

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯВИЩА ІНФІЛЬТРАЦІЇ КИСЛИХ РОЗЧИНІВ ЗАЛІЗНОГО КУПОРОСУ

Барсукова Г.В., к.т.н., асистент, Сумський національний аграрний університет.

Згідно з дослідженнями українських вчених, найбільшу шкоду навколишньому середовищу спричиняють транспорт, промисловість, енергетика та сільське господарство.

Однак, лідером є хімічна промисловість, якій притаманно значні обсяги виробництва та багатотоннажність відходів. Накопичення великої кількості відходів негативно впливає на навколишнє середовище.

Тому питання про впровадження природозберігаючих технологій у цих сферах життєдіяльності стоїть особливо гостро.

Протягом минулих років питання забезпечення екологічної безпеки в Україні багато декларувалися, але реально не вирішувалися на рівні державного керівництва [1].

Найочевиднішим прикладом є стан ґрунтів, де розташовані підприємства з виробництва пігментного двоокису титана. У світі є декілька способів отримання пігментного двоокису титана. ПАТ «Сумхімпром» використовує сульфатокислотний, недоліком якого є багатостадійність та утворення значної кількості кислих відходів. В заміській смузі м. Суми ґрунтовий покрив в буквальному сенсі перетворюється на мертву землю.

Скрізь можна спостерігати одну й ту саму тенденцію – екологічні проблеми накопичуються та консервуються. А чиновники незмінно оперують тезою про відсутність належних коштів в держбюджеті/місцевих бюджетах на вирішення цих проблем.

В даній статті висвітлена проблема утворення та зберігання відходів хімічної промисловості на відкритих територіях. Досліджено процес інфільтрації кислих розчинів залізного купоросу до ґрунту. Визначено основні характеристики та дані явища водонепроникності. Проведено безліч дослідів, завдяки яким можливо побудувати математичну модель та виявити, яким чином відбувається акумулювання кислих розчинів залізного купоросу в ґрунтовому середовищі.

Ключові слова: залізний купорос, сірчана кислота, водонепроникність, закиснення, дифузія.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Головною екологічною проблемою сьогодення є складування промислових твердих відходів на відкритих територіях, внаслідок чого відбувається забруднення навколишнього середовища. Небезпека в складуванні залізного купоросу полягає в тому, що до його складу входить вільна сірчана кислота, кількість якої

складає 24 %. Вільна сірчана кислота в даному випадку є забруднювачем родючого шару ґрунту, що також унеможлиблює діагностування накопичення її у нижніх шарах ґрунтових екосистем, що в кінцевому результаті спричиняє повільне забруднення басейнів підземних вод, які можуть знаходитися на досить незначній глибині від поверхні ґрунтів (від 3 до 30 м).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Не дивлячись на велику кількість накопичених відходів, що мають залишкову сірчану кислоту, на сьогодні практично відсутні методи оцінки забруднення ними навколишнього середовища та моделювання процесів просочування. На жаль, відсутня інформація про взаємозв'язок кислих розчинів залізного купоросу з екосистемами.

Вченими на теперішній час вивчені гідродинамічні моделі просочування, які характеризуються рухом рідини в порожньому середовищі за теорією фільтрації [2, 3] та шкода кислих розчинів залізного купоросу для живих організмів. Невивченими залишились механізми просочування кислих розчинів залізного купоросу у ґрунтових екосистемах.

Формулювання цілі статті (постановка завдання). Аналізуючи ситуацію, що створилася, накопичення відходу та проникнення його кислих розчинів до ґрунту, є проблемою актуальною.

Метою даного дослідження є вивчення явища інфільтрації та накопичення кислих розчинів залізного купоросу на різну глибину та відстань у ґрунтовому середовищі.

Для виконання цього завдання є знаходження коефіцієнту фільтрації на різній глибині. Простеження зміни коефіцієнту фільтрації від щільності ґрунту. Знаходження експериментальним шляхом коефіцієнту дифузії та щільності потоку стане початком для розробки ефективної математичної моделі проникнення агресивного середовища до ґрунту. В свою чергу, створення математичної моделі стане позитивним наслідком дослідження явища інфільтрації кислих розчинів, і дозволить уявити місцезнаходження та кількість кислих розчинів залізного купоросу у ґрунті, за рахунок чого відбудеться зменшення екологічного навантаження та підвищення екологічної безпеки регіонів, де розташовані підприємства з виробництва двоокису титану.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розподіл кислих розчинів залізного купоросу, що проникають у глибину ґрунтів, залежить від багатьох факторів, в першу чергу, від кліматичних умов розташування ґрунтів, фізико-хімічних властивостей ґрунтів, характеру та джерел їх надходження до екосистем, хімічного та гранулометричного складу ґрунтоутворюючих порід [4, 5].

