

УДК 658.567.1.62.004.8

О.В. Шестопалов, канд. техн. наук; **Т.Б. Новожилова**;
Д.І. Нечипоренко, канд. техн. наук (НТУ«ХП»); **В.О. Панасенко**, докт. техн.
наук (ДУ«НІОХІМ»); **І.М. Рищенко**, докт. техн. наук (НТУ«ХП»)

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НАВКОЛО СХОВИЩ ВІДХОДІВ У ПІДЗЕМНИХ ПОРОЖНИНАХ ПРОМИСЛОВОГО ПОХОДЖЕННЯ

У статті розглянуто моделювання стійкості земної поверхні в районі відпрацьованих солевих камер при захороненні в них твердих відходів содового виробництва. Стаття має прикладний характер, тематика пов'язана з рішенням однієї з основних екологічних проблем - накопиченням твердих промислових відходів.

В статье рассмотрено моделирование устойчивости земной поверхности в районе отработанных солевых камер при захоронении в них твердых отходов содового производства. Статья имеет прикладной характер, тематика связана с решением одной из основных экологических проблем – накоплением твердых промышленных отходов.

The article deals with modeling of the surface stability in the area of waste salt chamber with burial in their solid waste soda production. Article has applied nature, the subject is related to the solution of one of the main environmental problems - the accumulation of industrial solid waste.

Ключові слова: соляні сховища, суспензія, шлам, закладка відходів, тампонування, підземна порожнина.

Keywords: salt deposits, sludge, slurry, wastes filling, plugging, underground cavity.

Під час вилучення з підземних надр мінеральних ресурсів, наприклад, кам'яної солі, утворюються підземні камери-порожнини, які характеризуються нестабільністю земної поверхні. Ризик просідання земної поверхні та її обрушення не дозволяє використовувати територію над підземними порожнинами для ведення господарської діяльності. Проте, заповнення промислових порожнин твердими нетоксичними відходами за умови попередження вторинного забруднення підземних водоносних джерел сприятиме зміцненню земної поверхні над ними. Крім того, заповнення відпрацьованих соляних камер твердою фазою відходів дозволяє утилізувати залишений в камері концентрований розсіл з подальшим його використанням для господарських потреб. І нарешті, закладка відходів в підземні порожнини з подальшим їх консервуванням зменшує кількість їх на поверхні і виключає вторинне забруднення біосфери. Наприклад, відходи содового виробництва (так звані "білі моря" в м. Лисичанськ та Слов'янськ) займають сотні гектарів земельних угідь і наразі не мають економічно-обґрунтованих технологій переробки. Тверда фаза цих відходів головним чином складається з малорозчинних сполук $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaSO_4 , CaCO_3 , піску та інших нерозчинних домішок. Саме тому, використання відходів содового виробництва (або інших нетоксичних малорозчинних відходів хімічної галузі) для «тампонування» підземних порожнин, утворених в соляному пласті методом вилуговування, є перспективним напрямом утилізації відпрацьованих шламонакопичувачей.

Ідея зберігання речовин як у рідкому, так і газоподібному стані у виробках вилуговування в соляних масивах вперше була опублікована у Канаді

під час Другої світової війни [1], Виробки, що утворилися після видобування солі методом підземного вилуговування біля Мерисвіля (США, Мічиган), Хутчинсона (США, Канзас) та Тіза (Велика Британія, Дахем) було перетворено на підземні сховища [2].

Сьогодні у світі вуглеводні зберігають у тисячах ємностей створених у соляних формаціях. Тільки у Франції їх нині понад 100, а на солянокупольній структурі Монт Белв'ю (Техас, США) одночасно функціонують 124 сховища-каверни [3].

Масив кам'яної солі, в якому створюються соляні сховища, є непроникним середовищем, високою міцністю від 15 МПа до 35 МПа. Соляні сховища доцільно споруджувати в могутніх пластах кам'яної солі від 50 м до 250 м, розташованих на значній площі (більше 10 км²).

Камери підземного вилуговування використовуються для ізоляції відходів нафтовидобування та радіоактивних матеріалів природного походження у США (Техас, Луїзіана, Нью-Мехіко), Канаді, Великій Британії, Німеччині, Нідерландах, Мексиці та ін. [4].

