

Формування біогеоценотичних горизонтів у товщі едафотопів техногенних ландшафтів

І.Х. Узбек, доктор біологічних наук
Т.І. Галаган, кандидат економічних наук

*Показано, що в умовах кар'єрного середовища формування мікроборослинних асоціацій провокується аборигенними штамми мікроорганізмів та насінням рослин. Згодом це веде до концентрації біогеоценотичної маси в орному шарі едафотопів і утворенню первинних консорцій, між якими і здійснюється безперервний обмін органічно-мінеральними сполуками і енергією. Це і є першопричиною початку ґрунтоутворення з **поверхні** едафотопів.*

Кар'єрні розробки корисних копалин трансформують існуючі ландшафти в техногенні пустощі і призводять до повного руйнування природних біогеоценотичних горизонтів. Утворюються внутрішні і зовнішні відвали кар'єрів, на яких внаслідок анемо-, гідро-, зоо- та антропохорії поселяються клітини аборигенних штамів мікроорганізмів та насіння рослин. Підтвердженням цьому є результати наших досліджень, які показали, що в умовах Запорізької біоекологічної станції моніторингу техногенних ландшафтів (Орджонікідзевський гірничозбагачувальний комбінат в Нікопольському районі Дніпропетровської області) у чашки Петрі із живильним середовищем тільки за 30 хв з повітря потрапляє і проростає в середньому за рік 270 спор і клітин мікробів. Причому найбільш інтенсивна інокуляція едафотопів мікроорганізмами і насінням рослин відбувається навесні і восени, тобто в період проведення більшості сільськогосподарських робіт на сусідніх староорних землях.

З цього і починається формування мікроборослинних асоціацій, які розвиваються під пресом специфічних фізико-хімічних властивостей кар'єрного середовища. Унаслідок цього з'являються нові біотехногенні комплекси, які суттєво відрізняються від природних ландшафтів морфологічними параметрами, структурою і складом біогеоценозів, характером кругообігу речовин і енергії та біологічною продуктивністю.

В умовах степового Придніпров'я такі антропічні утворення інтенсивно поширюються, тому їх дослідження має велике науково-практичне значення, насамперед з еколого-економічної і соціальної точок зору.

Об'єкти і методи дослідження. Об'єктом наших досліджень були третинні і четвертинні відкладення відвалів кар'єрів Орджонікідзевського ГЗК, предметом – дослідження факторів, що впливають на відновлення біогеоценотичних горизонтів у товщі едафотопів техногенних ландшафтів.

Як тести на визначення інтенсивності формування біогеоценотичних горизонтів використовували 23 види вищих культурних рослин. Особлива

увага приділялася бобовим багаторічним травам – люцерні та еспарцету, які є найбільш перспективними культурами для освоєння порушених земель.

Досліди були крупноділяночними, закладеними дактиль-методом та методом латинського квадрата, тобто методами, що враховують неоднорідність ґрунтового покриву.

За контроль прийняті зональні природні біогеоценози.

Для аналізу зразків гірських порід і зонального чорнозему південного використовували апробовані, загальноприйняті фізико-хімічні, мікробіологічні та біохімічні методи аналізу [1, 2, 5]. З метою підвищення об'єктивності результатів аналізів проводили змішування зразків однойменних шарів із п'яти розрізів однотипних едафотопів.

Отримані дані досліджень піддавали математичній обробці [4], результати якої дозволяють вважати їх вірогідними.

Результати дослідження та їх обговорення. Тридцятип'ятирічні дослідження зразків зонального непорушеного чорнозему і гірських порід дозволяють з великою часткою впевненості стверджувати про початкові стадії формування біогеоценотичних горизонтів у товщі едафотопів. Цей складний і тривалий процес починається відразу після виносу на денну поверхню гірських порід та їхнього заселення мікроорганізмами.

Зазначимо, що в зразках, відібраних безпосередньо з борту кар'єру, мікроорганізми відсутні. Отже, і пул мікроорганізмів у свіжовідсипаних породах практично дорівнює нулю. Згодом, уже через 7 років, навіть на парових ділянках (без добрив і рослин) нараховували велику кількість мікроорганізмів, особливо у шарі 0–20 см (табл. 1).

