

N. V. Romanova, V. M. Zverkovskiy
Physical and chemical properties of mine rocks of Western Donbass

УДК 634.0.232 + 502.7

Н. В. Романова, В. М. Зверковський

Дніпропетровський національний університет

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАХТНИХ ПОРІД ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Досліджено фізико-хімічні властивості шахтних порід Західного Донбасу. На основі одержаних матеріалів зроблено висновки, що мають значення для практики рекультиваційних робіт з врахуванням лісорослинних властивостей різних відвальних порід.

The physico-chemical properties of mining rocks of the Western Donbass were studied. Taking into consideration the favor of different montons for the forest-growing aaccording to the obtained data, we made the conclusions of the great practical value for the rehabilitation measures.

Вступ

Розширення сфери промислової діяльності людини в процесі науково-технічної революції збільшує ступінь техногенного впливу на природні ландшафти. Найістотніші зміни структури природних комплексів, що знищують сформовані біогеоценотичні зв'язки, спостерігаються внаслідок впливу гірничодобувної проми-

© Романова Н. В., Зверковський В. М., 2005

158

словості. Відбувається механічне, фізико-хімічне, мікробіотичне та педокліматичне порушення ґрунтів та їх захоронення розкривними породами (несприятливими для властивостей ґрунту та життя рослин), відчуження територій під будівництво різних споруд і комунікацій; просадкові явища, зсуви викликають зміщення земної поверхні, обумовлюючи в низинах заболочування та створення водойм. Ці явища типові для району Західного Донбасу, де просадкові процеси у долині р. Самари супроводжуються затопленням лісових угідь.

Західний Донбас – потужний вугледобувний регіон. Високі темпи його господарського освоєння спричинюють техногенну трансформацію природного середовища на площі понад 12 тис. га. Щорічно у відвали надходить понад 4 млн. м³ шахтних порід. У зв'язку з цим вирішуються проблеми використання шахтних порід для рекультивації площ, що просіли, будівництва захисних дамб.

Напрямок використання техногенних ландшафтів залежить від наявності чи відсутності у відвальних породах і порушених ґрунтах токсичних елементів (солей важких металів) у концентраціях, що пригнічують ріст і розвиток рослин, а також вмісту легкорозчинних солей, які можуть спричинити лужну (*pH* водної суспензії понад 9,0) чи кислу реакцію середовища (продукти окислення сульфідів знижують *pH* водної суспензії до значень близько 3,5). Освоєння таких земель потребує комплексу інженерно-технічних і агротехнічних технологій, спрямованих на створення захисних меліоративних насаджень, які за певних умов можуть мати й господарське значення.

Наші дослідження спрямовані на вивчення фізико-хімічних властивостей шахтних порід території Західного Донбасу, зокрема на стаціонарних ділянках лісової рекультивації. Це дасть змогу оцінити екологічні властивості шахтних порід, їх лісорослинний ефект у динаміці, розробити раціональні та ефективні шляхи освоєння породних відвалів цього басейну. Шахтні відвали представлені уламками порід нижньокам'яновугільної товщі. За походженням це породи мілководного моря. Без рекультиваційних заходів території, зайняті такими відвалами, протягом багатьох років будуть являти собою позбавлені рослинності ділянки, що служать джерелом хімічного забруднення навколишнього середовища. У поєднанні зі специфічним рельєфом вони мають похмурий вигляд «індустріальних пустель». Досить мінлива за площею літологічна будова товщі порід. У одних місцях переважають більш пластичні породи (глини, аргіліти), в інших – крихкі (пісковики, алевроліти).

У порушених гірських породах після винесення їх на денну поверхню інтенсивно проявляється динамічність фізико-хімічних і екологічних властивостей. Потрапляючи в абсолютно інший гідротермічний стан і умови атмосферного тиску, а також під дію біологічних чинників, гірські породи швидко вивітрюються з утворенням нових хімічних і біогенних продуктів. Ці процеси супроводжуються суттєвими змінами властивостей порід, що викликає розширення (зростання трофності й агрегованості, поліпшення фізичних властивостей) або звуження (самоуцільнення порід, перерозподіл солей у ґрунтовому профілі, утворення сірчаної кислоти при вивітрюванні піриту й ін.) екологічного об'єму. У зв'язку з цим можливий перехід спочатку сприятливих порід (у лісорослинному відношенні) у несприятливі й навпаки.