Інфільтрація кислих розчинів проходить за рахунок випадання атмосферних опадів та танення снігового покриву. Процес інфільтрації відбувається періодично в залежності від сприятливих метеорологічних умов у певні проміжки часу. Цей процес відбувається до певної

глибини, оскільки потік води з поверхні поглинається на своєму шляху частинками ґрунтових екосистем або попадає у потік ґрунтових вод, що визначає глибину його проникнення.

Дослідження інфільтрації розчинів сірчаної кислоти проводили на прикладі сірого ґрунту, оскільки цей тип домінує в районі відвалу залізного купоросу. Проникнення кислих розчинів залізного купоросу до ґрунтового середовища відбувається за допомогою інфільтрації.

Для більш детального опису забруднення ґрунтів кислими розчинами залізного купоросу, утвореними внаслідок розчинення деякої маси залізного купоросу атмосферними опадами, необхідно створити модель локального техногенного забруднення.

Водопроникність ґрунтів найтісніше пов'язана з їх фізичними властивостями, в першу чергу, з щільністю, яка визначає розмір ґрунтових пор і впливає на швидкість просочування води через ґрунт. Швидкість інфільтрації характеризується коефіцієнтом фільтрації, який знаходили спочатку для ґрунтів контрольних зразків, відібраних в природних умовах с. Могриця. Для орного шару сірого ґрунту досліджуваного району коефіцієнт фільтрації варіюється від 0,85 мкм/с до 0,9 мкм/с залежно від щільності ґрунту [6, 7].

У таблиці 1 наведено коефіцієнт фільтрації для контрольних зразків.

Таблиця 1 – Коефіцієнт фільтрації для сірого ґрунту с. Могриця

№	Глибина, м	Щільність, кг/м ³	Коефіцієнт фільтрації, мкм/с
1	0	1520	1,1
2	0,1	1530	1,06
3	0,2	1550	0,95
4	0,3	1570	0,92
5	0,4	1600	0,9
6	0,5	1620	0,89
7	0,6	1630	0,87
8	0,7	1640	0,86
9	0,8	1650	0,85
10	0,9	1660	0,82
11	1	1670	0,79
12	1,1	1680	0,75
13	1,2	1680	0,75

Між коефіцієнтом фільтрації та щільністю ґрунту існує обернений зв'язок. Відображення залежності коефіцієнта фільтрації від щільності з глибиною контрольних зразків зображено на рисунку 1.