Зараз існують можливості створення герметичної порожнини підземного сховища в соляному пласті необхідного об'єму за допомогою засобів сучасної техніки при високих техніко-економічних показниках, зрівноваження надмірного тиску продуктів, що зберігаються, стовпом порід при певній глибині соляних сховищ [5].

Реалізація способу закладки твердих відходів, в тому числі і твердих відходів содового виробництва, у відпрацьованих соляних камерах передбачає приготування на їх основі пульпової суспензії, яка транспортується до підземних порожнин підземним трубопроводом. В якості рідкої фази раціонально використовувати концентрований розсіл, що попередить розчинення нових пластів кам'яної солі і зберігатиме герметичність соляної камери. Згідно узагальненої схеми закладки (рисунок 1), шламова пульпа вводиться в нижню частину камери, а насичений розсіл вичавлюється через міжтрубний простір колон або додаткову систему свердловин.

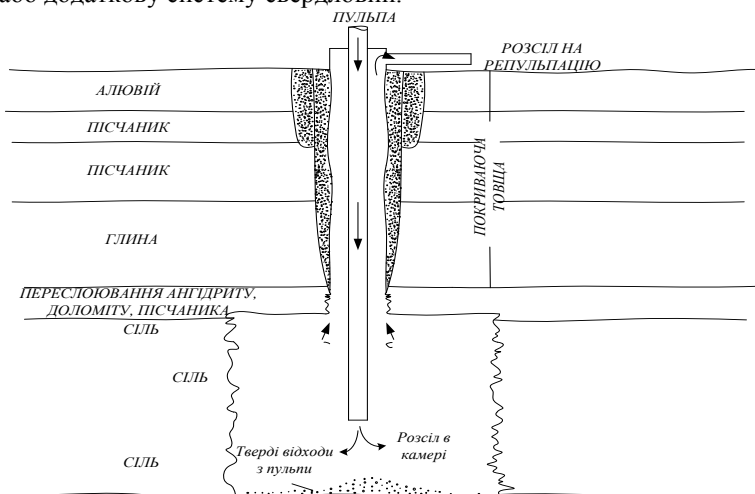


Рис. 1 Схема закладки шламу у підземну камеру

Дослідження геомеханічних процесів, що відбуваються навколо соляної камери для визначення ступеню просідання земної поверхні із закладкою відходів і без, проводилось шляхом вирішення задачі методом кінцевих елементів, реалізація якого відбувається за допомогою програмного комплексу ANSYS [6].

Згідно технології закладки твердих відходів в соляну камеру передбачається наступна постановка завдання. Відпрацьована і заповнена розсолем

соляна камера, розташовується на глибині H від поверхні і має форму циліндра з діаметром d , і висотою h . Передбачається, що пласт солі відпрацьований на повну потужність. Порооди покрівлі і підшови соляного пласта прийняті без деталізації і задані середніми для Артемівського родовища значеннями. Потужність покривних відкладень прийнята 100 м. Завдання вирішується покроково. Кожен крок відповідає закладці матеріалу на $0,25 h$. Це дозволяє виявити особливості зміни геомеханічної ситуації в тих породах, що вміщують камеру при її закладці. Завдання сформульоване в об'ємній постановці, масштаб моделювання 1:1. Моделюється ділянка масиву з розмірами $700 \text{ м} \times 700 \text{ м}$, що вміщає вказану камеру. Масив розбивався на об'ємні кінцеві елементи тетрагонів. Через асиметричність завдання моделювалася половина перетину. Завдання вирішується в нелінійній постановці, що пов'язане з наявністю в завданні контактних елементів. Властивості матеріалів підбиралися у відповідності до [7].

В результаті були встановлені картини розподілу вертикальних зсувів до і після проведення закладних робіт в підземній порожнині з типовими для розсолотропного геометричними параметрами, наведені на рисунках 2 та 3 відповідно.