Матеріал і методи досліджень

Для аналізу фізико-хімічних властивостей порід за методами Є. В. Арінушкіної [1] на території Західного Донбасу нами відібрані зразки, які найчастіше зустрічаються в техногенних ландшафтах і найбільш характерні та типові (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика проб, відібраних для аналізу

№ проби	Місце відбору	Примітки
1	Пробна площа № 1 (плоский відвал шахти «Павлоградська»), розташований приблизно в 300 м на північний захід від промзони шахти.	Плоский відвал загальною площею по верхньому майданчику 2 га. Висота від основи – 20 м. Пробу відібрано на глибині 0–10 см і представлено шахтною породою, свіжовідсипаною на верхній брівці відвалу.
2	Пробна площа № 2 (старий відвал, що частково «перегорів»), який примикає до ділянки № 1 із заходу).	Поверхня нерівна, з різкими перепадами висот. Характерні пагорби заввишки до 3 м, що чергуються з улоговинами. Маса шахтної породи розтріскалася, як і щільна кірка, що злежалася на поверхні. Часто зустрічаються окремі фрагменти до 3 м в поперечнику темнішого кольору, де перегорання інтенсивніше. На вигляд і на дотик на таких ділянках порода жирна маслянисто-чорного кольору.
3	Пробна площа № 2 (див. проба № 2).	Див. проба № 2. Пробу відібрано на глибині 10–20 см.
4	Пробна площа № 3 (старий плоский відвал, розташований ближче до шахти, ніж ділянки № 1 і 2 і приблизно в половину нижчий). Площа 1,5 га.	Відвал сильно пошкоджений водною ерозією. На схилах є ділянки породи, що перегоріла. Проба відібрана на глибині 0–10 см і представлена лежалою породою на краю верхнього майданчика.
5	Пробна площа № 4 (середня частина південно-східного схилу відвалу).	Проба відібрана на глибині 0–10 см і представлена сильно розпушеною породою, що перегоріла.
6	Бункер шахти «Павлоградська»	Представлена свіжовикинутою шахтною породою.
7	Ділянка № 1 лісової рекультивації.	Порода гігроморфна (контакт з H_2O). Проба відібрана з нижньої частини північного укусу біля берегової лінії, на 10 см нижче рівня води.
8	Ділянка № 1 лісової рекультивації.	Порода лежала, контакт з атмосферою близько 30 років. Проба відібрана з верхньої третини південно-західного схилу, горизонт 0–10 см.
9	Ділянка № 1 лісової рекультивації.	Шахтна порода світло-сіра, глиниста, суха, дрібнозерниста, пухка. Проба відібрана з горизонту 0–10 см.
10	Ділянка № 1 лісової рекультивації.	Шахтна порода, темно-сіра, дуже щільна, безструктурна, глинисто-механічного складу, волога. Зустрічаються «включення» кам'яного вугілля, блискучі, до 50 мм та більш крупні кам'яні утвори з шахтної породи пластичної структури, включення піриту. На підсохлих стінках розрізу – суцільне біле полотнище вицвітів легкорозчинних солей. Горизонт 20–30 см.
11	Ділянка № 1 лісової рекультивації.	Див. проба № 10. Горизонт 50–60 см.
12	Ділянка № 1 лісової рекультивації.	Шахтна порода під рекультивційним шаром суглинку. Горизонт 100–110 см.
13	Старе шламосховище, верхня частина схилу.	Лежала порода ЦЗФ.
14	Нижня частина укусу старого відвалу шламосховища в районі Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ).	Порода, що перегоріла на поверхні відвалу.
15	Відвал ЦЗФ, околиця села Вербки.	Свіжовідсипаний шлам.

Результати та їх обговорення

Виконані аналізи (табл. 2, 3) показують, що питома вага зразків шахтної породи коливається в межах 2,43–2,94 г/см³. Порівняно із зональними ґрунтами, що мають питому вагу в межах 2,1–2,5 г/см³, це надмірно щільні субстрати. Зразки породи центральної збагачувальної фабрики порівняно з іншими щільніші, що свідчить про їх низьку лісопридатність. Величина питомої ваги обернено пропорційна до кількості органіки, тому перегоріла порода (зразки 5, 14) має вищі показники щільності. На величину об'ємної ваги (ОВ) впливає мінералогічний та механічний склад порід, їх структурність. Об'ємна вага поверхневих шарів породи коливається в межах 1,45–2,18 г/см³, а з глибиною зростає до 1,85–2,45 г/см³.

