ВІСНИК ЛЬВІВ. УН-ТУ
Серія геол.
2009. Вип. 23. С. 162–174

VISNYK LVIV UNIV.
Ser. Geol.
2009. Is. 23. P. 162–174

УДК [553.632+622'17:504.064](477.83)

ХІМІЧНИЙ ТА МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ КАЛІЙНИХ РУД СТЕБНИЦЬКОГО РОДОВИЩА ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

П. Білоніжка, В. Дяків
Львівський національний університет імені Івана Франка
79005 м. Львів, вул. Грушевського, 4
e-mail: mineral@franko.lviv.ua

Унаслідок хімічного збагачення калійно-магнієвих солей Стебницького родовища утворилася велика маса відходів, що зберігається в хвостосховищі. Вивчено хімічний і соляний склад ропи хвостосховища і з'ясовано, що вона є вторинним родовищем калійно-магнієвих солей і хлориду натрію. Досліджено мінеральний склад глинистого матеріалу і солей твердої фази відходів та намічено заходи щодо їхнього захоронення й ліквідації екологічної небезпеки.

Ключові слова: Стебницьке родовище, калійно-магнієві солі, відходи, хвостосховище, ропа, хімічний склад, тверда фаза, мінеральний склад, забруднення довкілля.

Поклади Стебницького родовища калійно-магнієвих солей за хімічним складом належать до солей сульфатного типу. Для них характерний дуже складний і своєрідний комплекс соляних мінералів і винятково великий вміст глинистого матеріалу. Серед калійно-магнієвих солей найбільше поширені каїніт і лангбейніт, підпорядковане значення мають сильвін і карналіт. Значно менше поширені полігаліт, шеніт, леоніт, епсоміт, кізерит, ангідрит, астраханіт, зрідка трапляються вантгофіт, левеїт, сингеніт та ін. Невід'ємною складовою частиною всіх калійних соляних порід є галіт [2].

Ці поклади солей мають важливе промислове значення, оскільки вони є цінною сировиною для виробництва дефіцитних безхлорних калійних мінеральних добрив та інших продуктів хімічної промисловості. Якщо до 1939 р. в Стебнику щорічно добували кілька сотень тисяч тонн калійної руди, то з 1946 р. її видобуток зріс до 1 млн т. У наступних роках проведено розшуково-розвідувальні роботи й на базі нових розвіданих запасів калійних солей в околицях Стебника побудовано рудник № 2, де видобували до 3 млн т руди за рік.

До 1966 р. Стебницький калійний комбінат випускав лише сиромелений каїніт (без збагачення) з вмістом K_2O близько 10 % та кухонну сіль. У 1966–1967 рр. побудовано хімічну збагачувальну фабрику, яка випускала калійно-магнієве мінеральне добриво (калімагнезію) з вмістом K_2O до 17–18 %.

Технологічну схему переробки калійно-магнієвих руд розроблено у Всесоюзному науково-дослідному інституті галургії (Санкт-Петербург, Росія). Суть цієї

© Білоніжка П., Дяків В., 2009

технології полягала в розчиненні калійних соляних порід гарячою водою, осадженні нерозчинного глинистого залишку і відокремленні від осаду висвітленої висококонцентрованої ропи та кристалізації з неї калімагнезії. Проте полімінеральний склад калійних руд і високий вміст у них глинистого матеріалу (10–15 %, іноді до 20 %) значно ускладнювали технологію їх переробки. Практично ця технологія виявилася дуже недосконалою.

У відходи потрапляли не тільки глинистий матеріал, недорозчинені полігаліт і галіт, а й ропа з високим вмістом хлористого натрію та калійно-магнієвих солей.

Відходи хімічної збагачувальної фабрики транспортували по трубопроводу у хвостосховище, розміщене на північно-східній околиці м. Стебника поблизу р. Солониці, правої притоки р. Тисьмениці.

Об'єм відходів становив 900 м^3 за добу і, відповідно, 328 тис. м^3 за рік. Хвостосховище складається з двох секцій загальною площею близько 125 га. Площа першої секції – 69 га. Друга секція заповнена ропою і розділена перемичкою на дві ділянки – південну та північну, площею, відповідно, 28,9 та 26,9 га (рис. 1).

