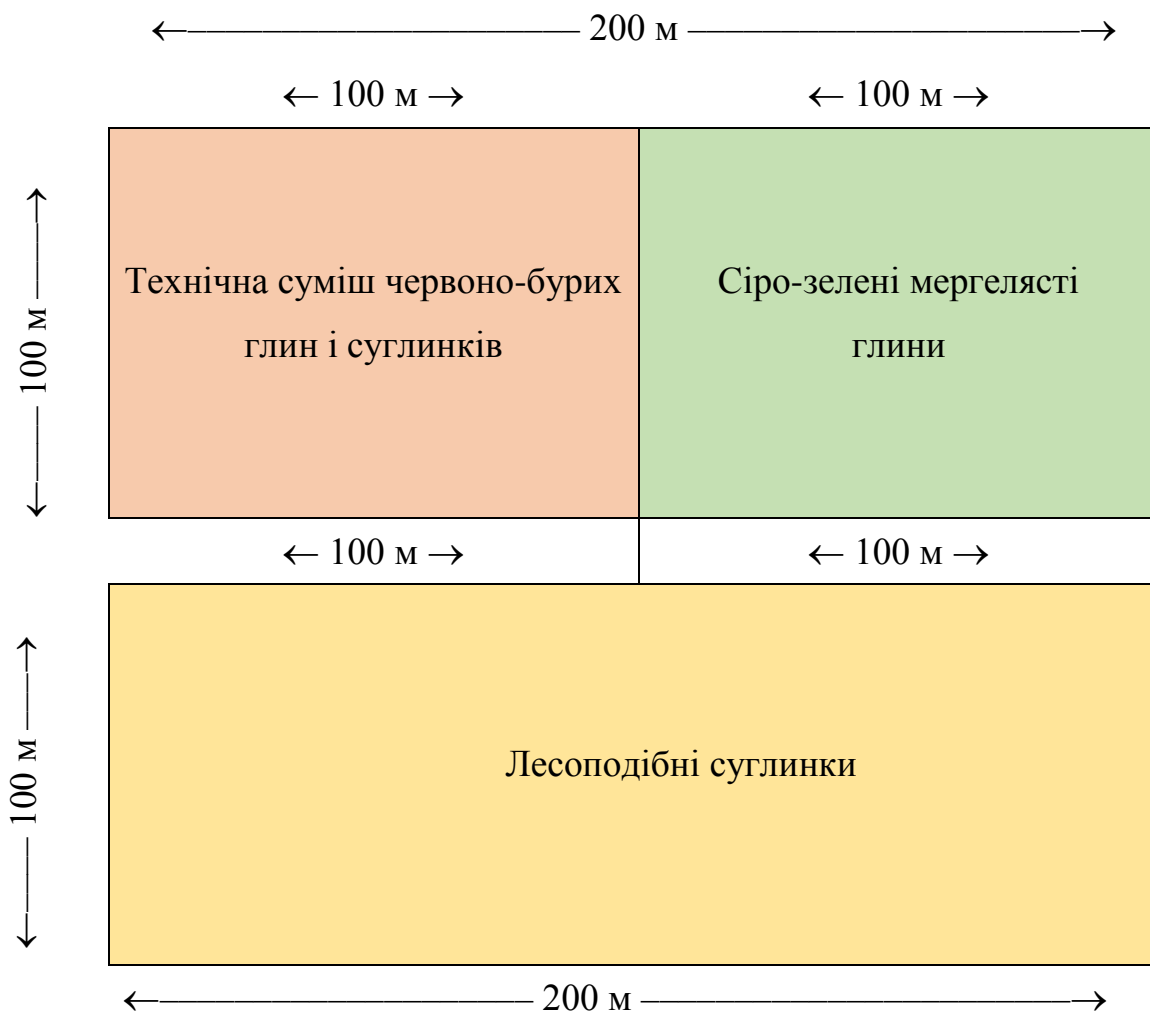
У агросукцесії Б співвідношення агроценозів було таким: багаторічні бобові трави та бобово-злакові травосуміші – 58 % часу, однорічні зернові та зернобобові агроценози – 33 %, чистий пар – 9 % часу.

Отже, істотною різницею між варіантами (агросукцесіями) є їх насиченість багаторічними бобовими і бобово-злаковими агрофітоценозами, які мають набагато більший фітомеліоративний вплив на техноземи у порівнянні з однорічними агроценозами, насамперед зерновими культурами.

Польові досліді проводили за загальноприйнятими методиками [70, 117]. Облікова площа ділянки складала 50 м<sup>2</sup>, повторність – 5-кратна. Схема дослідного поля наведена на рисунку 3.2.

Лабораторні дослідження літогенного потенціалу ґрунтоутворення субстратів гірських порід та його реалізація у часі за тривалого сільськогосподарського використання проводили за загальноприйнятими стандартизованими методиками.

Відбір і підготовку зразків субстратів здійснювали згідно діючих методик у ґрунтознавстві.



**Рис. 3.1. Загальна схема дослідного поля з вивчення первинного ґрунтоутворення в техноземах, сформованих розкривними гірськими породами за сільськогосподарської рекультивації порушених земель**

У зразках визначали: уміст загального гумусу – за Тюріним в модифікації Сімакова (ДСТУ 4289:2004); гранулометричний склад – методом піпетки в модифікації Качинського (МВВ 31-497058-010-2003); реакцію ґрунтового середовища – потенціометрично (ДСТУ ISO 10390:2005); загальний азот – за К'ельдалем; легкогідролізований азот – методом Корнфілда; рухомі сполуки фосфору і калію – за Мачигінім (ДСТУ 4114-2002).



**Рис 3.2 Фрагменти дослідного поля з вивчення процесів ґрунтоутворення на різноякісних літогенних техноземах за тривалого сільськогосподарського використання**



Математичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу з використанням програми SPSS 8.0.

### **3.2. Едафічна характеристика розкривних гірських порід як субстратів для формування техноземів**

При едафічній оцінці гірських порід як субстратів, з яких формуються техноземи, розрізняють як літогенні чинники, які успадковані від материнської породи, так і педогенні, що сформувались в результаті процесів ґрунтоутворення. Літогенні чинники відіграють важливу роль у загальному комплексі едафічних характеристик, мають суттєве, іноді визначальне господарське і екологічне значення. До них відносяться насамперед валовий геохімічний і мінералогічний склад, дисперсність. Вони на перших етапах біологічного освоєння визначають агрохімічні і агрофізичні властивості, тим самим обумовлюють можливості і напрямки їх раціонального використання.

Відомо, що розвиток біотичних компонентів безпосередньо пов'язаний з формуванням фізико-хімічних умов літогенної основи рекультивованих земель, який значною мірою залежить від динаміки первинних біогеоценотичних процесів, що у них відбуваються.

Для визначення і оцінки чинників, що обумовлюють едафічні чинники продуктивності агроєкосистем, досліджували гранулометричний, мінералогічний та хімічний склад, агрофізичні та агрохімічні властивості, а також біоенергетичні і термодинамічні характеристики гірських порід, що перекривають марганцеву руду і при відкритому способі ведення гірничодобувних робіт формують кар'єрні відвали – майбутні об'єкти рекультивації.

Об'єктами досліджень були геологічні відклади плейстоценового (лесо-подібні суглинки), пліоценового (червоно-бурі суглинки) і міоценового (сіро-зелені мергелясті глини) геологічного віку. Важливо відзначити, що вони ще до експонування на денну поверхню вже мають певний набір едафічних властивостей, успадковані від попередніх епох екзогенезу.

### 3.2.1. Гранулометричний склад

Відомо, що показник дисперсності є одним із основних структурних рівнів організації твердої фази ґрунтового тіла [99]. Дисперсність у значній мірі визначає структурно-функціональні властивості ґрунту, приймає участь у формуванні мікро- і макроструктури, тому є важливим чинником визначення якісних показників придатності гірських порід для біологічного освоєння. Цей якісний показник обумовлює більшість фізичних, хімічних і технологічних властивостей ґрунтів. З ним пов'язані вбирна здатність ґрунтів, їх потенціальна і реальна здатність до гумусоутворення і гумусонакопичення, вміст поживних для рослин речовин, можливість і швидкість окультурення ґрунтоутворюючих материнських порід, ефективність добрив та меліоративних заходів та ін. Кількісні показники співвідношення елементарних ґрунтових часток, їх властивості залежно від розмірів і форми суттєво впливають на загальні фізичні властивості, насамперед, на щільність твердої фази і щільність складення, а, отже, й на динаміку порового простору.

На важливість гранулометричного складу при оцінюванні гірських порід для їх біологічного освоєння звертали увагу М.Т. Масюк, П.В. Волох, І.Х. Узбек, М.Д. Горобець, І.Х. Узбек та інші дослідники [121, 44].

Загальновідомо, що гранулометричний склад ґрунту відображує його генезис, властивості ґрунтоутворюючих порід і може вказати на спрямованість їх трансформації при різних умовах сільськогосподарського використання.

Основні геологічні відклади надрудної товщі Нікопольського марганцеворудного басейну суттєво відрізняються за дисперсністю (таблиця 3.1). Тут трапляються супіщані постпліоценові древньоалювіальні піски, суглинисті лесоподібні та червоно-бурі відклади голоцену та плейстоцену, легкоглинисті червоно-бурі пліоценові та сіро-зелені мергелясті міоценові глини, середньоглинисті темно-сірі, сірі і чорні сланцюваті та вохристо-зелені олігоценові глини. В супісках переважають фракції крупного та середнього піску (в сумі

Таблиця 3.1

**Гранулометричний склад геологічних відкладів, що покривають марганцеворудний пласт в Нікопольському марганцеворудному басейні**

Субстрати	Втрати від обробки НСІ, %	Розподіл за фракціями (мм), %						Вміст фізичної глини, %
		1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	
Лесоподібні суглинки	11,7	0,61	3,10	39,42	8,43	9,21	27,49	45,1
Червоно-бурі суглинки	7,8	0,82	3,16	33,48	7,47	9,17	38,05	54,7
Червоно-бурі глини	8,0	1,03	2,85	21,48	7,26	13,49	45,88	66,6
Сіро-зелені мергелясті глини	20,5	1,43	2,38	3,77	4,04	11,98	55,92	72,0

86,95 %), в суглинках – фракції крупного пилу (характерна ознака лесовості) та мулу, в глинах – мулу та мілкового пилу.

Отже, найбільш сприятливими за гранулометричним складом для сільськогосподарського використання є суглинисті (лесоподібні та червоно-бурі) та легкоглинисті (червоно-бурі та сіро-зелені мергелясті) геологічні відклади.

### 3.2.2. Хіміко-мінералогічний склад

Мінералогічному складу твердої фази ґрунтів, його впливу на рівень родючості і ґрунтоутворення присвячено достатньо публікацій в науковій літературі [57, 60, 68]. Відомо, що пухкі гірські породи утворюються у результаті вивітрювання вивержених гірських порід і представляють собою, як пра-

вило, суміш продуктів фізичного і хімічного вивітрювання, тобто, суміш частинок первинних і вторинних мінералів. Основна маса пухких гірських порід складається, як правило, з невеликої кількості мінералів. З групи первинних це кварц, польові шпати, слюди і рогові обманки, з вторинних – монтморилоніт, гідрослюди, каолініт, нонтроніт, лімоніт, гетит, галуазит.

Породи глинистого і суглинкового гранулометричного складу є найбільш поширеними типами гірських порід, що складають до 11% всього обсягу земної кори [150]. Глинисті мінерали відносяться до групи шаруватих і шарувато-стрічкових силікатів. Висока дисперсність глинистих мінералів є їх природним фізичним станом. Зазвичай розмір мікрочастин цих мінералів в глинах не перевищує декількох мікрон. Частинки глинистих мінералів мають переважно пластинчасту форму, проте трапляються також частки у вигляді смужок, трубочок, голочок [150].

Висока фізико-хімічна активність глинистих мінералів обумовлена не тільки малим розміром, але і особливостями їх кристалічної будови. В основі кристалічної структури глинистих мінералів лежить контакт тетраедричних і октаедричних елементів. Перший елемент утворений кремнекисневими тетраедрами, що складаються з атома кремнію і чотирьох навколо нього атомів кисню. Окремі тетраедри, з'єднуючись один з одним, створюють безперервну двомірну тетраедричну сітку.

У мінералів з жорсткою кристалічною структурою (каолініт, гідрослюда, хлорит, палигорськіт) внутрішньокристалічне набухання (розширення міжшарової відстані при взаємодії з молекулами води) відсутнє. У інших випадках глинисті мінерали, насамперед монтморилоніт і нонтроніт, мають розсувну кристалічну структуру і при гідратації таких мінералів молекули води і обмінні катіони можуть проникати в міжшаровий простір і істотно збільшувати міжшарову відстань, обумовлюючи цим значне внутрішньокристалічне набухання.

Крім описаних глинистих мінералів, в геологічній товщі марганцевих кар'єрів широко поширені змішані мінерали, які утворюються в результаті

упорядкованого або невпорядкованого чергування набрякаючих і ненабрякаючих структурних шарів таких як монтморилоніт–гідрослюда або монтморилоніт–хлорит. Такі глинисті мінерали за своїми властивостями займають проміжне положення між мінералами з жорсткою і мінералами з розсувною кристалічними структурами. Глинисті мінерали мають чітко виражені іонно-обмінні властивості, які разом з малими розмірами частинок і великою питомою поверхнею (сумарною площею поверхні частинок в одиниці маси породи) визначають їх підвищену адсорбційну здатність. Під структурою глинистих порід розуміють розмір, форму, характер поверхні і кількісне співвідношення структурних елементів, їх орієнтацію в просторі і тип структурних зв'язків [140]. Мікроструктура глинистих порід є індикатором умов формування породи, а різне поєднання її ознак знаходиться в тісному взаємозв'язку з властивостями. У роботах [140, 150] детально розглянуті типи мікроструктур глинистих порід і особливості їх формування впродовж геологічного розвитку.

Велика роль належить характеру структурних зв'язків – сил, що діють між мінеральними частинками. Залежно від складу і структури глинистої породи між її частинками можуть існувати гравітаційні, магнітні, молекулярні, електростатичні, іонно-електростатичні взаємодії, а також сили поверхневого натягу і сили, які зумовлені хімічними зв'язками. Усі ці сили діють не по всьому міжфазному просторі, а тільки в місцях їх безпосередніх контактів. Характер індивідуальних контактів, а також їх кількість є важливими показниками структури породи, від яких залежать її деформаційні властивості.

В глинистих мінералах між мінеральними частинками можливе формування трьох типів контактів: коагуляційні, перехідні і фазові. Коагуляційні контакти переважають у молодих глинистих осадах і слабоущільнених глин. Їх характерною особливістю є наявність між частинками тонкої рівноважної плівки рідини (зв'язаної води), товщина якої залежить від фізико-хімічних чинників, досягаючи декількох десятків нанометрів.

Важливою характеристикою глинистих порід є набрякання – здатність глинистих порід збільшувати свій об'єм при взаємодії з водою або водними

розчинами. Процес набрякання супроводжується збільшенням вологості і об'єму породи, а також виникненням тиску набрякання [107]. Процес набрякання глин відбувається у дві стадії: перша – адсорбційне або внутрішньо кристалічне набрякання, друга – макроскопічне або "осмотичне". На першій стадії глиниста порода вбирає вологу за рахунок адсорбції молекул води поверхнею глинистих частинок і міжшаровими проміжками кристалічної решітки глинистих мінералів. Ця стадія практично не впливає на зміну об'єму у породи. На другій стадії набрякання поглинання води здійснюється за допомогою осмотичного тиску, який виникає поблизу поверхні глинистих частинок за рахунок надлишкової концентрації численних обмінних катіонів віддисоційованих з поверхні глинистих частинок в розчин. Основне збільшення об'єму набрякання глин відбувається саме на цій макроскопічній стадії.

До складу вторинних мінералів входить кальцит, який за розміром своїх кристалів відноситься до фракції пилу, менш розповсюджений гіпс (переважно у пліоценових червоно-бурих відкладах), який утворює кристали різного розміру, у тому числі й друзи.

Мінералогічний склад порід суттєво впливає на їх едафічні властивості. Саме з мінералів у ґрунтовий розчин поступає більшість необхідних рослинам поживних речовин. Так, калій у значних кількостях міститься у польових шпатах, слюдах, гідрослюдах. Джерелом магнію є біотит, вермикуліт, монтморилоніт, хлорит, палигорскит та інші мінерали. Фосфор входить у склад апатитів, фосфатів калію, кальцію, магнію, заліза, алюмінію, титану. Сірка міститься у гіпсі, піриті, мірабиліті. Мікроелементи знаходяться у багатьох мінералах.

В літературі з палеоґрунтознавства є певна інформація про мінералогічний склад палеоґрунтів, перш за все пліоцену та плейстоцену [39]. Однак недостатньо наукових публікацій про мінералогічний склад інших геологічних відкладів, які можуть використовуватись при конструюванні штучних едафотопів. Вивчення особливостей їх мінералогічного складу необхідне для оцінки їх властивостей, перш за все вмісту та резерву елементів живлення для рослин.

За даними В.П. Ананьєва [5], у фракції більше 0,25 мм лесових відкладів

переважає кварц, 0,25-0,005 мм – кварц, польові шпати, кальцит, важкі мінерали, 0,005-0,001 мм – польові шпати, кварц, кальцит, каолінит, гідрослюда, 0,001-0,0001 мм – гідрослюда, каолінит, кальцит, монтморилоніт, вторинний кварц, у фракціях розміром менше 0,0001 мм – монтморилоніт, гідрослюда, органічні речовини, вторинний кварц. Тобто, мінералогічний склад і дисперсність тісно пов'язані між собою.

Як зазначають Т.А. Зубкова та Л.О. Карпачевський [92], в гранулометричних фракціях по-різному проходять ґрунтові процеси – сорбція води збільшується в субстратах з більшою дисперсністю, тому серед мінералів найбільш активні глинисті мінерали (монтморилоніт, смектити, гідрослюди), а кварц і польові шпати досить інертні і несуттєво впливають на ґрунтові процеси. М.І. Лактіонов [116] також пов'язує активність ґрунтових мінералів з вмістом високодисперсної фракції.

G. Baumer, B. Brasher [196] запропонували оцінювати активність ґрунтових мінералів в адсорбційних процесах по відношенню величин ємності катіонного обміну до вмісту "фізичної глини". Цей показник вони використовують в прогнозних моделях поведінки води в ґрунтах. При оцінці едафічних властивостей інформативними є інтегруючі характеристики – вміст "фізичної глини" та мулистої фракції, ємність поглинання, ступінь насиченості та ін.

К.П. Пак [141] показав залежність між фізико-хімічними властивостями і мінералогічним складом глин. Відомо, що джерелом поживних речовин для рослин є насамперед мінерали: калій у значних кількостях міститься в польових шпатах, слюдах, гідрослюдах, магній – в хлориті, палигорскіті, монтморилоніті.

Вивчення мінералогічного складу основних геологічних відкладів Нікопольського марганцеворудного басейну проводили спільно із співробітниками Проблемної лабораторії з рекультивації земель Дніпропетровського аграрного університету (Е.Л. Додатко, М.М. Харитонов, Л.К. Камінська, Т.К. Троценко та ін.). У відібраних зразках була виділена тонкодисперсна фра-

кція (менше 0,001 мм), яка має найбільший вплив на хімічні та фізичні властивості субстратів. Встановлено, що основними глинистими мінералами розкритих гірських порід є каолініт, монтморилоніт і гідрослюда, а також змішано-шаруваті мінерали (переважно монтморилоніт і гідрослюда). Нижче приводиться коротка характеристика глинистих мінералів і їх ґрунтоутворювальний потенціал. Шестикутні пластинки каолініту мають різні розміри і мають різну щільність. Для термограм каолініту характерний один ефект із поглинанням тепла (ендотермічний) при температурі близько 600°C і один з виділенням тепла (екзотермічний) при температурі близько 950 – 1000°C.

За хімічним складом каолініт відрізняється від інших глинистих мінералів підвищеним вмістом алюмінію і пониженим – кремнію. Крім того, у каолініті мало лужних елементів (калію, натрію) і лужноземельних (кальцію, магнію), тому ємність поглинання в ньому найменша серед глинистих мінералів.

Мінерал монтморилоніт за структурою суттєво відрізняється від каолініту. Кожен його шар складається з однієї октаедричної і двох тетраедричних сіток. У залежності від того, який елемент переважає в октаедрах, виникають численні різновиди монтморилоніту: власне монтморилоніт (переважає алюміній), нонтроніт (залізистий монтморилоніт), волконскоїт (хромовий монтморилоніт), сапоніт (магнієвий монтморилоніт), соконіт (цинковий монтморилоніт) і ін. У тетраедрах теж не всі центральні позиції зайняті кремнієм - частина його (до 15%) заміщена алюмінієм. Криві нагрівання монтморилоніту, одержані при термічному аналізі, відрізняються трьома ендотермічними ефектами. Перший з них, найбільший розташований в області 120-150°C, другий, менш інтенсивний, – в області 550-650°C і третій, найслабший, – близько 850-950°C. Крім того, нерідко спостерігається екзотермічний ефект при температурі близько 1000°C. Найбільш характерна ознака термограм цього мінералу – послідовне зниження інтенсивності трьох ендотермічних ефектів.

Хімічний склад монтморилоніту характеризується зниженим у порівнянні з каолінітом вмістом алюмінію і відповідно підвищеним – кремнію. Із-за високої ємності поглинання в ньому зростає вміст натрію, калію і магнію.



Монтморилоніт має сильну здатність до набухання. Шари гідрослюди, як і монтморилоніті, складаються з трьох сіток – двох тетраедричних і однієї октаедричної, розташованої між ними. Але на відміну від монтморилоніту в октаедричних сітках гідрослюди знаходяться переважно атоми алюмінію, а основні заміщення зв'язані з тетраедрами – у центрах багатьох з них розташований не кремній, а алюміній. Заміщення в тетраедрах чотиривалентного кремнію на тривалентний алюміній приводить до того, що шар гідрослюди має негативний заряд, який врівноважується позитивно зарядженими атомами калію, розташованими між шарами, міцно зв'язуючи їх. Саме тому гідрослюда не набухає подібно монтморилоніту, легко розколюється на тонкі пластини. Термограми гідрослюди подібні термограмам монтморилоніту. Вони мають три ендотермічні зупинки. Але, на відміну від монтморилоніту, перша з них дуже ослаблена, а найбільш сильною є друга. По вмісту основних хімічних елементів гідрослюда займає проміжне положення між каолінітом і монтморилонітом. У гідрослюді більше алюмінію і менше кремнію, ніж у монтморилоніті, і в той же час менше алюмінію і більше кремнію, ніж у каолініті. Характерною рисою гідрослюди є високий вміст калію – саме він зв'язує шари кристалічних решіток цього мінералу.

Змішано-шаруваті утворення мають проміжні ознаки. Це відноситься до їхньої структури (присутні як монтморилонітові, так і гідрослюдисті фрагменти), а також до їхнього поведінки при нагріванні і до хімічного складу.

Виникнення глинистих мінералів у процесі вивітрювання здійснюється за певними закономірностями: у першу чергу утворюється гідрослюда, потім монтморилоніт і на останній стадії – каолініт. Це обумовлює три основні стадії глиноутворення: початкова – гідрослюдиста, проміжна – монтморилонітова і кінцева – каолінітова [68]. В умовах теплового і вологого клімату процеси стадійних перетворень глинистих мінералів йдуть інтенсивніше, ніж у сухому кліматі. Тому в гумідній кліматичній зоні серед глинистих мінералів переважає каолініт. Для континентальних аридних утворень характерний незаверше-

ний процес вивітрювання, що закінчується звичайно монтморилонітовою стадією. Процеси вивітрювання супроводжуються поглинанням сонячної енергії. Запас енергії в мінералах на перших стадіях вивітрювання менший, ніж на останніх. Тому серед глинистих мінералів найменше енергії в гідрослюді, дещо більше – в монтморилоніті і найбільше – у каолініті. Це пояснює широке розповсюдження гідрослюди (менші запаси енергії забезпечують більшу стійкість і діапазон умов існування). Інші умови виникають у відкладах морського генезису із-за своєрідності хімічного складу морської води: процеси перетворення мінералів супроводжуються не поглинанням, а виділенням енергії, тобто, протікають у протилежному в порівнянні з континентальними умовами напрямку. В морських умовах каолініт переходить в монтморилоніт, а останній - у гідрослюду. Саме тому для морських відкладень найбільш характерні комплекси глинистих мінералів, позбавлені каолініту і складаються переважно з монтморилоніту і гідрослюди [68].

Мулисті фракції представляють собою гомогенну масу міцних адсорбційних комплексів глинистих мінералів і оксидів заліза і алюмінію з гумусними речовинами, збагаченими воднем і азотом, фрагментами аліфатичної природи, з низьким ступенем окислення, ароматичності, зрілості.

У колоїдах ( $<0,2$  мкм) зосереджені гумусові речовини переважно фульватного складу зі співвідношенням  $C_{гк}/C_{фк}$  близько 0,2; в передколоїдах (0,2-1 мкм) зростає частка гуматів, співвідношення  $C_{гк}/C_{фк}$  досягає одиниці [68]. У мінеральних колоїдах переважають слюдо-монтморилонітові змішано-шаруваті утворення, а також у невеликих кількостях (10-15%) - каолініт-монтморилонітові мінерали. Частинки предколоїдов на 70% складаються з мінералів індивідуальної природи – високозалізистих гідрослюд і хлоритів, на 10-15% зі змішано-шаруватих утворень хлорит-монтморилонітових і слюдо-монтморилонітових типів; тут зосереджено максимальну кількість  $Al_2O_3$ . Мікроагрегати тонкого пилу (1-5 мкм) є найбільш гетерогенними, складні за складом і формам зв'язків органічних і мінеральних компонентів.

За даними Е.Л. Додатко [68], мінеральна складова досліджуваних гірських порід на 65 – 75% складається із зерен первинних мінералів. Решта представлена вторинними (глинистими) мінералами, в складі яких переважають гідролюди, хлорити, монтмориллоніт. Частка слюдо-монтмориллонітових мінералів знижена; підвищена кількість  $\text{SiO}_2$ . Основна маса глинистих мінералів має розміри  $< 5$  мкм. Чим менші розміри мікроагрегатів, тим більший вміст оксидів  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ , а частка  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  – навпаки, знижується. Зі зменшенням розмірів зменшується частка вмісту гідролюд, каолінітів і хлоритів, зростає частка змішаношаруватих слюдо-монтмориллонітових мінералів і кількість зв'язаної з ними органічної речовини. Вони діляться на дві групи. До першої віднесені міцні мікроагрегати, що складаються з глино-органічних частинок (важкодиспергованого мулу  $< 1$  мкм) з низьким вмістом вуглецю і фульватним типом гумусу, серед яких рівномірно розподілено речовина металоорганічних комплексів з  $\text{Fe}$ ,  $\text{Al}$  і іншими катіонами - металогуматів з підвищеним вмістом гумусу (до 50 %) гуматного складу. До другої групи входять металогумати, які присутні у фракції тонкого пилу у вигляді згустків, які не пов'язані з мінеральною матрицею, а розподілені вільно між зернами первинних мінералів. Тому гумусові речовини, виділені з фракції тонкого пилу, є сумарним пулом з високим вмістом компонентів гуматної природи. Мікроагрегати середнього і крупного пилу (5-10 і 10-50 мкм) також гетерогенні, але їх мінеральна фаза складається в основному із зерен первинних мінералів; глинистих мінералів дуже мало, так як розміри їх доменів і квазікристалів рідко перевищують 5 мкм.

Основна частина гумусових речовин мікроагрегатів середньої пилу розподілена у вигляді згустків між зернами первинних мінералів і фітолітів. У фракції крупного пилу зі збільшенням розмірів частка таких згустків знижується і зростає кількість органогенних мікроагрегатів, що представляють собою фрагменти залишків рослинного і тваринного походження на різних стадіях перетворення; тут зосереджена також основна частина інертних карбонових частинок.

Якісні і кількісні показники глинистих мінералів у зональному ґрунті і основних потенційно-родючих гірських породах Степу України були досліджені М.І. Горбуновим, М.О. Бекаревичем і ін. [68, 59]. Їх узагальнений вміст у досліджуваних субстратах приведений у таблиці 3.2.

**Таблиця 3.2**

**Співвідношення між глинистими мінералами в мулистій фракції зонального ґрунту та основних розкривних гірських порід, %**

Субстрат	Глинисті мінерали		
	каолінит	гідрослюда	монтморилоніт
Ґрунтова маса чорнозему південного	28,1	43,8	28,1
Лесоподібний суглинок	33,5	38,5	28,0
Червоно-бура глина	26,1	66,1	7,8
Сіро-зелені мергелясті глини	8,2	25,0	66,8

Таким чином, використовуючи дані таблиці 3.2, досліджувані субстрати гірських порід за вмістом і співвідношенням глинистих мінералів в мулистій фракції характеризуються наступними рядами (за зменшенням показника):

- Каолініт: лесоподібні відклади > червоно-бурі глини і суглинки > сіро-зелені мергелясті глини;
- Гідрослюда: червоно-бурі глини і суглинки > лесоподібні відклади > сіро-зелені мергелясті глини;
- Монтморилоніт: сіро-зелені мергелясті глини > ґрунтова маса чорнозему південного > лесоподібний суглинок > червоно-бурі глини і суглинки.

