

УДК 551.3.051:504(477)

**МОДЕЛЬ ВИЛУГОВУВАННЯ, ЗАКАРСТОВУВАННЯ
ТА САМОІЗОЛЯЦІЇ ЛЕГКОРОЗЧИННИХ СОЛЕЙ
З ПРИПОВЕРХНЕВИХ СОЛЯНО-ГЛИНИСТИХ ВІДКЛАДІВ
ХВОСТОСХОВИЩ І СОЛЕВІДВАЛІВ
КАЛІЙНИХ РОДОВИЩ ПЕРЕДКАРПАТТЯ**

В. Дяків, Х. Цар

*Львівський національний університет імені Івана Франка
79005 м. Львів, вул. Грушевського, 4
E-mail: khrystynatsar@gmail.com*

Соляно-глинисті відклади, складовані у хвостосховищах і солевідвалах, взаємодіючи з атмосферними опадами, вилуговуються, що зумовлює утворення вторинної ропи. Витікання вторинної ропи за контур складування призводить до закарстовування приповерхневого шару та його деформації. У разі проникнення атмосферних опадів на глибину процеси вилугування солей пригнічуються. Унаслідок вивільнення й осадження теригенних мінералів відбувається самоізоляція соляно-глинистих відкладів, які залягають нижче. Тривала взаємодія атмосферних опадів з ізольованою товщею соляно-глинистих відкладів зумовлює зменшення розчинення легкорозчинних солей за однакової кількості опадів. Це призводить до зменшення концентрації солей, що відображається в еволюційній зміні онтогенічних особливостей мінеральних новоутворень мірабіліту. Запропоновану модель можна використати в разі проектування рекультивацийних робіт та їхньої реалізації в зоні впливу Стебницького ДГХП “Полімінерал” та ДП “Калійний завод” ВАТ “Оріана” (м. Калуш).

Ключові слова: соляно-глинисті відклади, солевідвали, хвостосховища, модель, вилугування, закарстовування, самоізоляція, онтогенез, мірабіліт, Передкарпаття.

Унаслідок півторастолітньої розробки найбільших в Україні Калуш-Голинського та Стебницького родовищ калійних солей геологічне середовище територій, прилеглих до гірничодобувних підприємств, зазнало різких змін. Калійні поклади розробляли підземним (два рудники у м. Стебник та чотири шахти у м. Калуш) та відкритим (Домбровський кар’єр у м. Калуш) способами. Некондиційні солевмісті породи складували у відвали, а рідкі відходи збагачення та дренажні води гірничих виробок накопичували у спеціально збудованих технічних водоймах – хвостосховищах. Ці об’єкти спричинюють суттєве погіршення гірничо-геологічних умов, пов’язане з розвитком соляного карсту і просіданням денної поверхні над виробленим простором копалень, сприяють підвищенню мінералізації поверхневих і підземних вод.

Об’єктами наших досліджень були хвостосховище та солевідвали Стебницького ДГХП “Полімінерал”, рекультивоване (№ 1) і переповнене (№ 2) хвостосховища та зовнішні солевідвали ДП “Калійний завод” ВАТ “Оріана” (м. Калуш).

Методика досліджень полягала в картуванні на підставі аналізу космознімків та онтогенічному описі мірабілітових новоутворень на схилах солевідвалів і дамбах хвостосховищ.

Діагностику мінералів проводили візуально та підтверджували рентгенодифракційним методом і методом поляризаційної оптичної мікроскопії [4].

Хвостосховища калієдобувних підприємств Передкарпаття – це обваловані дамбами техногенні водойми, у які скидали рідкі відходи флотаційного збагачення руд. Технологічні схеми переробки калійно-магнієвих руд полягали у розчиненні калійних соляних порід гарячою водою, осадженні нерозчинного глинистого залишку і відокремленні від осаду висвітленої висококонцентрованої ропи та кристалізації з неї калій-магnezії. Проте полімінеральний склад калійних руд і високий вміст у них глинистого матеріалу (10–15 %, іноді до 20 %) зумовили те, що в разі застосування цієї технології у відходи потрапляли не тільки глинистий матеріал, недорозчинені полігаліт і галіт, а й ропа з високим вмістом NaCl та калійно-магнієвих солей. Така суміш була соляно-глинистою високомінералізованою пульпою, яку транспортували по трубопроводу у хвостосховища.

