

УДК 614.7:622.012:622'17

ГІГІЄНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ХВОСТОСХОВИЩ ТА ШЛАМОНАКОПИЧУВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

Трахтенгерц Г.А.

ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ

Актуальність. Підприємства гірничо-збагачувального комплексу чорної металургії належать до числа водоемних виробництв, на яких утвориться значний об'єм інтенсивно забруднених технологічних вод. У багатьох випадках ступінь забруднення цих стоків настільки велика, що вони являють собою пульпу (співвідношення твердої фази до рідкої становить 1:10). При цьому в пульпі містяться різноманітні хімічні сполуки (флото-реанти, важкі метали та ін.). Для цієї категорії стічних вод не розроблені ефективні способи промислового очищення. Разом з тим, обсяг осаду в стічних водах настільки великий, що потрібно його складування в великих місткостях. В якості таких місткостей використовуються спеціально побудовані гідротехнічні споруди (хвостосховища, шламонакопичувачі) або, в окремих випадках, природні невеликі водойми, що не мають народногосподарського значення після певного інженерного облаштування.

Тривала експлуатація хвостосховищ приводить до того, що поблизу багатьох підприємств гірничо-збагачувального комплексу накопичується величезна кількість рідких і твердих промислових відходів [1]. Більша частина хвостохранилищ побудована без дотримання необхідних санітарно-технічних вимог (гідроізоляція ложа, регульований скид та ін.) і експлуатується з великими навантаженнями [2]. Не виключаються аварійні ситуації, при яких виникає реальна небезпека залпового скидання стічних вод у водойми. Наприклад, багато хвостосховищ Криворізького промислового вузла проектувалися з висотою дамб обвалування, до 30 м, однак у процесі багаторічної експлуатації через нерозв'язаність проблеми утилізації відходів у зв'язку з необхідністю приймати зростаючі кількості пульпи в результаті багаторазових реконструкцій з нарощуванням висоти дамб

обвалування, висота їх уже в деяких випадках доходить до 90 і більше метрів.

Виробництво глинозему сполучене з нагромадженням значних кількостей червоного шламу – пульпоподібної субстанції з високим вмістом солей заліза й дуже високим значенням рН (до 12 одиниць).

У хвостах збагачення залізної руди, як правило, переважають частки пиловатих фракцій (0.05-0.005 мм), їхній зміст у загальній масі хвостів може досягати 50% і більше, що обумовлено технологічними особливостями процесу збагачення залізної руди з перевагою механічного подрібнення збагачуваного матеріалу. Це робить хвостосховища надзвичайно небезпечним джерелом пилоутворення і являє загрозу для прилеглих територій, що мало місце на Миколаївському глиноземному заводі в 2011-2012 р.

Дослідження гранулометричного складу червоного шламу показують перевагу в ньому часток глинистих фракцій (від 1 мкм), тому що в технології одержання алюмінієвої сировини переважають процеси хімічного вилужування. Однак з досвіду експлуатації шламосховищ МГЗ витікає, що за певних умов (при виході з ладу системи зволоження шламу при низьких температурах) може відбуватись аерогенна міграція значних обсягів червоного шламу за межі сховищ.

За фізико-хімічними особливостями хвости збагачення залізної руди й червоний шлам істотно відрізняються, але нагромадження цих відходів у сховищах створює багато в чому схожі проблеми техногенного впливу на прилеглі території, у яких найбільш важливу роль грає аерогенне перенесення часток за межі сховищ. У зв'язку із цим при проектуванні реконструкції сховищ дуже важливо контролювати правильність визначення обсягів емісії пилу з цих об'єктів накопичення та зберігання відходів, оскільки

швидкості вітру істотно зростають у міру збільшення висоти споруд.