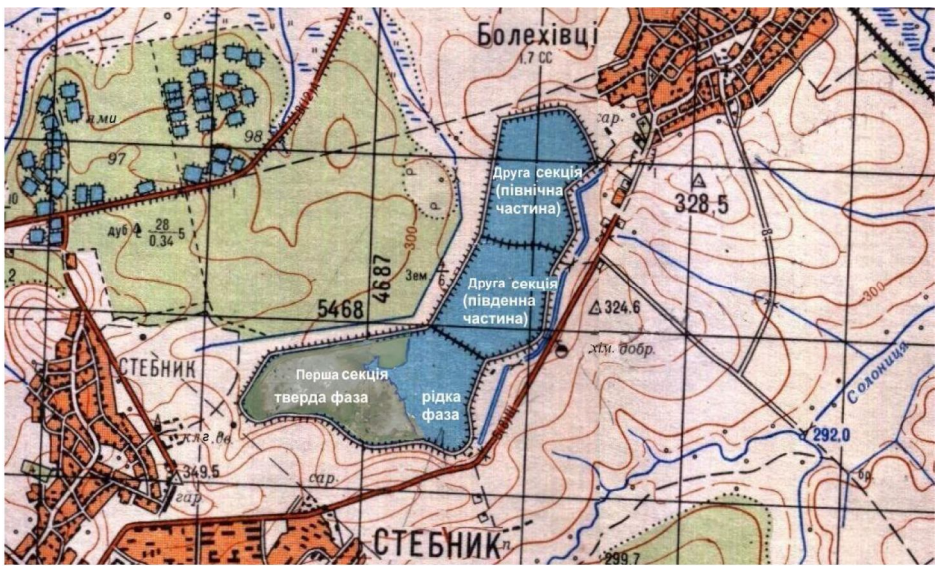


Рис. 1. План хвостосховища Стебницького ДГХП "Полімінерал".

Більшу частину поверхні першої секції займає тверда фаза – дно колишнього соляного басейну (рис. 2).

На всю площу хвостосховища щорічно випадає в середньому 1612 тис. м^3 атмосферних опадів, а випаровується з неї близько 572 тис. м^3, тобто надлишок води становить 1 040 тис. м^3 за рік. Загальний об'єм відходів разом з атмосферними опадами зростав у хвостосховищі в середньому на 1 368 тис. м^3 за рік.

За час роботи хімічної збагачувальної фабрики накопичилася велика маса відходів. Рівень ропи у хвостосховищі на початок 80-х років XX ст. досягав

критичної відмітки, і дамба зазнавала щораз більшого тиску з боку своєрідного соляного басейну. В дамбі з'явилися дрібні тріщини, про що служба нагляду за її станом повідомляла відповідних посадових осіб тогочасного Стебницького калійного заводу, однак належних запобіжних заходів не було вжито.

Рис. 2. Вигляд першої секції хвостосховища Стебницького ДГХП "Полімінерал" з космосу.

У 1983 р. після сильного дощу відбувся прорив ґрунтової дамби хвостосховища між пікетами 7 та 8. Величезна маса висококонцентрованої ропи та твердих відходів (мулу) ринула у басейн р. Солониці, а з неї – у р. Тисьменицю й далі в р. Дністер та Чорне море. Сумарна маса цього викиду становила понад 5 млн т, це був селевий потік з потужним гідравлічним напором. Про це свідчить той факт, що бульдозер, який стояв на дамбі поблизу місця прориву, виявився знесеним униз на відстань близько 100 м. Величезна маса соляних відходів забруднила всю навколишню територію (річки, сади, городи, поля, ліси). Це завдало величезної шкоди флорі й фауні району, а також гідробіонтам річок Солониці, Тисьменици, Дністра та Чорного моря.

З того часу об'єм виробництва калійних мінеральних добрив у Стебнику зменшився. За умов позитивного водного балансу – переважання опадів над випаровуванням у хвостосховищі, немає гарантії нового прориву дамби після сильних дощів. Тому частину ропи з хвостосховища, яка перевищує проектні позначки, за погодженням з контрольними органами, періодично скидали в р. Солоницю.

Після роботи багатьох державних комісій врешті-решт 1988 р. прийнято рішення про закриття хімічної збагачувальної фабрики Стебницького калійного

заводу (нині Державного гірничо-хімічного підприємства "Полімінерал"). Відтоді спеціальна служба підприємства ретельно веде спостереження за станом дамби та фізико-хімічним складом відходів, які там ще зберігають. Проблемою захоронення цих відходів упродовж багатьох років займаються геологи, екологи, гірники та технологи Львівщини.

Українські науковці запропонували низку варіантів захоронення відходів. Зокрема, на початку 90-х років XX ст. широко дискутували питання щодо захоронення Стебницьких хвостів флотації та ропи хвостосховищ у виснажені нафтогазові родовища Передкарпатського прогину. Виконано комплексні еколого-геологічні дослідження, розроблено проекти, отримано позитивні експертні висновки. Однак на стадії громадських слухань, які відбувалися серед мешканців населених пунктів, де локалізовано виснажені нафтогазові родовища, такий варіант необґрунтовано заблокований.