Приведена інформація свідчить про те, що найбільш мобільна частина мінералогічного складу гірських порід суттєво відрізняється як від зонального ґрунту, так і між субстратами гірських порід, що можна пояснити, перш за все,

їх походженням. Від мінералогічного складу залежать фізичні властивості (здатність до набухання – стиснення, вологоємність, водопроникненість), хімічний склад, характеристика катіонного обміну, безпосередній, ближній та дальній резерви поживних речовин а також інші едафічні властивості [60].

Хімічний склад субстратів гірських порід і хід хімічних процесів ґрунтоутворення взаємопов'язані з мінералогічним складом. Так, наявність у породі кальциту забезпечує підтримку лужної реакції розчину і нейтралізацію органічних кислот, що утворюються при біологічному вивітрюванні. У залежності від того, наскільки легко вивітрюються мінерали, буде залежати первинний вміст доступних для рослин і мікроорганізмів поживних речовин.

З таблиці 3.3 видно, що основні геологічні відклади суттєво відрізняються за валовим хімічним складом. Це пов'язано перш за все з їх генезисом: лесоподібні та червоно-бурі суглинки, червоно-бурі глини – континентального походження; міоценові та олігоценові глини морського. Тому в останніх менше оксиду кремнію, більше полуторних оксидів, а також валових форм калію, фосфору й магнію.

Незважаючи на те, що хімічний склад дає досить узагальнене уявлення про доступність рослинам окремих елементів живлення, по їх валовому вмісту можливо прогнозувати, як довго той чи інший ґрунт (гірська порода) може потенційно забезпечувати ними рослини. Аналіз даних таблиці 3.3. показує, що найбільшу питому вагу в хімічному складі всіх досліджуваних відкладів займає оксид кремнію. Він хімічно не активний, однак відіграє конституційну роль – входить в структуру решітки мінералів силікатів і алюмосилікатів, тому суттєво впливає на фізичні властивості вищезазначених субстратів.

Важливим показником оцінки субстратів за хімічним складом є вміст оксиду кремнію та полуторних оксидів. Молекулярне відношення  $\text{SiO}_2$ :  $\text{R}_2\text{O}_3$  в зразках субстратів та у виділених із них мулистих фракціях характеризує дисперсність та особливості мінералогічного складу субстратів.

Таблиця 3.3

**Валовий хімічний склад геологічних відкладів, що прикривають  
марганцеву руду в Нікопольському марганцеворудному басейні, %**

**[119]**

Хімічні сполуки	Субстрати:			
	лесо-подібні суглинки	червоно-бурі суглинки	червоно-бурі глини	сіро-зелені мергелясті глини
SiO <sub>2</sub>	63,22	64,90	58,70	35,46
TiO <sub>2</sub>	0,62	0,56	0,39	0,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,61	11,24	15,21	11,51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,20	4,68	6,46	4,67
FeO	0,26	0,21	0,23	0,42
MnO	0,34	0,50	0,15	0,10
CaO	7,57	6,09	4,62	20,39
MgO	1,49	1,73	2,20	2,78
Na <sub>2</sub> O	0,92	0,91	0,90	0,79
K <sub>2</sub> O	1,56	1,98	2,08	1,80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,10	0,09	0,09
SO <sub>3</sub>	0,45	0,51	0,35	0,93
SiO <sub>2</sub> : R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,6	4,1	2,7	2,2

В субстратах глинистого гранулометричного складу ці відношення досить вузькі – від 2,2 (у сіро-зелених мергелястих глинах) до 3,8 (у олігоценових вохристо-зелених глин), що свідчить про високу дисперсність та переважання в їх складі змішано-шаруватих гідрослюдисто-монтморилонітових мінералів. У піщаних відкладах відношення  $\text{SiO}_2: \text{R}_2\text{O}_3$  значно більше (див. таблиці 3.3). Крім того, полідисперсність і достатньо високий вміст полуторних оксидів в субстратах дозволяє віднести глинисті відклади до потенційно здатних утворювати водостійку структуру, яка в процесі біологічного освоєння здатна суттєво покращити фізичні властивості.

Отже, як субстрати для створення штучних едафотопів, лесоподібні та червоно-бурі суглинки (голоцен, плейстоцен), червоно-бурі (пліоцен) та сіро-зелені міоценові і олігоценові глини мають задовільні характеристики гранулометричного, мінералогічного та хімічного складу. Вони розміщуються в діапазоні від важкого суглинку до середньої глини, не містять в своєму складі надлишкових кількостей фітотоксичних сполук.

### **3.2.3. Агрофізичні властивості субстратів гірських порід**

Дослідження фізичних властивостей техноземів ускладнюються низкою умов: руйнуванням природного стану родючого шару ґрунту, перемішуванням різних за складом і властивостями геологічних відкладів на технічному етапі рекультивації, нерівномірним просіданням поверхні та ін. Роздільна розробка, транспортування, укладання ґрунтової маси і окремих потенційно-родючих гірських порід зменшують строкатість фізичних властивостей, однак повністю їх не ліквідують. Неоднорідність гранулометричного складу, різна ступінь ущільнення гірських порід та насипних шарів ґрунту визначають характер прояву сорбційних та капілярних сил.

Відомо, що щільність субстратів визначає і обумовлює їх водно-повітряні властивості. Прояв впливу щільності ґрунтів на їх властивості приводяться в результатах досліджень [99, 132, 136]. Особливості прояву фізичних

властивостей на рекультивованих землях достатньо повно досліджували вітчизняні [189, 187, 135, 1, 7, 79, 47] та зарубіжні автори [221, 200, 222, 212, 209]. Показники щільності штучних ґрунтів істотно відрізняються від щільності не порушених і залежать перш за все від способу рекультивації. Важкі машини і механізми при плануванні і нанесенні шару ґрунту ущільнюють його до критичних показників, суттєво погіршуючи умови росту рослин.

Характеристики загальних фізичних властивостей основних геологічних відкладів Нікопольського марганцеворудного басейну та зонального не порушеного ґрунту приводяться в таблиці 3.4.

**Таблиця 3.4**

**Загальні фізичні властивості основних геологічних відкладів та зонального ґрунту [119]**

Субстрат*	Густина твердої фази, г/см <sup>3</sup>	Щільність, г/см <sup>3</sup>		Шпаруватість, %	
		в непорушеному стані	в порушеному стані	в непорушеному стані	в порушеному стані
1	<b>2,57</b> (2,50 – 2,62)	<b>1,33</b> (1,24 – 1,42)	<b>1,29</b> (1,22–1,35)	<b>49,1</b> (48,3 – 51,8)	<b>49,9</b> (43,7 – 60,1)
2	<b>2,67</b> (2,60 – 2,74)	<b>1,60</b> (1,54 – 1,70)	<b>1,39</b> (1,12–1,48)	<b>40,1</b> (36,4 – 42,3)	<b>48,2</b> (44,6 – 58,1)
3	<b>2,69</b> (2,63 – 2,73)	<b>1,57</b> (1,51 – 1,62)	<b>1,37</b> (1,31–1,41)	<b>41,4</b> (39,8 – 43,9)	<b>49,1</b> (47,6 – 51,4)
4	<b>2,73</b> (2,66 – 2,82)	<b>1,55</b> (1,44 – 1,57)	<b>1,24</b> (1,16–1,26)	<b>43,7</b> (42,9 – 47,7)	<b>54,9</b> (54,2 – 57,8)
5	<b>2,67</b> (2,57 – 2,75)	<b>1,36</b> (1,27 – 1,50)	<b>1,09</b> (1,02–1,21)	<b>48,9</b> (43,7 – 52,3)	<b>59,1</b> (54,6 – 61,7)
6	<b>2,68</b> (2,63 – 2,74)	<b>1,41</b> (1,34 – 1,66)	<b>1,13</b> (1,07–1,32)	<b>47,4</b> (38,1 – 50,0)	<b>57,9</b> (50,8 – 60,1)

*Примітки. 1 – ґрунтова маса чорнозему південного; 2 – лесоподібні суглинки; 3 – червоно-бурі суглинки; 4 – червоно-бурі глини; 5 – міоценові сіро-зелені мергелясті глини; 6 – вохристо-зелені та темно-сірі глини. В дужках – варіабельність показника.*



Як свідчать дані, приведені у таблиці 3.4, гірські породи в порівнянні із зональним ґрунтом мають в середньому більшу на  $0,10 - 0,16 \text{ г/см}^3$  густину твердої фази. Різниця в щільності в непорушеному і порушеному стані в чорноземі південному становить в середньому  $0,04 \text{ г/см}^3$ , в гірських породах – від  $0,21$  в суглинистих відкладах до  $0,17 - 0,31 \text{ г/см}^3$  – в глинистих. Від гранулометричного складу і здатності агрегуватись залежить і загальна шпаруватість в порушеному стані: в суглинистих відкладах і ґрунтовій масі вона була меншою на  $4,8 - 11,3 \%$ , ніж в глинистих.

Гірські породи суттєво розрізняються за водними властивостями (таблиця 3.4) як між собою, так і в порівнянні із зональним ґрунтом. Слід відмітити високі показники найменшої вологостійкості у сіро-зелених мергелястих, вохристо-зелених та темно-сірих глин ( $42,1 - 43,1\%$  при  $24,9\%$  в зональному ґрунті). Не зважаючи на високі показники недоступної рослинам води в цих субстратах ( $23,3-24,0 \%$ ), в них формуються досить високі запаси води в активному шарі едафотопу.

З даних, наведених у таблиці 3.5, видно, що у субстратах глинистого гранулометричного складу в метровому шарі загальні запаси води на початку вегетаційного періоду більші в середньому на  $215 \text{ мм}$ , а продуктивні – на  $70 \text{ мм}$ , ніж в зональному ґрунті та суглинистих гірських породах. Додаткова кількість доступної рослинам води (до  $700 \text{ м}^3/\text{га}$ ) в глинистих субстратах є суттєвим чинником їх родючості в зоні недостатнього зволоження.

Загальновідомо, що утворення структурованих агрегатів відбувається під впливом двох чинників: флокуляції колоїдів і цементації ними більш крупних агрегатів. Міцність цементації обумовлюється флокуляцією. В такому стані агрегати найбільш стійкі по відношенню до різних диспергаторів. Цементуючими властивостями колоїдальних компонентів ґрунту є глинисті мінерали, гумусові комплекси, оксиди заліза та алюмінію, карбонат кальцію. Глинисті мінерали, збагачені полуторними оксидами, утворюють структури фрагментації.

Таблиця 3.5

**Гідрологічні характеристики основних геологічних відкладів та зона-  
льного ґрунту [119]**

Субстрат	Вологість в'янення рослин, %	Максимальна молекулярна вологоємність, %	Найменша вологоємність, %	Діапазон продуктивної вологи, %	Запаси вологи в метровому шарі, мм	
					загальні	Продуктивні
1	<b>8,3</b> (7,9–9,0)	не визн.	<b>24,9</b> (21,1–30,8)	<b>16,6</b> (13,2 – 21,7)	<b>331</b> (281– 10)	<b>164</b> (176–289)
2	<b>9,9</b> (4,7–12,0)	<b>15,0</b> (12,1–17,7)	<b>21,7</b> (18,4–26,6)	<b>11,8</b> (8,5 – 16,7)	<b>302</b> (256–370)	<b>164</b> (118–232)
3	<b>11,7</b> (9,6–13,9)	<b>17,0</b> (13,2–19,3)	<b>24,5</b> (22,7–26,3)	<b>12,8</b> (11,0 – 14,6)	<b>343</b> (318–368)	<b>179</b> (154 – 204)
4	<b>16,9</b> (11,2–23)	<b>22,0</b> (14,6–34,4)	<b>30,3</b> (28,9–33,8)	<b>13,4</b> (12,0–17,9)	<b>374</b> (367–429)	<b>170</b> (152 –227)
5	<b>24,0</b> (17,6–35)	<b>33,8</b> (15,7–58,5)	<b>42,1</b> (37,7–47,7)	<b>19,8</b> (13,7–23,7)	<b>457</b> (414–525)	<b>210</b> (151–261)
6	<b>23,3</b> (14,9–31)	<b>32,9</b> (21,0–44,0)	<b>43,1</b> (39,0– 0,2)	<b>19,8</b> (15,7–26,9)	<b>457</b> (413–532)	<b>210</b> (166–285)

*Примітки. 1 – ґрунтова маса чорнозему південного; 2 – лесоподібні суглинки; 3 – червоно-бурі суглинки ; 4 – червоно-бурі глини; 5 – міоценові сіро-зелені мергелясті глини; 6 – вохристо-зелені та темно-сірі глини.*  
*В дужках – варіабельність показника.*

Вони менш стійкі в порівнянні з агрегатами, скріпленими гумусовими сполуками і можуть розпадатися при різкому зволоженні і наступному набуханні. Глини з високим вмістом монтморилоніту здатні набухати, створюють кращу структуру в порівнянні з глинами, в яких переважає каолінит та ілліт. В

гірських породах вкрай мало міститься гумусових речовин, тому вони не можуть відігравати суттєвої ролі в створенні структури. В зв'язку з цим важливими показниками здатності до агрегування цих субстратів є вміст полуторних оксидів та карбонату кальцію, а також дисперсність. За даними гранулометричного складу розкритих геологічних відкладів (див. таблицю 3.1) встановлено, що кращу потенційну здатність до агрегування за гранулометричним показником структурності мають темно-сірі, сірі і чорні сланцюваті глини – 307%, сіро-зелені мергелясті глини – 298%, вохристо-зелені олігоцені глини – 226%. Суттєво нижча вона у червоно-бурих глин (109 %) та суглинків (75%) і зовсім низька – у лесоподібних суглинків – 47%.

Структурно-агрегатний склад техноземів та його зміни при сільськогосподарському використанні вивчали П.В. Волох, О.В. Трухов, О.В. Жуков, Г. А. Задорожня, І. В. Лядська та ін. [46, 223]. Ними зроблено висновок, що лесоподібні суглинки мають не водостійку структуру, однак при сільськогосподарському використанні вміст водотривких агрегатів збільшувався. Червоно-бурі глини, навпаки, характеризується високими показниками водотривкої структури. Автори це пояснюють високим вмістом гідроксиду заліза, яке на поверхні агрегатів за твердженням А.Ф. Тюліна створює водонепроникну “плівку” [173].

Отже, за фізичними властивостями субстрати гірських порід мають різні характеристики, які обумовлені перш за все їх гранулометричним, мінералогічним та хімічним складом. Субстрати суглинистого і глинистого гранулометричного складу здатні формувати запаси вологи, достатні для вирощування сільськогосподарських культур Степу – від ксерофітів до мезофітів.

#### **3.2.4. Ресурси палеоорганічної речовини та макроелементів**

Загальновідомо, що вміст органічних речовин – найбільш суттєвий і стійкий показник, який відрізняє ґрунт від гірської породи. У гумусі зосереджено 95-98 % запасів азоту ґрунту, до 80 % сірки, від 40 до 60 % фосфору, значна кількість кальцію, магнію, калію та інших макро- і мікроелементів, які

в процесі мінералізації гумусу вивільняються і стають доступними для рослин [37, 3, 62].

Як стверджують В.В. Дегрярьов, Д.Г. Тихоненко, К.Б. Новосад [66] колоїдна природа гумусу і, перш за все, його гумінова складова у значній мірі визначає режими і властивості ґрунту, підсилюючи здатність до агрегування механічних часток, разом з кальцієм створює водотривку структуру, визначає щільність складення та водно-повітряний режим ґрунту або ґрунтозамінюючої породи. Завдяки гумусу в ґрунтах формуються специфічні властивості, які відсутні або досить слабо виражені в гірських кристалічних та пухких осадових породах. Відомо, що валові запаси гумусу – найбільш важливий оціночний показник потенційної родючості ґрунту або гірських порід, які обумовлюють агрофізичні, агрохімічні, біологічні властивості. У гумусі містяться основні запаси енергії та елементів живлення для рослин і мікроорганізмів, тому його вміст визначає інтенсивність біохімічних процесів у ґрунті [3].

Взаємодіючи з великою кількістю зовнішніх чинників середовища, органічна речовина ґрунту є динамічним джерелом, що забезпечує консервацію Карбону і сонячної енергії, перетвореної фотосинтезом. Вона виступає в ролі регулятора внутрішньогрунтових процесів і режимів, що обумовлюють ріст, розвиток і живлення рослин. Завдяки органічній речовині формуються і підтримуються основні режими, властивості і функції ґрунту, що надає їй унікальні властивості емерджентної системи [13, 62, 139, 188].

Узагальнення попередніх досліджень дозволило встановити вміст і запаси органічної речовини і макроелементів у гірських породах в місцях їх корінного залягання [138, 118]. У винесених на денну поверхню гірських породах Нікопольського марганцеворудного басейну вміст палеоорганічних речовин складав: у лесоподібних суглинках – в середньому 0,34 %, в червоно-бурих глинах и суглинках – 0,2 %, в сіро-зелених олігоценічних і міоценічних глинах – 0,18 %. В порівнянні з чорноземом південним це в 6,8 – 12,8 разів менше.

Первинний вміст загального азоту у досліджуваних гірських породах складав від слідів до 0,024%, що у 7 – 11 разів менше, ніж у зональному ґрунті,

тобто такі субстрати можна назвати безазотними. Ресурси фосфору мають надзвичайно важливе значення в біологічному освоєнні літогенних техноземів. Він входить до складу різноосновних фосфатів мінералів. Запаси фосфору в гірських породах становлять в середньому 0,086-0,119 %, тобто, вони виявились у 2,2-2,8 рази нижчими, ніж у чорноземах південних (таблиця 3.6) [118, 119]. Для прогнозування доступності фосфатів рослинам важливо знати фосфатний фонд техноземів. Як стверджує Д.С. Орлов [139], незважаючи на винятково велику розмаїтість мінеральних і органічних сполук фосфору, в природі в виді мінералів трапляються практично лише похідні ортофосфорної кислоти – ортофосфати. Причому близько 95 % всіх природних фосфатів – це фосфати кальцію (до 60 різновидів), з яких найбільш поширені мінерали апатитової групи.

**Таблиця 3.6**

**Первинний вміст і запаси фосфору в гірських породах [119]**

Гірські породи, грунт	Валовий фосфор		Рухомий фосфор	
	%	запаси в шарі 0 – 25 см, т/га	мг/кг	запаси в шарі 0 – 25 см, кг/га
Лесоподібні суглинки	0,099	3,6	10,7	38
Червоно-бурі суглинки	0,086	2,9	8,3	28
Червоно-бурі глини	0,096	3,3	5,8	19
Сіро-зелені мергелясті глини	0,089	2,5	5,5	15
Зональний ґрунт (чорнозем південний)	0,237	7,4	12,5	39

Різноманіття мінеральних фосфатів не дозволяє оцінити фосфатний стан одним чи двома показниками. М.І. Горбунов із співавторами [60] за ступенем доступності рослинам загальний резерв фосфору поділив на потенційний, ближній і безпосередній. В основу розподілу покладено розподіл фосфору у фракціях більше 0,001 мм, менше 0,001 мм і в агрохімічній витяжці, прийнятої для даного типу ґрунту, а також мінералогічний склад цих фракцій.

К.Е. Гінзбург і Л.С. Лебедева [52] розділили фосфати ґрунту за ступенем доступності рослинам на 5 груп (фракцій). До першої фракції ( $\text{Ca} - \text{P}_I$ ) віднесені фосфати лужних металів і амонію, кислі фосфати кальцію (магнію) та частково  $\text{Fe}^{2+} - \text{P}$ . До другої фракції ( $\text{Ca} - \text{P}_{II}$ ) – різноосновні фосфати кальцію (переважно вторинно утворені типу ди-, три-, октокальційфосфат та ін.), до третьої ( $\text{Al} - \text{P}$ ) – фосфати алюмінію  $\text{AlPO}_4$  (варисцит, вевеліт та ін.) та частина органічного фосфору; до четвертої групи ( $\text{Fe} - \text{P}$ ) – в основному фосфати заліза ( $\text{FePO}_4$ ), що трапляються в штрєнгіті, а також органофосфати; до п'ятої групи ( $\text{Ca}_{III} - \text{P}$ ) входять високоосновні фосфати кальцію типу апатиту та фосфати не вивітрених мінералів материнської породи. Лабораторними аналізами було встановлено, що загальний фосфатний фонд (сума фракцій) в гірських породах складає в середньому 66,9 – 80,2 мг/100 г (таблиця 3.7).

Аналіз даних, приведених у таблиці 3.8 показує, що в літоземах 44,9 – 48,0% фосфатного фонду складає фракція  $\text{Ca} - \text{P}_{II}$  (в зональному ґрунті – лише 29,8%), однак вміст фракції  $\text{Ca} - \text{P}_I$  в літоземах в 2,1- 2,5 разів нижчий в порівнянні з насипним шаром чорнозему південного, що свідчить про нижчу забезпеченість літоземів доступними для рослин формами фосфору та більшим його ближнім резервом. Такі висновки підтверджуються дослідженнями М.І. Горбунова, М.О. Бекаревича, З.М. Михайлової [57].

Вміст доступного рослинам калію у розкривних свіжовинесених на поверхню гірських породах достатньо високий (26–71 мг/100 г), тому, як правило, не є обмежуючим чинником для росту і розвитку рослин (таблиця 3.8).

Таблиця 3.7

**Фракційний склад фосфатів в розкривних гірських породах і зональному ґрунті**

Субстрати	Фракції фосфатів					Всього, мг/100 г
	Ca – P <sub>I</sub>	Ca – P <sub>II</sub>	Al – P	Fe – P	Ca – P <sub>III</sub>	
1	<u>20,2±0,46</u>	<u>23,8±1,06</u>	<u>6,6±0,14</u>	<u>9,9±0,24</u>	<u>19,4±0,36</u>	79,9
	25,3	29,7	8,3	12,4	24,3	
2	<u>8,7±0,21</u>	<u>32,1±1,12</u>	<u>5,6±0,14</u>	<u>4,2±0,11</u>	<u>16,3±0,37</u>	66,9
	13,0	48,0	8,3	6,3	24,4	
3	<u>9,6±0,25</u>	<u>35,9±1,07</u>	<u>9,3±0,18</u>	<u>5,2±0,07</u>	<u>20,2±0,45</u>	80,2
	12,0	44,8	11,6	6,5	25,2	
4	<u>8,1±0,12</u>	<u>35,1±1,23</u>	<u>5,1±0,11</u>	<u>1,5±0,09</u>	<u>23,9±0,47</u>	73,7
	11,0	47,7	6,9	2,0	32,4	

*Примітка. 1 – чорнозем південний; 2 – лесоподібний суглинок; 3 – червонобура глина; 4 – сіро-зелена мергеляста глина. У чисельнику – вміст фосфатів, мг/100 г, у знаменнику – % від суми фракцій.*

Таблиця 3.8

**Вміст і запаси калію в розкривних гірських породах і зональному ґрунті [119]**

Гірські породи, ґрунт	Валовий калій		Обмінний калій	
	%	запаси, т/га в шарі 0 – 25 см	мг/кг	запаси, кг/га в шарі 0 – 25 см
Лесоподібні суглинки	1,70	61,6	263	903
Червоно-бурі суглинки	1,85	62,9	331	1125
Червоно-бурі глини	1,81	61,5	436	1482
Сіро-зелені мергелясті глини	2,43	68,6	706	1994
Зональний ґрунт	2,01	62,8	305	953

При вивченні доступності рослинам макро- і мікроелементів користуються інформацією про їх вміст у водних, сольових, буферних і кислотних витяжках або даними про активність іонів у ґрунтових розчинах. Хімічні елементи, які визначаються в агрохімічних витяжках, М.І. Горбунов назвав безпосереднім резервом для живлення, адже вони можуть впродовж 5–10 років використовуватись рослинами [57]. Вміст макро- і мікроелементів в ґрунтовій масі чорнозему південного і гірських породах при різних способах визначення (у водній, амонійно-ацетатній (рН = 4,8) та азотнокислій (2 н HNO<sub>3</sub>) витяжках представлено в таблиці 3.9.



Таблиця 3.9

**Вміст деяких макро- і мікроелементів у ґрунтовій масі чорнозему південного (шар 0-20 см) і в субстратах гірських порід (водна витяжка)**

Субстрат	Макроелементи, %			
	Ca	Mg	Na	K
Гумусована маса чорнозему південного	0,045	0,006	0,007	0,004
Лесоподібний суглинок	0,070	0,033	0,076	0,003
Суміш червоно-бурих глин і суглинків	0,066	0,022	0,170	0,004
Сіро-зелена мергеляста глина	0,076	0,025	0,140	0,006
	Мікроелементи, мг/кг			
	Mn	Zn	Cu	Fe
Гумусована маса чорнозему південного	1,25	0,9	Сліди	1,0
Лесоподібний суглинок	1,95	0,8	Сліди	1,5
Суміш червоно-бурих глин і суглинків	0,80	0,7	Сліди	2,0
Сіро-зелена мергеляста глина	1,30	1,8	Сліди	1,0

На залежність вмісту мікроелементів від ґрунтоутворюючих порід, а саме: їх гранулометричного складу, реакції ґрунтового розчину, окисно-відновних умов, вмісту та якості гумусу, вказували М.І. Горбунов, Л.П. Головіна і ін. [60, 54].

За результатами лабораторних аналізів встановлено, що у водній витяжці досліджуваних субстратів (таблиця 3.9) вміст кальцію у гумусованій масі чорнозему південного виявився менший, ніж у субстратах в 1,5 – 1,7 рази. Ще більшою виявилась різниця за вмістом магнію (в 3,7 – 5,5 рази) і особливо, за

вмістом натрію – його кількість у гірських породах була в 11 – 20 разів більшою, ніж у зональному ґрунті. Різниця між вмістом мікроелементів виявилась менш суттєвою.

**Таблиця 3.10**

**Вміст основних макро- і мікроелементів у ґрунтовій масі чорнозему південного (шар 0-20 см) і в субстратах гірських порід (амонійно-ацетатна витяжка, рН = 4,8)**

Субстрат	Макроелементи, %			
	Ca	Mg	Na	K
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Гумусована маса чорнозему південного	0,55	0,083	0,007	0,034
Лесоподібний суглинок	2,66	0,318	0,092	0,040
Суміш червоно-бурих глин і суглинків	2,58	0,282	0,334	0,058
Сіро-зелена мергеляста глина	2,64	0,267	0,222	0,069
	Мікроелементи, мг/кг			
	Mn	Zn	Cu	Fe
Гумусована маса чорнозему південного	21,5	13,5	0,6	5,5
Лесоподібний суглинок	21,0	12,2	0,9	8,0
Суміш червоно-бурих глин і суглинків	20,5	17,0	0,6	8,5
Сіро-зелена мергеляста глина	26,1	20,5	0,6	4,0

У амонійно-ацетатній витяжці (таблиця 3.10) спостерігалась така ж тенденція, як і в попередньому дослідженні, однак за вмістом кальцію зональний ґрунт виявився майже у 5 разів біднішим, ніж субстрати гірських порід. Вміст мікроелементів виявився майже однаковим у всіх досліджуваних зразках.

Відомо, що міграційна здатність мікроелементів зростає за підвищеної кислотності, легкого гранулометричного складу, низького вмісту карбонатів, високої вологості ґрунту. За градацією забезпечення ґрунтів мікроелементами, вміст рухомих форм марганцю, цинку, міді й заліза у досліджених техноземах не перевищує гранично допустимих концентрацій і не суттєво відрізняється від їх вмісту у зональному ґрунті.

### **3.2.5. Легкорозчинні солі та зміна їх вмісту в техноземах за тривалого сільськогосподарського використання**

Склад і вміст легкорозчинних солей в гірських породах – найбільш динамічний і нестабільний показник їх хімічних властивостей. Завдяки агрохімічним аналізам, які були проведені М.Т. Масюком [119], зафіксовано первинний вміст легкорозчинних солей в субстратах гірських порід, відібраних з борту кар'єру (таблиця 3.11).

Нижче по профілю вміст водорозчинних солей збільшувався навіть в межах однієї гірської породи – від незасолених до сильно засолених: в лесоподібних суглинках – від 0,06 до 1,23 % , в червоно-бурих суглинках – 0,09–0,72, в червоно-бурих глинах – 0,25–3,59, в сіро-зелених мергелястих глинах – 0,23–1,52%. В лесоподібних і червоно-бурих суглинках та сіро-зелених мергелястих глинах сформувався сульфатно-натрієвий тип засолення, в червоно-бурих глинах – сульфатно-кальцієвий.

За 45-річний період сільськогосподарського використання відбулися певні зміни в сольових профілях техноземів (таблиця 3.12). Так, вміст легкорозчинних солей у техноземі, сформованому з лесоподібних суглинків, у верхньому 0-20 см шарі виявився на рівні 0,18 – 0,20%, тобто цей найбільш коре-

ненасичений шар став не засоленим. Нижче по профілю ступінь засолення оцінюється як слабкий і середній. Найбільша кількість легкорозчинних солей концентрується в шарі 50 – 70 см.