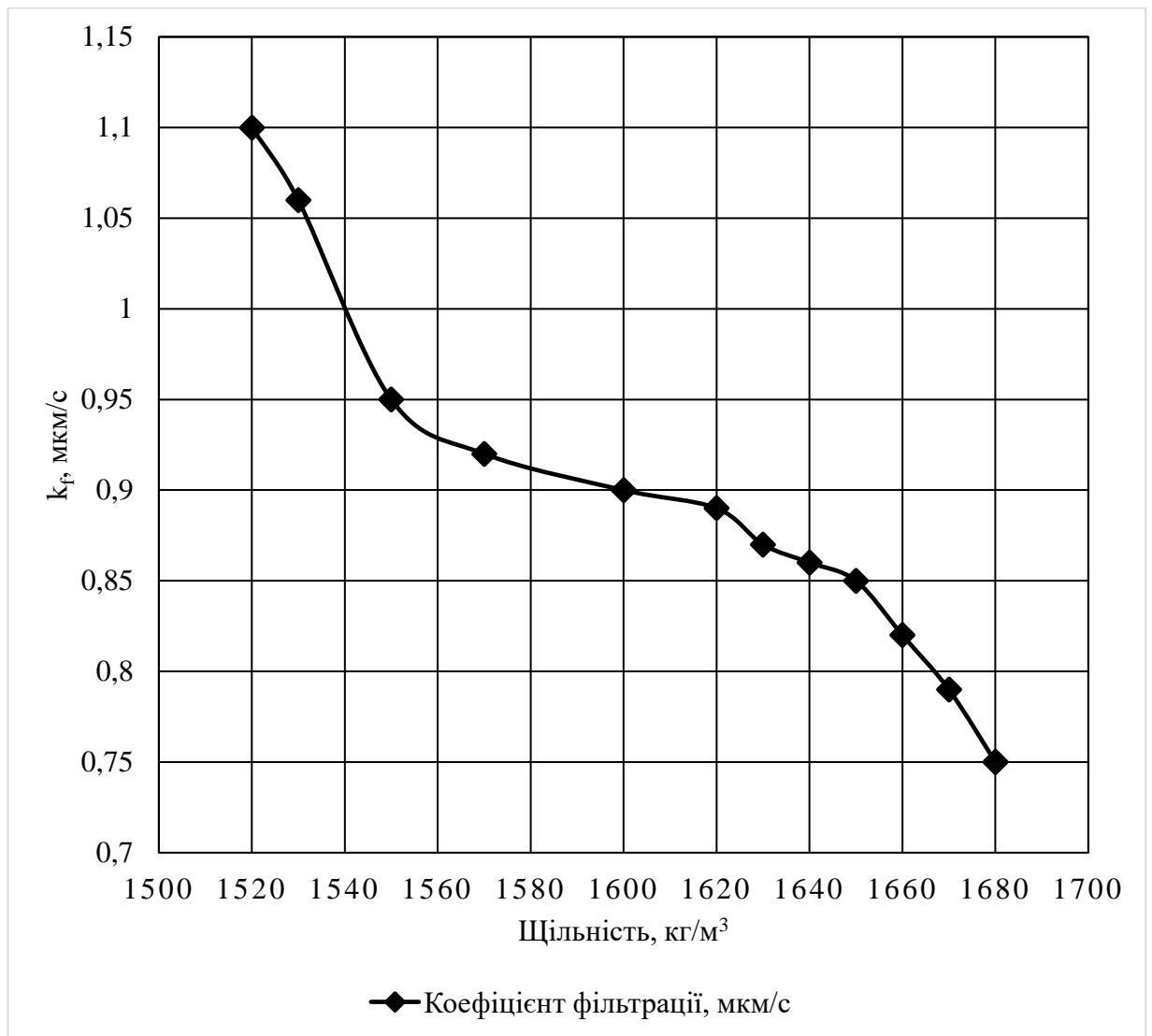


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта фільтрації від щільності ґрунту контрольних зразків

Як видно з рисунку 1 щільність контрольних зразків зростає з 1520 кг/м³ до 1680 кг/м³, в свою чергу, коефіцієнт фільтрації ґрунту відповідно знижується з 1,1 мкм/с до 0,75 мкм/с. Зв'язок між двома показниками існує і є зворотним. Знайдені показники контрольних зразків не суттєво відрізняються від показників, взятих з літературних джерел [6, 7]. Розбіжність між значеннями для щільності знаходиться в інтервалі 0,02–0,03 кг/м³, а для коефіцієнта фільтрації 0,1–0,2 мкм/с. Похибка відносно має не велике значення ($\pm 0,01$ –0,1), тому показники контрольних зразків можна використовувати в якості еталону.

Експериментально були знайдені коефіцієнти фільтрації ґрунтів для кожного місця відбору відвалу залізного купоросу, які порівнювалися з показниками контрольних зразків. Для більш чіткого уявлення зміни коефіцієнтів фільтрації з глибиною були побудовані на рисунку 2.