Науковці та проектанти ВАТ "Гірхімпром" 2002–2003 рр. під час розробки комплексного проекту рекультивації порушених земель запропонували скидання ропи хвостосховища в підземні виробки п'ятого–третього горизонтів рудника № 2 Державного гірничо-хімічного підприємства "Полімінерал", де ширина міжкамерних цілків є більшою, ніж ширина видобувних камер. Однак через недофінансування комплексного проекту та невиконання визначених робіт – побудови ропопроводу та помпувальної станції – ці горизонти затоплені ропою соляного дзеркала.

Затоплювати ненасиченою ропою другий та перший горизонти, де ширина камер – 15 м, а ширина цілків – 12 м, проектом не передбачено. Для обґрунтування можливості скидання ненасиченої ропи науковці відділення гірничо-хімічної сировини Академії гірничих наук України (А.М. Гайдін, В.О. Дяків) провели комплексне експериментальне моделювання можливості та умов реалізації цього варіанта. Дослідженнями визначено ймовірні ризики та передумови затоплення недосиченою ропою.

З геохімічного погляду хвости флотації та ропа Стебницького хвостосховища є цінною галургічною сировиною, з якої можна отримувати різні хімічні сполуки. Проблема полягає в розробці оптимальної економічно вигідної та екологічно-безпечної схеми переробки ропи. Щоб вирішити цю проблему, необхідно детально вивчити мінеральний і хімічний склад відходів Стебницького хвостосховища та простежити динаміку їхніх змін з часом.

Від початку функціонування хвостосховища геологічна служба Стебницького гірничо-хімічного підприємства відбирає проби ропи від поверхні до дна у двох пунктах другої секції – південному (ПК2) та північному (ПК9). Усього відібрано й проаналізовано 26 проб ропи. Результати хімічних аналізів ропи наведені в табл. 1 та 2.

Як бачимо, вміст солей у ропі з глибиною зростає від 151,26 г/л на поверхні соляного басейну до 437 г/л у його донній частині.

Без сумніву, концентрація ропи відходів хімічної фабрики становила 404–437 г/л, як це зафіксовано на глибині 4–9 м у південній ділянці хвостосховища. Зменшення концентрації ропи у поверхневій частині соляного басейну пов'язане з її розведенням атмосферними опадами. Для повнішої характеристики ропи її хімічний склад перераховано на сольовий за відомою методикою [3]. Результати перерахунків наведено в табл. 3 та 4.

Таблиця 1

Хімічний склад ропи хвостосховища Стебницького ДГХП “Полімінерал”, г/л.
Секція 2, південна ділянка, ПК2

Номер проби	Глибина, м	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Сума
1	0,1	12,94	36,58	0,24	8,52	22,14	77,00	0,12	157,54
2	0,5	12,94	47,98	0,24	8,23	31,83	86,62	0,07	187,91
3	1,0	13,86	53,32	0,24	9,68	34,11	98,17	0,09	209,47
4	1,5	15,50	48,89	0,24	11,43	36,38	96,25	0,14	208,81
5	2,0	15,56	51,07	0,24	10,25	36,38	96,25	0,12	209,87
6	2,5	19,00	62,71	0,24	13,14	65,94	103,90	0,19	265,12
7	3,0	29,05	80,63	0,24	21,81	97,78	142,40	0,24	372,15
8	3,5	33,20	79,86	0,24	24,99	95,50	155,92	0,20	389,91
9	4,0	35,27	82,81	0,24	27,31	97,78	167,47	0,17	411,05
10	4,5	34,21	79,60	0,24	26,44	95,50	160,70	0,18	396,87
11	5,0	35,27	80,26	0,24	27,02	100,50	160,70	0,14	404,13
12	6,0	35,27	79,51	0,24	27,60	101,19	160,70	0,17	404,68
13	9,0	36,21	93,02	0,24	24,70	129,61	153,0	0,20	436,98

Таблиця 2

Хімічний склад ропи хвостосховища Стебницького ДГХП “Полімінерал”, г/л.
Секція 2, північна ділянка, ПК9