**Таблиця 3.11**

**Вміст деяких макро- і мікроелементів у ґрунтовій масі чорнозему південного (шар 0-20 см) і у субстратах гірських порід, азотнокисла витяжка (2 н HNO<sub>3</sub>)**

Субстрат	Макроелементи, %			
	Ca	Mg	Na	K
Гумусована маса чорнозему південного	0,55	0,153	0,007	0,391
Лесоподібний суглинок	2,68	0,372	0,110	0,203
Суміш червоно-бурих глин і суглинків	2,20	0,377	0,331	0,438
Сіро-зелена мергеляста глина	2,56	0,352	0,301	0,540
	Мікроелементи, мг/кг			
	Mn	Zn	Cu	Fe
Гумусована маса чорнозему південного	412	40,0	15,5	3120
Лесоподібний суглинок	325	26,3	14,0	4625
Суміш червоно-бурих глин і суглинків	562	37,5	24,5	4500
Сіро-зелена мергеляста глина	588	47,5	20,0	4375

Більш засоленими виявились техноземи, сформовані сумішкою червоно-бурих глин і суглинків. Верхній 0 – 30 см шар характеризується як слабозасолений. Нижче по профілю вміст солей збільшувався, ступінь засолення – середньо- і сильнозасолені субстрати.

У техноземі, сформованому сіро-зеленими мергелястими глинами, верхній 0 – 20 см шар виявився не засоленим, а нижче по профілю зафіксовано слабку, середню і сильну ступінь засолення з максимальною концентрацією водорозчинних солей у шарі 40 – 60 см.

**Таблиця 3.11**

**Первинний вміст і якісний склад водорозчинних іонів в гірських породах [119]**

Субстрат*	Сухий залишок, %	Вміст аніонів і катіонів, мг-екв./100 г породи					
		$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$
1	0,4 (0,2 – 1,1)	0,7 (0,4 – 1,0)	1,2 (0,1 – 3,5)	3,9 (0,1 – 15)	1,5 (0,2 – 5,8)	1,7 (0,1 – 5,9)	2,7 (0,5 – 7,0)
2	0,4 (0,1 – 0,7)	0,8 (0,5 – 1,5)	1,3 (0,2 – 4,9)	3,4 (0,2 – 7,1)	1,1 (0,1 – 2,8)	1,3 (0,1 – 2,6)	3,2 (1,1 – 6,1)
3	0,9 (0,3 – 3,6)	0,7 (0,3 – 2,1)	1,7 (0,4 – 6,0)	9,3 (1,3 – 37)	4,1 (0,5 – 19)	3,0 (0,4 – 10)	4,6 (1,8 – 8,6)
4	0,5 (0,2 – 1,5)	1,0 (0,3 – 2,1)	1,6 (0,3 – 4,8)	3,9 (1,8 – 13)	1,8 (0,6 – 6,0)	1,4 (0,3 – 3,4)	3,2 (0,5 – 9,9)

Примітка. 1 – лесоподібні суглинки; 2 – червоно-бурі суглинки; 3 – червоно-бурі глини; 4 – сіро-зелені мергелясті глини; В дужках – варіабельність показника.

Отже, впродовж тривалого сільськогосподарського використання в усіх досліджуваних моделях техноземів відбулось розсолення верхнього шару (0 – 20 см), який оцінюється як не засолений. У більш глибоких шарах вміст солей збільшувався з максимальною концентрацією у шарах: 50 – 70 см (лесо-подібні суглинки), 60 см і нижче (червоно-бурі відклади), 40 – 60 см (сіро-зелені мергелясті глини). Перерозподіл солей по профілю, на нашу думку, обумовлений специфікою гранулометричного складу гірських порід, які формують техноземи. У техноземах з важким гранулометричним складом із-за меншої глибини просочування води водорозчинні солі промились на меншу глибину у порівнянні з техноземами, сформованими суглинковими гірськими породами (таблиця 3.12).

**Таблиця 3.12**

**Вміст водорозчинних солей у профілі техноземів через 45 років сільськогосподарського використання, %**

Шар техно- зему, см	Технозем, сформований:		
	лесоподібними су- глинками	сумішкою чер- воно-бурих глин і суглинків	сіро-зеленими мергелястими глинами
0 – 10	0,17	0,32	0,18
10 – 20	0,20	0,32	0,19
20 – 30	0,26	0,37	0,32
30 – 40	0,33	0,42	0,40
40 – 50	0,35	0,62	0,52
50 – 60	0,47	0,68	0,55
60 – 70	0,46	0,85	0,43
70 – 80	0,36	0,89	0,49
80 – 90	0,39	0,88	0,50
90 – 100	0,38	0,81	0,45
НІР <sub>095</sub>	0,03	0,07	0,05

### **3.3. Едафічні чинники розкритих гірських порід, які обмежують реалізацію потенціалу ґрунтоутворення та можливості їх подолання**

Сучасна технологія рекультивації земель дозволяє використовувати різноякісні геологічні відклади для конструювання штучних едафотопів. При аналізі й оцінці їх складу і властивостей доцільно всі едафічні характеристики розділити на три групи.

До першої групи віднесені такі чинники, які практично неможливо або дуже важко змінити (мінералогічний, гранулометричний і геохімічний склад). До другої групи віднесені едафічні властивості, які можливо поліпшити завдяки впровадженню цілеспрямованих багаторічних ресурсозатратних заходів (накопичення гумусу, зменшення вмісту легкорозчинних солей у кореневмісному шарі, зменшення до оптимального рівня (менше 5% ЄКО) в ґрунтовому вбирному комплексі поглинутого натрію, оптимізація загальних фізичних властивостей, структурно-агрегатного стану, підвищення біогенності і біологічної активності). Третя група чинників об'єднує такі, що можливо покращити завдяки одноразовим заходам на нетривалий проміжок часу (забезпечення агроценозів доступними поживними речовинами шляхом внесення добрив, інокуляції рослин азотфіксуючими бактеріями, фосфатмобілізуючою мікрофлорою; оптимізація водно-повітряного забезпечення рослин і мікроорганізмів завдяки системі механічного обробітку ґрунту, оптимізації реакції ґрунтового середовища шляхом вапнування або гіпсування і деякі ін.).

Аналіз едафічних характеристик потенційно родючих гірських порід: гранулометричного, мінералогічного та хімічного складу, фізичних, хімічних та біологічних властивостей засвідчив, що основними обмежуючими чинниками реалізації потенціалу ґрунтоутворення є низькі первинні запаси органічної речовини і азоту, слабо розвинений мікробіоценоз, недостатня для нормального зростання рослин кількість поживних речовин (особливо азоту і фосфору), а також підвищена кількість легкорозчинних солей (насамперед у червоно-бурих глинах).

Низькі запаси гумусу і біофільних хімічних сполук і елементів є характерними для усіх потенційно родючих гірських порід, тому складають перший обмежувальний рівень. Нестача вологи і високі літні температури в південному Степу України складають другу групу обмежувальних чинників. Інші обмежувальні фактори є специфічними і різною мірою проявляються лише в деяких гірських породах або їх різновидах: низька агрегатованість та утворення ґрунтової кірки характерні для лесоподібних суглинків, високий рівень засолення і осолонцювання – для червоно-бурих відкладів (насамперед глин), важкий гранулометричний склад, надмірне набрякання і тріщинуватість високий вміст карбонатів і слаболужна реакція середовища – для сіро-зелених мергелястих глин. Отже, у техноземах, сформованих гірських порід, зафіксовано значно більше лімітуючих чинників росту і розвитку рослин, ніж у зональних ґрунтах, а отже й для реалізації літо- і біогенного потенціалів ґрунтоутворення.

Встановлення і діагностування обмежуючих чинників і їх ресурсного потенціалу, а також діапазонів відхилення від оптимуму для розвитку агроценозів з різних еколого-трофічних груп, можливість їх спрямованого регулювання створює можливість управляти ґрунтогенезом за допомогою біологічних та агротехнологічних заходів, що дозволить створювати високопродуктивні агроєкосистеми на рекультивованих землях.

### **Висновки до Розділу 3**

У розділі наведена інформація про склад і едафічні властивості розкритих гірських порід Нікопольського марганцеворудного басейну, зроблено їх оцінювання як субстратів для формування літогенних техноземів без використання гумусованої маси зональних ґрунтів.

Виявилось, що у винесених на денну поверхню гірських породах вміст палеоорганічних речовин складав лише 0,2–0,45 %, що у 6,8 – 12,8 разів менше порівняно з чорноземом південним. Первинний вміст загального азоту також був у 7 – 11 разів меншим, ніж у зональному ґрунті. Такі субстрати практично є безгумусними і безазотними. Загальні запаси фосфору в гірських породах



становлять в середньому 0,086–0,119 %, тобто, вони у 2,2-2,8 рази нижчі, ніж у чорноземі південному. Вміст доступного рослинам калію в гірських породах достатньо високий.

Разом з тим показано, що едафічні характеристики досліджуваних розкритих гірських порід марганцеворудних кар'єрів за хіміко-мінералогічним і гранулометричним складом, агрофізичними і фізико-хімічними властивостями, а також за термодинамічними характеристиками є сприятливим для сучасного ґрунтоутворення. Різноманітність їх літогенного складу і властивостей створюють більш широкі можливості для формування едафічних конструкцій техноземів різного цільового використання (під рілля, сіножаті, пасовища, багаторічні плодові і ягідні насадження).

## **РОЗДІЛ 4**

### **ЛІТОГЕННИЙ ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ І ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ ЗА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЗЕМІВ**

Як було показано у попередніх розділах дисертаційного дослідження, реалізація потенціалу ґрунтоутворення залежить від конкретних природно-кліматичних умов і визначається спроможністю фіто-, мікробо- і зооценозів використовувати едафічні ресурси техноземів (насамперед води, тепла, повітря), а також додаткові ресурси, які надходять в ґрунт завдяки антропічним чинникам (використання органічних і мінеральних добрив, хімічних меліорантів, пестицидів, підбір і чергування рослин для фітомеліоративних сівозмін і/або агросукцесій, система механічного обробітку і ін.).

Сприятливість до ґрунтоутворення різноякісних за ресурсним наповненням субстратів розкривних гірських порід досліджували за показником дисперсності твердої фази (гранулометричний склад, вбирна здатність), здатністю до гумусонакопичення, хіміко-мінералогічним складом, термодинамічними характеристиками, забезпеченістю біофільними елементами.

#### **4.1. Показник подібності гірських порід за дисперсністю твердої фази субстратів гірських порід**

Показник дисперсності твердої фази розкривних гірських порід обумовлює важливі едафічні характеристики, які є визначальними для реалізації потенціалу ґрунтоутворення вже на початковому етапі біологічного освоєння, тому є визначальним для формування ґрунтових режимів і більшості властивостей і новостворених едафічних систем.

За коефіцієнтом специфічності (подібності), запропонованому В. Таргульяном [159, 162] як відношення певного показника досліджуваних субстратів до еталонного ґрунту, нами було встановлено потенціали ґрунтоутворення

досліджуваних гірських порід за первинним вмістом органічної речовини, показниками дисперсності і ємності катіонного обміну, а також їх зміни за тривалого сільськогосподарського використання впродовж 45-річного періоду (таблиця 4.1).

**Таблиця 4.1**

**Літогенний потенціал ґрунтоутворення за вмістом органічної речовини і дисперсністю твердої фази техноземів та його реалізація за тривалого сільськогосподарського використання**

Варіант	Коефіцієнт подібності (специфічності) до еталону (зонального ґрунту)		
	за вмістом органічної речовини	за вмістом «фізичної глини»	за ємністю катіонного обміну
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<b>Технозем, сформований лесоподібними відкладами</b>			
З борту кар'єру	0,10	0,91	0,92
Через 45 років сільськогосподарського використання:			
• агросукцесія А	0,35	0,92	0,93
• агросукцесія Б	0,30	0,91	0,92
<b>Технозем, сформований сумішкою червоно-бурих глин і суглинків</b>			
З борту кар'єру	0,05	1,15	1,06

Закінчення таблиці 4.1

1	2	3	4
Через 45 років сільськогосподарського використання:			
• агросукцесія А	0,32	1,16	1,08
• агросукцесія Б	0,27	1,15	1,06
<b>Технозем, сформований сіро-зеленими мергелястими глинами</b>			
З борту кар'єру	0,04	1,27	1,63
Через 45 років сільськогосподарського використання:			
• агросукцесія А	0,36	1,28	1,65
• агросукцесія Б	0,32	127,4	1,63

*Примітка. У еталонному зональному ґрунті вміст гумусу склав 4,2%, вміст фракцій «фізичної глини» – 56,3%; показник ємності катіонного обміну – 25,6 мг-екв./100 г ґрунту.*

Як свідчать дані, наведені у таблиці 4.1, найвищим показником реалізації потенціалу гумусонакопичення характеризуються сіро-зелені мергелясті глини: якщо на початку їх освоєння показник подібності до зонального ґрунту складав лише 0,04, то вже через 45 років – 0,32 – 0,36, тобто, зріс у 8 – 9 разів. За вмістом «фізичної глини» досліджувані субстрати не поступаються або навіть дещо перевищують показники зонального ґрунту. Сприятливість до прискореного ґрунтоутворення обумовлена й високими показниками ємності катіонного обміну, насамперед, у сіро-зелених мергелястих глин. Встановлено, що за тривалого сільськогосподарського використання ці чинники мають тенденцію до зростання.

#### **4.2. Потенціал ґрунтоутворення гірських порід за хіміко-мінералогічним складом і термодинамічними характеристиками.**

Вміст, склад і співвідношення вторинних (глинистих) мінералів є визначальними для реалізації потенціалу ґрунтоутворення розкритих гірських порід. Оскільки мінеральна частина лесоподібних і червоно-бурих відкладів має континентальне походження, у тонкодисперсних фракціях переважають гідро-слюди (38–66%) і каолінит (27–36%), а в сіро-зелених мергелястих глин морського походження – монтморилоніт (52–64%).

Енергетичний підхід до вивчення процесів ґрунтоутворення набуває все більшого розповсюдження. Геохімічні процеси з енергетичної точки зору а також енергетичні характеристики мінеральної частини ґрунтів, їх вплив на ґрунтогенез досліджували А.Є. Ферсман, В.І. Лебєдев, В.Р. Волобуєв, В.А. І.Ш. Іскандеров, В.О. Забалуєв, О.І. Єргіна та ін. [179, 43, 95, 104, 77, 12].

Як зазначає В.Р. Волобуєв [43], з точки зору термодинаміки енергія кристалічної решітки (складова частина внутрішньої енергії кристалічних речовин) – це енергія, яку потрібно затратити для руйнування однієї грам-молекули кристалічної речовини до стану газоподібних одноатомних іонів безкрайньо віддалених один від одного. Важливим термодинамічним показником мінералів є вільна енергія Гіббса, яка характеризує енергію, за рахунок якої при відповідних умовах може виконуватись певна робота.

Енергію кристалічної решітки і вільну енергію Гіббса І.Ш. Іскандеров [95] запропонував розраховувати за емпіричними формулами, використовуючи кількісні дані про мінеральний склад субстратів. Ці показники дозволяють розрахувати основні термодинамічні показники ґрунтів і ґрунтоутворюючих субстратів.

Для розрахунків енергії кристалічної решітки та вільної енергії В.Р. Волобуєв [43] запропонував вважати мінеральну частину ґрунту як суму оксидних сполук, що дозволяє використовувати дані валового хімічного складу мінеральної частини.

Показники кількості енергії окремих оксидів наведені у публікації А.Є. Ферсмана, а показники констант вільної енергії – у спеціальних довідниках з термодинаміки [98, 179].

Для оцінки потенційної здатності гірських порід до ґрунтоутворення і гумусонакопичення в процесі біологічного освоєння вивчали термодинамічні характеристики (таблиця 4.2).

**Таблиця 4.2**

**Термодинамічні характеристики мінеральної частини гірських порід і зонального ґрунту, КДж/100 г**

Субстрат	Енергія кристалічної решітки (V)	Вільна енергія Гіббса (-Δ G)	Ентропія мінеральної частини (S)
Зональний ґрунт (чорнозем південний, шар 0 – 20 см)	18476	1321	0,065
Лесоподібний суглинок	15725	1158	0,057
Червоно-бурий суглинок	16661	1200	0,059
Червоно-бура глина	15462	1141	0,055
Сіро-зелена мергеляста глина	9719	861	0,047

Аналіз даних таблиці 4.2 засвідчив, що запаси внутрішньої енергії (енергія кристалічної решітки, вільна енергія Гіббса та ентропія мінеральної частини) в полімінеральних гірських породах менші, ніж в зональному ґрунті. За твердженням В.А. Ковди [104], потенційна родючість ґрунтів обернено пропорційна запасу їх внутрішньої енергії, тобто, полімінеральні гірські породи мають сприятливі умови для біологічного освоєння. Вони мають більшу реакційну спроможність в порівнянні із зональним ґрунтом, що є передумовою інтенсивного ґрунтоутворного процесу.

За результатами обчислень, енергія кристалічної решітки в полімінеральних гірських породах була в межах 97,2 – 166,6 МДж/кг субстрату (в зональному ґрунті – 184,8 МДж/кг); вільна енергія Гіббса – від 8,61 до 12,21 МДж/кг (в зональному ґрунті – 13,21 МДж/кг); ентропія мінеральної частини – відповідно 0,47 – 0,60 КДж/кг (в зональному ґрунті 0,65 КДж/кг). Такі показники обумовлюють кращу спроможність досліджуваних гірських порід в порівнянні із зональним ґрунтом, що є передумовою для більш інтенсивного ґрунтоутворюючого процесу. Отже, показники вільної енергії Гіббса та енергії кристалічної решітки можна використовувати як інтегруючі показники здатності субстратів до ґрунтоутворення.

Таким чином, за термодинамічними характеристиками сприятливість до біологічного освоєння гірських порід визначається рядом: сіро-зелена мергеляста глина → червоно-бура глина → лесоподібний суглинок → червоно-бурий суглинок.

#### **4.3. Реалізація потенціалу забезпеченості техноземів біофільними елементами за тривалого сільськогосподарського використання**

Надзвичайно важливим показником реалізації потенціалу ґрунтоутворення є забезпеченість рослин поживними речовинами. В таблиці 4.2 представлені дані щодо вмісту елементів живлення рослин в досліджуваних техноземах через 45 років їх сільськогосподарського використання. Як свідчать дані, наведені у таблиці 4.3, навіть через 45 років біологічного освоєння досліджувані техноземи оцінюються як низько забезпечені за вмістом основних елементів живлення. Надзвичайно важливим ресурсом реалізації потенціалу ґрунтоутворення в літогенних техноземах є забезпеченість фосфором.

Таблиця 4.3

**Вміст основних елементів живлення рослин в техноземах та їх зміна за тривалого сільськогосподарського використання (шар 0 – 20 см)**

Показник	Техноземи, сформовані:					
	лесоподібними відкладами		червоно-бу- рими відкла- дами		сіро-зеленими мергельастими глинами	
	Агросукцесії					
	А	Б	А	Б	А	Б
Загальний азот, %						
• на початку освоєння*	0,039		0,033		0,027	
• через 45 років	0,121	0,104	0,094	0,091	0,132	0,132
Азот, що легко гідролізується, мг/100 г						
• на початку освоєння*	2,33		1,85		1,66	
• через 45 років	6,21	5,78	5,42	4,82	5,84	5,14
Рухомий фосфор, мг/100 г						
• на початку освоєння*	1,41		0,41		0,42	
• через 45 років	2,03	1,88	1,61	1,34	2,74	2,04
Обмінний калій, мг/100 г						
• на початку освоєння*	19,2		36,0		64,0	
• через 45 років	20,0	21,5	36,4	36,6	63,7	65,7



Фосфатний фонд гірських порід зосереджений в фосфорвмісних мінералах та сполуках і становить 0,09 – 0,11%, що в 2 рази менше, ніж в зональних чорноземах. Через 45 років сільськогосподарського освоєння коефіцієнт подібності до зонального ґрунту досліджуваних техноземів залежно від літогенної основи має такі показники (таблиця 4.4).

**Таблиця 4.4**

**Коефіцієнти подібності до зонального ґрунту фосфатного потенціалу різноякісних техноземів через 45 років їх сільськогосподарського використання**

Техноземи, сформовані:	Агро-сукцесія	Фракції фосфатів				
		Ca – P <sub>I</sub>	Ca – P <sub>II</sub>	Ca – P <sub>III</sub>	Fe – P	Al – P
лесоподібними суглинками	А	0,27	0,52	1,36	2,65	1,61
	Б	0,25	0,54	1,34	2,65	1,61
сумішкою червоно-бурих глин і суглинків	А	0,26	0,48	1,04	3,96	1,42
	Б	0,26	0,45	1,01	3,96	1,42
сіро-зеленими мергелястими глинами	А	0,37	0,73	1,75	3,37	1,08
	Б	0,34	0,75	1,72	3,37	1,08

*Примітка. Фракційний склад фосфатів у еталонному зональному ґрунті, мг/кг: Ca – P<sub>I</sub> – 156; Ca – P<sub>II</sub> – 238; Ca – P<sub>III</sub> – 209; Fe – P – 76; Al – P – 66.*

Дані таблиці 4.4. свідчать про низький потенціал в техноземах доступного рослинам фосфору, який зосереджений у фракціях моно- і дикальційфосфатів. Разом з тим, вміст фосфору у важкодоступних рослинам фракціях пе-

ревищує показники еталонного зонального ґрунту. За певних умов фосфатомобілізації техноземи здатні суттєво збільшити вміст доступних для рослин форм фосфору.

#### **4.4. Едафічно-конструкційні можливості реалізації літогенного потенціалу ґрунтоутворення за рекультивації земель**

Едафічно-конструкційний потенціал ґрунтоутворення реалізується через підбір найбільш сприятливих за едафічними характеристиками потенційно родючих гірських порід для конструювання літогенних техноземів. За узагальненими даними попередніх досліджень [24, 119, 123] було досліджено понад 20 різноякісних за генезисом, складом і властивостями розкритих гірських порід Нікопольського марганцеворудного басейну з метою їх використання у якості едафічних субстратів для конструювання техноземів без використання гумусованої маси ґрунту.

Встановлено, що найбільш сприятливі характеристики мають незасолені і мало засолені лесоподібні відклади. Перспективним є використання сіро-зелених мергелястих глин для створення кормових угідь під сіножаті. Дещо гірші показники мають червоно-бурі глини і суглинки із-за підвищеного вмісту легкорозчинних солей. Слід зазначити, що кожен з досліджуваних субстратів має специфічні обмежувальні чинники: у лесоподібних суглинках – відсутність водостійкої структури, у червоно-бурих відкладах – надмірна кількість водорозчинних солей, у сіро-зелених мергелястих глинах – важкий гранулометричний склад і висока карбонатність. Ці особливості субстратів необхідно враховувати при конструюванні моделей техноземів залежно від запланованого цільового використання рекультивованих угідь.

На основі узагальнення багаторічних досліджень і практичного досвіду рекультивації порушених земель в Південному Степу України [24, 183] виробництву пропонується використовувати базові моделі техноземів для сільсь-

когосподарського використання рекультивованих земель з використанням родючого шару гумусованої ґрунтової маси різної товщини, а також «безгумусні» спеціальні моделі, які формуються із потенційно родючих розкривних гірських порід.

#### **Висновки до Розділу 4**

Проведеними дослідженнями встановлено, що для оцінювання літогенного потенціалу ґрунтоутворення можливе використання едафічних характеристик гірських порід. Насамперед це хімічний, мінералогічний і гранулометричний склад, термодинамічні показники мінеральної частини, забезпеченість поживними речовинами, вміст легкорозчинних солей, агрофізичні властивості і деякі інші характеристики. За показником дисперсності найбільш сприятливою виявилась сіро-зелена мергеляста глина, за ступенем засолення – лесоподібні суглинки (верхній 2 м шар). За термодинамічними показниками досліджувані субстрати оцінюються таким рядом: сіро-зелені мергелясті глини > червоно-бурі глини й суглинки > лесоподібні суглинки.

На перших етапах процесу ґрунтоутворення сприятливість техноземів до сільськогосподарського використання обумовлюється насамперед хіміко-мінералогічним складом, ступенем дисперсності й забезпеченістю основними біофільними елементами гірських порід. Подальша реалізація ресурсів ґрунтоутворення залежить від природних і антропогенних чинників. Геобіокліматичний потенціал ґрунтоутворення Південного Степу має достатні ресурси для формування з полімінеральних дисперсних нефітотоксичних гірських порід ґрунтів чорноземного типу.

Реакційна спроможність гірських порід до ґрунтоутворення оцінювалась також за термодинамічними характеристиками мінеральної частини. Встановлено, що енергія кристалічної решітки гірських порід (14,8 – 15,8 МДж в 100 г), показники вільної енергії Гіббса і показники ентропії мінеральної частини дозволяють стверджувати про кращу реакційну спроможність гірських

порід у порівнянні із зональним ґрунтом, що обумовлює прискорення реалізації потенціалу ґрунтоутворення у техноземах. Такі сприятливі термодинамічні характеристики субстратів гірських порід обумовлені їх мінералогічним і хімічним складом – насамперед із-за більшого (у порівнянні із зональним ґрунтом) вмісту  $\text{CaCO}_3$  і  $\text{R}_2\text{O}_3$ .

Встановлено, що за термодинамічними показниками і мінералогічним складом найвищий потенціал до ґрунтоутворення виявився у сіро-зелених мергелястих глин.

## РОЗДІЛ 5

# БІОГЕННИЙ ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ В ТЕХНОЗЕМАХ ЗА ТРИВАЛОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ

### 5.1. Біогенний потенціал розкривних гірських порід

За даними І.Х. Узбека і інших дослідників, свіжовинесені у відвали гірські породи характеризуються як практично стерильні абіогенні субстрати, тому первинні мікробні угруповання починають у них формуватися лише з моменту експонування на денній поверхні. Оскільки відвали гірських порід є локальними елементами посттехногенних ландшафтів, які оточені непорушеними зональними ландшафтами, їх заселення біотою відбувається саме з цих територій [175, 176].

Згідно даних І.М. Клевенської [102], формування первинних мікробних сукцесій на відвалах завжди розпочинається із заселення оліготрофних мікробних угруповань. Потім субстрати заселяють мікобактерії, спороносні і неспорові бактерії. За твердженням І.Б. Зленко і інформації з іноземних опублікованих джерел, з моменту винесення на денну поверхню гірських порід відбувається їх інокуляція еоловим матеріалом зі спорами і клітинами мікроорганізмів, потім підсилюється органічною речовиною, що надходить із атмосферними опадами. Зважаючи на складні екологічні умови породних відвалів, насамперед – нестачу вологи і елементів живлення, видовий склад мікроорганізмів є дуже бідним і представлений в основному *Mycobacterium album*, *Mycobacterium luteum*, а також грибами родин *Penicillium* та *Cladosporum*. Тому мікробним угрупованням початкових фаз розвитку властивий оліготрофний тип живлення, здатність до азотфіксації та розкладання складних вуглеводів, низька потенційна активність ферментів, слабе дихання, неспроможність до засвоєння нітратів [89, 211].

У своєму розвитку мікробоценози проходять ініціальний, посттехногенний, оптимізаційний періоди. Як зазначає І.Б. Зленко, вже на гірничотехнічному етапі рекультивації при формуванні відвалів розпочинається ініціальний період, впродовж якого відбувається первинне заселення спор та клітин мікроорганізмів з оточуючих територій [89].

Слід зазначити, що біологічний колообіг елементів на перших етапах біологічного освоєння техноземів відбувається за безпосередньої участі мікроорганізмів, чисельність і груповий склад яких обмежуються ресурсами поживних речовин. Мікробоценози здатні трансформувати деякі мінерали, що сприяє залученню нових енергетичних і речовинних ресурсів, а також формуванню біоценотичних компонентів. З появою рослинності починається перехід до посттехногенної фази, яка характеризується інтенсивним фізичним та біохімічним вивітрюванням грубих фракцій техногенного елювію розкритих порід, що засвідчує початок формування геохімічних змін і просторовій міграції хімічних елементів і їх сполук. Впродовж цієї фази формується парцелярна структура природних фітоценозів (самозаростання) та фіксуються початкові стадії диференціювання профілю молодих ґрунтів.

Заселення відвалів вищими рослинами, накопичення її наземного опаду та кореневі виділення разом з органічними рештками суттєво інтенсифікують процеси формування мікробоценозів, видозмінює їх структурно-функціональну організацію. Вже через два роки після відсіпки відвалів зростає чисельність мікроорганізмів, які здатні розкладати целюлозу, що прискорює процеси амоніфікації та загальної мінералізації органічних речовин. Інтенсивність цього процесу тісно пов'язана зі складом та розвитком рослинного компонента молодих ґрунтів, а також залежить від їх фізико-хімічних властивостей та форм неорельєфу [176].

Серед функцій мікробоценозів, пов'язаних з колообігом вуглецю, розрізняють процеси мобілізації та іммобілізації вуглецю. Саме вони характеризують швидкість та характер розкладання органічної речовини у субстратах гірських порід та їх перетворення на ґрунти. Мобілізація вуглецю відбувається

головним чином завдяки мінералізації рослинних залишків, а процеси іммобілізації у більшості пов'язані з залученням вуглецю та азоту у мікробну біомасу, і з цієї точки зору вивчення процесів є великий практичний інтерес.