У випадку потрапляння цієї пульпи у хвостосховище відбувалось, з одного боку, осадження твердої фази – глини і недорозчинених соляних мінералів, а з іншого, – кристалізація й осадження галіту в нижній, високомінералізованій частині водної товщі. У період функціонування технологічного комплексу освітлену від завислих глинистих частинок, дещо розведenu атмосферними опадами воду хвостосховищ використовували у системі зворотного водопостачання флотаційного збагачення руд. За десятки років функціонування такого виробничого процесу в Калуші та Стебнику накопичилось десятки мільйонів тонн твердої фази – соляно-глинистих відходів флотаційного збагачення та кілька мільйонів кубічних метрів ропи, що становлять вагому потенційну загрозу засолення ґрунтів, підземних і поверхневих вод за форс-мажорних обставин. Надходження з атмосферними опадами у хвостосховища значної кількості низькомінералізованих вод призводить з часом до опріснення рідкої фази у приповерхневому шарі та вилуговуванням легкорозчинних солей соляно-глинистих відкладів з утворенням вторинної ропи. Внаслідок цього простежуються інтенсивні зміни поверхні соляно-глинистих відходів, складованих на хвостосховищі (рис. 1).



Рис. 1. Просідання та деформації поверхні соляно-глинистих відходів на денній поверхні секції № 1 Стебницького хвостосховища.

У процесі підземних і відкритих гірничодобувних робіт на калійних родовищах Передкарпаття соленосні глини та некондиційні руди складували у вигляді штучних пагорбів – солевідвалів заввишки до 60 м. Складовані у солевідвалах породи містять 40–70 % легкорозчинних солей та 30–60 % глини. Атмосферні опади активно вилуговують лег-

корозчинні солі з поверхні солевідвалів та перетворюються на вторинну ропу з мінералізацією до 250 г/л. Унаслідок цього схили відвалів глибоко розчленовані та інтенсивно еродовані (рис. 2).



Рис. 2. Глибоко розчленований та інтенсивно еродований схил солевідвалу № 1 (м. Калуш).

Отже, можна стверджувати, що за умов позитивного водного балансу – переважання опадів над випаровуванням, як у хвостосховищах, так і у солевідвалах активно відбуваються процеси вилугування у приповерхневому шарі соляно-глинистих відкладів, поповнення об'єму мінералізованої рідкої фази, витоки та фільтрація новоутвореної вторинної ропи за межі ділянок складування відходів із засоленням поверхневих і підземних вод.

У попередніх працях ми з'ясували, що маркерами витоків із дамб хвостосховищ та схилів солевідвалів калійних родовищ Передкарпаття вторинної ропи є ділянки кристалізації мірабілітових агрегатів, які утворюються за умов стійкого переохолодження – нижче 4–5 °С (рис. 3). У цьому разі об'єми витоків вторинної ропи прямо пропорційні до маси мінеральних новоутворень мірабіліту.

Усі наведені вище дані однозначно свідчать про те, що у приповерхневому прошарку досліджуваних соляно-глинистих відкладів відбуваються складні геохімічні та водно-фізичні процеси, які ми намагались дослідити.

У 2007–2010 рр. проведено спостереження за динамікою змін приповерхневих прошарків соляно-глинистих відкладів хвостосховищ і солевідвалів Стебника й Калуша у різні пори року. За мінералого-генетичним підходом досліджено особливості будови ключових профілів, структурно-текстурні та онтогенічні особливості цих утворень. На підставі виконаних досліджень пропонуємо таку модель вилугування, закарстовування та самоізоляції легкорозчинних солей з приповерхневих прошарків соляно-глинистих відкладів хвостосховищ і солевідвалів калійних родовищ Передкарпаття.

1. Площинна та схилова ерозія соляно-глинистих відкладів, первинне вилугування легкорозчинних солей на денній поверхні з формуванням вторинної ропи та локальною кристалізацією мірабіліту за умов переохолодження.

2. Формування піонерного глинистого ізолювального прошарку на поверхні, що зазнала первинного вилугування.

3. Поверхневі та лінійно-ерозійні змиви піонерного глинистого ізолювального прошарку.