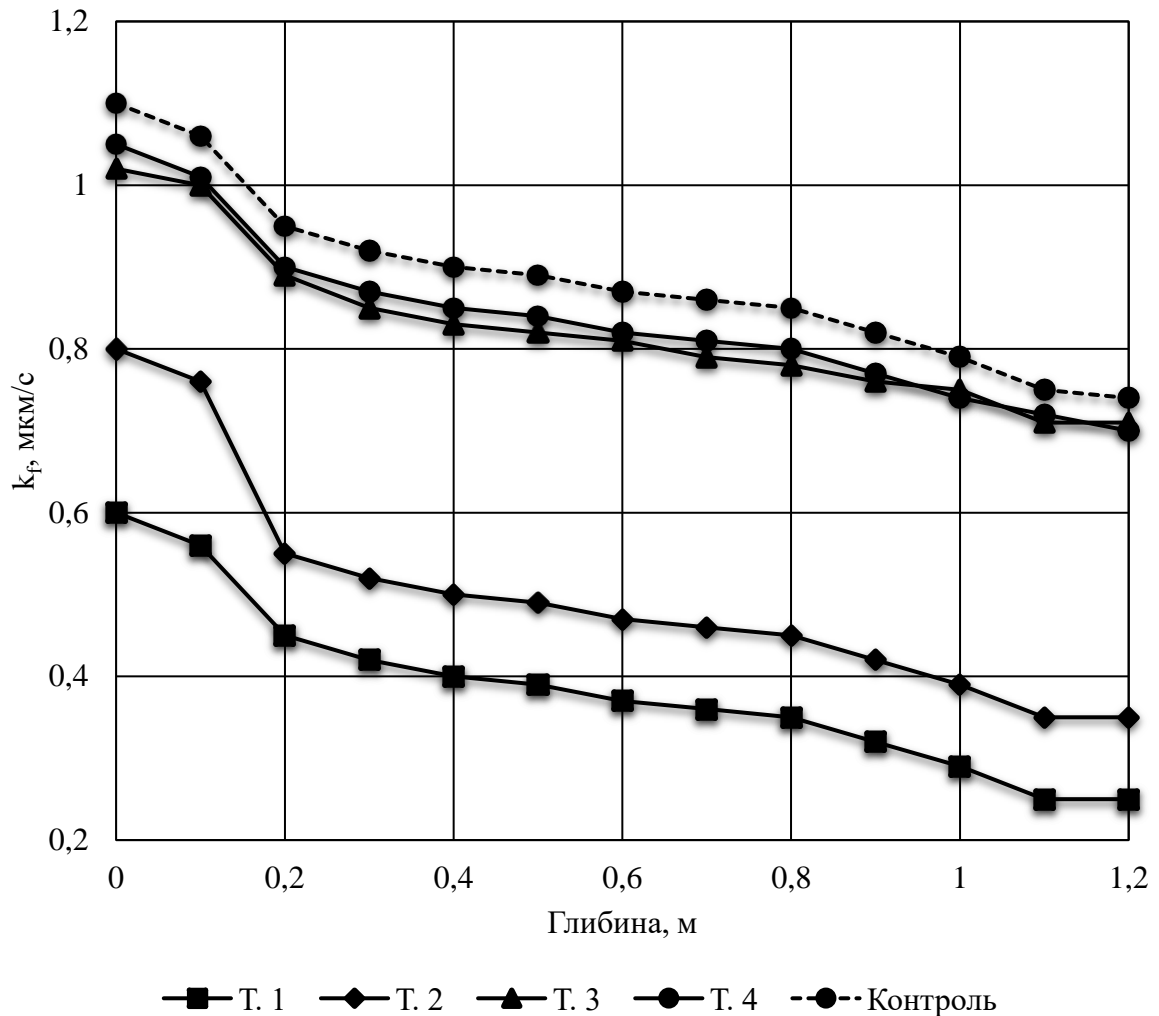


Рисунок 2 – Зміна коефіцієнтів фільтрації з глибиною в Т. 1, Т. 2, Т. 3, Т. 4

На рисунку 2 зображені зміни основних фізичних показників водопроникності. Спостерігаються чіткі зміни показників коефіцієнту фільтрації. У Т. 1 ґрунт ущільнився з $0,4 \text{ кг/м}^3$ до $2,7 \text{ кг/м}^3$, а коефіцієнт фільтрації знизився з $0,4 \text{ мкм/с}$ до $0,3 \text{ мкм/с}$. У Т. 2 фізичні зміни ґрунту відбуваються за таким же принципом, як і в Т. 1. При збільшенні щільності ґрунту з $0,3 \text{ кг/м}^3$ до $2,2 \text{ кг/м}^3$, а коефіцієнт фільтрації знизився на $0,5 \text{ мкм/с}$ на всій ділянці відбору проб ґрунту.