Значення кількості мікробної біомаси для функціонування ґрунтів не вичерпується іммобілізацією біофільних елементів. Т.В. Аристовська вказує ще щонайменше три найважливіші моменти. Перший полягає в тому, що маса мікроорганізмів є найважливішим компонентом біоти, який володіє надзвичайно великою кількістю різноманітних функцій, що мають безпосереднє відношення до процесів ґрунтоутворення. У такому випадку слід мікробну біомасу розглядати в якості найважливішого функціонального чинника техногенної екосистеми. У самих загальних рисах можна вважати, що чим активніше проходить формування молодих ґрунтів. Другий момент полягає у тому, що бактеріальна біомаса дуже багата за своїм біохімічним составом, та являє собою унікальне джерело органічних речовин, що лишаються після лізису клітин, постачаючи в ґрунти багато необхідних для метаболізму ґрунтів сполук, такі, як білки, вуглеводи, органічні кислоти, амінокислоти, ферменти та інші специфічні сполуки. Третій момент полягає у тому, що окрім покращення біохімічної ситуації у техноземах, мікробна біомаса бере участь у створенні агрегатної структури, що також дуже важливо для процесу ґрунтоутворення [8].

Техноземні ґрунти є недостатньо вивченим гетерогенним середовищем, яке відразу ж після формування заселяються аборигенними штамми мікроорганізмів та насінням різної природної і культурної рослинності. Згодом саме вони і визначають рівень біологічної активності ґрунтів, що утворюються на відвалах кар'єрів. На цю обставину свого часу звернув увагу С.М. Виноградський [42], який першим розробив і впровадив екологічні методи в мікробіології. Він вважав, що ці методи наочно показують роль мікроорганізмів у забезпеченні інших компонентів екосистеми мінеральним живленням. Особливо на перших стадіях ґрунтоутворення, коли елементів зольного живлення у доступній для вищих рослин формі немає або недостатньо і єдиним

їхнім джерелом є мінерали гірських порід. Висновки С.М. Виноградського наочно проявляються в умовах техногенних ландшафтів, де здатність мікроорганізмів швидко реагувати на зміну умов середовища робить їх одним з основних оцінювальних критеріїв визначення впливу факторів ґрунтоутворення на формування молодих ґрунтів [42].

Тривалий час серед дослідників-мікробіологів панувала думка: чим більше у техноземах мікробних тіл, тим ефективніше відбуваються мікробні процеси. Однак пізніше було встановлено, що кількісні показники чисельності мікроорганізмів і інтенсивність мікробних перетворень у зональних ґрунтах і в техноземах є процесами, які не пов'язані між собою. Адже велика кількість мікроорганізмів з оліготрофним типом живлення, не забезпечує більш інтенсивного розкладання органічної речовини [65, 75, 97]. Слід відзначити ще одну надзвичайно важливу функцію ґрунтових мікроорганізмів – продукування ними біологічно активних речовин – ферментів, які контролюють у ґрунті синтетичні і деструктивні біохімічні процеси. Їх спрямованість і інтенсивність у верхньому шарі техноземів залежить від активності ферментативного комплексу та динаміки проходження мікробіологічних процесів [100, 176, 55]. Ґрунтові ферменти головним чином продукуються угрупованням мікроорганізмів, але істотний суттєвий вклад може бути зроблений рослинами та ґрунтовою фауною. Метаболічний потенціал мікробіоценозу визначається умовами зовнішнього середовища, зважаючи, що від них залежить розвиток мікроорганізмів, що виконують ті або інші метаболічні процеси.

Попередніми дослідженнями було встановлено, що у зоні розповсюдження кореневих систем люцерни і еспарцету чисельність мікроорганізмів у десятки разів більше, ніж у техноземах без рослин. Це явище І. Х. Узбек пояснює тим, що багаторічні бобові трави створюють умови для розширення групового складу мікроорганізмів, збільшення їхньої чисельності та забезпечення взаємозв'язків усіх компонентів екосистеми, у якій найефективніше використовуються едафічні ресурси. Наочним підтвердженням концентрації мікроорганізмів в прикореневій зоні є ризосферний ефект – відношення



кількості мікроорганізмів у ризосфері рослин до їхньої чисельності у варіантах без рослин (чистий пар) [176].

Отже, біогенний потенціал техноземних ґрунтів є важливою складовою загальних процесів ґрунтоутворення, які слід обов'язково враховувати при здійсненні біологічної рекультивації порушених земель.

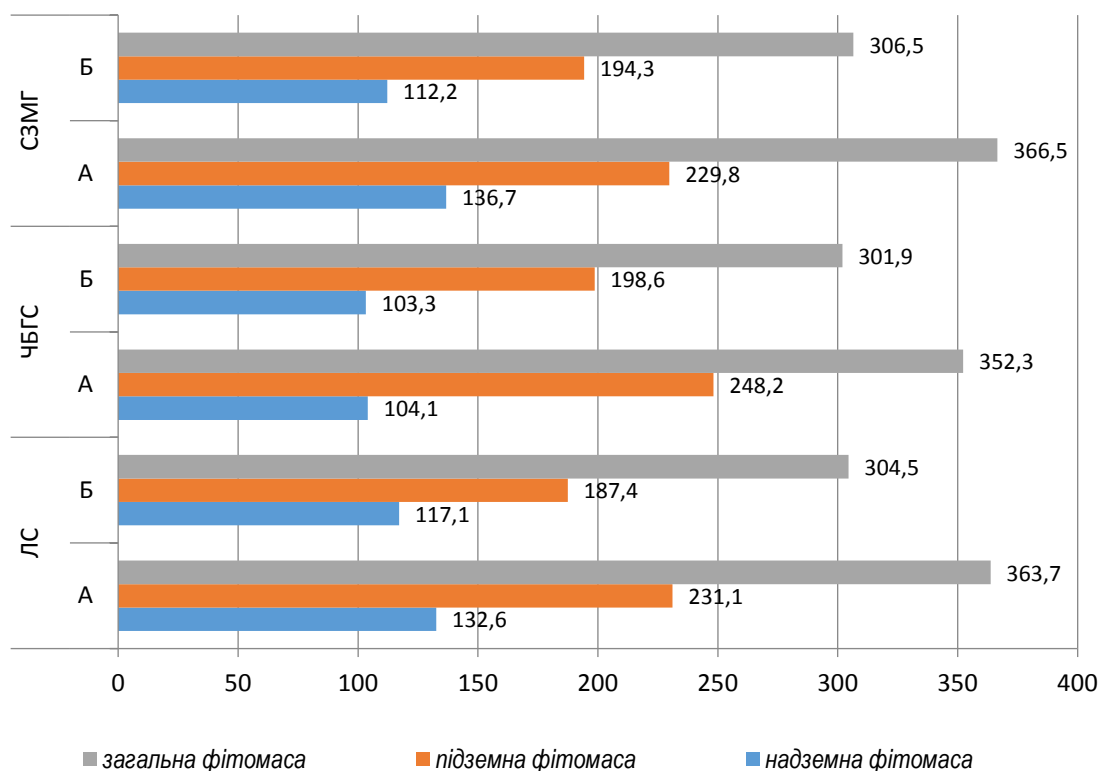
## **5.2. Реалізація біогенного потенціалу техноземів за їх сільськогосподарського використання**

Проблему рекультивації земель, порушених в процесі відкритих гірничотехнічних робіт з видобутку корисних копалин, потрібно розглядати у більш широкому аспекті людської діяльності. Адже на таких посттехногенних ландшафтах природні механізми саморегуляції розвитку рослинного покриву порушені і дезінтегровані, швидкості відновлення ґрунтового покриву та інших компонентів екосистем – незначна. Тому період відновлення функціональної організації біогеоценозів на таких землях затягується на значний час, що обчислюється десятиліттями і навіть століттями. Визначальна роль у відновленні посттехногенних ландшафтів належить гумусоутворенню і гумусонакопиченню як фундаментальним процесам біологізації посттехногенних ландшафтів. Адже гумус є інтегральним показником, що обумовлює потенціал родючості ґрунтів завдяки акумуляції сонячної енергії для здійснення біогеохімічних процесів. У ґрунтовому гумусі депонуються біофільні хімічні елементи і сполуки. Він здатний каталізувати хімічні реакції між різними фазами ґрунту, які насичують ґрунтовий розчин іонами. Завдяки оптимальному вмісту гумусу зменшується випаровування вологи з поверхні ґрунту, формується агрономічно цінна структура ґрунту. Гумус сприяє транслокаційним процесам поживних речовин через біологічні мембрани, стимулюючи ріст і розвиток рослин, він здатен каталізувати процеси гумусоутворення, залучаючи продукти метаболізму рослин і продукти їх розпаду. Гумус регулює процес синтезу білка в рослинах, а також розвиток і збереження ґрунтової мікрофлори, забезпечує фіксацію атмосферного азоту.

Відомо, що біогеохімічна суть ґрунтоутворення базується насамперед на взаємодії корневих систем рослин з едафічним середовищем. Тому темпи реалізації біогенного потенціалу ґрунтоутворення визначаються кількістю і якістю біомаси як основного джерела фітомаси і її трансформації у органічний Карбон, а також накопичення ресурсів біофільних елементів за певний проміжок часу, необхідний для формування ґрунтового профілю.

Для дослідження темпів гумусонакопичення за 45-річний період сільськогосподарського використання різноякісних техноземів брались дані про кількість рослинних (насамперед корневих) решток, які щорічно надходять в техноземи і стають основним джерелом органічної речовини і енергетичного матеріалу для ґрунтоутворення. Кількість підземної фітомаси за період спостережень залежала як від літогенного складу техноземів, так і від насиченості агросукцесій фітомеліоративними агроценозами.

Як свідчать дані рис. 5.1, в агросукцесії А за 45-річний період найбільша кількість підземної фітомаси надійшла у техноземи, сформовані з суміші червоно-бурих глин і суглинків – 248,2 т/га, що на 17,1 т/га більше, ніж в техноземах, сформованих лесоподібними суглинками і на 18,4 т/га більше, ніж в техноземах, сформованих сіро-зеленими мергелястими глинами. Така ж закономірність зафіксована і в агросукцесії Б. Тобто, на менш родючому субстраті (про що свідчать дані продуктивності надземної фітомаси) рослини формують більшу масу коренів, що, відповідно, забезпечує надходження в едафотоп більшої кількості органічної речовини – основного агента ґрунтоутворення.



**Рис. 5.1 Кількість продукуючої агроценозами надземної і підземної фітомаси впродовж 45-річного сільськогосподарського використання техноземів, т/га**

*Умовні позначення: ЛС - технозем, сформований з лесоподібних суглинків; ЧБГС - технозем, сформований червоно-бурими глинами і суглинками; СЗМГ - технозем, сформований з сіро-зелених мергелястих глин; А- агросукцесія А; Б - агросукцесія Б*

У агросукцесії А з насиченням багаторічних бобових і бобово-злакових агроценозів, надходження у техноземи кореневої маси була значно більшою у порівнянні з агросукцесією Б на усіх досліджуваних моделях техноземів. За досліджуваний період ця різниця склала: на лесоподібних суглинках – 54,2 т/га; на суміші червоно-бурих глин і суглинків – 62,3; на сіро-зелених мергелястих глинах – 52,7 т/га. Такі дані підтверджують можливість управління процесом ґрунтоутворення шляхом максимально можливого насичення агросукцесій фітомеліоруючими агроценозами.

Таблиця 5.1

**Трансформація фітомаси у органічну речовину техноземів  
залежно від насиченості агросукцесій фітомеліоруючими агроценозами  
(узагальнені дані польових дослідів за 1971-2015 рр.)**

Показники	Техноземи, сформовані:					
	лесоподібними відкладами		червоно-бу- рими відкла- дами		сіро-зеленими мергелястими глинами	
	Агросукцесії					
	А	Б	А	Б	А	Б
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Кількість фітомаси, що надійшла в технозем (коріння, стерня)</i>						
• за 45-річний період, т/га	218,7	166,1	238,7	191,8	222,7	175,6
<i>Вміст гумусу в 0-20 см шарі техноземів, %</i>						
• на початку освоєння**	0,41		0,22		0,18	
• через 45 років	1,49	1,27	1,33	1,12	1,53	1,36
<i>Запаси гумусу в шарі 0-20 см, т/га</i>						
• на початку освоєння*	10,3		6,6		6,3	
• через 45 років	37,3	31,8	34,6	29,1	42,8	38,1
<i>Акумуляовано гумусу в шарі 0-20 см, т/га</i>						
• за 45-річний період	27,0	21,5	28,0	22,5	36,5	31,8
• у середньому за рік	0,60	0,48	0,62	0,50	0,81	0,71

Закінчення таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7
<b>Якість гумусу (через 45 років з початку освоєння, шар 0 – 20 см)</b>						
• Сгк: Сфк	1,2	1,1	1,1	0,9	1,3	1,2
• C:N	9	10	10	10	8	10
<b>Вихід умовних кормо-протеїнових одиниць, т/га</b>						
• за 45-річний період	70,2	66,5	62,4	51,5	82,2	56,0
• у середньому за рік	1,56	1,48	1,39	1,14	1,83	1,24

*\* палеобіоорганічна керогеноподібна речовина гірських порід*

Як свідчать дані таблиці 5.1, найвищі показники реалізації потенціалу гумусонакопичення зафіксовані в техноземах з сіро-зелених мергелястих глин: середньорічна акумуляція гумусу в них склала 0,71 – 0,81 т/га. На нашу думку, такі показники гумусонакопичення обумовлені більш сприятливим мінералогічним (переважанням монтморилоніту) і важким гранулометричним складом з переважанням тонкодисперсних фракцій.

Отже, процеси продукування і трансформації фітомаси агроценозів у органічну речовину у перші десятиліття освоєння техноземів відбуваються досить швидкими темпами (середньорічно – від 0,48 до 0,81 т/га), не зважаючи на різноякісність їх едафічних характеристик та певні специфічні обмежувальні чинники вегетації рослин, притаманні гірським породам.

На реалізацію потенціалу гумусонакопичення найбільше вплинули кількість і якість підземної фітомаси, а також мінералогічний, гранулометричний склад і термодинамічні характеристики субстратів. Дані таблиці 5.1 свідчать про формування якісних характеристик гумусу в техноземах за зональним чорноземним типом.

### **5.3. Надходження свіжої органічної речовини в техноземи і її значення в ґрунтоутворенні**

Відомо, що із загальної кількості свіжої органічної речовини, що надходить в ґрунт з рештками рослин, 80–90% мінералізується, а решта накопичується у вигляді детриту і гумусу, значна кількість яких згодом також мінералізуються. В кінцевому підсумку, як вважає М.М. Кононова, лише 2 – 3% від вихідної свіжої біомаси може перетворитися в ґрунтовий гумус [106]. Як стверджує В.А. Ковда, «у цьому сенсі значення напіврозкладеної органічної речовини – детриту – в балансі ґрунтового вуглецю, вуглекислоти і в родючості чорноземів може бути, навіть більш важливим, ніж гумусу» [105].

В.В. Дегтярьов стверджує, що після розорювання цілинного ґрунту і сільськогосподарського освоєння таких ґрунтів запас детриту зменшується в 40 – 50 разів, а запаси гумусу – тільки в 1,5 рази [65]. Це підтверджується і тривалими дослідженнями з рекультивації порушених земель. Гірські породи після винесення на денну поверхню з глибини 3–40 метрів містять мізерні кількості палеоорганічної речовини (0,1 – 0,4%). Вирощування на техноземах, сформованих потенційно родючими гірськими породами, багаторічних бобових трав (люцерни або еспарцету) впродовж 4 – 5 років здатне суттєво підвищити їх родючість, про що свідчить врожайність наступних за ними вимогливих до рівня родючості зернових культур. Так, на техноземах, сформованих з лесовидних суглинків, після 4-річного вирощування люцерни синьогібридної урожайність зерна озимої пшениці склала 3,41 т/га, а наступної за нею кукурудзи на зерно – 2,49 т/га. Після еспарцету піщаного ці показники були відповідно 3,37 і 2,47 т/га. Подібні дані отримано й на сіро-зелених мергелястих глинах: після люцерни урожайність озимої пшениці склала 3,03 т/га, після еспарцету – 2,23 т/га; а в техноземах з суміші червоно-бурих глин і суглинків – відповідно 2,05 і 1,57 т/га. У результаті порівняльного аналізу величини врожаїв на техноземах, сформованих з гірських порід, у варіантах з фітомеліорацією бобовими агро-

ценозами і без неї було встановлено, що після чотирирічного вирощування люцерни в техноземі, що сформованого із суміші червоно-бурих глин і суглинків, залишалась така кількість поживних ресурсів, якої вистачило, щоб за наступні 9 років післядії підвищити врожаї зерна озимої пшениці та ярого ячменю на 7,3 т/га і загальної фітомаси, включаючи кореневі системи, на 26,3 т/га. Після еспарцету ці показники складають 5,0 і 18,3 т/га. В техноземах з сіро-зелених мергелястих глин ці показники склали відповідно 8,2 і 2,7 та 4,5 і 15,8 т/га [83, 119]. Отже, фітомеліоративної ефект, виражений додатковими ресурсами азоту, укладеними в поживних залишках і кореневої маси люцерни, склав 274–285, еспарцету – 166–188 кг/га (варіювання характеризує відмінності між сіро-зеленими мергелястими глинами і сумішшю червоно-бурих глин та суглинків), додатковими запасами зольних речовин: відповідно 1045–1055 і 625–729 кг/га, у тім числі: фосфору – 100–108 і 60–69; калію – 219–226 і 131–152 кг/га [119]. Як зазначає М.Т. Масюк, від фітомеліорації агроценозами люцерни і еспарцету, тобто, від свіжої органічної речовини, яка надійшла в техноземи з кореневою масою і поживними рештками, отримано прибавки врожаїв зернових культур (в перший рік післядії), які у 3–7 разів перевищують прибавки від внесення гною нормою 25 т/га і майже у 2 рази – від 200 т/га запасу гумусу, що міститься в 40-см шарі ґрунтової маси, укладеній на лесоподібні суглинки [119].

#### **5.4. Урожайність ячменю ярого залежно від зміни родючості техноземів за тривалого сільськогосподарського використання**

Ячмінь ярий – вимоглива до родючості культура, тому її урожайність використана нами у якості тесту діагностики зміни рівня родючості техноземів впродовж 45-річного періоду їх сільськогосподарського використання.

Для встановлення залежності урожайності зерна ячменю ярого від рівня родючості техноземів через певні проміжки часу їх сільськогосподарського використання були використані дані попередніх досліджень, опубліковані М.О. Бекаревичем та ін., М.Т. Масюком; В.О. Забалуєвим [20, 24, 83, 126,

119]. Як свідчать дані, наведені у таблиці 5.2, урожай зерна ячменю залежить як від терміну сільськогосподарського освоєння техноземів, так і якісних характеристик їх літогенної основи.

На свіжосформованих техноземах, складених лесоподібними суглинками, врожайність зерна склала лише 0,25 т/га, тобто, була на рівні маси висіяного насіння. Це складає лише 10,4% від рівня врожайності на непорушених зональних ґрунтах і свідчить про надто низькі ресурси родючості. Однак вже через 5–7 років врожайність ячменю дещо збільшилась і досягла 0,79 т/га, що складає 26,9% від врожайності на непорушених зональних ґрунтах. Такі показники також не можуть задовільнити виробництво, адже є економічно неефективними. В наступні роки дослідження спостерігалось збільшення врожайності зерна, що засвідчує й підвищення рівня родючості технозему. Так, через 43–45 років з початку біологічного освоєння і сільськогосподарського використання врожайність зерна ячменю ярого склала 3,55 т/га (середнє за три роки), що становить 77,2 % від показників, отриманих на непорушених зональних чорноземах. Такі ж тенденції щодо показників врожайності дослідної культури спостерігаються і на техноземах, сформованих з суміші червоно-бурих глин і суглинків, а також в техноземі, сформованому з сіро-зелених мергелястих глин. Отримані дані засвідчили, що в процесі сільськогосподарського використання літогенні техноземи суттєво підвищують рівень родючості.

Результати проведеного дослідження підтверджуються й даними лабораторних аналізів: зі збільшенням вмісту гумусу і забезпеченості поживними речовинами зростає й урожайність ячменю. Якщо на початку біологічного освоєння літогенні техноземи здатні забезпечити едафічними ресурсами в достатній мірі лише багаторічні бобові трави, то вже через 45 років цих ресурсів достатньо для формування врожаю зерна вимогливого до родючості ячменю ярого на рівні 69,8 – 82,2% від урожайності на зональних непорушених землях.



Таблиця 5.2.

**Урожайність ячменю ярого залежно від родючості різноякісних за літологією техноземів в різні періоди їх сільськогосподарського використання**

Рік освоєння техноземів	Технозем, сформований:					
	лесоподібними суглинками		червоно-бурими відкладами		сіро-зеленими мергелястими глинами	
	т/га	% до зонального грунту	т/га	% до зонального грунту	т/га	% до зонального грунту
Свіжесформовані <sup>1</sup>	0,25	10,4	0,18	7,5	0,22	9,2
Через 5-7 років з початку освоєння <sup>2</sup>	0,78	26,9	0,58	20,0	0,75	25,9
Через 10-12 років <sup>2</sup>	1,24	37,6	1,01	30,6	1,18	35,8
Через 25-27 років <sup>3</sup>	1,87	46,8	1,53	38,3	2,1	52,5
Через 43-45 років	3,55	77,2	3,21	69,8	3,78	82,2

***Примітки.** Використано дані:<sup>1</sup>М.О. Бекаревича та ін. [24]; <sup>2</sup>М.Т. Масюка [126]; <sup>3</sup>В.О. Забалуєва [83].*

### **5.5. Формування ґрунтового профілю у різноякісних за літологічним складом техноземах**

Загальновідомо, що ґрунтове тіло постійно знаходиться в стані розвитку. Цей розвиток може бути наслідком самого ґрунтотворного процесу, зміни ґрунтів можуть бути викликані змінами факторів ґрунтоутворення. Усякий ґрунт складається із системи послідовно змінюючих один одного по вертикалі гене-

тичних горизонтів – шарів, на які диференціюється вихідна материнська гірська порода в процесі ґрунтоутворення. Ця вертикальна послідовність горизонтів одержала назву ґрунтового профілю – першого рівня морфологічної організації ґрунту як природного тіла. На другому рівні знаходиться ґрунтовий генетичний горизонт.

Профіль ґрунту характеризується вертикальною зміною його властивостей як наслідок впливу ґрунтоутворювального процесу на материнську гірську породу. Спостерігається закономірна, залежна від типу ґрунтоутворення зміна гранулометричного, мінералогічного, хімічного складу, фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунтового тіла від поверхні ґрунту всередину до незачепленої ґрунтоутворенням материнської породи. Ця зміна може бути поступовою, що відбивається плавним ходом відповідних кривих на графіках розподілу, які характеризують ті чи інші параметри ґрунту, наприклад вміст гумусу, мулистих часток, полуторних оксидів. З іншого боку, криві можуть мати ряд мінімумів і максимумів, що відбиває горизонти виносу й акумуляції тих чи інших речовин, різкі розходження в складі та властивостях горизонтів профілю.

Головні фактори утворення ґрунтового профілю, тобто диференціації вихідної ґрунтоутворюючої породи на генетичні горизонти, – це, по-перше, вертикальні потоки речовини й енергії (спадні чи висхідні залежно від типу ґрунтоутворення і його річної, сезонної чи багаторічної циклічності) і, по-друге, вертикальний розподіл живої речовини (кореневі системи рослин, мікроорганізми, ґрунтові тварини).

Будова ґрунтового профілю, тобто характер і послідовність складових його генетичних горизонтів, специфічна для кожного типу ґрунту і є його основною діагностичною характеристикою. При цьому мається на увазі, що всі горизонти в профілі взаємно пов'язані й обумовлені. І хоча в різних типах ґрунтів окремі горизонти можуть мати близькі ознаки і властивості й бути аналогічними чи однотипними в генетичному плані, як, наприклад, гумусовий гори-

зонт у різних ґрунтах, проте для кожного конкретного ґрунту завжди є комплекс взаємозалежних горизонтів, що складають його характерний профіль, а не їхня проста сума. Генетична цілісність і єдність ґрунтового профілю – основна властивість ґрунтового тіла, ґрунту як такого, що формується в процесі ґрунтоутворення з вихідної материнської породи як єдине ціле і як такий, що розвивається у часі в єдності складових його генетичних горизонтів.

Тісний взаємозв'язок рослин з едафічними умовами середовища дозволяє розуміти потреби рослин в екологічних чинниках, на основі яких можна зробити висновок про едафічні ресурси техноземів, тобто, використовувати рослинність для індикації ґрунтових умов. Використання методу фітоіндикації дозволяє за продуктивністю і характером рослинного покриву швидко оцінити придатність ґрунтів для сільськогосподарського використання, в тому числі визначати важливі якісні характеристики ґрунту (рівень родючості, ступінь засолення, зволоження і т.д.).

#### **5.5.1. Фітоіндикація профільної родючості різноякісних техноземів**

Фітоіндикація – найбільш доступний і швидкий спосіб оцінки стану та придатності ґрунтів. Вона охоплює широке коло явищ, пов'язаних з розпізнаванням тих чи інших особливостей середовища і її зміни. Особливо широко використовують фітоіндикацію для визначення ґрунтових умов. Для цього використовують рослини-індикатори, які здатні визначати водний режим ґрунтів, їх кислотність, лужність, забезпеченість елементами мінерального живлення, стан (рівень) родючості і ін. [18, 28].

Залежно від об'єктів вивчення використовують різні види індикації: педоіндикація (індикація ґрунтів), літоіндикація (індикація порід), гідроіндикація (індикація ґрунтових вод), галоіндикація (індикація засолення ґрунтів і ґрунтів) і т.п. Представники різних екологічних груп рослин є по суті індикаторами різних ґрунтових умов: механічного складу ґрунтів (аргіло-, літо-, хасмо- і псаммофіти), ступеня збагаченості поживними елементами (нітрофіли, оліго-, еу- і еврїтрофи), засоленості (гало-і глікофіти), кислотності або лужності

(ацидо-, бази- і нейтрофіли), особливостей зволоження і глибини залягання ґрунтових вод (гігро-, гідро-, мезо-, псіхро-, ксеро-, стено-і фреатофітов). Можлива й фітоіндикація стадій едафічних змін. Критеріями фітоіндикації едафічних умов можуть бути: рівень продуктивності фітоценозу, його видове різноманіття, склад видів домінантів, зустрічальність видів, морфологічні зміни рослин, ступінь ураження рослин шкідниками та хворобами, інші показники [18, 28].

Глибина товщі технозему, яка охоплюється процесами ґрунтоутворення, залежить від глибини проникнення атмосферних опадів, що обумовлює найбільш активну діяльність біоти, а також продуктів їх життєдіяльності та розкладу. Через певний проміжок часу в ґрунтовій товщі складаються такі умови, які обумовлюють незворотні кількісні і якісні зміни. Ці зміни спочатку можуть бути наскільки незначними, що їх неможливо зафіксувати звичайними методами дослідження. Однак з часом ці зміни накопичуються, що дозволяє їх визначити інструментальними або аналітичними методами.

Відомо, що повний аналіз ґрунту вимагає багато часу та праці. Разом з тим, певні ознаки і характеристики ґрунту, насамперед рівень родючості, можна визначити за допомогою рослин-індикаторів. Крім загального рівня родючості ґрунту, фітоіндикація дозволяє також з'ясувати рівень забезпеченості ґрунту поживними елементами.

Геоботанічними дослідженнями на посттехногенних територіях було встановлено характер і темпи формування природної рослинності на різних едафічних субстратах, виявлено структурно-функціональні особливості фітоценозів, визначено індикаційно-діагностичні можливості вищих рослин [18, 28]. За фітоценотичними сукцесіями і їх видовою ємністю М.Т. Масюк пропонував оцінювати едафічні умови техногенних екотопів, адже різні сільськогосподарські культури здатні по-різному використовувати едафічні ресурси гірських порід.

На підставі результатів вивчення спонтанної флори, польових і вегетаційних дослідів усі вивчені види рослин ним поділено еколого-трофічні групи:

мегатрофи, мезотрофи, еврітрофи і оліготрофи [120]. Методом фітоіндикації нами досліджувалось формування профільної родючості у метровій товщі техноземів з різною літологічною основою, які протягом 40 років були у сільськогосподарському використанні. Фітоіндикаційною тест-рослиною був обраний ячмінь ярий (мегатроф).