1. Динаміка чисельності мікроорганізмів в едафотопіях без рослин і добрив, млн/г абсолютно сухої наважки

Варіант	Глибина відбору зразка, см	Час проведення аналізу						
		травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад
Непорушений чорнозем південний	0–20	203,6	434,8	24,1	42,2	11,1	4,5	8,8
	20–40	92,3	219,9	23,3	32,6	7,3	3,9	5,6
Насипний шар чорнозему	0–20	153,8	367,4	12,7	20,5	12,2	9,9	2,8
	20–40	47,9	75,8	10,6	3,6	4,3	9,0	1,2
Лесоподібний суглинок	0–20	4,5	21,4	2,6	15,0	4,0	3,3	2,5
	20–40	3,9	3,6	2,3	8,6	3,1	1,9	0,6
Червоно-бура глина	0–20	0,7	34,9	22,6	44,2	27,8	4,7	3,5
	20–40	0,5	24,6	1,6	17,5	0,9	1,2	1,4
Сіро-зелена глина	0–20	11,3	63,7	9,1	12,3	6,7	13,2	9,8
	20–40	2,5	41,8	1,3	7,3	2,8	3,8	3,9

Наголосимо, що в товщі молодих едафотопів безліч ще не заселених мікрозон із властивим тільки їм мікросередовищем, часто цілком придатним для життєдіяльності мікрофлори. Проникаючи в такі мікрозони, ґрунтові мікроорганізми інтенсивно розвиваються, піддають руйнуванню мінерали

гірських порід і створюють умови для живлення майбутніх рослин.

Розчинення мікроорганізмами мінералів гірських порід, а також гідротермічні умови сприяють тому, що в товщі едафотопів кількість мікроорганізмів з весни стрімко збільшується і сягає свого максимуму в травні–червні, зі стрибкоподібним зниженням до осені. Уже через 7 років після планування поверхні едафотопів у верхньому 20-сантиметровому шарі лесоподібних суглинків нараховувалося 21 млн мікроорганізмів, виявлених на МПА, а в червоно-бурих і сіро-зелених глинах та в насипному шарі чорнозему відповідно 35; 64; 367 млн на 1 г абсолютно сухої наважки.

Чисельність мікроорганізмів значно збільшується під рослинністю, особливо під багаторічними бобовими травами. Їх кореневі системи виступають не тільки регулятором складу і чисельності мікроорганізмів, але і джерелом їхнього живлення, зокрема азотними сполуками, яких у гірських породах практично немає.

В умовах проведення наших дослідів люцерна і еспарцет розширюють склад активно метаболізуючих мікроорганізмів і забезпечують взаємозв'язок всіх компонентів екосистеми, за якої найбільш ефективно використовуються ресурси едафотопу. Причому в ризосфері рослин відбуваються постійні зміни і поповнення складу ґрунтових мікроорганізмів.

Отже, біологічна активність едафотопів техногенних ландшафтів дуже динамічна. Рівновага, що встановлюється між мікроорганізмами і техногенним середовищем, постійно порушується через добові й сезонні зміни гідротермічного режиму, вмісту органічної речовини, значення рН і т.д. Це особливо відчутно на ділянках рекультивації, де екосистеми тільки починають формуватися, і їх розвиток багато в чому залежить від якісних властивостей едафотопу. Тому еволюція системи едафотоп–мікроорганізм–корені рослин відбувається в напрямку збільшення щільності живої речовини і посилення її впливу, насамперед на мінеральну частину едафотопу. Як показали дослідження, екосистема тим стійкіша, чим більше функціонально різнорідних організмів входить до її складу.