Номер проби	Глибина, м	K^+,	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Сума
1	0,1	12,10	35,06	0,47	8,5	29,50	68,86	0,06	154,55
2	0,5	12,94	29,37	0,24	11,41	25,01	72,18	0,11	151,26
3	1,0	12,94	37,08	0,24	8,81	29,56	73,15	0,11	161,89
4	1,5	12,94	34,74	0,24	8,81	27,28	71,22	0,12	155,35
5	2,0	12,94	40,12	0,24	9,10	31,83	77,00	0,09	171,32
6	2,5	12,94	40,91	0,24	9,40	30,70	79,91	0,13	174,23
7	3,0	13,86	46,02	0,24	10,40	38,60	85,72	0,14	194,98
8	3,5	21,74	58,02	0,24	17,19	54,57	119,36	0,17	271,29
9	4,0	26,97	72,53	0,24	21,53	69,35	148,20	0,22	339,04
10	4,5	26,97	75,84	0,24	22,39	70,49	154,99	0,19	351,11
11	5,0	27,97	76,30	0,24	22,80	70,50	157,80	0,18	355,79
12	5,5	27,97	76,67	0,24	22,97	70,50	158,87	0,17	357,39
13	6,0	29,05	79,02	0,24	23,41	78,45	158,86	0,21	369,24

Таблиця 3

Сольовий склад ропи хвостосховища Стебницького ДГХП “Полімінерал”, г/л. Секція 2, південна ділянка, ПК2

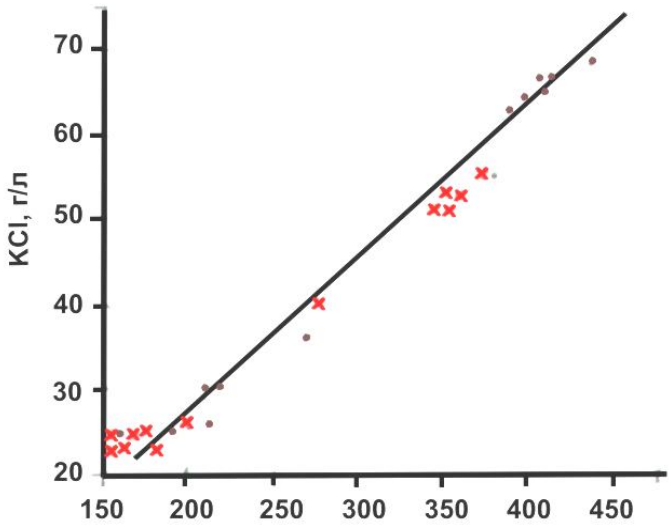
Номер проби	Глибина, м	$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$MgSO_4$	$MgCl_2$ (Na_2SO_4)	KCl	NaCl	Сума солей	Вміст K-Mg солей, %
1	0,1	0,16	0,68	27,14	11,91	24,68	92,98	157,55	40,45
2	0,5	0,09	0,75	39,23	1,21	24,67	121,97	187,92	34,65
3	1,0	0,12	0,71	42,12	4,58	26,42	135,56	209,51	34,91
4	1,5	0,19	0,68	44,99	9,09	29,55	124,83	208,79	40,05
5	2,0	0,16	0,68	45,00	4,54	29,66	129,83	209,87	37,74
6	2,5	0,25	0,61	65,06	(20,10)	36,23	142,87	265,12	45,79
7	3,0	0,32	0,54	107,99	(16,59)	55,39	191,32	372,15	48,36
8	3,5	0,27	0,61	119,13	3,63	63,30	203,02	389,96	47,72
9	4,0	0,23	0,61	122,00	10,46	67,24	210,59	411,13	48,58
10	4,5	0,24	0,61	119,13	9,33	65,23	202,34	396,87	48,80
11	5,0	0,19	0,64	125,37	6,66	67,25	204,02	404,13	49,31
12	6,0	0,23	0,61	126,26	8,23	67,25	202,14	404,72	49,85
13	9,0	0,27	0,58	122,30	(46,74)	69,04	198,00	436,98	54,49

Таблиця 4

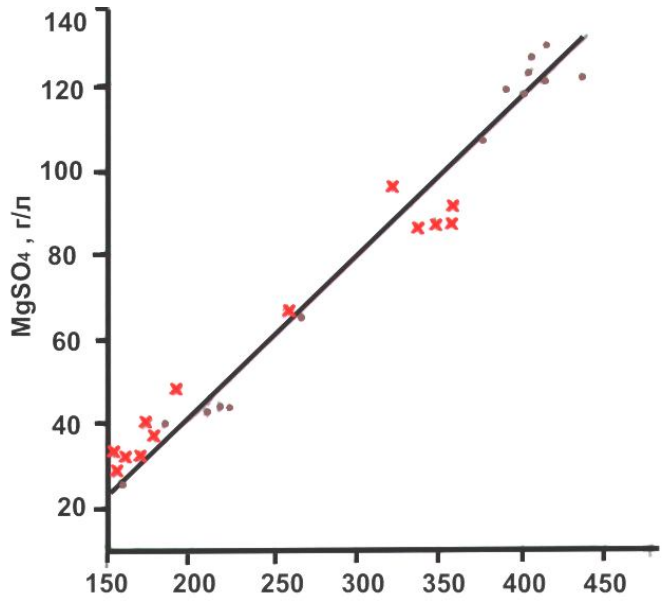
Сольовий склад ропи хвостосховища Стебницького ДГХП “Полімінерал”, г/л. Секція 2, північна ділянка, ПК9