**Таблиця 5.3**

**Зміни профільної родючості різноякісних техноземів через 40 років з початку їх сільськогосподарського використання за результатами фітотестування ярим ячменем**

Шар, см	Продуктивність надземної фітомаси ячменю ярого			
	Загальна фітомаса, г/посу- дину	% до 0–10 см шару технозему	% до відповід- ного шару чор- нозему	% до 0–10 см шару чорно- зему
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<b>Технозем, сформований лесоподібними суглинками</b>				
<b>Агросукцесія А</b>				
0-10	6,65	100	77,8	77,8
10-20	6,72	101,1	81,0	78,6
20-30	5,37	80,8	65,1	62,8
30-40	5,23	78,6	74,4	61,2
40-50	5,08	76,4	77,0	59,4
50-60	4,05	60,9	69,0	47,4

Продовження таблиці 5.3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
60-70	3,7	55,6	64,0	43,3
70-80	3,67	55,2	73,7	42,9
80-90	3,55	53,4	82,9	41,5
90-100	3,58	53,8	91,8	41,9
Борт кар'єру	3,56	53,5	—	41,6
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>0,14</i>			
<b>Агросукцесія Б</b>				
0-10	8,88	100	81,6	81,6
10-20	8,60	96,8	78,5	79,0
20-30	7,70	86,7	77,5	70,8
30-40	7,25	81,6	73,2	66,6
40-50	6,83	76,9	86,7	62,8
50-60	5,66	63,7	70,4	52,0
60-70	5,69	64,1	89,6	52,3
70-80	5,45	61,4	85,4	50,1
80-90	5,38	60,6	83,4	49,4
90-100	5,48	61,7	86,6	50,4
Борт кар'єру	5,40	60,8	—	49,6
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>0,21</i>			

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5
<b>Технозем, сформований з суміші червоно-бурих глин і суглинків</b>				
<b>Агросукцесія А</b>				
0-10	5,27	100	61,6	61,6
10-20	5,23	99,2	63,0	61,2
20-30	4,32	82,0	52,4	50,5
30-40	3,60	68,3	51,2	42,1
40-50	2,89	54,8	43,8	33,8
50-60	2,93	55,6	49,9	34,3
60-70	3,10	58,8	53,6	36,3
70-80	3,05	57,9	61,2	35,7
80-90	3,07	58,3	71,7	35,9
90-100	2,67	50,7	68,5	31,2
Борт кар'єру	2,63	49,9	–	30,8
<i>HIP<sub>05</sub></i>	0,18			61,6
<b>Агросукцесія Б</b>				
0-10	8,35	100	76,7	76,7
10-20	8,28	99,2	75,6	76,1
20-30	6,98	83,6	70,3	64,2
30-40	6,75	80,8	68,2	62,0
40-50	5,16	61,8	65,5	47,4

Продовження таблиці 5.3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
50-60	5,08	60,8	63,2	46,7
60-70	5,00	59,9	78,7	46,0
70-80	5,15	61,7	80,7	47,3
80-90	5,17	61,9	80,2	47,5
90-100	5,09	61,0	80,4	46,8
Борт кар'єру	5,03	60,2	—	46,2
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>0,34</i>			
<b>Технозем, сформований сіро-зеленими мергелястими глинами</b>				
<b>Агросукцесія А</b>				
0-10	5,40	100	63,2	63,2
10-20	5,30	98,1	63,9	62,0
20-30	4,42	81,9	53,6	51,7
30-40	4,28	79,3	60,9	50,1
40-50	3,18	58,9	48,2	37,2
50-60	3,07	56,9	52,3	35,9
60-70	3,12	57,8	54,0	36,5
70-80	3,30	61,1	66,3	38,6
80-90	3,10	57,4	72,4	36,3
90-100	2,90	53,7	74,4	33,9
Борт кар'єру	2,83	52,4	—	33,1
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>0,21</i>			



Закінчення таблиці 5.3

1	2	3	4	5
<b>Агросукцесія Б</b>				
0-10	10,2	100	93,8	93,8
10-20	9,45	92,6	86,3	86,9
20-30	8,15	79,9	82,1	74,9
30-40	8,05	78,9	81,3	74,0
40-50	7,10	69,6	90,1	65,3
50-60	7,00	68,6	87,1	64,3
60-70	7,12	69,8	112,1	65,4
70-80	7,33	71,9	114,9	67,4
80-90	7,14	70,0	110,7	65,6
90-100	7,32	71,8	115,6	67,3
Борт кар'єру	7,11	69,7	—	65,3
<i>HIP<sub>05</sub></i>	0,32	—	—	—

Таким чином, аналіз даних, наведених у таблиці 5.3, дозволяє стверджувати, що продуктивність тестової рослини була вищою при вирощуванні на субстратах, відібраних з верхніх шарів техноземів у порівнянні з субстратами гірських порід з нижньої частини профілю.

Залежно від літологічного складу техноземів, різниця у продуктивності склала від 1,86 до 2,0 рази. Не зважаючи на різноякісність моделей техноземів, отримані результати свідчать про суттєве покращення умов для росту і розвитку рослин, отже, й підвищення рівня родючості у верхніх шарах техноземів за тривалого сільськогосподарського використання.

Отже, довготривале вирощування рослин призводить до незворотніх (більш точно – до частково незворотніх) процесів, що обумовлюють мікроефекти, зміну речовинного складу і структурної організації твердої фази субстрату. Довготривале накопичення таких змін обумовлює проходження елементарних ґрунтових процесів, завдяки яким гірська материнська порода поступово перетворюється в ґрунтоподібне тіло з властивими зональному ґрунту морфологічними ознаками. У результаті тривалої агрофітомеліорації товща техноземів, сформованих з потенційно родючих гірських порід, яка була порівняно гомогенною і ізотропною за складом і властивостями на початку ґрунтоутворювального процесу (свіжосформованих відвалів), з часом перетворюється у вертикально- розчленоване на прообрази генетичних горизонтів ґрунтоподібне тіло.

Таким чином, у різноякісних за літологічним складом техноземах впродовж 40-річного фітомеліоративного впливу агроценозів з насиченням багаторічними бобовими травами відбулась диференціація профілю за рівнем родючості. Тобто, вже на ранніх стадіях біологічного освоєння у техноземах формуються екологічні ресурси біофільних речовин, здатні більш повно забезпечувати ними рослини.

Використовуючи продуктивність тест-рослин, нами встановлена поширена диференціація рівня родючості, яка виражається у накопиченні біофільних ресурсів у метровій товщі різноякісних за складом і властивостями техноземів. Результати фітотестування підтверджуються й агрохімічними аналізами умісту біофільних елементів у всіх досліджуваних моделях техноземів.

Отже, проведені дослідження дозволяють стверджувати, що протягом стартового 40-річного періоду ґрунтоутворювального процесу у різноякісних за літологічним складом моделях техноземів формуються морфологічні ознаки – прообрази генетичних горизонтів.

Враховуючи, що первинний рівень родючості досліджуваних едафотопів був практично однаковим, а вже через 40 років сільськогосподарського використання їх товща почала розділятися на прообрази генетичних ґрунтових

горизонтів, можна стверджувати про високу потенційну родючість гірських порід і про важливу фітомеліоративну роль агроценозів, насичених багаторічними бобовими травами. Прообрази генетичних горизонтів техноземів ще не набули чітких морфологічних ознак, притаманних генетичним горизонтам зонального ґрунту, однак вже відрізняються середнім рівнем ефективної родючості. Про це свідчить продуктивність ячменю, який зростає на субстратах, відібраних з техноземів 0-20 см шару. Порівняно з орним шаром зонального ґрунту продуктивність ярого ячменю досягала від 61,4% у техноземі з червонобурих глин і суглинків до 78,4% у техноземі з лесоподібних суглинків. Такі ж показники відповідають рівню родючості зонального ґрунту на глибині 40 – 50 см. Рівень ефективної родючості, яка сформувалась в 20 – 40 см шарі техноземів, сягав 55,5–57,9% від рівня зонального чорнозему.

Завдяки фітотестуванню родючості у профілі різноякісних за літологічним складом техноземів вставлено, що за 40-річний період їх сільськогосподарського освоєння відбувається диференціація профілю, що свідчить про формування молодих ґрунтів з двома прообразами генетичних горизонтів. Не зважаючи на різноякісність складу і властивостей гірських порід, з яких сформовані техноземи, процеси ґрунтоутворення у них відбуваються за зональним (чорноземним) типом. Тому виходячи з генетичної моделі чорнозему, можна прогнозувати, що профілі техноземів у майбутньому трансформуються в генетичні горизонти, подібні до зонального ґрунту. Беручи до уваги, що первинний рівень родючості досліджуваних техноземів в усій метровій товщі був однаковий, вже через 40 років простежується диференціація їх профілю на прообрази генетичних горизонтів молодих ґрунтів, що свідчить про високу потенційну родючість гірських порід і про винятково важливу роль рослинності у ґрунтоутворенні. Протогоризонти техноземів поки що ще не сформували таких морфологічних ознак, складу і властивостей, які є у відповідних генетичних горизонтів зонального ґрунту, однак вже фіксується їх диференціація за рівнем ефективної родючості.

### **5.5.2. Формування морфологічних ознак в техноземах за тривалого сільськогосподарського використання**

Загальновідомо, що ґрунти від ґрунтоутворюючої породи відрізняються насамперед морфологічними ознаками. Відомо також, що в зовнішньому вигляді ґрунту відображаються ті фізичні і хімічні зміни, які відбуваються в будь-якій гірській породі в процесі ґрунтоутворення. Нами вивчалися морфологічні ознаки техноземів з різною літогенною основою на ранніх стадіях ґрунтоутворення. Це дозволяє прослідкувати за початковими процесами формування ґрунтового тіла з материнської породи. Загальною особливістю усіх досліджуваних техноземів є їх строкатість. Тому їх складення безладне, що обумовлено умовами транспортування, складування, вирівнювання поверхні. На поверхні відвалів часто виділяються величезні глиби щільних гірських порід, особливо у сіро-зелених мергелястих глинах. Тут зустрічається значна кількість щільних глиб мергелю розміром до 15 см. При такому складенні закладка ґрунтових розрізів і вивчення профілю молодих ґрунтів має значні труднощі.

Включення в техноземах трапляються у вигляді залишків техногенної діяльності людини (дріт, шматки тросів, металоконструкції, іноді побутове сміття і т. п.). Новоутворення як морфологічно оформлені скупчення яких-небудь речовин, є наслідком певного процесу ґрунтоутворення. На початкових стадіях ґрунтогенезу новоутворення виділити досить складно. До них умовно можна віднести слабкі нальоти гумусових речовин на поверхні структурних часточок і нальоти карбонатної цвілі, що іноді трапляються в гумусових горизонтах техноземів, збагачених карбонатами.

Відповідно до періодизації життя ґрунту за С.А. Захаровим [87], заснованої на утворенні і розвитку гумусово-аккумулятивного і перехідного горизонтів, досліджувані техноземи знаходяться на першій стадії розвитку – з формуванням ознак (прообразу) гумусово-аккумулятивного горизонту. За В.А. Ковдою і Б.Г. Розановим [103], ґрунти з такою будовою профілю відносять до групи простих, до типу примітивних. У зарубіжних класифікаціях такі ґрунти

називають літосолями або регосолями. На нашу думку, період часу формування ґрунтового профілю від початку до зрілого стану доцільно вважати розвитком ґрунту, оскільки застосування поняття «саморозвиток» викликає у деяких фахівців заперечення. Перш за все, при розвитку ґрунт залишається незмінним основний чинник-ґрунтоутворювач – живі організми.

Після виходу на денну поверхню свіжої гірської породи починається дія «тиску життя» (термін В.І. Вернадського), вони починають поступово освоюватися живими організмами. При цьому простежується збільшення видового різноманіття, наростання маси організмів, тобто цей чинник суттєво змінюється, що обумовлює утворення ґрунту. Не залишається незмінною і материнська гірська порода.

Як відомо, всяке природне тіло стійке в певних термодинамічних умовах і особливо стійке в умовах свого утворення. Тому вихід «свіжої» гірської породи магматичного, метаморфічного або стародавнього осадового походження на денну поверхню ставить її в незвичайні для умови, і вона починає змінюватися в результаті процесів вивітрювання і ґрунтоутворення. Зміни її складу і властивостей відбуватимуться до утворення продуктів, стійких в даних термодинамічних умовах або при даних кліматичних умовах і елементі рельєфу. Інтенсивність перетворення субстратів буде тим більшим, чим більшою буде різниця між геологічними умовами утворення тієї чи іншої породи і умовами її сучасного знаходження. Тому не можна вважати, що в період розвитку ґрунту всі чинники ґрунтоутворення незмінні і відбувається саморозвиток лише за рахунок внутрішніх процесів. Ці чинники вже змінилися, тому можливі перетворення, які можуть бути викликані новим поєднанням чинників ґрунтоутворення. Тому період саморозвитку ґрунтів можна виділити лише за умови, що ґрунт вже досягнув зрілого стану за усіма своїми властивостями, а всі чинники ґрунтоутворення продовжують залишатися без істотних змін.

Процеси ґрунтоутворення, на відміну від суто біологічних процесів, не мають генетичної запрограмованості, а отже, й не мають специфічного апа-

рату спадковості. На нього впливає характер і тривалість взаємодії як динамічних чинників (погодно-кліматичні, біотичні, антропогенні), так і більш консервативних – мінеральної частини материнської породи, рельєф місцевості тощо.

Відомо, що ґрунт відрізняється від ґрунтоутворюючої породи насамперед за морфологічними ознаками, в яких відображаються зміни тих фізичних і хімічних властивостей, які трансформуються у будь-якій материнській породі впродовж процесу ґрунтоутворення.

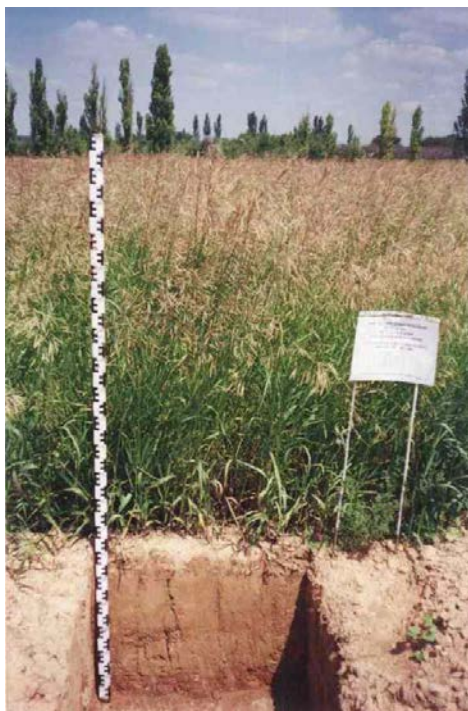
Вивчення морфологічних ознак техноземів з різною літогенною основою на ранніх стадіях ґрунтоутворення дозволяє виявити порядок виникнення і прояву, а потім – і формування тих або інших генетичних горизонтів, а отже, і елементарних ґрунтових процесів. Це дозволяє прослідкувати початок процесу відособлення ґрунтового тіла з материнської породи.

Генетичні горизонти в ґрунтовому профілі виступають як найважливіші однорідні складові частини ґрунтового тіла, причому їхня однорідність мається на увазі тільки в масштабі розгляду ґрунтового профілю. При іншому, більш детальному масштабі розгляду, ґрунтові горизонти виявляються неоднорідними і побудовані дуже складно.

Генетичний профіль досліджуваних ґрунтів техногенних ландшафтів має спрощену будова, проте навіть у наймолодших з них можна виділити ембріональні горизонти. Найбільший розвиток отримують гумусові – акумулятивний і перехідний генетичні горизонти.

Нижче приведено опис ґрунтових профілів і морфологічних ознак, сформованих в різноякісних літогенних техноземах після 45-річного їх сільськогосподарського використання.

## Морфологічна характеристика технозему, сформованого з лесоподібних суглинків (розріз 1-ЛС- 2014)



### Будова профілю:

- 0 – 2 см – повсть злаково-бобово-різнотравної рослинності.
- 2–28 см – темно-палево-сірий, пухкий, дерновий з великою кількістю коріння, червоточин, копролітів. Порівняно однорідний за гранулометричним складом середній суглинок. Структура мілкогрудкувато-пилувата. Свіжий. Перехід до наступного горизонту поступовий. Прообраз майбутнього гумусово-аккумулятивного генетичного горизонту.
- 28 – 42 см – палевий і світлопалевий з включеннями червоно-бурих глин і суглинків. Середньо- і важкосуглинкового гранулометричного складу. Безструктурний. Свіжий. Ущільнений. Перехід ясний. Прообраз перехідного генетичного горизонту.
- нижче 42 см – строката суміш відкладів за складом і кольором (палевий, світло-бурий, червоно-бурий з включенням конкрецій мергелю). Коріння і слідів життєдіяльності ґрунтових організмів візуально не виявлено. Вологий. Ущільнений. Скіпання від HCl – інтенсивне. Процеси ґрунтоутворення не простежуються.

## Морфологічна характеристика технозему, сформованого з червоно-бурих глин і суглинків (розріз 2-ЧБСГ- 2014)

Рослинність – злаково-різнотравно-бобова.



### Будова профілю:

- 0 – 2 см – повсть злаково-бобової рослинності.
- 2 – 30 см – світло-коричневий, червоно-бурий, темно-палевий з включенням світло-сірого мергелю. Верхня частина шару пронизана корінням, помітні сліди життєдіяльності ґрунтових організмів (червоточини, копроліти). Ущільнений. Вологий. Структура дрібногрудкувата, середньо виражена. Скіпання від HCl – інтенсивне. Перехід до наступного шару – поступовий, за кольором і щільністю. Прообраз гумусо-аккумулятивного горизонту.
- 30 см і нижче – строкатий за складом і кольором (світло- і темно-бурий, червоно-бурий з вкрапленням мергелю). Щільний. Структура дрібногрудкувата, слабо виражена. Коріння і слідів життєдіяльності ґрунтових організмів візуально не виявлено. Помітні тріщини при підсиханні. Скіпання від HCl – інтенсивне.



## Морфологічна характеристика технозему, сформованого з сіро-зелених мергелястих глин (Розріз 3-СЗМГ- 2014)

Рослинність – злаково-бобово-різнотравна.



### Будова профілю:

Шар 0–2 см сформований підстилкою злаково-бобової рослинності.

Шар 2–28 см: ущільнений, темно- і світло-сірий, сіро-зелений, темно-сірий з включеннями світло-сірих і білих мергелястих часток різного розміру, густо пронизаний корінням, червоточинами. Трапляються копроліти. Структура дрібногрудкувата, середньо виражена. Ущільнений. Вологий. Скіпання від HCl – інтенсивне. Перехід до наступного шару – за кольором.

Шар з 28 см і нижче: строкатий за складом і кольором (світло-і темно-сірий, зеленувато-сизий, сіро-зелений зі значною кількістю мергелю); Структура брилиста. Ущільнений. Сирий. У верхній частині трапляються коріння. Скіпання від 10% HCl – інтенсивне.

Діагностика морфологічних ознак техноземів ускладнюється із-за недосконалості механізації розкривних робіт і технології рекультивації на технічному етапі, що обумовило певну строкатість складу і властивостей насипних шарів навіть у межах однієї гірської породи.

Рівень родючості літотехноземів на початковій стадії ґрунтоутворення зазвичай є низьким, однак здатен досить швидко зростати, насамперед за активного цілеспрямованого втручання людини завдяки проведенню комплексу агротехнічних, агрохімічних, фітомеліоративних та інших прийомів з урахуванням ландшафтно-біокліматичних умов.

### **Висновки до Розділу 5.**

Проведеними дослідженнями встановлено, що за сільськогосподарського освоєння техноземів основним ґрунтовим процесом є гумусонакопичення, швидкість якого залежить не тільки від складу і властивостей техноземів, біокліматичних умов, але й від фітомеліоративних можливостей сільськогосподарських культур. Техногенні ґрунти на ранніх стадіях розвитку досить швидко накопичують ознаки та властивості, що засвідчують зональний тип ґрунтогенезу на післяпромислових субстратах. Передусім це речовинний склад, рівень біогенної акумуляції вуглецю та азоту, як результат фітогенного впливу на цій стадії розвитку ґрунтового профілю.

Кількість і якість рослинних решток, які поступають у технозем є основним енергетичним і біоматеріалом для гумусоутворення і подальшого гумусонакопичення. Сільськогосподарське використання та направлена фітомеліорація сприяють концентрації біофільних елементів у верхніх шарах техноземів.

Гумусоутворення в техноземах відбувається в напрямку акумуляції (накопичення) органічної речовини. Склад гумусу за якісними показниками і властивостями приближується до зональних ґрунтів. В процесі біологічного освоєння вже через 45 років в техноземах починають формуватися морфологічні ознаки – прообрази майбутніх генетичних горизонтів ґрунту.

## РОЗДІЛ 6

### УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ В ТЕХНОЗЕМАХ ЗА ЇХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ

У встановленні кількісних і якісних параметрів оптимального гумусного стану техноземних ґрунтів важливе значення мають результати досліджень з рекультивації техногенно порушених земель. Створюючи в техногенних ландшафтах штучні едафотопи (техноземи) з різною товщиною і різною якістю насипного гумусованого шару ґрунту, підбираючи для їх формування різноякісні гірські породи, укладаючи їх в різній послідовності і співвідношенні у вигляді шарів і прошарків на підстилаючу основу з гірських порід, можна визначити ефективну спроможність кожної моделі рекультивованих ґрунтів за відношенням до різних груп еколого-трофічних і господарсько цінних польових, лікарських, ягідних, плодових, деревних і чагарникових рослин.

При постановці, обговоренні та вирішенні проблем, пов'язаних з оптимізацією гумусного стану рекультивованих ґрунтів, особливо слід враховувати ставлення до гумусованості різних сільськогосподарських культур (мега-, мезо- і евтрофів за М.Т. Масюком) – високо-, середньо- і маловимогливих до ґрунтової родючості [120]. Наприклад, рослини-мегатрофи (озима пшениця, кукурудза, соняшник та інші) не спроможні формувати господарсько цінні врожаї високої якості на низькородючих ґрунтах (не удобрених, мало- або безгумусних), проте на них можливе вирощування мезотрофів (горох, чина). За умови їх оптимального удобрення можливе навіть отримання економічно обґрунтованих врожаїв допустимої якості [120].

Рослини-евтрофи (для Степу: люцерна, еспарцет, буркун та інші, в основному багаторічні та дворічні бобові рослини) можуть успішно забезпечувати високий врожай на моделях техноземів, сформованих з потенційно родючих практично безгумусних гірських порід. Величина продуктивності і якості продукції на таких техноземах є цілком порівняною з урожаєм і якістю продукції

на гумусованих непорушених ґрунтах, а в деяких випадках (на полімінеральних високодисперсних гірських породах) можуть бути навіть вищими [119].

Приймаючи до уваги докучаєвське положення про те, що ґрунт є природно-історичним тілом, необхідно зауважити, що ґрунтові тіла можуть створюватися й завдяки людській діяльності. Таких прикладів зараз накопичилось в достатній кількості, а найбільш поширеними і науково обґрунтованими є створення техноземних едафічних систем різноманітних конструкцій для задоволення різнопланових суспільних потреб в сільському і лісовому господарстві. Об'єднує природні і штучно сформовані ґрунти головна функція – родючість як здатність продукувати живу органічну речовину.

Відомо, що з часом антропогенний вплив на ґрунти посилюється. Разом з тим, створюються і різноманітні штучні ґрунти, які здатні забезпечити рослини усіма необхідними для росту й розвитку чинниками родючості. Тому поряд з вивченням антропогенно змінених природних ґрунтів, необхідно також вивчати і пропонувати виробництву й нові штучні едафічні середовища, які здатні задовольняти потреби в додаткових ґрунтових ресурсах для отримання продукції рослинництва і теоретично вирішувати проблеми «культурного» ґрунтознавства. Разом з тим, В.А. Ковда і Б.Г. Розанов, розглядаючи штучні едафічні системи (техногенні ґрунти), зробили парадоксальний висновок щодо зворотнього процесу ґрунтогенезу: поступовий розвиток ґрунтоутворювального процесу в своєму крайньому прояві призводить до утворення гірської породи [146].

Згідно парадигм ґрунтознавства, ґрунтовий профіль є невіддільним від поняття самого ґрунту. Звідси випливає положення про те, що ґрунтів без ґрунтового профілю не існує. Це положення приводить до висновку, що безпрофільні едафічні системи, наприклад, сформовані на відвалах з розкривних гірських порід, а також штучні та інші субстрати не можуть вважатись ґрунтами в класичному докучаєвському тлумаченні, однак вони здатні забезпечити отримання господарсько цінного врожаю сільськогосподарських та інших рослин, тобто, вони володіють найбільш суттєвою ознакою ґрунтів – родючістю.

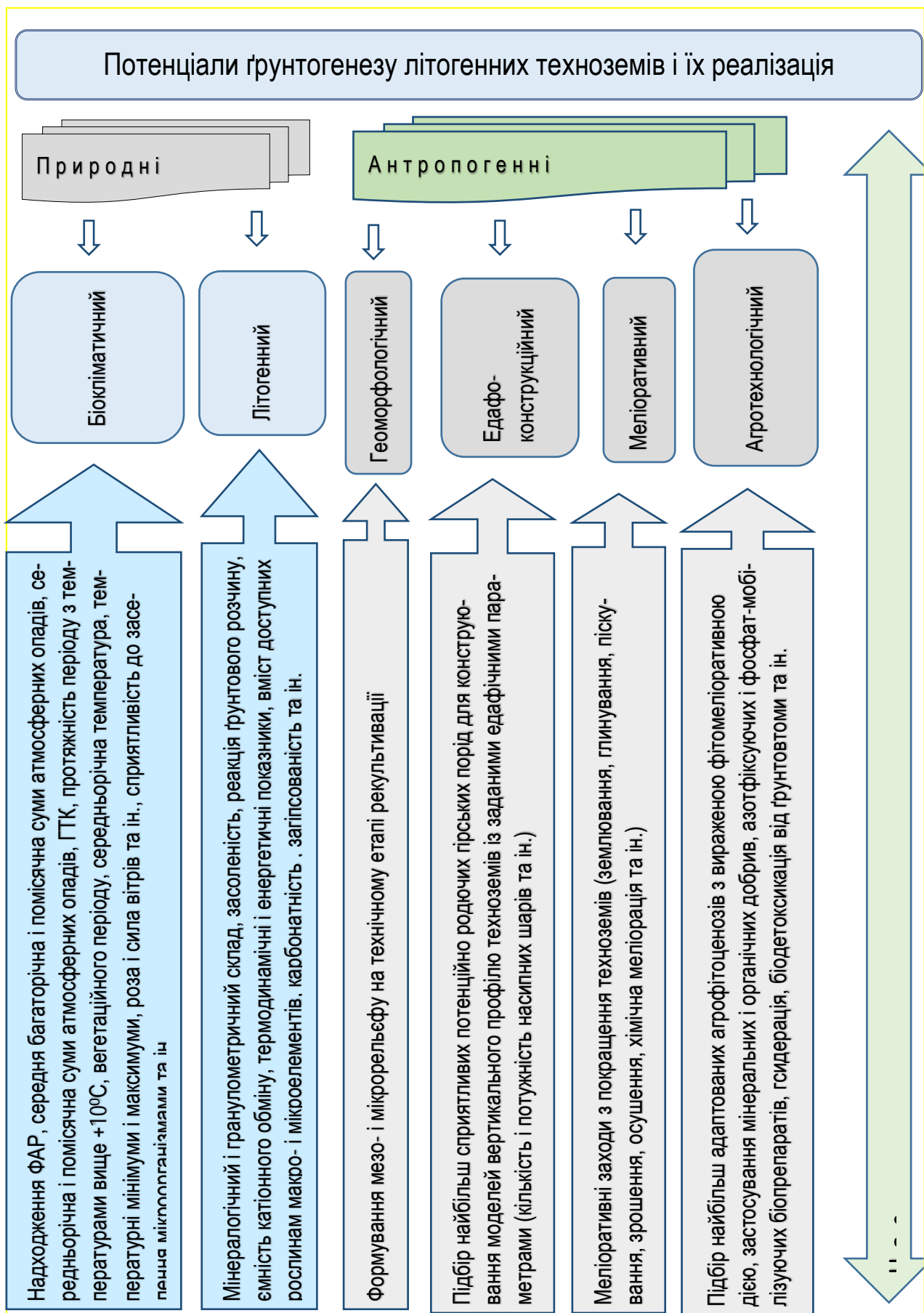
Однак, за визначенням В.Р. Вільямса [41], родючість є специфічною головною властивістю і притаманна лише ґрунтам. Саме завдяки наявності родючості за класичними канонами ґрунтознавства, ґрунти відрізняються від гірської породи. Тому можна було б вважати всі ці родючі утворення є ґрунтами. Але вони не можуть бути класифіковані як ґрунти, адже у них не сформований ґрунтовий профіль. Вирішити цю проблему можливо, якщо прийняти тезу, що ґрунтоплідні штучно створені системи, які здатні забезпечити рослину едафічними ресурсами, не зважаючи на відсутність сформованого ґрунтового профілю, можна вважати «молодими» ґрунтами. Тобто, дотримуючись визначення що ґрунт – це складна поліфункціональна відкрита багатофазна система, що володіє родючістю, ґрунтами в такому випадку можна вважати будь-який субстрат, що знаходиться у взаємодії з кореневою системою живих рослин.

Також вважається, що ґрунт є особливим самостійним компонентом природи. Але він не може бути повністю самостійним, оскільки не може утворитись без взаємодії з біотичними компонентами і формується як природне тіло завдяки саме діяльності організмів, насамперед – рослинності.