Слід зазначити, що з моменту проведення гірничотехнічного етапу рекультивації в орному шарі едафотопів починають проявлятися ті складні процеси, сукупність дії яких зумовлює направленість і інтенсивність нового ґрунтоутворення. Пильної уваги тут заслуговують органічна маса рослин і мікроорганізми, які розкладають цю масу. Переробляючи залишки рослин та інших істот, мікроорганізми змінюють склад рідкої і газоподібної фаз едафотопу, сприяють акумуляції елементів ґрунтової родючості. До того ж ця родючість багато в чому зумовлена своєрідними взаєминами, що виникають у системі едафотоп–мікроорганізм–корені.

Багаторічні дослідження показали, що дуже важливим для життєдіяльності мікроорганізмів є надзвичайне різноманіття сполучень різних факторів. Передусім специфічність накопичення і розповсюдження рослинних залишків у товщі едафотопів, а отже, і чисельності мікроорганізмів.

Екстремальні умови техногенних ландшафтів змушують мікроорганізми

і рослини виявляти усі свої біологічні і генетичні можливості для виживання і сумісного мешкання з іншими організмами. Саме тому можна вважати: чим більше мікроорганізмів, тим інтенсивніше перебігають процеси формування біогеоценотичних горизонтів і накопичення елементів ґрунтової родючості. Підкреслимо, що чисельність мікроорганізмів є одним із найважливіших елементів еколого-біологічної оцінки молодих ґрунтів.

Нашими дослідженнями встановлено, що тільки бобові рослини (люцерна, еспарцет, буркун, горох, чина тощо) здатні в екстремальних умовах техногенного середовища, навіть без внесення добрив, накопичувати значну кількість органічної маси. При цьому великого значення набуває товщина коренів та їх розподіл у товщі гірських порід (табл. 2). Скажімо, встановлено, що найтонші корені діаметром менше 0,5 мм проникають у мікрозони гранул і збуджують процес їхньої біологізації. Наприклад, люцерна на сіро-зеленій глині (без добрив) забезпечувала врожай сіна в 42,8 ц/га; маса повітряно-сухих коренів у шарі 0–40 см складала 66 ц/га, з яких 30 % були найтоншими. Цьому сприяла та обставина, що бобові культури ростуть і розвиваються в тісному контакті з мікрофлорою, яка рясно населяє поверхню їх кореневих систем. У кожному грамі абсолютно сухої наважки із шару 0–40 см тієї ж сіро-зеленої глини (без добрив) нараховували в середньому 25 млн мікроорганізмів, а у верхній 10-сантиметровій товщі їх кількість сягала 65 млн і більше. Здатність мікрофлори жити на поверхні коренів, не проникаючи в їхні тканини, і живитися виділеннями цих же коренів, а головне, оліготрофність, є основними факторами для виникнення консортивних зв'язків.

2. Будова і розподіл кореневих систем люцерни та еспарцету третього року життя (без добрив)*

Едафотоп	Всього коренів, г/м ³	По фракціях (середній діаметр коренів)							
		> 5 мм (7 мм)		5–1 мм (3 мм)		1–0,5 мм (0,75 мм)		< 0,5 мм (0,25 мм)	
		товща досліджуваного шару, см							
		0–40	0–100	0–40	0–100	0–40	0–100	0–40	0–100
1. Непорушений чорнозем південний	<u>309,0</u> 677,8	<u>39,6</u> 156,7	<u>39,6</u> 156,7	<u>91,1</u> 210,5	<u>97,9</u> 265,5	<u>4,7</u> 14,9	<u>11,0</u> 34,7	<u>127,5</u> 142,0	<u>160,5</u> 220,9
2. Лесоподібний суглинок	<u>465,7</u> 988,0	<u>12,5</u> 88,1	<u>12,5</u> 88,1	<u>123,3</u> 469,2	<u>131,3</u> 567,1	<u>11,3</u> 13,1	<u>20,2</u> 29,6	<u>217,5</u> 216,7	<u>301,7</u> 303,2
3. Червоно-бура глина	<u>734,7</u> 1054,4	-	-	<u>108,8</u> 463,8	<u>108,8</u> 488,2	<u>30,3</u> 18,5	<u>38,5</u> 44,4	<u>447,6</u> 354,9	<u>587,4</u> 521,8
4. Сіро-зелена глина	<u>783,8</u> 814,9	-	35,1	<u>160,0</u> 353,0	<u>165,9</u> 365,1	<u>25,1</u> 32,0	<u>50,0</u> 48,3	<u>404,0</u> 242,4	<u>567,9</u> 366,4

* Тут і в табл. 3: чисельник – еспарцет, знаменник – люцерна.