Таблиця 2

Фізичні властивості шахтних порід території Західного Донбасу

№ проби	Об'ємна вага абсолютно сухого ґрунту, $OB_{екс}$, г/см ³	Питома вага ґрунту, г/см ³	Загальна порізність ґрунту, %	Гігроскопічна волога, ГВ, %	Максимальна гігроскопічна волога, МГВ, %	Вологість зів'янення, %
1	2,35	2,75	14,55	1,55	2,40	3,60
2	1,99	2,69	26,02	4,45	6,37	9,56
3	–	2,66	–	4,68	6,35	9,53
4	1,45	2,49	41,97	3,20	4,83	7,25
5	2,09	2,94	24,83	2,93	3,72	5,58
6	2,40	2,81	14,59	1,61	2,07	3,11
7	1,55	2,43	36,21	4,64	5,52	8,28
8	1,75	2,69	34,94	4,35	5,12	7,68
9	1,95	2,63	25,86	3,34	4,80	7,20
10	1,63	2,44	33,20	3,74	5,47	8,21
11	2,18	2,61	16,48	4,17	5,15	7,73
12	1,85	2,51	26,29	2,84	4,06	6,09
13	2,28	2,60	12,31	1,55	3,53	5,30
14	2,24	2,85	21,40	2,15	3,05	4,58
15	2,45	2,70	9,26	1,65	2,27	3,71

Таблиця 3

Хімічні властивості шахтних порід на території Західного Донбасу

№ проби	pH	Сухий залишок, %	Аніони, мг-екв.				Катіони, мг-екв.			
			HCO_3^-	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	Cl^-	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	Na^+
1	7,65	0,13	<u>1,67</u> 0,102	<u>0,03</u> 0,001	<u>7,90</u> 0,380	<u>1,10</u> 0,039	<u>0,07</u> 0,001	<u>0,20</u> 0,004	<u>0,86</u> 0,034	<u>2,15</u> 0,049
2	2,49	3,48	–	–	<u>11,97</u> 0,575	<u>0,50</u> 0,018	<u>12,23</u> 0,147	<u>9,44</u> 0,189	<u>0,16</u> 0,006	<u>0,06</u> 0,001
3	2,54	2,73	–	–	<u>14,73</u> 0,708	<u>1,03</u> 0,037	<u>7,07</u> 0,085	<u>12,60</u> 0,252	<u>0,23</u> 0,009	<u>0,05</u> 0,001
4	3,44	0,90	<u>0,32</u> 0,019	–	<u>11,20</u> 0,538	<u>1,38</u> 0,049	<u>2,53</u> 0,030	<u>5,93</u> 0,119	<u>0,25</u> 0,010	<u>0,47</u> 0,011
5	4,58	0,68	<u>0,49</u> 0,030	–	<u>8,50</u> 0,408	<u>0,75</u> 0,027	<u>1,07</u> 0,013	<u>4,23</u> 0,085	<u>0,67</u> 0,026	<u>0,49</u> 0,011
6	7,71	0,35	<u>1,44</u> 0,087	<u>0,10</u> 0,003	<u>7,40</u> 0,355	<u>2,29</u> 0,081	–	–	<u>1,76</u> 0,069	<u>3,82</u> 0,088
7	5,59	0,90	<u>0,95</u> 0,058	–	<u>8,30</u> 0,398	<u>1,77</u> 0,063	<u>2,73</u> 0,033	<u>7,97</u> 0,159	<u>1,52</u> 0,060	<u>3,64</u> 0,084
8	2,87	1,48	–	–	<u>10,93</u> 0,525	<u>0,82</u> 0,029	<u>4,83</u> 0,058	<u>13,97</u> 0,279	<u>0,12</u> 0,005	<u>0,14</u> 0,003
9	3,24	1,03	<u>0,45</u> 0,027	–	<u>10,83</u> 0,520	<u>0,64</u> 0,023	<u>4,07</u> 0,049	<u>11,03</u> 0,221	<u>0,27</u> 0,011	<u>0,24</u> 0,006
10	2,88	1,28	–	–	<u>11,50</u> 0,552	<u>0,82</u> 0,029	<u>7,03</u> 0,084	<u>7,37</u> 0,148	<u>0,23</u> 0,009	<u>0,18</u> 0,004
11	2,91	1,40	–	–	<u>7,30</u> 0,350	<u>0,70</u> 0,025	<u>0,93</u> 0,011	<u>13,47</u> 0,270	<u>0,21</u> 0,008	<u>0,13</u> 0,003
12	7,02	1,45	<u>1,42</u> 0,086	–	<u>10,83</u> 0,520	<u>0,59</u> 0,021	<u>3,17</u> 0,038	<u>13,80</u> 0,276	<u>0,73</u> 0,029	<u>1,27</u> 0,030
13	7,83	0,73	<u>1,55</u> 0,095	<u>0,10</u> 0,003	<u>7,80</u> 0,375	<u>3,55</u> 0,126	<u>1,00</u> 0,012	<u>4,00</u> 0,080	<u>0,64</u> 0,025	<u>6,15</u> 0,142
14	5,71	2,23	<u>1,02</u> 0,062	–	<u>9,20</u> 0,442	<u>2,30</u> 0,082	<u>13,40</u> 0,161	<u>12,53</u> 0,251	<u>3,15</u> 0,123	<u>3,83</u> 0,088
15	7,65	0,30	<u>1,52</u> 0,093	<u>0,07</u> 0,002	<u>7,63</u> 0,367	<u>2,72</u> 0,097	–	–	<u>0,55</u> 0,022	<u>4,02</u> 0,092