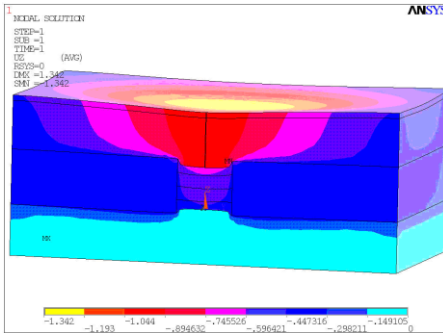


Рис. 2 – Картина розподілу вертикальних зсувів в моделі до початку закладки

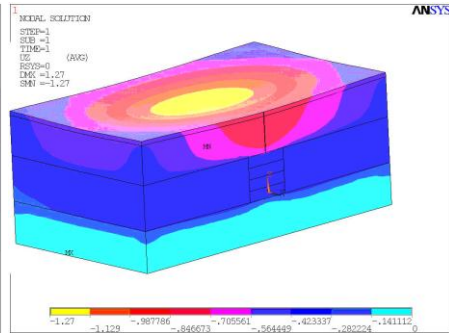


Рис. 3 – Картина розподілу вертикальних зсувів в моделі після проведення закладних робіт

Для кількісної оцінки наведено графіки розподілу вертикальних зсувів, що реалізуються на рівні умовної осі свердловини циліндрової форми (рисунки 4 та 5), згідно яких ризик просідання земної поверхні після тампонування камери відходами суттєво зменшиться (на 11 м для моделі камери з діаметром 100 м).

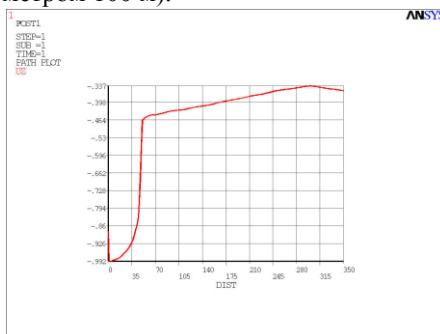


Рис. 4 – Графік зсувів земної поверхні після закладки камери

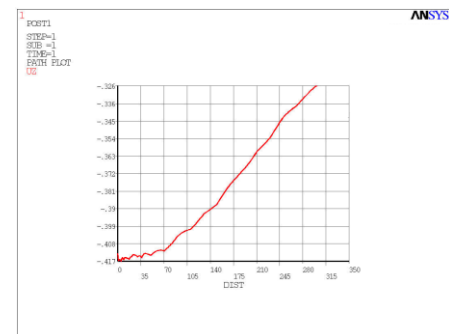


Рис. 5 – Графік зсувів порід на рівні стелі камери після закладки

Для отримання рівняння залежності досліджуваних чинників на зсуви поверхні і стелі камери за наслідками проведеного математичного моделюван-

ня методом кінцевих елементів, був проведений кореляційний аналіз із застосуванням програмного продукту SPSS 13.0.

Найбільш близьким виявився логарифмічний вид залежності для визначення зсувів до закладки і ступеневий – для визначення зсувів після закладки. Формули отримані для розрахунку зсувів і кореляційні відносини відповідних залежностей приведені в таблиці.

Таблиця

Результати кореляційного аналізу закладки підземної
циліндрової камери твердими відходами

Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції, R^2
$U_{nod} = -0,766 \cdot \ln(D) - 0,820 \cdot \ln(H) - 0,60 \cdot \ln(L) + 0,18 \cdot H + 6,238$	0,779
$U_{cm1} = 0,102 \cdot \ln(D) - 0,564 \cdot \ln(H) - 0,138 \cdot \ln(L) + 0,16 \cdot H + 1,717$	0,958
$U_{noe2} = 4 \cdot 10^{10} \cdot H^{-8,69} + 0,02 \cdot D - 0,01L + 0,119$	0,874
$U_{cm2} = -424,529 \cdot H^0 + 0,02 \cdot D - 0,01L + 421,176$	0,704

де U_{nod} , U_{noe2} – зсуви поверхні без і з проведенням закладки відповідно, м;
 U_{cm1} , U_{cm2} – зсуви стелі камери без і з проведенням закладки відповідно, м;
 D – діаметр камери, м; H – глибина закладання камери, м; L – висота камери, м.

Висновки

Таким чином, знаючи розміри камери і глибину її закладання, користуючись отриманими формулами можна прогнозувати зсуви без закладки і з проведенням закладних робіт, визначити рівень загрози розвитку обваллення порід і просідання земної поверхні.