Номер проби	Глибина, м	$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$MgSO_4$	$MgCl_2$ (Na_2SO_4)	KCl	NaCl	Сума солей	Вміст K-Mg солей, %
1	0,1	0,08	1,53	35,61	5,13	23,07	89,13	154,55	41,29
2	0,5	0,15	0,68	30,74	20,36	24,67	74,66	151,26	50,09
3	1,0	0,15	0,68	36,44	5,68	24,67	94,27	161,89	41,25
4	1,5	0,16	0,68	33,58	7,95	24,67	88,31	155,35	42,61
5	2,0	0,12	0,71	39,26	4,58	24,67	101,98	171,32	39,99
6	2,5	0,17	0,68	37,87	6,85	24,67	103,99	174,23	39,83
7	3,0	0,18	0,68	47,77	2,94	26,43	116,98	194,98	39,56
8	3,5	0,22	0,65	67,81	13,67	41,45	147,49	271,29	45,31
9	4,0	0,29	0,58	86,39	15,98	51,42	184,38	339,04	45,36
10	4,5	0,25	0,61	87,79	18,25	51,42	192,79	351,11	44,85
11	5,0	0,24	0,61	87,80	19,85	53,33	193,96	355,79	45,24
12	5,5	0,22	0,65	87,77	20,52	53,33	194,90	357,39	45,22
13	6,0	0,28	0,58	97,79	14,33	55,39	200,87	369,24	45,37

Згідно з одержаними даними, концентрація солей $MgSO_4$, KCl та NaCl збільшується прямо пропорційно зі збільшенням вмісту солей у ропі (рис. 3).



Концентрація ропи, г/л



Концентрація ропи, г/л

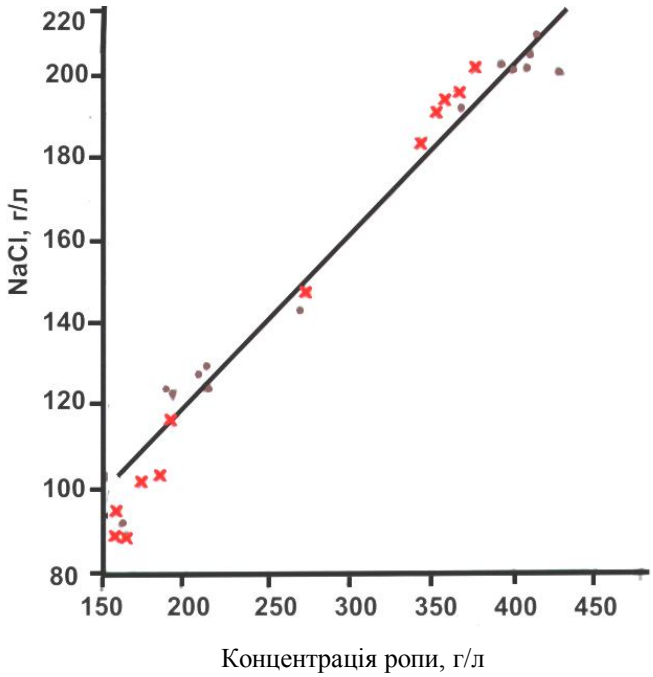


Рис. 3. Графіки залежностей концентрації солей $MgSO_4$, KCl та NaCl від сумарної концентрації солей у ропі. Ділянки : • – південна, х – північна.

Будь-якої закономірності зміни вмісту $MgCl_2$ в ропі з глибиною басейну не зафіксовано.

Важливо наголосити, що вміст калійно-магнієвих солей у ропі коливається від 34,9 до 54,5 % і в середньому становить 42,5 %. Фактично рідка фаза Стебницького хвостосховища – це вторинне родовище калійно-магнієвих солей, не враховуючи навіть NaCl, який теж є цінною сировиною для харчової промисловості. З огляду на недосконалу технологічну схему переробки калійно-магнієвих солей велика частина запасів мінеральної сировини Стебницького родовища була фактично знищена. Унаслідок такої слабко науково обґрунтованої технології та широкомаштабної переробки калійно-магнієвих солей на Стебницькому калійному заводі Україна отримала у спадок низку екологічних проблем і потенційних загроз для довкілля.