3. Вміст деяких елементів живлення в коренях люцерни та еспарцету (без добрив), кг/га

Варіант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Непорушений чорнозем південний	<u>37,6</u>	<u>8,4</u>	<u>11,8</u>	<u>138,8</u>
	154,1	21,6	52,9	80,8
Лесоподібний суглинок	<u>68,4</u>	<u>14,9</u>	<u>29,1</u>	<u>107,1</u>
	114,6	19,0	33,6	84,8
Червоно-бура глина	<u>157,3</u>	<u>26,3</u>	<u>49,9</u>	<u>214,8</u>
	271,9	38,2	71,5	191,2
Сіро-зелена глина	<u>121,2</u>	<u>19,4</u>	<u>49,5</u>	<u>150,5</u>
	180,0	29,0	63,4	102,1

Розкладання мікроорганізмами такої великої кількості органічного матеріалу бобових рослин сприяє інтенсивному накопиченню елементів ґрунтової родючості (табл. 3), особливо азоту, якого в едафотопях техногенних ландшафтів практично немає.

Привертає увагу вражаюча кількість й інших поживних речовин, особливо кальцію. Загальновідомо, що саме він є тією цементуючою речовиною, що скріплює окремі гранули твердої фази ґрунту у водостійкі структурні грудочки. Під постійним пресом коренів, насичених елементами живлення, структуроутворювальна дія кальцію є неперевершеною. Порівняно зі зразками гірських порід, відібраних з борту кар'єру, сума відсотків водостійких агрегатів розміром 0,25–1 мм у шарі 0–20 см едафотопів після їхньої 35-річної фітомеліорації збільшилась у 2–4 рази і склала: в лесоподібному суглинку 9,5 %, у червоно-бурій глині – 16 і у сіро-зеленій глині – 25 %. Зрозуміло, що таке суттєве поліпшення фізико-хімічних властивостей едафотопів віддзеркалює фітомеліоративну дію кореневих систем трав'яних угруповань, направлених на формування зв'язків між мінеральною частиною едафотопу і його поселенцями. Саме так виникають первинні консортивні зв'язки.

На рекультивованих землях у первинних консорціях як детермінант, тобто основне ядро, слугує самостійно існуюча автотрофна рослина. В умовах степового Придніпров'я – це люцерна всіх видів, еспарцет, буркун, в'язіль барвистий та ін.

Первинні консорції з автотрофними детермінантами безпосередньо беруть участь у зародженні нового ґрунтоутворювального процесу і сприяють створенню біогеоценотичних горизонтів.

Численні консортивні зв'язки в зоні корневих систем, наприклад люцерни і еспарцету, сприяють нормальному розвитку рослин, накопиченню великої кількості загальної фітомаси, інтенсивній біологізації едафотопів. В основі всіх цих явищ лежить вплив консортів один на одного, коли роль кожного організму стосовно іншого є суттєвим фактором середовища, що відбивається в загальному процесі його перетворення. Тому в товщі техногенних ландшафтів встановлюється безліч різноманітних консортивних зв'язків, характер дії яких визначається біологічними особливостями автотрофного детермінанта і екологічними можливостями едафотопу.

Однак найважливіша роль консорцій полягає в тому, що вони сприяють створенню в товщі гірських порід біогеоценотичних горизонтів, які є складовими частинами біогеоценозів. Між біогеоценозами встановлюються взаємозв'язки з обміну живими організмами, енергією, органічними і мінеральними речовинами і т.д. Величезна розмаїтість цих взаємодій і взаємозв'язків у товщі едафотопів пояснюється гетерогенністю відвальної маси. Тут навіть невеликий її об'єм може бути складеним різними за фізико-хімічними властивостями породами. Проте в цій неоднорідній товщі встановлюються радіальні і латеральні [3] напрями, по яких здійснюється речовинний і енергетичний зв'язок між окремими біогеоценотичними горизонтами.