Примітки: «–» – характеристика не визначалась.

Порізність шахтної породи досить низька – 9,26–41,97 %. Спостерігається закономірне її зменшення з глибиною. Низьку порізність породи на глибині, під насипними шарами (зразки 11, 15) можна пояснити наявністю монтморилоніту, що встановлено в роботах Н. А. Белової [2]. Зовнішнє навантаження викликає переорієнтацію тонкодисперсних мінеральних часток, унаслідок чого вони набувають більш компактної орієнтації. Це і зумовлює зменшення порізності досліджених зразків породи з глибиною.

Уміст гігроскопічної вологи змінюється у різних зразках шахтної породи, коливаючись від 1,55 (свіжовідсипана порода, зразок 1; поверхня шламосховища, зразок 13) до 4,68 % (частково перегоріла порода на глибині 20 см, зразок 3). Найбільші показники максимальної гігроскопічної вологи (МГВ) характерні для породи лежалої (старий відвал) важкосуглинистого складу, а мінімальні – для свіжовикинутої породи (зразок 6 із бункера шахти). Як видно, тривале зберігання породи збільшує дисперсність породи, чим і пояснюється зростання МГВ. Вологість зв'язання залежить від гранулометричного складу ґрунту, вмісту тонких мулистих часток. Для шахтних порід ця величина складає 3,11–9,56 %, збільшуючись із глибиною.

Як свідчать одержані матеріали, шахтні породи характеризуються несприятливими водно-фізичними властивостями: вони мають низьку порізність, незадовільну оструктуреність і велику об'ємну вагу. Низькі показники гігроскопічної вологи пояснюються низьким умістом доступних органічних речовин у шахтних породах. Як лабораторні, так і польові дослідження вказують на негативні властивості шахтних порід. Відсутність у вбирному комплексі двохвалентних катіонів зумовлює процеси коагуляції по типу «глю» з характерними явищами пептизації при зволоженні та цементации – при підсиханні. При зволоженні породи розбухають, набувають властивостей безструктурної вогкої маси (пластичність, м'якість). Після підсихання порід утворюються тріщини.

Шахтні породи, які піддаються більш інтенсивному окисленню та вивітрюванню, з часом поліпшують свої водно-фізичні властивості. Шахтні породи на експериментальних ділянках лісової рекультивации утворюють водопідпорний горизонт, що може оптимізувати лісорослинні умови на варіантах штучних ґрунтів. При надмірному зволоженні на ділянках утворюється верховодка.

Аналіз водорозчинних сполук показав, що переважна більшість зразків шахтної породи має підвищену мінералізацію (див. табл. 3). Показники сухого залишку свіжовикинутої шахтної породи (зразок 6) дозволяють віднести цю пробу до середньосолоних субстратів. У цій же градації ми зустрічаємо породи на плоскому відвалі (проба 1, свіжовідсипана порода) та на перегорілому відвалі (зразок 5), де в процесах вимивання за тривалий час мінералізація породи, ймовірно, зменшилась порівняно з початковою. Свіжовідсипаний шлам ЦЗФ (зразок 12) теж має середнє засолення. Тут мінералізація могла зменшитись під час технологічної переробки (у процесах флотації). Решту зразків можна віднести до сильнозасолених (за класифікацією Є. С. Мігунової [3]): вони мають мінералізацію 0,90–3,48 %.