Зміна коефіцієнтів фільтрації ґрунтів у Т. 4 та Т. 3 відбору проб на діючому відвалі залізного купоросу, що відображено на рисунку 3.11, простежуються помітні зміни в порівнянні з показниками контрольних зразків. Щільність ґрунту змінюється з $0,2 \text{ кг/м}^3$ до $2,2 \text{ кг/м}^3$ в Т. 4 та Т. 3 одночасно. Рівномірно знизився і коефіцієнт фільтрації з глибиною на $0,05 \text{ мкм/с}$ у Т. 4 та на $0,04 \text{ мкм/с}$ у Т. 3.

Однак на відстані 10 м від СЗЗ у Т. 5–Т. 6 ще спостерігаються занижені значення коефіцієнтів фільтрації ($0,7\text{--}0,8 \text{ мкм/с}$), а в Т. 7 досягло нормованого значення ($1,0$). Досліджувались також ґрунти в Т. 8–Т. 9. В цих місцях відбору проб нормованого значення коефіцієнт фільтрації досяг на відстані 20–30 м від СЗЗ $0,9\text{--}1,0 \text{ мкм/с}$ відповідно.

Проведені дослідження підтверджують, що у східному та південному напрямках в порівнянні із західним і північним відбуваються суттєві порушення основних показників водопроникності ґрунту. Чітка залежність у східному та південному напрямках спостерігається, як зазначалося вище, через сприятливі метеорологічні умови. Через домінуючі південні і східні вітри до ґрунту потрапляє достатня кількість кислих розчинів залізного купоросу. Накопичення такого роду забруднювача в ґрунтового середовищі приводить до зниження коефіцієнту фільтрації, внаслідок чого ґрунт стає ущільненим і перетворюється на глибу. Такий ґрунт мертвий і перестає цікавити людину у сільському господарстві.

На відміну від щільності і коефіцієнта фільтрації велику роль у вивченні явища водопроникності ґрунту відіграють *коефіцієнт* та *щільність дифузії*.

Коефіцієнт дифузії було розраховано за допомогою рівняння (1):

$$q = -D \cdot \frac{dc}{dn} \rightarrow D = -q \frac{dn}{dc}, \quad (1)$$

де q – щільність дифузного потоку, $\text{кг}/\text{м}^2$, $q = \frac{G}{F \cdot t}$;

G – вага речовини, кг ;

F – площа поверхні, м^2 ;

t – час проходження речовини, с ;

D – коефіцієнт дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$;

n – похідна по нормалі (товща ґрунту), м ;

C – концентрація (водна кислотність ґрунту).

Дослідним шляхом було визначено щільність дифузії для сірого ґрунту, яка дорівнює $1,63 \cdot 10^{-10} \text{ кг}/\text{м}^2$. Підставляючи цю величину до рівняння (1), отримали коефіцієнт дифузії, що становить $1,51 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$.

Висновки. При вивченні проникнення кислих розчинів до ґрунту було встановлено залежність коефіцієнта фільтрації від щільності ґрунту: із збільшенням щільності (з глибиною) коефіцієнт фільтрації знижувався. На основі експериментальних досліджень розраховані такі показники, як коефіцієнт дифузії ($1,51 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$) та величина щільності дифузійного потоку ($1,63 \cdot 10^{-10} \text{ кг}/\text{м}^2$).

Проведене дослідження явища водопроникності ґрунту та отримання її основних показників дозволяє побудувати ефективну модель накопичення та розповсюдження кислих розчинів залізного купоросу на різну глибину до ґрунтового середовища, що є необхідним кроком в боротьбі з накопиченням кислих твердих відходів хімічної промисловості та попередженні виникнення екологічного лиха.