Крім ропи, у хвостосховищі міститься близько 20 млн т твердої фази – соляно-глинистих відходів флотаційного збагачення. Внаслідок взаємодії атмосферних опадів з відходами твердої фази відбувається вилуговування наявних у ній солей, що виходять на денну поверхню, й утворення вторинної ропи, яка стікає у знижені ділянки дна першої секції. В листопаді 2008 р. ми провели спостереження дна Стебницького хвостосховища і відібрали на аналізи проби. З насиченої ропи, що заповнює знижені ділянки, випадають в осад видовжені, призматичні, безбарвні, прозорі, гірко-солоні на смак кристали мірабіліту та білі, водяно-прозорі коротокопризматичні, товстотаблитчасті кристали гіпсу.

Нальоти мірабіліту, наче іній, спостерігають на рослинах, які проростають на поверхні засоленого мулу (рис. 4).

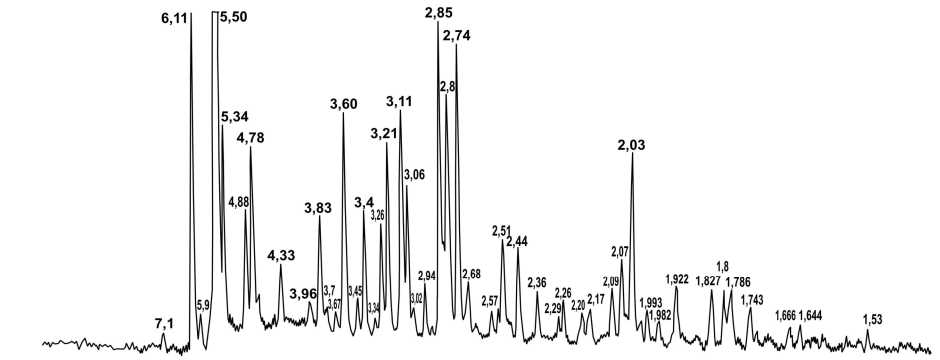
За допомогою ручного бурового інструменту для аналізу також відібрано засолений мул з глибини 1,5 м. Для того, щоб проби не зазнали дегідратаційних змін, їх упаковано в герметичні поліетиленові мішечки.

Діагностику мінерального складу виконували методом порошкової рентґенівської дифрактометрії (дифрактометр ДРОН-3.0, Cu Ka-випромінювання, Θ/2Θ-сканування, швидкість детектора – 4°/хв). Препарати для рентґенодифракційної діагностики готували у вигляді спресованої таблетки розтертого порошку досліджуваного зразка.

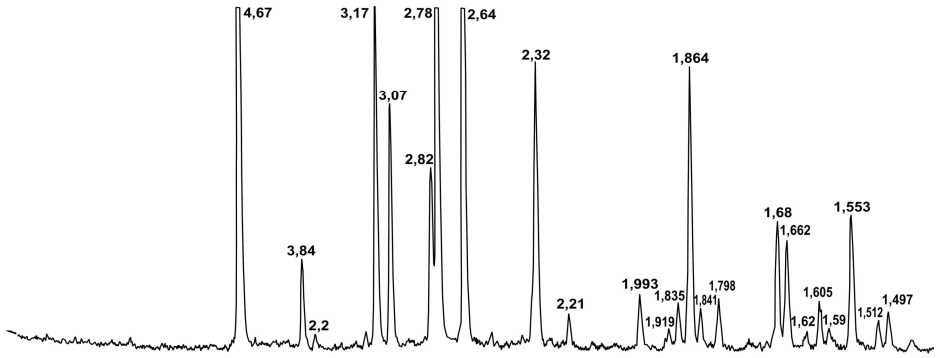
З'ясовано, що солонувато-гіркувата сіль представлена мірабілітом. На дифрактограмі видно дифракційні максимуми 6,11, 5,50, 5,34, 4,88, 4,78, 4,33, 3,83, 3,60, 3,40, 3,26, 3,21, 3,11, 3,06, 2,85, 2,80, 2,74, 2,51,2,44, 2,03 А та ін. (рис. 5, *а*). Вони добре узгоджуються з еталонною рентґенограмою мірабіліту (ASTM, 11–647). На відкритому повітрі за кімнатної температури прозорі кристали мірабіліту внаслідок дегідратації через півтора–два дні перетворюються у білий порошок тенардиту. Псевдоморфози тенардиту по мірабіліту такі: 4,67, 3,84, 3,17, 3,07, 2,78, 2,64, 2,34 А та ін. Рефлекси 2,82 та 1,99 А належать домішкам галіту (див. рис. 5, *б*).