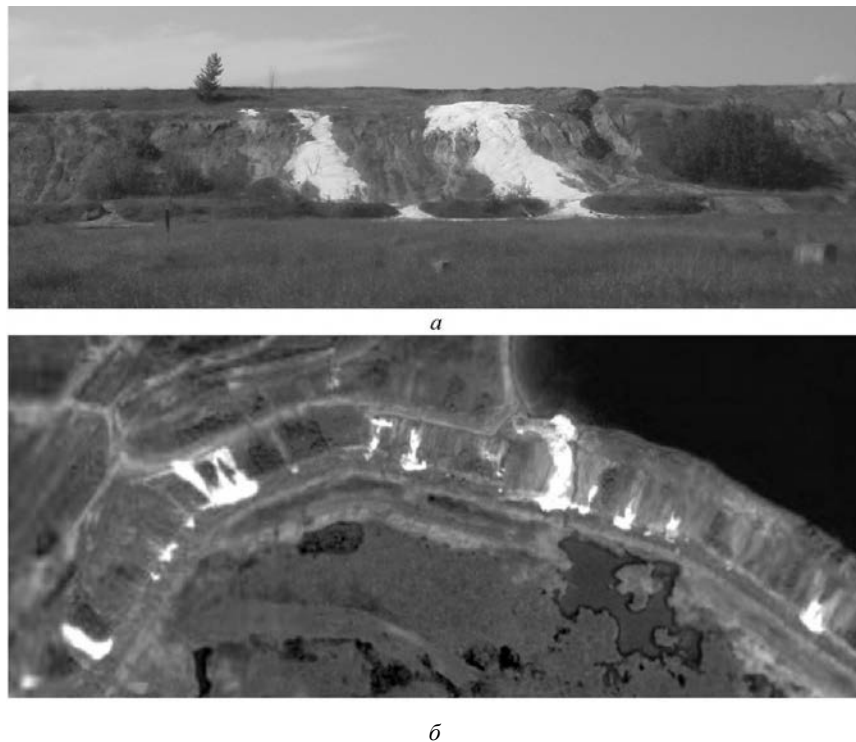


Рис. 3. Маркування джерел забруднень природних вод ділянками кристалізації мірабілітових агрегатів у дамбі рекультивованого хвостосховища № 1 навесні (м. Калуш) на світліні (а) та на космознімку Google Earth (б).

4. Усихання та розтріскування соляно-глинистих відкладів з формуванням комірчастої структури та стовпчастої окремоті на глибину кількох десятків сантиметрів.
5. Проникнення прісних вод атмосферних опадів на глибину по тріщинах окремоті та вторинне вилуговування доступних поверхонь усихання.
6. Об'ємне поглиблене вилуговування локальних проникних ділянок, витікання вторинної ропи за контур складування соляно-глинистих відкладів та масова кристалізація мірабіліту за умов переохолодження.
7. Закарстовування приповерхневого шару за умови винесення солей за контур соляно-глинистих відкладів.
8. Тампонування ділянок вилуговування осадженими глинистими мінералами та армування ізолювального шару деформаціями закарстованих ділянок – їхніми провалами та обвалами.
9. Утворення залишкової вторинної ропи, самоізоляція соляно-глинистих відкладів за умови припинення винесення теригенного матеріалу, його повного збезсолювання.
10. Капілярне піднімання залишкової ропи на денну поверхню крізь гідроізоляційну товщу збезсоленого теригенного матеріалу.
11. Реліктова кристалізація мірабіліту із залишкової вторинної ропи, що потрапляє на денну поверхню у разі переохолодження та припинення зародження кристалів за повної самоізоляції й опріснення вод.

12. Самозасів та самозаростання гідроізоляційної товщі збезсоленого теригенного матеріалу трав'яною, кушовою і деревною рослинністю з формуванням ініціального ґрунтового покриву.

13. Схилова ерозія, зсуви й опливини гідроізоляційної товщі з формуванням конусів вивезення теригенного матеріалу та відслоненням соляно-глинистих відкладів.

14. Вторинна самоізоляція відслонених ділянок соляно-глинистих відкладів за алгоритмом пунктів 1–12 моделі до формування стійкого рельєфу поверхні.

Розглянемо детальніше перелічені пункти моделі вилуговування, закарстовування та самоізоляції легкорозчинних солей соляно-глинистих відкладів.

1. Площинна та схилова ерозія соляно-глинистих відкладів, первинне вилуговування легкорозчинних солей на денній поверхні з формуванням вторинної ропи та локальною кристалізацією мірабіліту за умов переохолодження.