Список використаної літератури

1. Основні екологічні проблеми України. Аналітична записка [Електронний ресурс] / Доповідь Національного інституту стратегічних досліджень при Президентові України. – Режим доступу: <https://ecotown.com.ua/news/Osnovni-ekolohichni-problemy-Ukrayiny-u-2014-rotsi/>.
2. Гладкий А. В. Основи математичного моделювання в екології / А. В. Гладкий, І. В. Сергієнко, В. В. Скопєцький, Ю. А. Гладка. – К. : НТУУ «КПІ», 2009 г. – 240 с.
3. Круглова Н. А. Моделирование процесса негативного влияния отходов производства титан (IV) оксида на почвы / Н. А. Круглова // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте, 2013: сборник научных трудов SWorld, Иваново, 2013 г. В 4, Т.10 / МАРКОВА АД. И, 2013. – С. 3–9.
4. Городній М. М. Агроєкологія / М. М. Городній, М. К. Шикуча, І. М. Гудков. – К. : Вища школа, 1993. – 160 с.
5. Атмосферные нагрузки загрязняющих веществ на территории СССР. – М. : Гидрометеиздат. – 1991. – 188 с.
6. И. А. Шека Техническая двуокись титана и ее получение из изменного ильменита серноокислотным методом / И. А. Шека // Наукова думка. – 1968. – 178 с.
7. Круглова Н. А. Моделирование процесса негативного влияния отходов производства титан (IV) оксида на почвы / Н. А. Круглова // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте, 2013: сборник научных трудов SWorld, Иваново, 2013 г. В 4, Т.10 / МАРКОВА АД. И, 2013. – С. 3–9.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ИНФИЛЬТРАЦИИ КИСЛЫЙ РАСТВОР ЖЕЛЕЗНОГО КУПОРОСА

Барсукова Анна, к.т.н., ассистент, Сумский национальный аграрный университет.

Согласно исследованиям украинских ученых, наибольший вред окружающей среде вызывают транспорт, промышленность, энергетика и сельское хозяйство.

Однако, лидером является химическая промышленность, которой свойственно значительные объемы производства и багатотоннажность отходов. Накопление большого количества отходов негативно влияет на окружающую среду.

Поэтому вопрос о внедрении природосберегающих технологий в этих сферах жизнедеятельности стоит особенно остро.

В течение прошлых лет вопрос обеспечения экологической безопасности в Украине много декларировались, но реально не решались на уровне государственного руководства.

Наиболее очевидным примером является состояние почв, где расположены предприятия по производству пигментной двуокиси титана. В мире есть несколько способов получения пигментной двуокиси титана. ПАО «Сумыхимпром» использует сульфатокислотный, недостатком которого является многостадийность и образования значительного количества кислых отходов. В загородной полосе г. Сумы почвенный покров в буквальном смысле превращается в мертвую землю.

Везде можно наблюдать одну и ту же тенденцию - экологические проблемы накапливаются и консервируются. А чиновники неизменно оперируют тезисом об отсутствии надлежащих средств в госбюжете / местном бюджетах на решение этих проблем.

В данной статье освещена проблема образования и хранения отходов химической промышленности на открытых территориях. Исследован процесс инфильтрации кислых растворов железного купороса в почву. Определены основные характеристики и данные явления водопроницаемости. Проведено множество опытов, благодаря которым возможно построить математическую модель и выявить, каким образом происходит аккумуляция кислых растворов железного купороса в почвенной среде.

Ключевые слова: железный купорос, серная кислота, водопроницаемость, закисление, диффузия.

RESEARCH OF THE PHENOMENON OF INFILTRATION ACIDIC SOLUTION OF IRON SULPHATE

Barsukova Ganna, Ph.D., Assistant, Sumy National Agricultural University.

According to studies by Ukrainian scientists, the greatest environmental damage is caused by transport, industry, energy and agriculture.

However, the leader is the chemical industry, which is characterized by significant volumes of production and multiplicity of waste. The accumulation of a large amount of waste negatively affects the environment.

Therefore, the issue of the introduction of nature conservation technologies in these areas of life is particularly acute.

Over the past years, issues of environmental security in Ukraine have been widely reported, but not really resolved at the level of state leadership.

The most obvious example is the state of the soil, where companies producing pigmentary titanium dioxide are located. In the world there are several ways to get pigmental titanium dioxide. PJSC "Sumykhimprom" uses sulfate acid, the disadvantage of which is the multi-stage and the

formation of a significant amount of acid waste. In the suburban strip of Sumy, the soil cover in the literal sense turns into a dead land.

Everywhere one can observe the same tendency - ecological problems accumulate and preserve. And officials consistently use the thesis of the lack of adequate funds in the state budget / local budgets to solve these problems.

The article deals with the problem of the formation and storage of chemical industry waste in open territories. The process of infiltration of acid solutions of iron sulfate to the soil is studied. The basic characteristics and data of the permeability phenomena are determined. Many experiments have been carried out, which make it possible to construct a mathematical model and to find out how the accumulation of acidic solutions of iron sulfate in the soil environment takes place.

Keywords: iron sulfate, sulfuric acid, water permeability, acidification, diffusion.