Кислотність вивчених зразків варіює в широких межах: pH водне від 2,49 до 7,83. Свіжовикинута шахтна порода слабколужна ($pH = 7,71$). У цілому переважає кисла та сильнокисла реакція шахтних порід, особливо у глибоких горизонтах, де відбувається повільне окислення піриту і відсутнє промивання товщі атмосферними опадами. Зразок 11 (глибина 60 см) має $pH = 2,91$. Значна кислотність характерна для зразків, де порода вже вступила у фазу окислення (не зовсім свіжа) та перебуває на поверхні відвалу, як це характерно для зразків 2–4 та ін. Зразки шламосховища ЦЗФ мають слабколужну реакцію, що пов'язано з технологією збагачення (контакт із мильними розчинами).

Аналізуючи іонний склад, слід звернути увагу на содове засолення. Воно зустрічається саме у зразках, де кислотність незначна, і може досягати 1,55 мг-екв. на 100 г зразка (проба 13, відвал ЦЗФ); для рослин токсичні концентрації, що перевищують 0,03 мг-екв.

Вміст катіонів Ca^{2+} досить значний, він коливається від 0,20 до 13,97 мг-екв., кількість аніонів Cl^- у більшості зразків менша, ніж аніонів SO_4^{2-} . Їх співвідношення говорить про хлоридно-сульфатний тип засолення. За катіонним складом слід відмітити магнієво-кальцієве засолення. За співвідношенням одновалентних і двовалентних катіонів у деяких зразках визначається натрієвий тип засолення. Він більше характерний для свіжих шахтних порід (як на відвалах шахт, так і ЦЗФ). Породи ЦЗФ концентрують у собі найбільш важкі за гранулометричним складом фракції шахтних порід. Тому вони мають особливо виражені негативні фізико-хімічні властивості. Реакція $pH = 7,83$ (лужна), кількість HCO_3^- – 0,095 %, Cl^- – 0,126 %, що є токсичною дозою навіть для солевитривалих деревних рослин. Сухий залишок (2,23 %) значно перевищує допустимі концентрації мінералізації. Тому на ділянках рекультивації породи ЦЗФ краще перекривати менш токсичними шахтними породами або привізними (штучними) ґрунтами.

Висновки

Значна варіація показників складу та властивостей, характерна для досліджених порід, вказує на неоднорідність цих субстратів, зумовлену часом і місцем їх добування, умовами зберігання тощо.

Досліджені водно-фізичні особливості відвальних субстратів, що визначають лісорослинні властивості штучних ґрунтів на ділянках рекультивації: питома маса, показники гігроскопічної та максимальної гігроскопічності, вологості зів'язання.

Шахтні породи характеризуються негативними водно-фізичними властивостями, що позначається на проявах низького лісорослинного ефекту на ділянках рекультивації. Однак у процесі інтенсивного окислення та вивітрювання шахтні породи поліпшують свої водно-фізичні та біоекологічні властивості.

Аналіз показав, що за класифікацією порід відвалів [4] шахтні породи відносяться до категорії не придатних для безпосереднього вирощування лісових культур.

На основі комплексної оцінки властивостей порід відвалів виконана їх класифікація за показниками придатності [5]. Шахтні породи відносяться до четвертої категорії придатності в лісовому господарстві, тобто придатні після докорінного поліпшення меліоративними заходами.

Бібліографічні посилання

1. **Аринушкина Е. В.** Руководство по химическому анализу почв. – М., 1970. – 487 с.
2. **Белова Н. А.** Экология, микроморфология, антропогенез лесных почв степной зоны Украины. – Днепропетровск: ДГУ, 1997. – 260 с.
3. **Мигунова Е. С.** Лесонасаждения на засоленных почвах. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 144 с.
4. **Охрана природы Земли.** Классификация нарушенных земель для рекультивации: ГОСТ 17.5.1.02-85. Введение. 01.01.1985. – 15 с.
5. **Травлеев А. П.** Лесомелиорация шахтных отвалов Западного Донбасса / А. П. Травлеев, В. Н. Зверковский, Н. А. Белова // Биологическая рекультивация нарушенных земель. – Свердловск, 1988.

Надійшла до редколегії 24.10.05.