Соляно-глинисті відклади, складовані у хвостосховища та солевідвали, під час взаємодії з атмосферними опадами зазнають первинних змін, пов'язаних з гідродинамічним впливом поверхневого стоку та геохімічними наслідками дії води на ці утворення як розчинника. У першому випадку спостерігають інтенсивний розвиток ерозійних процесів (рис. 4), а в другому – вилуговування, утворення вторинної ропи та кристалізація з неї мірабіліту за зміни термодинамічних умов (рис. 5).

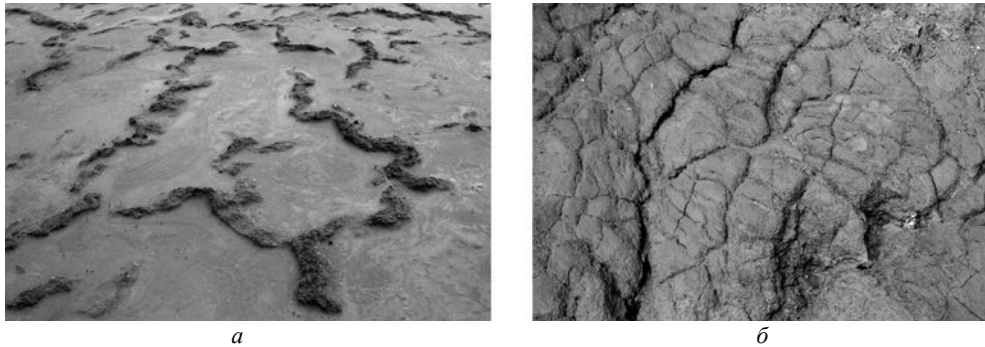


Рис. 4. Площинна ерозія поверхні хвостів флотажії, м. Стебник (а) та схилова ерозія поверхні солевідвалу № 2, м. Калуш (б).

2. Формування піонерного глинистого ізолювального прошарку на поверхні, що зазнала первинного вилуговування.

У разі розчинення легкорозчинних солей із соляно-глинистих відкладів атмосферними опадами глинисті мінерали переходять у колоїдний стан. Під час відстоювання води атмосферних опадів та вторинної ропи на поверхні розчинених соляно-глинистих відвалів відбуваються складні процеси гідродинамічної взаємодії водних мас зі значним вмістом завислих частинок та шорсткуватою поверхнею вилуговування. Наслідком цього є осадження глинистих мінералів на дно у вигляді суцільного піонерного шару з формуванням характерного мікрохвилястого рельєфу (рис. 6).

Між поверхнею легкорозчинних солей соляно-глинистих відкладів та новоосадженими глинистими мінералами виникають доволі стійкі зв'язки, які зумовлюють різке утруднення вилуговування недосиченою ропою, що залягає вище.

3. Поверхневі та лінійно-ерозійні змиви піонерного глинистого ізолювального прошарку.

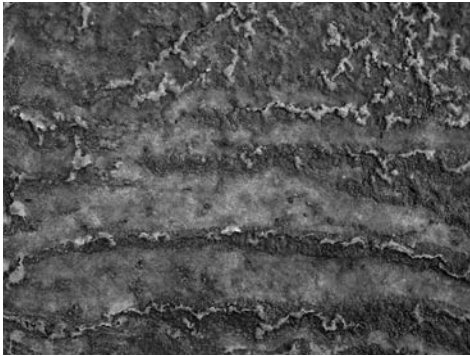


Рис. 5. Локальна кристалізація мірабіліту за умов переохолодження вторинної ропи на початковому етапі вилугування соляно-глинистих відкладів.



Рис. 6. Мікрохвилястий рельєф піонерного глинистого шару.

Первинний глинистий шар, забезпечуючи гідроізоляцію солей, є нестійкий до впливу водних потоків. Під їхнім впливом глинисті мінерали знову переходять у колоїдний розчин та виносяться за контур складування відвалів. Це спричиняє поверхневі та лінійно-ерозійні змиви первинного гідроізолювального прошарку (рис. 7).



Рис. 7. Лінійно-ерозійний змив первинного гідроізоляційного прошарку з переходом глинистих мінералів у колоїдний розчин та винесенням за контур складування відвалів.

4. Усихання й розтріскування соляно-глинистих відкладів з формуванням комірчастої структури та стовпчастої окремістості на глибину кількох десятків сантиметрів.