Література

1. Bays C.A. Use of Salt Solution Cavities for Underground Storage / C.A. Bays // Symp. Salt-Northern Ohio Geol. Soc. – Ohio, 1963. – 564 p.
2. Thoms R.L. A brief history of salt cavern use (keynote paper) / R.L. Thoms, R.M. Gehle // Proc. 8th World Salt Symp. / R.M. Geertman ed. – Elsevier, 2002. – P. 207-214.
3. Шехунова С.Б. Використання соляних формацій для ізоляції радіоактивних відходів: світовий досвід, проблеми, перспективи України / С.Б. Шехунова // Геол. журн. – К.: Изд-во «КИГЛ», 1999. – № 4. – С. 45-53.
4. Аксютин О.Е. Экологическая безопасность строительства и эксплуатации подземных хранилищ газонефтепродуктов в отложениях каменной соли / О.Е. Аксютин, В.А. Казарян, А.Г. Ишков и др. – М.: Ижевск: РХД; Ин-т компьютер. исслед., 2010. – 419 с.
5. Богданов, Ю.М. Восстановление герметичности затрубного пространства скважин ПХ в каменной соли / Ю.М. Богданов // Газовая промышленность. – М.: ООО "Газоил пресс", 2004. – № 2. – С. 28-30.
6. Болдырев Г.Г. Моделирование деформационных процессов в грунтах с использованием программ ANSYS и LS-DYNA / Г.Г. Болдырев, А.Ю. Муйземнек, И.М. Мальшев // Сб. трудов шестой конференции пользователей программного обеспечения CAD-FEM GMBH - (20-21 апреля 2006 г.) – 2006 г. – С. 9 – 20.

7. Распределение и корреляция показателей физических свойств горных пород: Справочное пособие / [сост. М.М. Протодяконов, Р.И. Тедер, Е.И. Ильницкая и др.] – М.: «Недра», 1981. – С. 185-187.

УДК 678.046.3

В.И. Алексеев, канд. техн. наук (ГУ «НИОХИМ»); В.И. Семений (ПАТ ТЗ «Славутич»); А.В.Алексеев (УкрНИИгаз)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА НЕКОТОРЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ПЛАСТМАСС В УКРАИНЕ

Виконаний аналіз стану розробок у сфері застосування і виробництва наповнювачів пластмас на основі карбонату кальцію. Обґрунтована необхідність промислового освоєння технологій отримання таких наповнювачів на основі твердих і рідких відходів виробництв кальцинованої соди, очищеного гідрокарбонату і виварювальної солі.

Выполнен анализ состояния разработок в области применения и производства наполнителей пластмасс на основе карбоната кальция. Обоснована необходимость промышленного освоения технологий получения таких наполнителей на основе твердых и жидких отходов производств кальцинированной соды, очищенного гидрокарбоната и выварочной соли.

Analysis of developments in manufacture of plastic mass fillers based on calcium carbonate. Necessity to implement industrial processes for obtaining such fillers based on solid and liquid wastes of soda ash, refined hydrocarbonate and solar salt process waste is substantiated.

Ключевые слова: наполнители пластмасс, карбонат кальция, производство содопродуктов, отходы твердые и жидкие, утилизация.

Keywords: plastic mass fillers, calcium carbonate, soda products manufacture, solid and liquid wastes, utilization.

В Украине, как и во всем мире, пластмассы получили широкое распространение. Причиной этого являются их сравнительно низкая цена, легкость переработки, а зачастую и уникальные свойства. Пластмассы применяются практически во всех отраслях народного хозяйства. Ожидается, что в скором времени они проникнут даже в технику высоких температур, т.к. уже получены пластмассы, выдерживающие температуры до 2500 °С. В связи с этим развитие химических технологий, помогающих создавать вещества с заданными свойствами, позволяет говорить, без всякого преувеличения, о том, что пластмассы являются одним из важнейших материалов будущего.

Создание и интенсивное развитие во всем мире и в Украине производства пластических масс, наполненных карбонатом кальция и другими минеральными наполнителями, открыло широкую перспективу для создания различных материалов с заданными свойствами, которые дали бы возможность заменить более дорогие материалы (как металлы, так и пластмассы).

Известно [1], что еще в 80-х годах прошлого века только в США производством таких добавок для пластмасс занимались не менее 400 фирм, владеющих заводами и промышленными установками.

Длительное время наполнители в пластмассах применялись, в основном, для снижения себестоимости материала. В настоящее время они исполь-