### **6.1. Можливість прискорення ґрунтоутворення в техноземах**

Загальну схему управління процесами ґрунтоутворення в техноземах, сформованих без використання родючої гумусованої ґрунтової маси можна представити у вигляді двох блоків: природного і антропогенного (рисунок 6.1). До природного блоку віднесені:

- Біокліматичні чинники: надходження фотосинтетично активної радіації, середня багаторічна і помісячна суми атмосферних опадів, середньорічна і помісячна суми атмосферних опадів, гідротермічний коефіцієнт, протяжність періоду з температурами вище +10 °C, вегетаційного періоду, середньорічна температура, температурні мінімуми і максимуми, роза і сила вітрів та ін., сприятливість до заселення мікроорганізмами та ін.



**Рис. 6.1 Концептуальна схема управління ґрунтогенезом техноземів**

- Літогенно-едафічні чинники: мінералогічний і гранулометричний склад, засоленість, реакція ґрунтового розчину, ємність катіонного обміну, термодинамічні і енергетичні показники, вміст доступних рослинам макро- і мікроелементів, карбонатність, загіпсованість та ін. Підбір найбільш сприятливих потенційно родючих гірських порід для конструювання моделей вертикального профілю техноземів із заданими едафічними параметрами (кількість і потужність насипних шарів та ін.).

До антропогенного блоку віднесені:

- Геоморфологічні чинники: формування мезо- і мікрорельєфу на технічному етапі рекультивації.
- Меліоративні заходи з покращення техноземів (землювання, глинування, піскування, зрошення, осушення, хімічна меліорація та ін.)
- Підбір найбільш адаптованих агрофітоценозів з вираженою фітомеліоративною здатністю, застосування мінеральних і органічних добрив, азотфіксуючих і фосфат-мобілізуєчих біопрепаратів, сидерація, біодетоксикація від ґрунтових токсинів та ін.

На основі узагальнення попередніх досліджень [83, 124, 126, 163], для прискорення ґрунтоутворення в літогенних техноземах на перших етапах біологічної рекультивації пропонується використовувати багаторічні довговегетуючі самофітомеліоруючі агроценози, які спроможні забезпечувати не лише високу фітопродуктивність надземної маси, але й надходження в техноземи органічної речовини, що сприяє збільшенню їх біогенності.

Пролонгація фітомеліоративної дії агроценозів на техноземи досягається за рахунок включення до складу складних травосумішок одно-, двох- і багаторічних бобових рослин, які в поєднанні з багаторічними злаковими травами здатні безперервно збагачувати едафічні субстрати органічною речовиною, формувати стійкий деструкційний комплекс фізіологічно активних речовин і різноманітних еколого-трофічних груп грибів, бактерій і інших мікроорганізмів. Цей процес реалізується таким чином. У перший рік вегетації склад-

них агроценозів основними продуцентами фітомаси є однорічні рослини (однорічний буркун, горох, чина, нут). Вже впродовж першого року вирощування (фітомеліоративної мікростадії) в техноземи надходить певна кількість свіжої органічної речовини. На другому році вегетації однорічні компоненти випадають з фітоценозу, а домінування переходить переважно до дворічних рослин (буркун білий, буркун лікарський) з незначною часткою багаторічних бобових трав. Потім домінування впродовж двох-трьох років переходить до багаторічних бобових трав (люцерна посівна, люцерна жовта, еспарцет посівний, еспарцет піщаний). Надалі основу травостою складають злакові трави (спочатку кореневищні - стоколос безостий, пирій повзучий, а за ними – нещільнокущові види (житняк вузкоколосий, костриця червона). Таким чином, в міру випадання з багаторічного агроценозу певних компонентів завдяки процесам саморегуляції відбувається їх заміщення за рахунок домінування кореневищних і нещільнокущових злакових трав. Отже, на кожній стадії фітомеліорації відбувається випадання (відмирання) певних компонентів – спочатку однорічних, потім – дворічних і багаторічних бобових трав, а також – на більш пізніх стадіях – і злакових трав. При цьому у техноземи надходять нові порції різноякісної за біохімічним складом органічної речовини. За шість років вегетації таких складних багаторічних бобово-злакових агроценозів у метрову товщу техноземів надходило 46,7–58,1 т/га органічної речовини рослинного походження [83, 84]. Фітоценотичне заміщення компонентів в багатокомпонентних агроценозах базується на науково обґрунтованому підборі видового складу рослини з різнотипними вимогами по відношенню до екологічних ресурсів: води, поживних речовин, аерації, світла, тепла, реакції ґрунтового середовища, солестійкості. Агроценози, до складу яких включені види рослин з різними вимогами до екологічних ресурсів, мають широкий діапазон адаптації по відношенню до основних факторів росту і розвитку рослин. За відношенням до води – від евксерофітів (житняк) до евмезофітів (люцерна, костриця); за відношенням до забезпеченості ґрунту поживними речовинами – від мегатрофітів (зла-



кові види) до еврїтрофів (бобові рослини); за відношенням до світла - від геліофітів (люцерна, житняк) до тіневитривалих (костриця); за відношенням до аерації ґрунту – від аерофітів (кореневищні злаки, стержнекореневі бобові) до екологічної групи рослин, здатних розвиватися в умовах часткового анаеробіозісу (нещільнокущові злаки); за відношенням до засолення ґрунту – від глікофітів (костриця; еспарцет) до індиферентних галофітів (буркун, люцерна, пирій). До складу таких агроценозів підбирають рослини-гемікрїптофіти (буркун, люцерна, еспарцет, житняк), які краще за інші види трав'янистих рослин здатні пристосовуватись до несприятливих умов вегетації (низькі температури в зимовий період, жарке посушливе літо).

Такий різнобічний за екологічними параметрами підбір компонентів, що включає різні види еколого-біологічних груп рослин, здатних успішно вегетувати як у широкому екологічному діапазоні, так і в умовах з обмеженими ресурсами середовища існування (дефіцит води, поживних речовин, переущільнення, засолення), забезпечує більш повне використання екологічних ресурсів, більш високий і стабільний рівень продуктивності агроценозів порівняно з одновидовими агроценозами. Таким чином, пропоновані самофітомеліоруючі агроценози для використання на техноземках, сформованих з потенційно родючих гірських порід, здатні більш ефективно використовувати природний і антропогенний потенціал ґрунтоутворення. Підтримування високої продуктивності фітомаси на всіх стадіях розвитку складних злаків-бобових агроценозів (54,1- 60,6 ц / га), особливо на самому початку і під час переходу домінування від бобових до злакових 'компонентам, забезпечується внесенням азотних і фосфорних добрив .

Дослідженнями, проведення М.Т. Масюком, В.О. Забалуєвим, О.Г. Тарікою та іншими [83, 124, 126, 163], було доведено, що для сільськогосподарського використання техноземів, сформованих потенційно родючими гірськими породами, раціональним є створення багатоконпонентних багаторічних агроценозів, які складаються з буркуну білого (або жовтого), люцерни посів-

ної, еспарцету піщаного, стоколосу безостого, пирію повзучого, житняка вузькоколосого, костриці червоної, райграсу високого. Фітопродуктивність такого складного агроценозів в середньому за 8 років вегетації склала 3,26 т/га надземної повітряно-сухої маси, в тім числі: у перший-третій роки вегетації на стадії домінування довгостержнекорених бобових рослин – 3,56 т/га; на четвертому -п'ятому році вегетації (стадія домінування кореневищних рослин) – 3,43 т/га; на стадії домінування нещільнокущових видів злакових трав (шостий-сьомий рік вегетації) – 2,91 т/га. На стадії розвитку агроценозів, коли домінування переходить до кореневищних злаків, ефективним є підживлення азотними і фосфорними добривами нормою по 60–90 кг д.р. на 1 га. Такий агротехнологічний захід обумовлений високою окупністю внесених добрив завдяки суттєвим прибавкам врожаю [163].

При конструюванні техноземів з різними характеристиками створюється можливість моделювати ґрунтові (ґрунтоподібні) тіла за замовленням виробництва з необхідними параметрами і властивостями, які дозволяють найбільш повно розкрити генетичний потенціал продуктивності і фітомеліоративної здатності агроценозів завдяки максимальному використанню біокліматичного потенціалу ґрунтоутворення в конкретній місцевості. За результатами багаторічних досліджень і практики використання рекультивованих земель розроблено і пропонується виробництву такі різнопланові моделі (конструкції) техноземних ґрунтів.

Модель перша – основна, універсальна. Передбачає нанесення на поверхню стабілізованих відвалів з гірських порід родючого шару ґрунтової маси товщиною 40 – 60 см. Така модель дозволяє вести традиційне землеробство, яке практично не відрізняється від зонального на непорушених територіях.

Технологія створення такої моделі технозему має такі взаємопов'язані етапи: грубе і чистове планування поверхні відвалів, стабілізація рельєфу з повторним плануванням поверхні, нанесення родючого шару ґрунтової маси.

При рекультивації земель в Нікопольському марганцеворудному басейні для формуванні універсальної моделі використовується технічна суміш ґрунтової маси гумусо-аккумулятивного і першого перехідного горизонтів чорнозему південного із середнім показником вмістом гумусу 3,4 % (варіювання від 2,7 до 4,3 %). Запаси гумусу є основним критерієм при визначенні раціональної товщини шару ґрунтової маси, що наноситься. У непорушених зональних чорноземах південних загальні запаси гумусу в усьому ґрунтовому профілі (шар до 70 см) складають від 217 до 381 т/га при середньому показнику – 298 т/га. У 10-см шарі суміші гумусо-аккумулятивного і першого перехідного горизонтів запаси гумусу складають 48 (38 – 60) т/га. Для створення штучного едафотопа із запасами гумусу, рівними запасам в зональних непорушених ґрунтах, необхідне нанесення 50–60 см шару ґрунтової маси. Об'єм родючого шару ґрунтової маси, що наноситься на поверхню відвалу, складає від 5 до 7 тис. м<sup>3</sup>/га.

Модель друга – модель підвищеної родючості. Відрізняється від універсальної (основної) якісними або кількісними характеристиками насипного шару ґрунтової маси. Здійснюється за рахунок або збільшення товщини насипного шару ґрунтової маси до 70 – 100 см або використання більш високогумусованої ґрунтової маси (нанесення тільки маси з гумусо-аккумулятивного горизонту). Дослідженнями встановлено, що кожне додаткове нанесення 10-см шару до товщини 80–100 см (понад 50-см шар родючої ґрунтової маси чорнозему південного в універсальній базовій моделі) підвищує врожайність зернових культур (найбільш чутливих до вмісту гумусу і поживних речовин) в середньому на 0,14 – 0,38 т/га. Такі рекультивовані землі рекомендується використовувати під сівозміни з максимальним насиченням вимогливих до ґрунтової родючості сільськогосподарських культур-мегатрофів, врожайність яких може підвищуватися на 20 – 40 %.

Модель третя – гідромеліоративна. У підзоні чорноземів південних основним лімітуючим чинником є волога. Тому при рекультивації земель з'являється можливість створювати моделі техноземів, які здатні більш ефективно

забезпечувати використання атмосферних опадів. Це досягається завдяки створенню тришарової моделі технозему з двохярусною підстилаючою основою. Спочатку на сплановану поверхню після рельєфостабілізуючого періоду наносять шар з водотривких незасолених глин потужністю 25–30 см (водоупір), а потім на нього – водовміщуючий 30–50 см прошарок з гірських порід легкого гранулометричного складу. Для створення цього прошарку використовують субстрати піщаного і супіщаного гранулометричного складу (переважно давньоелювіальні піски). Гідрологічний об'єм 10-см такого прошарку може досягати 25–40 мм з водовіддачею у 85–95 %. Потім на сплановану поверхню наносять 50–60 см родючий шар гумусованої ґрунтової маси. Загальна водовміщаюча ємкість такої моделі дозволяє забезпечити практично повне поглинання атмосферних опадів і їх використання агроценозами протягом вегетаційного періоду. За рахунок такої конструкції технозему родючість рекультивованих земель може бути підвищене на 25–35 %.

Модель четверта – геомеліоративна. При винесенні на денну поверхню геологічних відкладів з несприятливими для рослин властивостями (фітотоксичні, в т.ч. піритвмісні, соленосні гірські породи і ін.), останні перекриваються спочатку висококарбонатними лесоподібними суглинками шаром 50–80 см, а потім – родючим шаром ґрунтової маси завтовшки 50–70 см. При цьому лесові відклади, що містять 12–15 % вуглекислого кальцію, виконують роль геомеліоративного екрану, нейтралізуючи несприятливі властивості підстилаючих гірських порід.

Модель п'ята – локальна. На підставі тривалих ґрунтово-біологічних досліджень з вивчення реакції плодових і ягідних насаджень на умови зростання були встановлені оптимальні параметри будови техногенних ґрунтів, що забезпечують високу продуктивність. Під ягідні чагарники достатньо локального внесення родючого шару ґрунтової маси чорнозему південного (суміш гумусово-аккумулятивного і першого перехідного горизонтів) в траншеї глибиною 70 см і шириною 100 см при 3 – 4 метрових міжряддях.

Для створення багаторічних плодових насаджень (під сади) доцільно створювати моделі з локальним внесенням родючої ґрунтової маси в ями глибиною не менше – 1,2 м для слаборослих дерев, і до 1,5 – 2 м – для середньо- і сильнорослих. Площа поверхні ям повинна складати не менше 2–3 м<sup>2</sup>.

Таким чином, під ягідні насадження при траншейному способі достатньо локально внести 2700 м<sup>3</sup>/га родючої ґрунтової маси, а під плодові при ямковому способі посадки – від 1000 до 2000 м<sup>3</sup>, тобто в 2,5–5 разів менше, ніж для створення універсальної моделі технозему.

Модель шоста – спеціальна. Техноземи в цій моделі формують з потенційно-родючих полімінеральних нефітотоксичних гірських порід. В процесі біологічного освоєння гірські породи піддаються інтенсивним процесам вивітрювання і ґрунтоутворення, змінюючи ефективну родючість від бідних субстратів (оліготрофних) до субстратів середнього рівня родючості (мезотрофних). На перших етапах біологічного освоєння виключно важливу роль в їх біологізації відіграють багаторічні бобові трави як фітомеліоранти. Окрім того, сільськогосподарське використання спеціальних моделей забезпечує отримання врожайності сіна люцерни і еспарцету на рівні 3,7–4,5 т/га. Використання у якості фітомеліорантів бобово-злакових багаторічних полікомпонентних агроценозів забезпечує продуктивність надземної фітомаси на рівні 4,3–5,4 т/га.

## **6.2. Управління формуванням техногенного рельєфу**

Розкривні осадові породи, які вже пройшли етап техногенної дезінтеграції в ході вибухових, розкривних і екскавційно-транспортних операцій, потрапляючи у відвали, піддаються впливу температур, води і вітру. За інтенсивністю дії ці впливи суттєво розрізняються залежно від елементів рельєфу, насамперед – від експозицій схилів. Унаслідок більш контрастного температурного режиму південних і західних вітроударних схилів (відкосів відвалів) як впродовж доби, так і протягом року їх схиліві поверхні отримують більшу кількість еолового легко рухомого матеріалу, який постійно оновлюється із-за

вітрової, площинної і струйчатої ерозії, що перешкоджає заселенню і закріпленню на них піонерної рослинності.

Розвиток явищ перерозподілу і сортування продуктів вивітрювання характеризує початок другої фази формування техногенного рельєфу – ускладнення його будови. У свіжосформованих відвалах спостерігається і внутрішньогрунтове переміщення мілкозему: з низхідними водними потоками відбувається суфозійні процеси, просідання поверхні і утворення замкнутих понижень різної форми і розмірів. Такі просадочно-усадовочні явища значною мірою посилюються в результаті танення льоду і снігу, які були поховані під час відсипки і планування відвалів в зимову пору року.

Отже, якщо в першу фазу формування техногенного рельєфу відбувається формування макрорельєфних форм, то більш дрібні форми мезо-, нано- і мікрорельєфу є функцією різноманітних факторів гіпергенезу в посттехногенний період. У замкнутих пониженнях поверхні відвалів, де спостерігається максимальна акумуляція тонкодисперсних фракцій, формується і надмірне зволоження, яке в подальшому стає причиною формування у молодих ґрунтах ознак гідроморфізму. Подібні явища зафіксовано в локальних пониженнях (просіданнях) вже рекультивованих ґрунтів зі сформованою поверхнею.

У посттехногенну стадію рельєфогенеза відвально-кар'єрних ландшафтів формується специфічна, не притаманна сучасному природному рельєфу, екологічна різноякісність елементів рельєфу (особливо укосів полярних експозицій), що обумовлює в подальшому асинхронність сингенетичних сукцесій мікробо-, альго- і фітоценозів, а також визначає швидкість і спрямованість процесів ґрунтоутворення. Структура новоутворюваного ґрунтового покриву у порівнянні із зональною, ускладнюється, набуваючи мозаїчного характеру. Тому вторинне використання таких територій, особливо для сільськогосподарських цілей, значно ускладняється.

Найменш розробленим як у теоретичному, так і практичному плані є етап стабілізації техногенних ландшафтів на літогенному, геохімічному і біо-

логічному рівнях. На цьому етапі вплив процесів рельєфоутворення проявляється з меншою силою, поверхня набуває динамічно стабільного стану, диференціація вертикального профілю нового ґрунтового тіла практично завершена і розпочинається формування генетично і геохімічно пов'язаних горизонтів молодих ґрунтів за активної участі сукцесій ценозів біоти. Із цього моменту розпочинається перетворення субстратів гірських порід у ґрунти під контролем стабільно функціонуючого біотичного блоку.

Відмінною рисою посттехногенних ландшафтів є хаотичний розподіл геохімічного потоку речовин, обумовленого в значній мірі динамічністю техногенного рельєфу. Розтягнутий в часі рельєфогенез визначає швидкість і напрям ґрунтоутворення, що відбувається переважно шляхом його ускладнення. Велика мозаїчність і контрастність умов ґрунтоутворення стають лімітуючими чинниками при спрямованій біологічній рекультивації. Тому біологічна рекультивація, поряд з традиційними завданнями прискорення ґрунтоутворення і створення високопродуктивних агроєкосистем, повинна включати й дослідження щодо розробки еколого-економічних вимог до формування посттехногенного рельєфу з оптимальними співвідношеннями його елементів в системі геохімічно і геогідрологічно пов'язаних з непорушеними ландшафтами.

Основні вимоги до формування оптимального посттехногенного рельєфу можна визначити такими положеннями. По-перше, такі землі повинні мати ерозійну стійкість, яка обумовлюється хіміко-мінералогічним і гранулометричним складом, а також водно-фізичними властивостями порід, гранично допустимими значеннями крутизни і довжини схилів поверхонь, площею водозбору. По можливості виключити залучення в біогеохімічний кругообіг розкритих і вміщуючих гірських порід з токсичними властивостями.

По-друге, необхідно створити умови для відновлення гідрогеологічного режиму шляхом формування відповідної стратиграфії відвалів і підбору гірських порід з відповідним літологічним складом. Інженерно-технологічні рі-

шення цих задач еколого-ландшафтного обґрунтування формування неорельєфу створює можливість для формування культурних агроландшафтів з високою біологічною продуктивністю завдяки біологічній рекультивації.

По-третє. Роботи на технічному етапі рекультивації з формування оптимальних форм рельєфу, як фундаменту культурного ландшафту, вимагає обов'язкового їх включення в загальну технологію розробки корисних копалин. В результаті після закінчення експлуатації родовищ на постпромислових територіях повинен бути сформований близький до проектного, оптимальний для відповідної ґрунтово-кліматичної зони посттехногенний рельєф, покритий з поверхні найбільш родючими розкритими гірськими породами і родючим ґрунтовим шаром. Завдяки цьому досягається значна економія часу на стабілізацію рельєфу і ресурсів для виконання гірничо-технічного етапу рекультивації. Окрім економії часу на стабілізацію поверхні техногенного рельєфу, така технологія дозволить покращити якість і питому частку площ під сільськогосподарську рекультивацію, скоротить обсяги і вартість планувальних робіт на гірничо-технічному етапі рекультивації.

Таким чином, рекультивація техногенних ландшафтів повинна проводитися з обов'язковим урахуванням ландшафтно-геохімічних умов, максимально можливим дотриманням будови профілю техноземів, подібної до зональних ґрунтів, що не виключає в деяких випадках прийняття альтернативно-ситуаційних рішень.

### **Висновки до Розділу 6**

Проведені дослідження і узагальнення відомої наукової інформації дозволили сформулювати концептуальну модель можливості управління процесами ґрунтоутворення різноякісних за літологією моделей техноземів. Потенціали ґрунтогенезу поділені нами на два блоки: природні і антропогенні. До природніх віднесені біокліматичні ресурси території і едафічні ресурси розкритих гірських порід і гумусованої маси ґрунту. Антропогенний потенціал ґрунтоутворення обумовлюється і реалізується завдяки створенню доцільних



форм неорельєфу на рекультивованих ділянках, конструюванням едафічних систем (техноземів), запровадженням меліоративних і агротехнологічних заходів в процесі сільськогосподарського використання рекультивованих земель.

При конструюванні техноземів з різними характеристиками створюється можливість моделювати ґрунтови (ґрунтоподібні) тіла за замовленням виробництва з необхідними параметрами і властивостями, які дозволяють найбільш повно розкрити генетичний потенціал продуктивності і фітомеліоративної здатності агроценозів завдяки максимальному використанню біокліматичного потенціалу ґрунтоутворення в конкретній місцевості.

## ВИСНОВКИ

Проведені польові та лабораторні дослідження, узагальнення відомої наукової інформації з рекультивації порушених земель дали змогу розробити наукові засади управління реалізацією потенціалу природних та антропогенних чинників ґрунтоутворення в умовах Південного Степу України впродовж перших десятиліть сільськогосподарського використання різноякісних за літологією техноземів. Проведені дослідження дають можливість зробити такі узагальнення і висновки:

1. За дефіциту гумусованої ґрунтової маси можливе створення літогенних техноземів із найбільш сприятливих розкривних потенційно родючих гірських порід – незасолених лесоподібних і червоно-бурих суглинків, червоно-бурих і сіро-зелених глин без покриття їх родючим шаром ґрунту. Такі різноякісні за літологією техноземи є унікальними об'єктами для дослідження первинного ґрунтоутворення з моменту експонування гірських порід на денну поверхню.

2. У «нуль-момент» ґрунтоутворення сприятливість техноземів до сільськогосподарського використання обумовлюється хіміко-мінералогічним складом, ступенем дисперсності й забезпеченістю основними біофільними елементами гірських порід. Подальша реалізація ресурсів ґрунтоутворення залежить від природних і антропогенних чинників. Геобіокліматичний потенціал ґрунтоутворення Південного Степу має достатні ресурси для формування з полімінеральних дисперсних нефітотоксичних гірських порід ґрунтів чорноземного типу.

3. Літогенний потенціал ґрунтоутворення гірських порід визначається насамперед їхньою мінералогією, дисперсністю, засоленістю, термодинамічними показниками. За показником дисперсності найбільш сприятливими виявилися сіро-зелені глини, за ступенем засолення – лесоподібні суглинки (верхній 2 м шар); за термодинамічними показниками

оцінюються таким рядом: сіро-зелені мергелясті глини > червоно-бурі глини й суглинки > лесоподібні суглинки.

4. За сільськогосподарського використання літогенних техноземів основним процесом первинного ґрунтоутворення є гумусонакопичення, темпи якого залежать від едафічних властивостей мінеральної складової техноземів, реалізації біокліматичного потенціалу території, а також від фітомеліоративних можливостей агроценозів. Прискорення процесів ґрунтоутворення літогенних техноземів можливе завдяки максимально можливому насиченню сівозмін фітомеліоративними бобовими й бобово-знаковими багаторічними агроценозами. За 45-річний період уміст гумусу (шар 0-20 см) збільшився в техноземах, сформованих: лесоподібними суглинками – з 0,41 до 1,49 %; сумішкою червоно-бурих глин і суглинків – з 0,22 до 1,33 %; сіро-зеленими мергелястими глинами – з 0,18 до 1,53 %. Формування якісних характеристик гумусу в техноземах відбувається за зональним типом. Потенціал гумусонакопичення найкраще реалізується сіро-зеленими мергелястими глинами завдяки більшому вмісту «фізичної глини», монтморилоніту, Більшому ЄКО, кращим термодинамічним характеристикам.

5. Упродовж 45-річного сільськогосподарського використання у верхньому 20 см шарі всіх досліджуваних моделей техноземів зафіксовано накопичення основних елементів живлення рослин. Уміст загального азоту порівняно з первинним вмістом збільшився у 2,7 – 4,9 рази; азоту, що легко гідролізується – у 2,5 – 3,5 рази. Уміст доступного фосфору збільшився: у лесоподібного суглинку – в 1,3 – 1,4 рази, у червоно-бурих глинах і суглинках – у 3,3 – 3,9 разів, в сіро-зелених мергелястих глинах – в 4,9 – 6,5 разів. Уміст обмінного калію залишився на досить високому рівні забезпеченості. Водночас ці всі показники (за виключенням обмінного калію) ще не досягли показників зонального ґрунту. Кращі показники забезпеченості елементами живлення виявились у техноземів, сформованих лесоподібними суглинками й сіро-зеленими мергелястими глинами в агросукцесії, насиченій фітомеліоративними агроценозами.

6. На початку сільськогосподарського використання літогенні техноземи, в порівнянні із зональними непорушеними ґрунтами, мають більше лімітуючих чинників для росту і розвитку агроценозів, а їхній обмежувальний рівень – більш значний. З часом деякі обмежувальні чинники (поживний режим, фізичні властивості) зменшують свій рівень. Якщо на початку біологічного освоєння літогенні техноземи мають низькі показники родючості і здатні забезпечувати едафічними ресурсами лише багаторічні бобові трави, то вже через 45 років здатні формувати генеративну продуктивність вимогливого до родючості ячменю ярого на рівні 69,8 – 82,2 % від урожайності на зональних непорушених землях.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для створення літогенних техноземів рекомендується використовувати незасолені лесоподібні відклади і/або сіро-зелені мергелясті глини. Прискорення реалізації потенціалу ґрунтоутворення літогенних техноземів здійснювати завдяки запровадженню такої агросукцесії: люцерна посівна (3 – 4 роки використання) – чистий пар – еспарцет піщаний (3 – 4 роки), багаторічні бобово-злакові агроценози (2 – 3 ротації впродовж 4-5 років використання). У подальшому вирощують середньовимогливі до родючості сільськогосподарські культури. За дотримання вищезазначених заходів в умовах Південного Степу забезпечується щорічне накопичення гумусу в техноземах на рівні 0,6 – 0,9 т/га залежно від материнської породи.

2. Сільськогосподарське використання літогенних техноземів дає змогу щорічно отримувати: сіна багаторічних бобових трав (люцерни, еспарцету) на рівні 3,3 – 4,8 т/га; зерна ячменю ярого, пшениці озимої, гороху – 1,6 – 4,1 т/га. Довготривале залуження техноземів злаково-бобовими багаторічними травами забезпечує отримання високоякісного сіна упродовж перших трьох-чотирьох років вегетації (за домінування бобових компонентів) від 3,6 до 4,7 т/га. У подальші роки використання агроценозу домінування переходить до злакових трав, врожайність знижується до 1,8 – 3,4 т/га, тому такі угіддя перезалужують.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абакумов Е. В. Первичные почвы в природных и антропогенных экосистемах [Текст]: автореф. дис. д – ра биол. наук: 03.02.13 / Е. В. Абакумов. – Тольятти: 2012. – 40 с.
2. Адерихин П. Г. Потенциальное плодородие вскрышных пород КМА [Текст] /П. Г. Адерихин – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1977.– 224 с.
3. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации [Текст] / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.
4. Александровский А. Л. Методические подходы при изучении истории почв / А. Л. Александровский // Общие методы изучения истории современных экосистем. – М.: 1979. С. 142–161.
5. Ананьев В. П. Минералогический состав лессовой породы Ставрополя /Докл. АН СССР. Т. 110. №6. – 1956. – С. 1079–1082.
6. Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.27 / Андроханов Владимир Алексеевич. Новосибирск, 2005. – 32 с.
7. Андроханов В.А., Овсянникова С.В., Курачев В.М. Техноземы: свойства, режимы, функционирование / В.А. Андроханов, С.В. Овсянникова, В.М. Курачев. – Новосибирск: Наука, 2000. – 200 с.
8. Аристовская Т. В. Микробиология процессов почвообразования [Текст] / Т. В. Аристовская Л.: Наука, 1980. – 187 с.
9. Арманд Д. Л. Некоторые принципиальные ограничения эксперимента и моделирования в географии (принцип дополнительности и характерное время) [Текст] / Д. Л. Арманд, В. О. Таргульян // Известия АН СССР. – 1974. – Сер. геогр. – № 4. – С. 129 – 138.
10. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. М. 1973. – 183 с.

11. Бабенко М. Г., Забалуєв С. В. Початкове ґрунтоутворення на літоземах в Степу України. Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання. Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів імені проф. М.К. Шикuli, 29-30 травня 2012 року: тези доповіді. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Видавництво ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2012. – С. 158 – 161.