Характерною особливістю соляно-глинистих відкладів є їхня схильність до всихання та розтріскування. Причина цього – їхня первинна обводненість, а також здатність глинистих мінералів адсорбувати воду за умов надлишку і дегідратуватись за незначного нагрівання. У цьому разі чиста глина здатна зменшуватися в об'ємі на 10–15 %. Наявність у соляно-глинистих відкладах піщаної та мулистої фракцій теригенного матеріалу зменшує цей показник до 5–10 %. Коли глина починає всихати, у масиві соляно-глинистих відкладів зароджуються тріщини, які з часом з'єднуються між собою, формуючи складне мереживо з комірчастою структурою та стовпчастою окремістю (рис. 8).

За таким механізмом поверхня соляно-глинистих відвалів зазнає всихання, що призводить до ущільнення та розтріскування. В процесі ущільнення й розтріскування глин формуються комірчки та стовпчаста окремість, що сягають глибини кількох десятків сантиметрів від поверхні.

5. Проникнення прісних вод атмосферних опадів на глибину по тріщинах окремісті та вторинне вилугування доступних поверхонь всихання.

Наявність відкритих тріщин окремісті, що сформувались у засушливі періоди, сприяє потраплянню атмосферних опадів углиб соляно-глинистої товщі в дощові періоди. У цьому разі відбувається вторинне розчинення соляних мінералів та винесення глинистого матеріалу по проникних зонах. У випадку переохолодження тріщини, заповнені вторинною ропою, марковані новоутвореннями мірабіліту (рис. 9).



Рис. 8. Складне мереживо з комірчастою структурою та стовпчастою окремістю на глибину кількох десятків сантиметрів на поверхні соляно-глинистих відкладів.



Рис. 9. Маркування тріщин усихання, заповнених вторинною ропою, новоутвореннями мірабіліту (у разі переохолодження).

6. Об'ємне поглиблене вилугування локальних проникних ділянок, витікання вторинної ропи за контур складування соляно-глинистих відкладів та масова кристалізація мірабіліту за умов переохолодження.

Первинне і вторинне вилугування, всихання та розтріскування призводять до формування напруженого стану приповерхневої частини соляно-глинистих відкладів. Періодичне їх обводнення та осушення інтенсифікує процеси фізико-хімічної взаємодії та вилугування легкорозчинних солей. У цьому разі проникнення вод углиб приповерхневого масиву стимульоване дією дуже малих градієнтів напору та обмежене процесами гравітаційної диференціації вторинної ропи. За умови наявності ділянки розвантаження вторинної ропи за контуром складування соляно-глинистих відкладів виникають локальні ділянки інтенсивного вилугування. У разі переохолодження такі ділянки марковані процесами масової кристалізації вторинної ропи (рис. 10).

7. Закарстовування приповерхневого шару у випадку винесення солей за контур соляно-глинистих відкладів.

У масиві вилугуваних ділянок формуються зони розущільнення та порожнин. З часом це призводить до активних деформацій поверхні – наслідку приповерхневої закарстованості. Карстова деформація спричинювана гравітаційними та гравітаційно-гідродинамічними впливами прошарків, що залягають вище, та рухом вторинної ропи (рис. 11).

8. Тампонування ділянок вилугування осадженими глинистими мінералами та армування ізолювального шару деформаціями закарстованих ділянок – їхніми провалами й обвалами.



а



б

Рис. 10. Ділянки об'ємного вилугування та масової кристалізації вторинної ропи в разі її переохолодження:

а – південно-східна дамба хвостосховища № 1, Калуш; б – південно-західний схил солевідвалу стовбура Західний-біс рудника № 2, Стебник.

У процесі вилугування відвальних порід відбувається винесення солей та осадження глинистого матеріалу на вилугуваних ділянках. Глина часто зазнає армування уламками бортів унаслідок провалювання й обвалювання. Це призводить до посилення ефекту самоізоляції відвалів (рис. 12).

9. Утворення залишкової вторинної ропи, самоізоляція соляно-глинистих відкладів за умови припинення винесення теригенного матеріалу, його повного збезсолення.