На рекультивованих землях особливого значення набувають радіалі верхньої 40-сантиметрової товщі едафотопів. Саме тут, де концентруються корені рослин, мікроорганізми та їх метаболіти, по косних і речовинних радіалях іде безперервний обмін сполуками і енергією. Причому радіалі концентрують свою біогеоценотичну масу в орному шарі едафотопів. Це і є першопричиною початку ґрунтоутворення з **поверхні** едафотопів, де міжбіогеоценозна міграція речовин і енергії особливо сильно прогресує, бо пов'язана з рухом води і повітря. Цьому явищу є певне вагоме підтвердження. Дослідне поле, що складене сумішшю з лесоподібних суглинків і древньоалювіальних пісків, 22 роки перебувало в необроблюваному стані під впливом природної рослинності бобових і тонконогих видів. За цей час сформувався ґрунтовий профіль із трьох горизонтів, які легко відрізняються між собою за морфологічними признаками.

За 22-річний період кількість елементів живлення в цьому едафотопі значно збільшилася: азоту – з 0,30 мг у нижньому, третьому, горизонті до 2,10 мг у верхньому, першому; рухомого фосфору – з 0,40 до 5,43 мг і обмінного калію – з 6,9 до 38,7 мг на 100 г наважки відповідно. Вміст гумусу збільшився на 1,9 % і склав у першому горизонті 2,01 %. Навіть у другому горизонті цей показник становив 0,72 %. Збільшився і вміст фізичної глини (частки розміром < 0,01 мм), що значно підвищило ємність поглинання органо-мінеральних сполук у товщі цього молодого ґрунту.

Продукти життєдіяльності мікроорганізмів і коренів неминуче сприяють підвищенню ферментативної активності едафотопу. Так, у першому горизонті активність інвертази, в порівнянні з активністю інвертази в третьому горизонті, збільшилася в 9 разів, фосфатази в 13, уреази в 36, каталази в 1,5 і дегідрогенази в 72 рази. Високе відношення інвертази до каталази свідчить про те, що в едафотобах інтенсивно відбуваються процеси гідролізу складних органічних сполук. Зазначимо, що процеси синтезу гумусових речовин перебігають повільно.

Висновки

1. У товщі едафотопів техногенних ландшафтів утворюється безліч мікрозон, які інтенсивно заселяються мікроорганізмами і насінням рослин. З цього і починається формування мікробо-рослинних асоціацій, розвиток яких відбувається під пресом специфічних фізико-хімічних властивостей едафотопів кар'єрного середовища.

2. Динаміка загальної чисельності мікроорганізмів зумовлена складним характером взаємовідносин, що встановлюються між мікроорганізмами, коренями рослин і властивостями едафотопів. Ці взаємовідносини сприяють формуванню численних, дуже складних консортивних зв'язків, які є основою цілеспрямованого створення стійких агрофітоценозів.

3. Мікроорганізми, маса коренів та фізико-хімічні властивості едафотопів перебувають у тісному взаємозв'язку з ферментами, разом створюють єдину нерозривну і дуже складну біогеоценотичну систему, яка

постійно функціонує і з часом прогресує в товщі едафотопів. Це і є тією потужною силою, що формує майбутні ґрунти.

Бібліографія

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 482 с.
2. *Бабьева И.П., Агре Н.С.* Практическое руководство по биологии почв. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 140 с.
3. *Бяллович Ю.П.* Биogeоценоотические горизонты // Сборник работ по геоботанике, ботанической географии, систематике растений и палеогеографии. Секция ботаники. – М., 1960. – Т. 3. – С. 43–60.
4. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Колос, 1973. – 329 с.
5. *Хазиев Ф.Х.* Почвенные ферменты. – М.: Знание, 1972. – 32 с.