12. Балаєв А. Д., Забалуєв С. В., Ткачук М. С., Корнейчук О. О. Зміни вмісту та енергопотенціалу органічної речовини в техноземах з різною літологічною основою за сільськогосподарського використання. Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства. II міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів, 19-20 квітня 2012 року: тези доповіді. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України. 2012. С. 18–19.

13. Балаєв А. Д. Органічна речовина та шляхи її відтворення в чорноземах Лісостепу і Степу України: дис. д-ра с.-г. наук: 06. 00. 03 / А. Д. Балаєв // Національний аграрний ун-т. – К., 1997. – 335 с.

14. Балаєв А. Д. Актуальні питання збереження якості чорноземів / А. Д. Балаєв, О. Л. Тонха // Агрохімія і ґрунтознавство. – Книга 2. Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського». – , 2010. – С. 170–172.

15. Балюк С.А. Концепція рекультивації земель, порушених за відкритого та підземного видобутку корисних копалин / С.А. Балюк, Л.В. Єстеревська, А.П. Травлєєв, В.М. Зверковський // – Харків, 2012. – Вид. «Міськдрук», 50с.

16. Баранова Н.М., Малявко Г.И., Ромоданова А.П. Палеографический очерк // Никопольский марганцеворудный бассейн. - М.: Недра.- 1964. – С. 127 – 133.

17. Баранова Н. М. Никопольский марганцеворудный бассейн. Н. М. Баранова, Ю. Б. Басс, В. В. Богданович – М.: Недра. – 1964. – 535 с.

18. Башуцька У.Б. Антропогенно-природні сукцесії рослинності дева-стованих ландшафтів Червоноградського гірничопромислового району [Текст]: дис... канд. с.-г. наук: 06.03.01 / Башуцька Уляна Богданівна ; Український держ. лісотехнічний ун-т. - Л., 2004. – 308 с.
19. Бекаревич Н. Е. Возделывание бобовых культур на опытных рекультивированных участках, заложенных на горных породах / Н. Е. Бекаревич, Н. Д. Горобец, Н. Т. Масюк // Рекультивация земель: Тр. ДСХИ, Днепропетровск. Т. XXVI. 1974. С. 146–167.
20. Бекаревич Н. Е., Масюк Н. Т.,. Результаты полевых опытов по освоению марганцевых карьеров в Никопольском районе Днепропетровской области // Труды ДСХИ. Т. 10. – 1968. – С. 137–151.
21. Бекаревич Н.Е., Масюк Н.Т. Некоторые программно–методические вопросы изучения биогеоценотического покрова в техногенных ландшафтах // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов: Сб. статей / АН СССР. – М.: Наука, 1978. – С. 89–105.
22. Бекаревич Н.Е., Масюк Н.Т., Сидорович Л.П. К вопросу о плодородии почв и пород // Освоение нарушенных земель / АН СССР. – М.: Наука, 1976. – С. 5–26.
23. Бекаревич Н. Е. Природные условия некоторых бассейнов полезных ископаемых как предпосылки возможной рекультивации / Н.Е. Бекаревич // Рекультивация земель: сб. науч. тр. ДСХИ. – Днепропетровск, 1974. С. 3–14.
24. Бекаревич Н. Е. Основные результаты исследований по биологической рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью / Н. Е. Бекаревич//Эколого-биологические и социально экономические основы сельскохозяйственной рекультивации в степной черноземной зоне УССР: сб. науч. тр. – Днепропетровск: ДСХИ. Т. 49, 1984. – С. 12–33.
25. Биологическая рекультивация нарушенных земель. [Текст]: Материалы Международного совещания, Екатеринбург, 3-7 июня 2002 г. // Екатеринбург: Ботанический сад УрОРАН. – 2003.– 615 с.



26. Богданович В.В. Глинисті мінерали неогенових відкладень Нікопольського марганцеворудного басейну // Геологія і рудоносність півдня України Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 1983. С. 38 – 44.
27. Бондарчук В. Г. Геологія родовищ корисних копалин України. / В.Г. Бондарчук – К.: Наукова думка. 1966. – 301 с.
28. Бондарь Г.А. Экологическая структура растительного покрова, сформированного в результате самозаращения дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках / Г.А. Бондарь, А.В. Жуков // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011. – № 1. – С. 54–62.
29. Боул С. Генезис и классификация почв [Текст] / С. Боул, Ф. Хоул, Р. Мак – Кркен. – М.: Прогресс, 1977. – 416 с.
30. Бровко Ф. М., Бровко Д. Ф. Фітомеліорація піщаних літоземів природно-техногенного походження: Монографія. Київ: Кондор, 2017. 304 с.
31. Булахов В.Л. Природне формування фізико–хімічних особливостей і біологічного режиму на техногенних ландшафтах гірничорудних розробок та шляхи їх прискорення / Булахов В.Л., Романенко В.Н., Шпак М.В., Колісник М.Д, Лебедінець М.Л., Півень В.О., Постоловський В.В. // Екологія і природокористування / Зб. Наук. Праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. – Вип. 3. – Дніпропетровськ, 2001. – С. 106–112.
32. Бурыкин А. М., Сергеев М. В. Органическое вещество и плодородие восстанавливаемых почв (на примере Курской магнитной аномалии) // Вестн. с. -х. науки. № 8. – 1985. – С. 36–43.
33. Бурыкин А. Н. Процессы минерализации и гумификации растительных остатков в молодых почвах техногенных экосистем [Текст] / А. Н. Бурыкин, Э. В. Засорина // Почвоведение, № 2. – 1989. – С. 61–69.
34. Бучек П. В. Застосування мікробіологічних препаратів на основі арбускулярних грибів для поліпшення фосфатного режиму техноземів Ніко-

польського марганцеворудного басейну / П. В. Бучек // Науковий вісник Національного Університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – № 162. – С. 95–100.

35. Ваганов І. І. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища [Електронний ресурс]: Навч. посіб. / Ваганов І. І., Маєвська І. В., Попович М. М. – Режим доступу: <http://posibnyky.vntu.edu.ua/geologiya/index.html>.

36. Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов [Текст] / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Высш. шк., 1973. – 400 с.

37. Ваксман С.А. Гумус. Происхождение, химический состав и значение его в природе. М.: Сельхозгиз, 1937. 471 с.

38. Веклич М. Ф., Сиренко Н. А., 1977. Почвообразование на территории Украины в плиоцене и антропогене // Геология четвертичного периода. – Ереван. - Изд-во АН Арм. ССР. С. 333–336.

39. Веклич М. Ф., Сиренко Н. А., Матвишина Ж. Н., 1977. Плейстоценовые палеоландшафты Порожистого и Надпорожистого Приднепровья // Палеогеография и палеоландшафты. –К.: Наукова думка. С. 69–112.

40. Вернандер Н. Б. Агропочвенное районирование [Текст] / Н. Б. Вернандер, М. А. Кочкин, Г. А. Андрущенко и др. // Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. – М.: Изд – во ГУГиК, 1988. – С. 118 – 119.

41. Вильямс В.Р. Избранные сочинения.Т.3. Москва. Изд.АН СССР, 1955, с. 124

42. Виноградский С.Н. Микробиология почвы. Проблемы и методы. [Текст]/ С.Н. Виноградский. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 731 с.

43. Волобуев В. Р. Введение в энергетику почвообразования [Текст] / В. Р. Волобуев. – М., Наука, 1974. – 128 С. 45.

44. Волох П. В. Изменения физических свойств рекультивированных земель при их сельскохозяйственном использовании / П. В. Волох, Н. Д. Горобец, И. Х. Узбек // Горный журнал. – 1991. – № 10. – С. 52-55.
45. Волох П.В. Рекультивация отработанных карьеров Малышевского месторождения полиметаллических руд с возделыванием на них сельскохозяйственных культур // Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Каменец-Подольский.– 1985. – 24 с.
46. Волох П. В. Агрегатный состав насыпного плодородного слоя почвы и вскрышных пород при рекультивации / П. В. Волох, О. В. Трухов // Рекультивация земель: Сб. науч. тр. / ДСХИ. – Днепропетровск, 1987. С. 54–61.
47. Гаврюшенко О.О. Обґрунтування динаміки щільності складання моделей техноземів при сільськогосподарському освоєнні в умовах Нікопольського марганцеворудного басейну / О.О. Гаврюшенко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв. – 2013. – Випуск 3 (73). – С. 149-154.
48. Геннадиев А. Н. Почвы и время: модели развития [Текст] / А. Н. Геннадиев. – М.: Изд – во МГУ, 1990. – 232 с.
49. Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв [Текст] / С. В. Зонн, А. П. Травлеев [отв. ред. В. А. Ковда]. – К. Наукова думка, 1989. – 216 с.
50. Геоморфология Украинской ССР [Текст] / [под ред. И.М. Рослого]. – К.: Вища школа, 1990. – 287 с.
51. Герасимов И. П. Абсолютный и относительный возраст почв [Текст] / И. П. Герасимов // Почвоведение. – 1969. – № 5. – С. 27 – 32.
52. Гинзбург К.Е., Лебедева Л.С. Методика определения минеральных форм фосфатов почвы // Агрохимия. 1971. №1 с. - 125-134
53. Гогатишвили А. Д., Коинава В. Р., 1970. Техника и способы восстановления почв в местах открытых разработок Чиатурского месторождения // Растительность и промышленное загрязнение. Выход 7. С. 84–90.
54. Головина Л.П., Лысенко М.Н., Александрова А.М. Микроэлементы в породах и почвах Донбасса // Почвоведение. – 1987. – № 3. – С. 116–125.

55. Гончар Н. В. Фізичні властивості едафотопів техногенних ландшафтів Нікопольського марганцеворудного басейну / Н. В. Гончар // Ґрунтознавство. №3-4. Т. 9. – 2007. – С. 49–53.
56. Горб А.С., Дук Н.М. Клімат Дніпропетровської області Моногр. – Дніпропетровськ.: ДНУ. – 2006. – 204 с.
57. Горбунов Н. И. Химико-минералогический состав и свойства почв и пород, нарушенных промышленностью, как показатели их пригодности в сельском хозяйстве / Н. И. Горбунов, Н. Е. Бекаревич, З. Н. Михайлова // Почвоведение. №8. 1970. – С. 125–137.
58. Горбунов Н. И., Классификация пород по степени их пригодности в сельском и лесном хозяйстве / Н. И. Горбунов, Н. Е. Бекаревич, Л. В. Етеревская, Л. В. Моторина, Б. М. Туник. №11. 1971. – С. 105–116.
59. Горбунов Н. И., Туник Б. М., Зарубина Т. Г., Теоретические и практические вопросы оценки пригодности горных пород для биологической рекультивации земель в южно-таежной и лесостепной зонах // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель. – Тез. докл. Всесоюзного совещания по рекультивации земель в СССР. – Донецк. – 1975. – С. 206 – 216.
60. Горбунов Н.И. Химико–минералогические признаки пригодности вскрышных горных пород для использования при биологической рекультивации // Рекультивация в Сибири и на Урале. – Новосибирск: Наука. – Сиб. отделение. – 1970. – С. 25–41.
61. Горобец Н.Д. Исследования по сельскохозяйственной рекультивации территорий, нарушенных открытыми горными разработками марганца в Никопольском марганцеворудном бассейне [Текст] / Н.Д. Горобец // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук – Одесса.– 1975. – 23 с.
62. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусовое состояние почв. М.: Изд-во МГУ, 1986. 243 с.
63. Гумусообразование в техногенных экосистемах / Под ред. Р.В. Ковалева. – Новосибирск: Наука. –1986. – 167 с.

64. Данько В.Н. Лесные рекультивации на отвалах открытых горнопромышленных разработок Украины / В.Н. Данько // Облесение неудобных земель. – К.: Урожай, 1969. – Вып. 18. – С. 7–11.
65. Дегтярьов В. В. Гумус чорноземів Лісостепу і степу України. / В. В. Дегтярьов. Харків. «Майдан». –2011. – 359 с.
66. Дегтярьов В.В., Тихоненко Д.Г., Новасад К.Б. та ін. Діагностика чорноземів типових Лівобережного Лісостепу України під різними фітоценозами/ Агрохімія і ґрунтознавство Міжвідомч. темат. наук. зб.– Спец. Вип. До XI з'їзду ГО «УТГА» 17-21.09.2018 р., м.Харків.– Кн. 1.– 2018 – С.261-271.
67. Дегтярьов В.В., Усата Р.Ю., Козлова О.І., Свіщова Я.О. Гумусовий стан та азотний потенціал лучно-чорноземних ґрунтів правобережжя України за різних систем удобрення / Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. – Харків, 2016.– № 2.– С.23-32.
68. Додатко Э. Л., Состав, свойства и пригодность вскрышных пород буроугольных и марганцеворудных карьеров Украины для сельскохозяйственного использования / Автореф. дисс... канд. с. –х. наук. Симферополь.– 1974. – 21 с.
69. Докучаев В. В. Сочинения. [Текст] / В. В. Докучаев. – М. – Л.: Изд – во АН СССР, 1949. – Т. I. – 460 с.
70. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований) [Текст]. – 5 – е изд. пер, и доп. / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
71. ДСТУ 7906:2015. Захист довкілля. Придатність розкривних та вміщувальних гірських порід для біологічної рекультивації земель. Класифікація. К.: ДП «Укр. НДНЦ», 2016. 6 с.
72. ДСТУ 7905:2015. Захист довкілля. Придатність порушених земель для рекультивації. Класифікація. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 10 с.
73. Дюшофур Ф. Основы почвоведения: Эволюция почв. (Опыт изучения динамики почвообразования) [Текст] / Ф. Дюшофур. – М. Прогресс, 1970. – 592 с.

74. Етеревская Л. В. Почвообразование и рекультивация земель в техногенных ландшафтах Украины / Л. В.Етеревская // Автореф. дисс. д-ра с.-х. наук: 06.01.03. – Харьков. – 1989. – 42 с.
75. Етеревская Л. В. Рекультивация земель /Л. В. Етеревская – К.: Урожай. 1977. – 128 с.
76. Етеревская Л.В. Донченко М.Т., Лехциер Л.В. Систематика и классификация техногенных почв / Л.В. Етеревская, М.Т. Донченко, Л.В. Лехциер // Растения и промышленная среда: сб. науч. тр. – Свердловск: УрГУ, 1984. – С. 14-21.
77. Єргіна О. І. Енергетичні та термодинамічні характеристики ґрунтів та ґрунтоутворювальних субстратів Кримського півострова [Текст] / О. І. Єргіна // Вісник Львівського університету. – Серія: географічна. – 2013. Вип. 41. – С. 132 – 139.
78. Єтеревська Л.В., Момот Г.Ф., Канаш А.П. Класифікація рекультивованих ґрунтів, систематика та генетико-виробнича діагностика. – Харків, 2012. – Вид. «Міськдрук», 68с.
79. Жуков О.В. Фізичні властивості рекультоземів Нікопольського марганцеворудного басейну /О.В. Жуков, Г.О. Задорожня, І.В. Лядська // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. – 2014. – Вип. 43. – С. 93–114.
80. Забалуев В. А. Бабенко М. Г., Тарика А. Г., Зануда В. В., Горячковский С. В. Исследование начальных процессов гумусонакопления и почвообразования в техноземах // Биологическая рекультивация и моніторинг нарушенных земель // Материалы Международной научной конференции. – Екатеринбург, Изд-во Уральского университета. – 2007. – С. 261-273.
81. Забалуєв В. О. Зміни фракційного складу мінерального фосфору розкритих гірських порід Нікопольського марганцеворудного басейну під дією препаратів на основі арбускулярних мікоризних грибів / В. О. Забалуєв, П. В. Бучек // Вісник Харківського Національного аграрного Університету. – 2011. – № 1. – С. 77–79.

82. Забалуєв В. О. Тихоненко Д. Г., Горін М. О., Матвіїшина Ж. М., Момот Г.Ф. Фіторекультивация і стартовий ґрунтогенез на літоземах // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія „Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство”. №6. 2004. С. 19-30.
83. Забалуєв В. О. Едафо-фітоценотичне обґрунтування формування та функціонування стійких агроєкосистем на рекультивованих землях Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук: 03. 00. 16 / В. О. Забалуєв. – Національний аграрний університет. – К. 2005. – 40 с.
84. Забалуєв С. В. Зміни стану органічної речовини рекультивованих ґрунтів за їх тривалого сільськогосподарського використання. Вісник аграрної науки. 2016. № 5. С. 68-71.
85. Забалуєв С. В. Балаєв А. Д., Забалуєв В. О. Потенціал ґрунтоутворення літогенних техноземів і його реалізація за сільськогосподарської рекультивациі в умовах Південного Степу України. Аграрні інновації. 2020. Вип. 4. С. 56-62.
86. Забалуєв С. В., Балаєв А. Д. Літологічна характеристика осадових гірських порід як передумова їх здатності до ґрунтоутворення. Біоресурси і природокористування. 2014. № 1-2. С. 45-49.
87. Захаров С. А. Курс почвоведения [Текст]. – 2 – е изд. / С. А. Захаров. – М. – Л.: Сельколхозгиз, 1931. – 440 с.
88. Зверковський В.М. Вплив меліорацій на ефективність освоєння порушених земель // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету – 2010, – № 2. – С. 20-25.
89. Зленко І. Б. Агроєкологічні чинники формування мікробіоценозів на початкових етапах біологічного освоєння рекультивованих земель (на прикладі Нікопольського марганцево-рудного басейну): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.16 „Екологія” / І. Б. Зленко. – Дніпропетровск, 2012. – 27 с.

90. Зленко І. Б., Забалуєв С. В. Біологічна активність едафотопів техногенних ландшафтів. Відновлення біотичного потенціалу агроєкосистем. Друга Міжнародна науково-практична конференція, 9 жовтня 2015 року: тези доповіді. Дніпропетровськ: видавництво «Арбуз», 2015. С. 75 – 78.
91. Зражевський А.І. Родючість нерозвинених ґрунтів на териконах Донбасу і питання озеленення териконів. Праці інституту лісівництва. Київ: Вид-во АН УРСР, Т. 6. 1953. С. 120.
92. Зубкова Т. А., Карпачевский Л. О., 2001. Матричная организация почв. М.: Русяки. С. 68–74.
93. Иенни Г. Факторы почвообразования. [Текст] / Г. Иенни. – М.: Изд – во иностр. лит – ры, 1948. – 348 с.
94. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. - М.: Высшая школа, 1991. – 368 с.
95. Искандеров И. Ш. Энергия кристаллической решетки и свободная энергия минеральной части почв [Текст] / И. Ш. Искандеров // Почвоведение – 1974. – № 4. – С. 147 – 149.
96. Кабаненко В.П. Влияние удобрений на урожайность и качество ярового ячменя, кукурузы и люцерны, возделываемых на различных вариантах рекультивированных земель // Рекультивация земель: Сб. науч. тр. / ДСХИ. – Днепропетровск, 1987. – С. 148–156.
97. Кабризон В.М. Гидрогеология и инженерно–геологическая характеристика // Никопольский марганцеворудный бассейн. - М.: Недра.- 1964. - С. 104-126.
98. Карапетьянц М. Х. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ [Текст]/ М. Х. Карапетьянц, М. Л. Карапетьянц. – М.: Изд – во Химия. – 1968. – 470 с.
99. Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. / Н. А. Качинский – М., Изд-во АН СССР. – 1958. – 267с.
100. Келеберда Т. Н. Ферментативная активность как биоиндикатор изменения плодородия техногенных ґрунтов путем фитомелиорации / Т. Н.



Келеберда // V делегат, съезд Всесоюз. общества почвоведов, 11-15 июля 1977 г.: тезисы докл. - Минск. Вып. 2. – 1977. – С. 271–272.

101. Кизяков Ю. Е., Гниненко Н. В., Пабат И. А. Агроэкономическая оценка природных условий / Научно обоснованная система земледелия Днепропетровской области / Днепропетровск: Облполиграфиздат. 1988.– С. 7–18.

102. Клевенская И.Л. Экологические и агрономические аспекты симбиотической фиксации азота / И.Л. Клевенская.// Биологическая фиксация азота. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. - С . 186-269.

103. Ковда В. А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса [Текст] / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – Кн. 1. – 432 с.

104. Ковда В. А. Значение исследований энергетических процессов в общей задаче изучения биосферы / Матер. Всесоюзного совещания по проблемам обмена энергии в системе почва – растение – атмосфера. – Баку. – 1970. – С. 8–10.

105. Ковда В. А. Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком / В. А. Ковда. - М.: Наука. 1975. 72с.

106. Кононова М. М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения [Текст] / М. М. Кононова. – М.: Изд – во АН СССР, 1963. – 314 с.

107. Королев В.А. Связанная вода в горных породах: новые факты и проблемы // Соросовский Образовательный Журнал. 1996. № 9. С. 79-85.].

108. Костычев П.А. Избранные труды / ред. И. В. Тюрина; примеч. Н. И. Шарапова; АН СССР. — М.: Изд-во АН СССР, 1951. — 667 с.

109. Крупская Л. Т., Новикова Е. В. Свойства пород отвалов и особенности почвообразования в техногенных экосистемах // Тез. докл. VIII Всесоюзн. съезда почвоведов. — Новосибирск. Т. 1. – 1989. – С. 191-192.

110. Кулініч В.В. Оцінка придатності розкривних порід Керченського залізорудного басейну для сільськогосподарського освоєння // Вісник Дніпропетр. держ. агр. університету. – 2002. – №1. – С. 5–12.

111. Кулинич В. В., Забалуев С. В. Динамика плотности сложения рекультивированных земель при сельскохозяйственном использовании в южной Степи Украины // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Международной научной конференции, Екатеринбург, 4-8 июня 2007 г. – Екатеринбург: Изд. Урал. ун-та. – 2007. – С. 408–418.

112. Кулинич В.В., Мыщук А.А. Особенности сельскохозяйственной рекультивации земель на железорудных карьерах, находившихся длительное время под естественным зарастанием // Агрохимия и плодородие почв. Рекультивация земель, борьба с эрозией почв, обработка почв. / Матер. II съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР. – Харьков, 1986. – С. 140–141.

113. Курачев В.М., Гаджиев И.М., Рагим-заде Ф.К., Андроханов В.А. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / В.М. Курачев, И.М. Гаджиев, Ф.К. Рагим-заде, В.А. Андроханов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1992. – 304 с.

114. Лазарева И. В. Восстановление (рекультивация) нарушенных территорий. / И. В. Лазарева // Опыт районной планировки и градостроительства зарубежом. М.: Госстройиздат. – 1962. – 317 с.

115. Лактионов Н.И. Закономерности трансформации органических коллоидов в чернозёмах при их сельскохозяйственном использовании: автореф. дис. д-ра с.-х. наук. – Харьков, 1973. – 37 с.

116. Лактіонов М.І. Проблеми вчення про органічну частину ґрунтів / М. І. Лактіонов / Агрохімія і ґрунтознавство. – 2001. – №61. – С. 3 – 11. Пономарева В. В. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения) [Текст] / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова – Л.: Наука, 1980. – 220 с.

117. Манько Ю. П. Методика оцінки адекватності явищ і технологій у землеробстві / Ю. П. Манько // Збірник наукових праць [Інституту цукрових буряків УААН]. - 2007. - Вип. 9. - С. 26-31. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb\\_2007\\_9\\_5..](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2007_9_5..)

118. Масюк Н. Т. Вскрышные горные породы как объект исследования, особенности его познания, методические трудности их преодоления // Создание высокопродуктивных агробиоценозов в техногенном ландшафте: Сб. науч. тр. – Днепропетровск: ДСХИ. Т. 31. 1975. С. 3–55.

119. Масюк Н. Т. Экология нарушенных горных пород: состав, свойства, ресурсы, классификация [Текст] / Н. Т. Масюк. Проблемы охраны, рационального использования и рекультивации черноземов. - М.: Наука. 1989. С. 113-132.

120. Масюк Н. Т. Особенности формирования естественных и культурных фитоценозов на вскрышных горных породах в местах произведенной добычи полезных ископаемых / Н. Т. Масюк//Рекультивация земель: Тр. ДСХИ. – Днепропетровск. Т. 26. – 1974. – С. 62-105.

121. Масюк Н. Т. Использование механического состава для агробиологической оценки вскрышных горных пород // Новое в биологии, селекции и агротехнике полевых и плодовых культур: Тр. / ДСХИ. – Днепропетровск, 1975. Т. 23. 1975.– С. 3–11.

122. Масюк Н. Т., Экология нарушенных горных пород: состав, свойства, ресурсы, классификация [Текст] / Н. Т. Масюк. Проблемы охраны, рационального использования и рекультивации черноземов. - М.: Наука. – 1989. – С. 113-132.

123. Масюк Н. Т. Рекультивация земель в Украине: фундаментальные и прикладные достижения // Вісник аграрної науки. Спец. випуск. 1998.– С. 15–21.

124. Масюк Н. Т. Опыт создания устойчивых агроэкосистем при рекультивации земель в Степной зоне Украины // Відновлення порушених природних екосистем / Н. Т. Масюк, И. П. Чабан, В. А. Забалуев // Матер. першої міжнародн. науков. конф. – Донецьк. – ТОВ "Либідь", 2002. – С. 266–268.

125. Масюк Н.Т. Биологическая классификация вскрышных пород Никопольского марганцеворудного бассейна и пути её реализации // Рекультивация земель. – Тарту. – 1975. – С. 208–215.

126. Масюк Н.Т. Эколого-биологические основы сельскохозяйственной рекультивации в техногенных ландшафтах степной зоны Украины (на примере Никопольского марганцеворудного бассейна): автореф. дисс. на соискание ученой степени доктора биол. наук: 03. 00. 16 / Н. Т. Масюк – Днепропетровск. – ДГУ. 53 с.
127. Масюк Н.Т., Бекаревич Н.Е. Некоторые программно–методические вопросы изучения биогеоценотического покрова в техногенных ландшафтах // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов: Сб. статей: АН СССР. – М.: Наука, 1978. – С. 89-105.
128. Махонина Г. И. Начальные процессы почвообразования в техногенных экосистемах Урала [Текст]: автореф. дне. д – ра биол. наук: 03.00.27 / Г. И. Махонина. – Томск, 2004. – 32 с.
129. Махонина Г. И. Состав гумуса почв, образующихся на бурoughных отвалах при естественном зарастании // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск: Наука. – Сиб. отд. – 1974. – С. 205–209.
130. Махонина Г. И. Фосфатное состояние молодых почв на промышленных отвалах Урала. / Г. И. Махонина // Растения и промышленная среда: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Т. С. Чибрик. – Свердловск: УрГУ. – 1989. – С. 81–87.
131. Махонина Г.И., Коркина И.Н. Скорость восстановления почвенного покрова на антропогенно-нарушенных территориях (на примере археологических памятников Западной Сибири)/ Г.И. Махонина, И.Н. Коркина // Экология. — 2001. — № 1. — С. 14–19.
132. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. – М.: Агропромиздат. – 1988. – 157 с.
133. Мицик О. О. Сільськогосподарське використання рекультивованих земель Керченського залізорудного родовища / О. О. Мицик // Дис. канд. с. – г. наук. 03. 00. 16 – Дніпропетровськ. 1998. 170с.

134. Мицик О.О. Сільськогосподарське використання рекультивованих земель Керченського залізорудного родовища / Автореф. ... канд. с.-г. наук. – Дніпропетровськ, 1998. – 16 с.
135. Момот А. Ф., Формирование водно-физических свойств техногенных почв на биологическом этапе их освоения (на примере моделирования) в левобережной Лесостепи Украины [Текст]: дис... канд. с.-х. наук: 06. 00. 03 / Момот Анна Феликсовна; УААН, Ин-т почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского. – Харьков, 1996. – 217 с.
136. Морозов С. С. Химико-минералогический состав, физические и физико-химические свойства отдельных гранулометрических фракций лёссов Приднепровья и генетически близких им пород. – Учён. зап. МГУ. Вып. 133. – 1949. – С. 12–38.
137. Накаряков А. В., Трофимов С. С. О молодых почвах, формирующихся на отвалах отработанных россыпей в подзоне южной тайги Среднего Урала // Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е. 1979. – С. 58–105.
138. О рекультивации земель в степи Украины, 1971. [Текст] / Под ред. Н. Е. Бекаревича. -Днепропетровск: Промінь. 218с.
139. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. / Д. С. Орлов - М: Изд-во МГУ. – 1990.– 324с.
140. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. М.: Недра, 1989. 211. с. 3.
141. Пак К.П. Солонцы СССР и пути повышения их плодородия. – М. – Колос. – 1975. – 384 с.
142. Панас Р. Н. Агроэкологические основы рекультивации земель. Львов: Изд-во ЛГУ. 1989. 158 с.
143. Печенюк В.И. Эффективность приемов сельскохозяйственной рекультивации угодий после добычи полезных ископаемых в условиях Подолья УССР / Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Каменец-Подольский, 1977.–27 с.