З часом унаслідок взаємодії атмосферних опадів з ізольованою товщею легкорозчинних солей відбувається зменшення їхнього розчинення. Припиняється винесення теригенного матеріалу, а це призводить до зменшення концентрації солей у вторинній ропі. Про повну ізоляцію свідчить відсутність кристалізації агрегатів мірабіліту протягом зимово-весняного періоду та різке зменшення мінералізації вторинної ропи. Профіль гідроізоляційного прошарку досягає потужності до 0,5 м.

10. Капілярне піднімання залишкової ропи на денну поверхню крізь гідроізоляційну товщу збезсоленого теригенного матеріалу.

11. Реліктова кристалізація мірабіліту із залишкової вторинної ропи, що потрапляє на денну поверхню в разі переохолодження та припинення зародження кристалів за повної самоізоляції й опріснення вод.



Рис. 11. Закарстованість приповерхневого шару секції № 1 Стебницького хвостосховища.



Рис. 12. Тампонування ділянок вилугування й армування уламками соляно-глинистих відвалів гідроізоляційного шару.

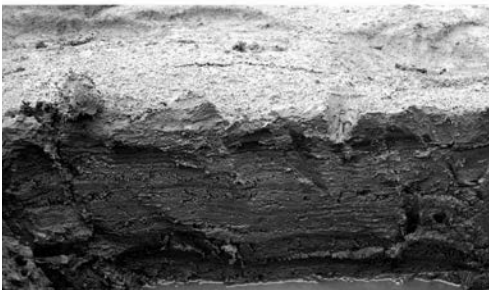


Рис. 13. Профіль гідроізоляційного глинистого прошарку в межах секції № 1 Стебницького хвостосховища.



Рис. 14. Реліктові кристали мірабіліту з низькомінералізованої вторинної ропи.

Унаслідок зменшення розчинення соляних відходів з огляду на самоізоляцію за однакової кількості опадів зменшується концентрація вторинної ропи, у тім числі Na^+ та SO_4^{2-} . Під час кристалізації мірабіліту з такої ропи змінюється онтогенез мінеральних новоутворень, припиняється утворення суцільних агрегатів, а друзові агрегати мають меншу кількість зароджень, кристали досягають значних розмірів (рис. 14).

12. Самозасів та самозаростання гідроізоляційної товщі збезсоленого теригенного матеріалу трав'яною, кущовою і деревною рослинністю з формуванням ініціального ґрунтового покриву.

З часом збезсолені відклади, промиті атмосферними опадами, заростають трав'яною, чагарниковою та деревною рослинністю (рис. 15).



Рис. 15. Заростання збезсолених відкладів, промитих атмосферними опадами, трав'яною, чагарниковою і деревною рослинністю на вирівняних ділянках зі схиловою ерозією бортів, відвал № 1 (м. Калуш).

13. Схилова ерозія, зсуви й опливини гідроізоляційної товщі з формуванням конусів вивезення теригенного матеріалу та відслоненням соляно-глинистих відкладів.

Ініціальний ґрунтовий покрив, зазвичай, формується на вирівняних ділянках відвалів – бермах і вершинах, тоді як на похилих ділянках активно розвивається схилова ерозія (див. рис. 15).

14. Вторинна самоізоляція відслонених ділянок соляно-глинистих відкладів за алгоритмом пунктів 1–12 моделі до формування стійкого рельєфу поверхні.

Порушені ерозійними процесами ізольовані ділянки солевідвалів і хвостосховищ повторно самоізольовуються. Ерозійні процеси припиняються за умови досягнення стійкого до ерозії профілю з ухилом до 10° .

Отже, запропонована модель вилуговування, закарстовування та самоізоляції легко-розчинних солей з приповерхневих прошарків соляно-глинистих відкладів хвостосховищ і солевідвалів калійних родовищ Передкарпаття дає змогу пояснити їхню еволюцію з часом. Вилуговування соляно-глинистих відкладів під час взаємодії з атмосферними опадами зумовлює утворення вторинної ропи. Витікання вторинної ропи за контур складування призводить до закарстовування приповерхневого шару та його деформації.

Завдяки вивільненню та осадженню глинистих мінералів відбувається самоізоляція нижчих соляно-глинистих відкладів. Унаслідок тривалої в часі взаємодії атмосферних опадів з ізольованою товщею соляно-глинистих відкладів за однакової кількості опадів

розчинення легкорозчинних солей зменшується. Це призводить до зменшення концентрації солей. Під час кристалізації мірабіліту з ропи такого типу змінюється онтогенез мінеральних новоутворень, припиняється утворення суцільних агрегатів, а друзові агрегати мають меншу кількість зароджень. Такі ознаки свідчать про природну ізоляцію ділянок солевідвалів і хвостосховищ.