Рис. 4. Нальоти мірабіліту на рослинах, які ростуть на поверхні засоленого мулу.

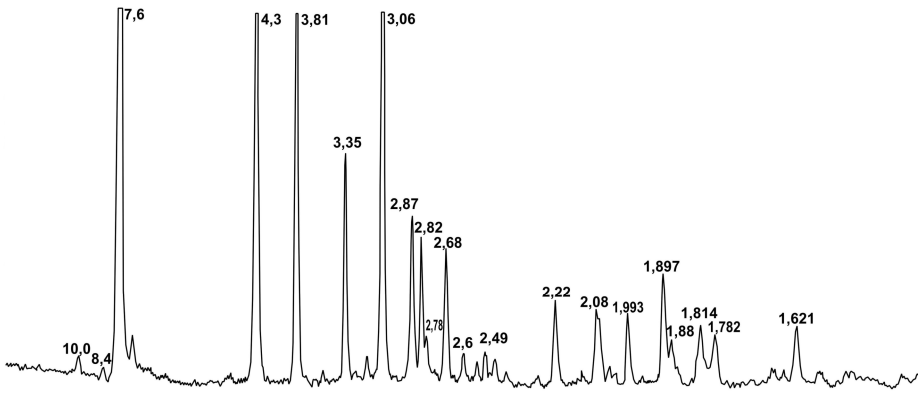
Дифрактограма відібраних товстотаблитчастих кристаликів відповідає гіпсу – 7,6, 4,30, 3,81, 3,06, 2,87, 2,68, 2,22, 2,08 А та ін. Рефлекси 3,35 та 2,82 А, відповідно, пов'язані з домішками кварцу та галіту (див. рис. 5, *в*).



а



б



в

Рис. 5. Дифрактогами мірабіліту (*а*), тенардиту (*б*), гіпсу (*в*).

Суміш солей, відібрана з глибини 1,5 м, була вологою, після висихання її проаналізували. На її дифрактограмі наявні рефлекси тенардиту (4,67, 3,84, 3,17, 3,07, 2,78, 2,64, 2,32 А), галіту (2,81, 1,993 А), полігаліту (3,18, 2,89, 2,32 А) і кварцу (3,34 А). Зазначимо, що тенардит є продуктом дегідратації мірабіліту. Щодо питання температурних умов утворення сульфатів натрію наголосимо, що в системі $NaCl–Na_2SO_4–H_2O$ у тверду фазу мірабіліт $Na_2SO_4·10H_2O$ випадає за температури від -20 до +30°С, а тенардит Na_2SO_4 – від 18 °С і вище. В інтервалі температур від +18 до -30 °С водночас кристалізуються мірабіліт і тенардит [4].

Для визначення складу глинистих мінералів пробу засоленого мулу спочатку промивали водою, а потім методом відмулювання розділяли на фракції. Згідно з рентґенодифракційними даними, глиниста фракція < 0,01 мм представлена гідрослюдою (10,0, 5,0, 3,35 А) і магнезіально-залізистим хлоритом (14,7, 7,2, 4,72, 3,56 А) з домішками кварцу (4,25, 3,34 А), польового шпату (3,24 А), кальциту (3,03 А) і магнезиту (2,75 А) (рис. 6).