144. Побынов Б.Б. Избранные труды [Текст] / Акад. Б. Б. Побынов; [Отв. ред.: И. В. Тюрин, А. А. Сауков]. Акад. наук СССР. - Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1956. - 751 с
145. Постоловський В.В. ОАО «Орджоникидзевський ГОК» - ведущее предприятие Украины по добыче и обогащению марганцевых руд // Горный журнал. – 2005. - №5 - С.43-45.
146. Почвоведение [Текст] / [под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова]. Почва и почвообразование / Г. Д. Белицина, В. Д. Василевская, Л. А. Гришина и др. – М.: Высш. шк., 1988. – Ч.1. – 400 с.
147. Почвообразование в техногенных ландшафтах / Под ред. С.С. Трофимова. – Новосибирск: Наука, 1979. – 293 с.
148. Рагим-заде Ф. К., Гипергенез и почвообразование в техногенных экосистемах Кузбасса // Проблемы почвоведения в Сибири: Сб. науч. тр. / Ф. К. Рагим-заде, С. А. Таранов, И. Л. Клебенская, Е. Р. Кандрашин, Ф. А. Фаткулин // Отв. ред. И. М. Гаджиев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. – 1990. – С. 121-128.
149. Роде А. А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв // Генезис почв и современные процессы почвообразования. – М. 1984. С. 183-193.
150. Соколов В.Н. Микромир глинистых пород // Соросовский Образовательный Журнал. 1996. № 3. С. 56-64.
151. Соколов И. А. Почвообразование и время: поликлиматичность и палигенетичность почв [Текст] / И. А. Соколов // Почвоведение. – 1984. – 32. – С. 102 – 113.
152. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1993. 232 с.
153. Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: почвапамять и почва-момент// Изучение и освоение природной среды. М.: Наука, 1976. С. 150- 164.
154. Соколов, Д.А., Кулижский, С.П., Доможакова, Е.А., Госсен, И.Н.

Особенности формирования почв техногенных ландшафтов в различных природно-климатических зонах юга Сибири / Д.А. Соколов, С.П. Кулижский, Е.А. Доможакова, И.Н. Госсен // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – №364. – С. 225-229.

155. Стифеев А. И. Рекультивация земель и почвообразование в техногенных ландшафтах КМА [Текст]: дис. . . . д-ра с. -х. наук в форме науч. доклада / А. И. Стифеев. - Курск. 56с.

156. Таранов С. А. Особенности почвообразования в техногенных ландшафтах Кузбасса // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири. – Новосибирск: Наука. – Сиб. отд. 1977. – С. 81–105.

157. Таранов С.А. О первичном почвообразовании на естественных зарастающих отвалах Байдаевского угольного разреза / С.А. Таранов, И.А. Клевенская, В.И. Щербатенко, Л.П. Баранник, К.В. Юдина // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 196-204.

158. Тарасов В.В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів / В.В. Тарасов. – Д.: Вид-во ДНУ, 2005. – 276 с.

159. Таргульян В. О. Почвообразование и элементарные почвообразовательные процессы [Текст] / В. О. Таргульян // Почвоведение. – 1985. – № 11. – С. 36 – 45.

160. Таргульян В. О. Развитие почв во времени [Текст] / В. О. Таргульян. // Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1982. – С. 108 – 113.

161. Таргульян В.О. Процессы почвообразования и эволюции почв [Текст] / [отв. ред. В. О. Таргульян, А.А. Величко]. – М.: Наука, 1985. – 243 с.

162. Таргульян В.О. Теория педогенеза и эволюции почв. [Текст] /В.О. Таргульян. – Москва: ГЕОС, 2019. – 296 с.

163. Таріка О.Г. Агроекологічне обґрунтування освоєння і використання лесоподібного суглинку при рекультивації земель в Нікопольському марганцеворудному басейні. Автореф. дис... на здобуття наук. ступеня канд.

с.-г. наук: спец. 03.00.16 "Екологія" / О.Г. Таріка. — Дніпропетровськ, 2006. — 20 с.

164. Тарчевский В. В., Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. — Томск. 44с.

165. Терентьев В.И.. Классификация деградированных почв и непочвенных поверхностных образований / В.И. Терентьев, П.А. Суханов // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: Тезисы и доклады Всероссийской конференции. — Москва, 1998. — С. 16-18.

166. Техноземы: свойства, режимы, функционирование / В.А. Андроханов, С.В. Овсянникова, В.М. Курачев. — Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. — 200 с.

167. Тонконогов В.Д. Эволюционно-генетическая классификация почв и непочвенных поверхностных образований суши / В.Д. Тонконогов // Почвоведение. — 2001. — №6. — С. 653-659.

168. Травлеев А.П. Состояние и перспективы рекультивации земель в СССР / А.П. Травлеев, В.Н. Зверковский, В.А. Овчинников, Н.Е. Бекаревич, Н.Т. Масюк // Тезисы VIII всесоюзного съезда почвоведов. — Новосибирск. СО АН СССР — 1989. — Т. VI. — С. 177-183.

169. Трейкяшки П., Христов Б., Бабев И., 1997. Возможности рекультивации карьеров после разработок глины и мергелей // Проблемы сибирского почвоведения. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е. С. 51-74.

170. Трофимов С. С. Рекультивация и почвообразование // Проблемы сибирского почвоведения: Сб. ст. / С. С. Трофимов, С. А. Таранов, Ф. К. Рагимзаде, Ф. А. Фаткулин, Е. Р. Кандрашин. Отв. ред. В. Б. Ильин // Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 1977. С. 52–72.

171. Трофимов С. С., Наплекова Н. Н., Кандрашин Е. Г. // Гумусообразование в техногенных экосистемах. — Новосибирск: Наука. — Сиб. отд. 1986. 163 с.

172. Трофимов С.С., Таранов С.А. Особенности почвообразования в техногенных экосистемах / С.С. Трофимов, С.А. Таранов // Почвоведение. —



1987. – № 11. – С. 95-99.

173. Тюлин А.Ф. Вопросы почвенной структуры // Почвоведение. – 1955. – №1. – С. 33–44.

174. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука. 1965. 320 с.

175. Узбек И. Х. Особенности ферментативной активности рекультивированных почв / И. Х. Узбек // Почвоведение. № 3. – 1991. – С. 91–96.

176. Узбек И.Х. Еколого-біологічна оцінка едафотопів техногенних ландшафтів степової зони України [Текст] / И.Х. Узбек // Автореф. дис.... д-ра біол. наук. – Дніпропетровськ, ДНУ. – 2001. – 36 с.

177. Фаткулин Ф. А. Гумусонакопление и качественный состав гумуса молодых почв, формирующихся на последражных формах рельефа в речных долинах Кузнецкого Алатау // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). – Новосибирск: Наука. 1977. – С. 106–112.

178. Фаткулин Ф.А., Махонина Г.И. Органическое вещество молодых почв // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – С. 84–98.

179. Ферсман А. Е. Геохимия [Текст] / А. Е. Ферсман. – Л.: ОНТИ. – 1934. – Т. 2. – С. 58 – 61.

180. Фридланд В. М. Влияние степени выветрелости почвообразующих пород на процессы формирования почв в различных биоклиматических зонах [Текст] / В. М. Фридланд // Почвоведение. – 1970. – № 12. – С. 5 – 16.

181. Харитонов М. М., Агроекологічні основи відновлення техногенно порушених земель в гірничовидобувних регіонах України / М. М. Харитонов // Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук: 03. 00. 16. – Дніпропетровськ. – 2009. – 38 с.

182. Чабан И. П. Итоги 28-летних исследований плодовых культур на рекультивированных землях. // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. К.: Аграрна наука. 1998. С. 33–35.

183. Чабан І. П., Зленко І. Б. Модели рекультивированных земель под плодово-ягодные насаждения // Рациональне використання рекультивованих та еродованих земель: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – 29–31 травня 2001. – Дніпропетровськ. – 2002. – С. 13–17.
184. Чеклина В. Н., Савич А. И. Классификация грунтов вскрыши открытых угольных разработок и возможности их хозяйственного использования // Восстановление земель после промышленных разработок. – М.: Колос. – 1967. – С. 37–54.
185. Черняк В.І., Глуходід В.П. Грунти Дніпропетровської області. – Дніпропетровськ. – Промінь. – 1969. – 82 с.
186. Шалыт М. С., Костомаров В. Н. Посадки на терриконах // Лесное хозяйство, 1950, № 12. – 145 с.
187. Шеин Е. В. Изменение физических свойств слоистых рекультивационных почвенных конструкций / Е. В. Шеин, Д. И. Щеглов, И. В. Соколова, А. Б. Умарова // Вестн. Оренбургского гос. ун-та. № 12. Ч. 2, 2006. – С. 308–312.
188. Шикула М. К. Методичні рекомендації по відтворенню гумусу у ґрунті / М. К. Шикула, А. Д. Балаєв, О. В. Демиденко // Науково-технічні розробки. – Київ. – 1995. – С. 10–15.
189. Шикула Н. К., Другов А. Н. Агрофизические свойства рекультивируемых почвогрунтов Часов-Ярского месторождения / Н. К. Шикула, А. Н. Другов // Почвоведение. № 9. – 1974. – С. 63–70.
190. Шоба С.А. Почвообразующий потенциал природных факторов [Текст] / С. А. Шоба, М. И. Герасимова, В. О. Таргульян, И. С. Урусевская, И. О. Алябина, А. О. Макеев // Зб. наук. праць: генеза, географія та екологія ґрунтів. – Львів, 1999. – С. 90 – 92.
191. Шоба С.А., Таргульян В.О., Герасимова М.И., Алябина И.О., Мартыненко И.А., Макеев А.О., Добрынин Д.В. Почвообразующий потенциал биоклиматических и литогенных факторов на основе анализа электронных карт / Информационный бюллетень РФФИ. 1999. Т. 7. № 4. С. 430.

192. Albrecht, S. C. and Thompson E. R., 1982. Impact of surface mining on soil compaction in the mid-western U. S. A. Bur. Mines Open File Rep. P. 82-174 U. S. Bur. Mines.
193. Ammons, J. T., 1999. Minesoil properties, root growth, and land use implications / PhD diss. West Virginia Univ, Morgantown / Diss. Abstr. V. 40. P. 29–36.
194. Aparicio, V., 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas. / V. Aparicio, J. L. Costa // Soil and Tillage Research 96 (1–2): P. 557–567. DOI:10. 1016/j. still. 05. 006.
195. Balayev J., Zabaluyev S. Humus accumulation in technozems with different lithological composition in south steppe of Ukraine. Annals of agrarian Science. 2015. Vol .13. No 4. S. 37–39.
196. Baumer G. W., Brasher B.R. Prediction of water contents at selected Suctions. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI. 1982, ASAE Paper No. 82. –25–90.
197. Bockheim I. G., 2008. Solution and of chronofunctions in studying Soil developent / I. G. Bockheim // Geoderma. V. 24, nr. 1. P. 71-85.
198. Brent-Jones, E., 1984. Land reclamation in the 80`s – the national coal board`s technigues / E. Brent-Jones. // Proc. Symp. Reclam. Coal Mining Wastes. Durham. P. 1-21
199. Bugosh, N., 2002. Slope and channel reclamation using fluvial geomorphic principles at San Juan Coal Company Mines in New Mexico. / N. Bugosh // In Approaching bond release: Postmining land use in the arid and semi-arid west, Abstracts, August 25–30, Office of Surface Mining, North Dakota State University and North Dakota Public Service Commission: Bismarck, ND.
200. Carter, F. S., 1993. Effect of time after reclamation on physical properties of prime and nonprime soils. In Proc. Mine-land Reclamat. Rev. 15 March Land Reclamat Res Center, North Dakota State Univ., Mandan, ND. P. 36-48.
201. Charzynski, P., Bednarek, R., Greinert, A., Hulisz, P., Uzarowicz, L. Classification of technogenic soils according to WRB system in the light of Polish

experience / P. Charzynski, R. Bednarek, A. Greinert, P. Hulisz, L. Uzarowicz // Soil science annual. – 2013. – Vol. 64 No. 4. – P. 145-150.

202. Ciolkosz, E. J., Cionce, R. C., Cunningham R. L. and Polersen G. W., 2005. Characteristics, genesis, and classification of Pennsylvania minesoils – Soil Sci. V. 139. P. 232-238.

203. Daniels, W. L., Genthner, M. H. and Hodges R. L., 1992. Soil development in sandy tailings derived from mineral sands mining in Florida, In Proc 9th Annu Meet Am Soc Surf Mining and Reclamation, Duluth, MN 14-18 June Am Soc Surf Mining Reclamation, Princeton, WV. P. 37-47.

204. Day, A. D., 1982. Response of Plant Species to Coal Mine Soil Material and Fertilizer in a Semiarid Environment / A. D. Day // Indian Mining and Eng. J. V. 21. N4. P. 21–26.

205. Dunker, R. E. and Barnhisel R. I., 2000. Cropland reclamation / R. E. Dunker, R. I. Barnhisel, R. G. P. 323-369

206. Feagley, S. A., 2000. Reclamation of lignite mined lands. / S. A. Feagley., L. R. Hossner // Amer. Soc. of Agron., Madison, WI. P. 415-432.

207. Finkelman, R.B. Potential health impacts of burning coal beds and waste banks / R.B. Finkelman // International Journal of Coal Geology. – 2004. – 59. – P. 19– 24.

208. Frouz, J., Liveckova, M., Albrechtova, J., Chronakova, A., Cajthaml, T., Pizl, V., Hanel, L., Stary, J., Baldrian, P., Lhotakova, Z., Šimackova, H., Cepakova, S. Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna? A case study from post-mining sites / J. Frouz, M. Liveckova, J. Albrechtova, A. Chronakova, T. Cajthaml, V. Pizl, L. Hanel, J. Stary, P. Baldrian, Z. Lhotakova, H. Šimackova, S. Cepakova // Forest Ecology and Management. – 2013. – 09. – P. 87–95.

209. Hooks, C. L., 1992. Rowcrop response to truck and scraper hauled root media systems in reconstruction of surface mine soils. / C. L. Hooks, R. E. Dunker, S. L. Vance, R. G. Darmody // Proc., Nat. Symp. on Prime Farmland Reclamation, Univ. of Illinois, Urbana, IL., P. 19-24.

210. Huot, H., Simonnot, M-O., Marion, P., Yvon, J., Donato, P., Morel, J - L. Characteristics and potential pedogenetic processes of a Technosol developing on iron industry deposits / H. Huot, M-O. Simonnot, P. Marion, J. Yvon, P. Donato, J-L. Morel // *Journal of Soils and Sediments*. – 2013. – Volume 13, Number 3. – p. 555–568.
211. Interrelations between *Azospirillum* and *Rhizobium* nitrogen-fixers and arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of alfalfa in sterile, AMF-free or normal soil conditions / B. Biro, K. Koves-Pechy, I. Voros [et al.] // *Applied soil ecology*, 2000. – Vol. 15. – P. 159–168.
212. Jenny, H., 2005. *The soil resource Origin and behavior* Springer Verlag. / H. Jenny. // New York. Johnson C., *Mine soil properties of 15 abandoned mine soil sites in West Virginia* [Text] / C. Johnson, J. Scousen, O. Environ. Qual. V. 24. № 4. P. 635-643
213. Johnson, C., 1999. Natural revegetation of 15 abandoned mine land sites in West Virginia / C. Johnson. // Qual. V. 23. № 6. P. 1224-1230.
214. Leguédois, S., Séré G., Auclerc, A., Cortet, J., Huot, H., Ouvrard, S., Watteau F., Schwartz C., Morel J.L. Modelling pedogenesis of Technosols / S. Leguédois, G. Séré, A. Auclerc, J. Cortet, H. Huot, S. Ouvrard, F. Watteau, C. Schwartz, J.L. Morel // *Geoderma*. – 262 (2016) – p. 199–212
215. Maloney, N. M., 2001. Revegetation of coal striped land near Henrietta, Oklahoma. *Proc. Oklahoma Academy of Science*, V. 22, P. 123-129.
216. Mueckenhausen, E. *Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen* / E. Mueckenhausen. 3. ergaenzte Auflage – Frankfurt am Main: DLG-Verlag, 1985. – 579 S.
217. Stevenson, F. J., 2002. *Humus chemistry: Genesis, composition, reaction* – N. Y.: John Wiley & Sons. 443 p. Гымьс
218. *Tagebau und Rekultivierung*. - Freiberg: TU Bergakademie, 2005. – 19 s.

219. Tyner, E. H., Smith, R. M., 2007. The reclamation of the strip mined coal lands of West Virginia with forage species. Soil Science Society of America Proceeding, V. 10, P. 429-436.

220. Uzarowicz L., Zagorski Z. Mineralogy and chemical composition of technogenic soils (Technosols) developed from fly ash and bottom ash from selected thermal power stations in Poland // Soil Science Annual. 2015. Vol. 66, № 2. PP. 82 – 91.

221. Vance, S. L., 1992. Relationship of soil strength and row crop yields on reconstructed surface mine soils. / Vance S. L., Dunker R. E., Hooks C. L., Darmody R. G. // Proc., National Symposium on Prime Farmland Reclamation, Univ. of Illinois, Urbana, IL. P. 35-42.

222. Shein, E. V., 2002. Changes in physical properties of soils and soil processes as derived from data of a long-term lyzimetric experiment (1961–2002) / E. V. Shein, A. B. Umarova // Eurasian Soil Science. V. 35. P. 100–106.

223. Zhukov, A.V., Lyadskaya, I.V., and Vagner, A.V., Geostatistical analysis of the distribution of phytomass on recultivation site of land disturbed by the mining industry, Visnik Dnipropetrovskogo derzhavnogo agrarnogo universitetu (Bulletin of the Dnepropetrovsk State Agrarian University), 2010, no 1, pp. 48–52.

## **ДОДАТКИ**

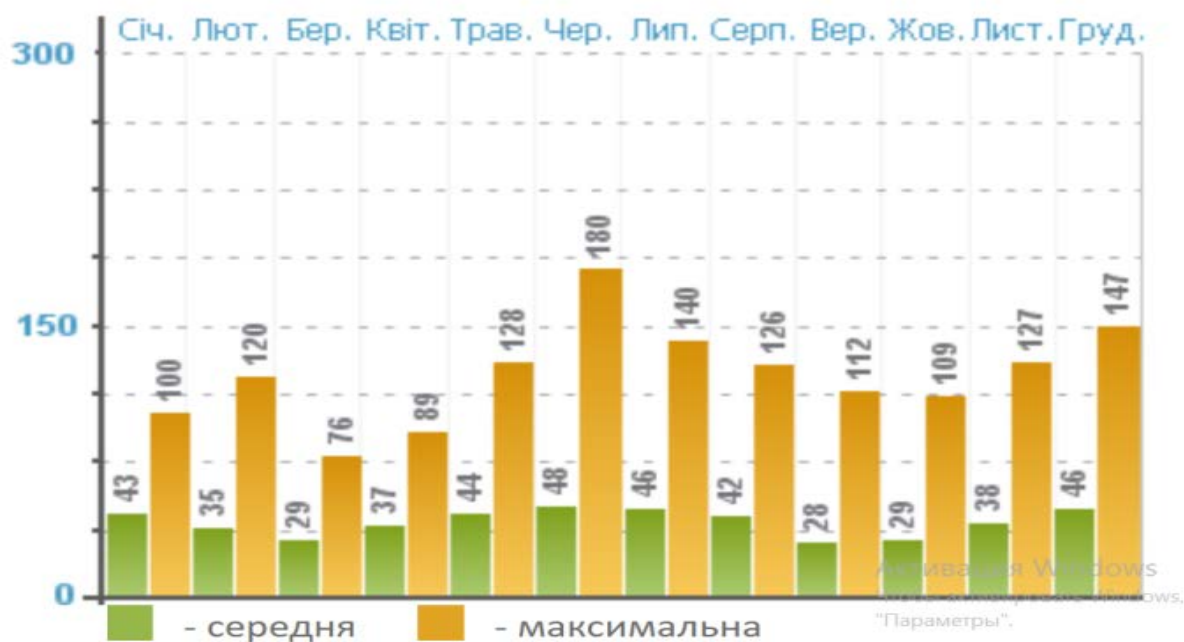




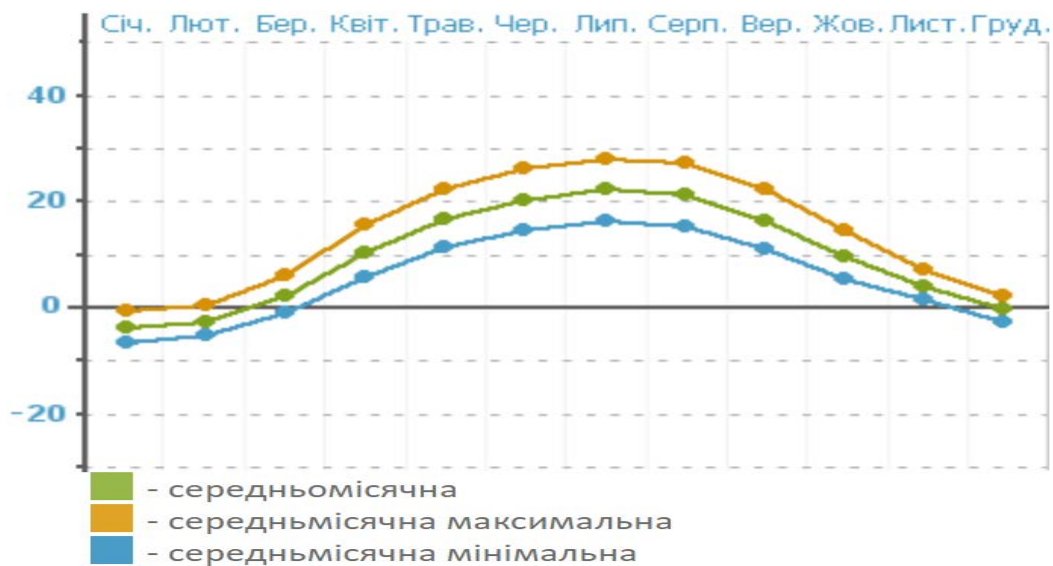
**Профільна родючість зонального ґрунту (чорнозему південного) за показниками фітоіндикації ячменем ярим**

Шар, см	Продуктивність ячменю ярого	
	Фітомаса надземної частини, г/посудину	% до 0–10 см шару
0-10	8,55	100
10-20	8,30	97
20-30	8,25	96
30-40	7,03	82
40-50	6,60	77
50-60	5,87	69
60-70	5,78	68
70-80	4,98	58
80-90	4,28	50
90-100	3,90	46
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>0,18</i>	

### СЕРЕДНЯ МІСЯЧНА І МАКСИМАЛЬНА КІЛЬКІСТЬ ОПАДІВ (мм) З ПОПРАВКАМИ НА ЗМОЧУВАННЯ

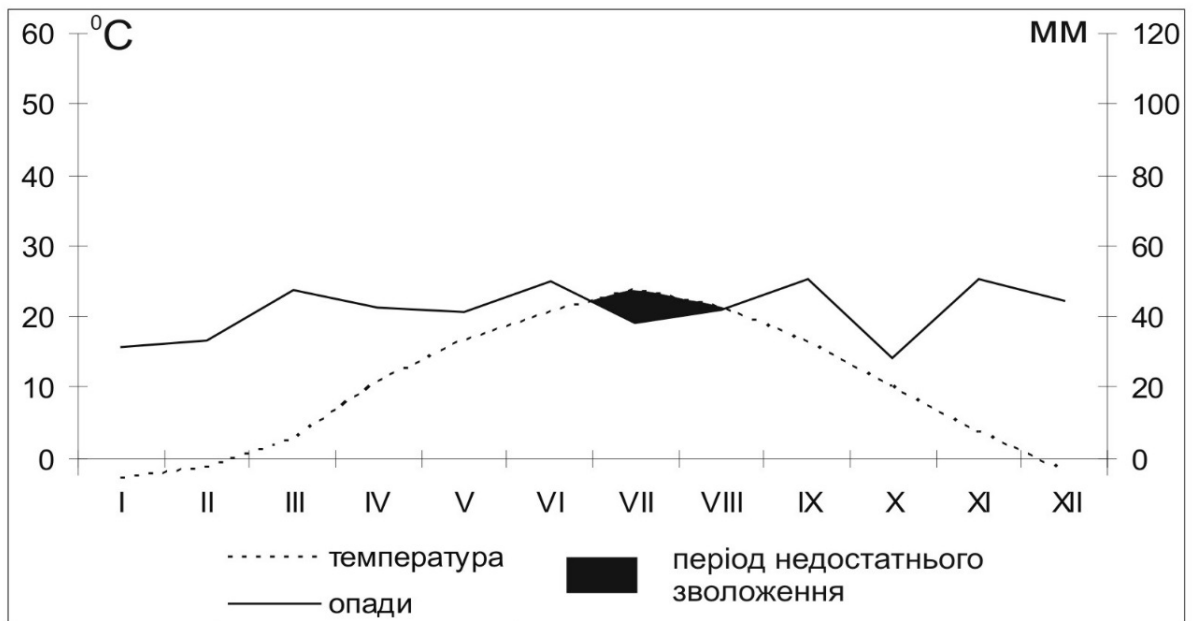


### СЕРЕДНЯ МІСЯЧНА І РІЧНА ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ (°C)

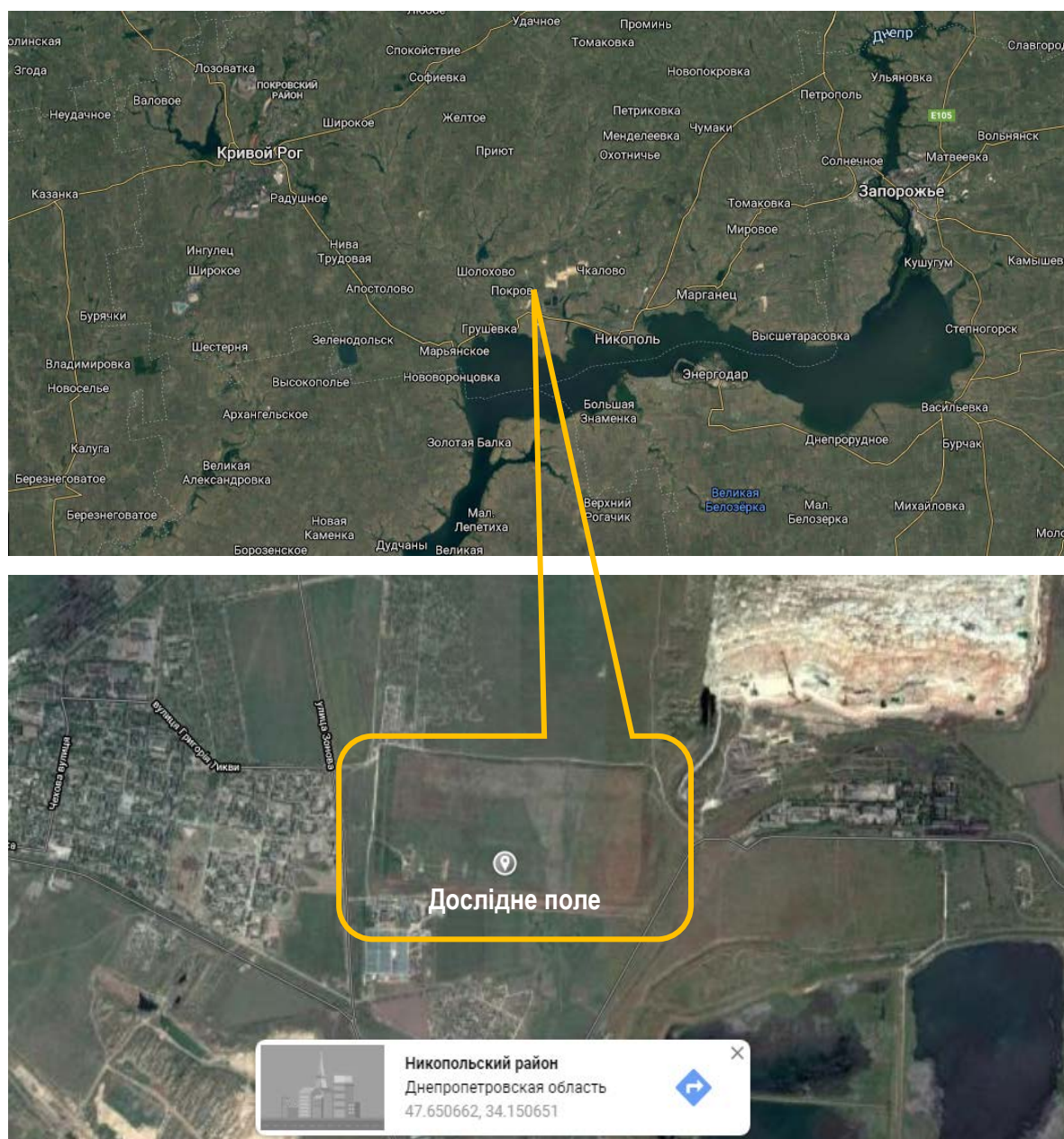


### Гідротермічні показники району досліджень

([https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate\\_stations/113/17](https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/113/17))



**Клімадіаграма гідротермічних умов території дослідження за  
Бремером-Госсеном**  
(узагальнені середні багаторічні показники метеостанції м. Нікополь)



**Фрагмент науково-дослідного стаціонару з сільськогосподарської рекультивації земель (скріншот з карти ГУГЛ)**