Запропоновану модель можна використати для проектування рекультивційних робіт та їхньої реалізації в зоні впливу Стебницького ДГХП "Полімінерал" та ДП "Калійний завод" ВАТ "Оріана" (м. Калуш).

1. Крижанівський Є.І., Кузьменко Е.Д., Палійчук М.В., Бараненко Б.Т. Техногенна ситуація в районі Калуського промислового вузла // Наук. вісн. Івано-Франк. техн. ун-ту нафти і газу. 2008. № 2. С. 3–9.
2. Куровець М. Кристалографія і мінералогія. Ч. 2. Львів: Світ, 1996. 116 с.
3. Семчук Я.М., Шкіца Л.Є. Вплив систем розробки калійних родовищ на геологічне середовище // Уголь України. 2004. № 3. С. 10–11.
4. Цар Х., Дяків В. Мінеральні новоутворення мірабіліту як індикатори локалізації джерел засолення природних вод в зонах впливу калійних родовищ Передкарпаття. // Зб. матеріалів Дев'ятої Міжнар. наук.-практ. конф., 2010. С. 101–105.
5. Létolle R. Mirabilite as a tracer of past evolution of the Aral Sea // Internet site <http://91.121.162.160/ara1/MIR.htm>.

**MODEL OF LEACHING, KARST-FORMING AND SELF-ISOLATION
OF EASILY SOLUBLE SALTS FROM SALT-CLAY SUBSURFACE LAYERS
OF BRINE RESERVOIRS AND SALT DUMPS
OF THE PRE-CARPATHIAN POTASSIUM DEPOSITS**

V. Dyakiv, K. Tsar

*Ivan Franko National University of Lviv
Hrushevskogo St. 4, UA – 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: khrystynatsar@gmail.com*

Salt-clay sediments which have been stored in brine reservoirs and salt dumps leach in the case of interacting with the atmospheric precipitates, and it predetermines formation of the second brine. Karst-forming of subsurface layer and its deformation is the result of the second brine effluence outside the places of storing. As a result of atmospheric precipitates penetration on a depth the processes of salt leaching are depressed. The self-isolation of lower salt-clay sediments takes place due to freeing and deposition of terrigenous minerals. Because of the protracted interaction of atmospheric precipitates with the isolated salt-clay deposits there is diminishing of easily soluble salts dissolution at the identical amount of precipitations. All of it results in diminishing of salt concentration, and it causes evolutionary changes of ontogenetic features of new-forming mirabilite.

Key words: salt-clay sediments, brine reservoir, salt dumps, model, leaching, karst, self-isolation, ontogenesis, mirabilite, Pre-Carpathian region.

**МОДЕЛЬ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ, КАРСТООБРАЗОВАНИЯ И САМОИЗОЛЯЦИИ
ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ ИЗ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ
СОЛЯНО-ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩ
И СОЛЕОТВАЛОВ КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРЕДКАРПАТЬЯ**

В. Дякив, Х. Цар

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
79005 м. Львов, ул. Грушевского, 4
E-mail: khrystynatsar@gmail.com*

Соляно-глинистые отложения, складуруемые в хвостохранилища и солеотвалы, в процессе взаимодействия с атмосферными осадками выщелачиваются, что предопределяет образование вторичной рапы. Вытекание вторичной рапы за пределы мест складирования приводит к карстообразованию приповерхностного слоя и его деформации. В результате проникновения атмосферных осадков на глубину процессы выщелачивания солей подавляются. За счет высвобождения и осаждения терригенных минералов происходит самоизоляции нижележащих соляно-глинистых отложений. Вследствие длительного взаимодействия атмосферных осадков с изолированной толщей соляно-глинистых отложений при одинаковом количестве осадков растворение легкорастворимых солей уменьшается. Это приводит к уменьшению концентрации солей и отражается на эволюционном изменении онтогенических особенностей новообразованного мирабилита.

Ключевые слова: соляно-глинистые отложения, хвостохранилища, солеотвалы, модель, выщелачивание, карстообразование, самоизоляция, онтогенез, мирабилит, Предкарпатье.

Стаття надійшла до редколегії 16.09.2010

Прийнята до друку 09.11.2010