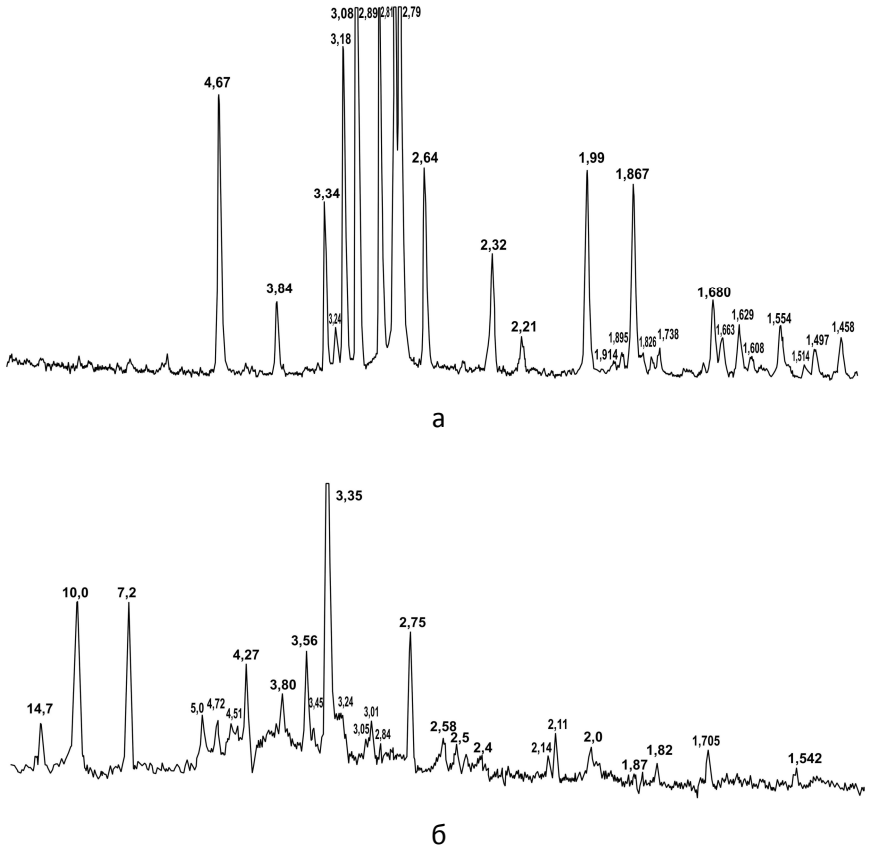


Рис. 6. Дифрактограми суміші солей, відібраних з глибини 1,5 м (*а*), та глинистої фракції засоленого мулу (*б*).

Як свідчать ці дані, склад глинистих мінералів калійних сольових порід у процесі хімічного збагачення не змінився [1].

Отже, на підставі досліджень з'ясовано, що ропа Стебницького хвостосховища має високий вміст калійно-магнієвих солей та хлористого натрію і є своєрідним вторинним родовищем солей. Проте нині немає змоги одержувати з ропи відходів калімагнезію і хлористий натрій. Усі ці відходи (засолений мул і ропа) становлять нині екологічну небезпеку.

Для поліпшення екологічної ситуації району потрібно провести спеціальні дослідження та з'ясувати можливість захоронення цих відходів у підземних гірських виробках рудника № 2 Стебницького родовища.

---

1. *Билонижка П.М.* Некоторые особенности минерального состава глин нижнемолассовых отложений Предкарпатья // Вопросы литологии и петрографии. 1973. Кн. 2. С. 113–120.
2. *Коробцова М.С.* Минералогия калийных месторождений Восточного Прикарпатья // Вопросы минералогии осадочных образований. 1955. Кн. 2. С. 3–137.
3. Методы анализа рассолов и солей / Под ред. Ю.В. Морачевского и Е.Н. Петровой. Л., 1965.
4. Справочник по растворимости солевых систем / А.Б. Здановский, Е.И. Ляховская, Р.Э. Шлеймович. Л.; М., 1953. Т. 1.

CHEMICAL AND MINERAL COMPOSITION OF THE ENRICHMENT WASTES OF THE STEBNYK DEPOSIT POTASSIUM ORES AND ITS INFLUENCE ON THE ENVIRONMENT

P. Bilonizhka, V. Diakiv
Ivan Franko National University of Lviv
Hrushevskij Str. 4, UA–79005 Lviv
e-mail: mineral@franko.lviv.ua

As result of chemical enrichment of the Stebnyk deposit potassium-magnesium salts great mass of the wastes kept in the tailings has formed.

Chemical and salty composition of the bittern salts of tailings was studied as well as was determined that it is presented by secondary deposit of potassium-magnesium salts and sodium chloride.

Mineral composition of the clayey material and salts of the solid phase of the wastes was investigsted and were also outlined measures connected with its burial and liquidation of ecological safety.

Key words: Stebnyk deposit, potassium-magnesium salts, wastes, tailings, bittern salt, chemical composition, solid phase, mineral composition, environment pollution.

ХИМИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ КАЛИЙНЫХ РУД СТЕБНИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

П. Билонижка, В. Дякив
Львовский национальный университет имени Ивана Франко
79005 м. Львов, ул. Грушевского, 4
e-mail: mineral@franko.lviv.ua

В результате химического обогащения калийно-магниевых солей Стебницкого месторождения образовалась большая масса отходов, которая находится в хвостохранилище. Изучен химический и соляной состав рапы хвостохранилища и выяснено, что она является вторичным месторождением калийно-магниевых солей и хлорида натрия. Исследован минеральный состав глинистого материала и солей твердой фазы отходов и намечены мероприятия по их захоронению и ликвидации экологической опасности.

Ключевые слова: Стебницкое месторождение, калийно-магниевые соли, отходы, хвостохранилище, рапа, химический состав, твердая фаза, минеральный состав, загрязнение окружающей среды.

Стаття надійшла до редколегії 24.04.2009
Прийнята до друку 28.10.2009