Тобто, при тому, що фізико-хімічні особливості хвостів збагачення залізної руди й червоного шламу істотно відрізняються, нагромадження цих відходів у сховищах створює багато в чому схожі проблеми техногенного впливу на прилеглі території, у яких найбільш важливу роль грає аерогенне перенесення часток за межі сховищ. У зв'язку із цим у порядку попереднього нагляду при експертизі проектів реконструкції сховищ дуже важливо контролювати правильність визначення обсягів емісії пилу, оскільки швидкості вітру істотно зростають у міру збільшення висоти споруд.

Досвід експлуатації сховищ показує також наявність міграції забруднених високомінералізованих вод з високим вмістом різних хімічних речовин із хвостосховищ у підземні водоносні горизонти [3].

Мета. Враховуючі те, що хвостосховища та шламонакупичувачі є об'єктами, що спричиняють потужний негативний вплив на прилеглі території та умови приживання населення прилеглих до них територій, а також беручи до уваги, що цей негативний вплив поширюється на усі компоненти довкілля: аерогенний перенос хвостів та шламів забруднює повітря та верхній шар ґрунту, водним шляхом забруднюються поверхневі, ґрунтові та підземні води, можливе поширення явищ підтоплення та заболочування територій, забруднення ґрунту та гідросфери може спричинити забруднення рослин, фахівцями лабораторії гігієни ґрунту та відходів ДУ ІГМЕ НАМНУ у співробітництві з Українським державним науково-дослідним і проектно-вишукувальним інститутом "УкрНДІводоканалпроект" при роботі над ДБН В.2.4-5:2012 "Хвостосховища і шламонакупичувачі. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво", було запропоновано цілий ряд методичних підходів до проектування цих об'єктів.

Основний матеріал. Пріоритетними забруднювачами атмосферного повітря в зоні впливу шламо- та хвостосховищ підприємств гірничо-збагачувального комплексу (ГЗК) є неорганічний пил з різним відсотком вмісту SiO_2 . Крім того, обов'язковим є врахування забруднювачів повітря з вмістом токсичних

компонентів (Mn, Fe, Co, Ni), а також NO_2 та CO.

Проектні матеріали розділу оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС) повинні мати розрахунки розсіювання в приземному шарі атмосферного повітря не тільки за вказаними вище, але і за іншими забруднювачами атмосферного повітря та інших середовищ при зміні традиційних методів збагачення і використанні флот агентів, клас токсичності яких вищий ніж специфічний пил. Розрахунки повинні бути виконані за допомогою програмних засобів, що реалізують методика ОНД-86 з урахуванням збільшення висоти об'єкту, тобто при розрахунках емісії часток хвостів та шламів слід враховувати збільшення швидкості вітру при підйомі відміток карт сховищ над природнім рельєфом місцевості.

При розрахунках обсягів надходження пріоритетних забруднювачів в атмосферне повітря слід враховувати високу частку неупорядкованих джерел і використовувати методики, орієнтовані на обчислення потужності неорганізованих джерел викидів та враховувати дисперсність відходів.

Джерелом надходження неорганічного пилу в атмосферне повітря є відкоси дамб обвалування хвостосховищ, які відсипаються як правило з великоуламкової породи та сухих хвостів збагачення ГЗК, а також сухі пляжі та карти хвостосховищ. Підтримування карт хвостосховищ у зволоженому стані суттєво зменшує пилоутворення, але оскільки хвостосховища майже постійно знаходяться у стані реконструкції з нарощуванням об'ємів за рахунок збільшення висоти дамб, необхідність виконання робіт з використанням важкої будівельної техніки примушує експлуатуючі об'єкти установи осушувати ділянки акваторії і пляжів, де виконуються роботи по реконструкції. Враховуючі вищевикладене, виконання натурних замірів при здійсненні проектного моніторингу довкілля в зоні впливу об'єктів необхідно робити за несприятливих метеорологічних та інших умов, коли рух повітря та робота будівельної техніки і можливі інші чинники спричиняють підйом пилу. Моніторинг за такими техногенними об'єктами повинен виконуватись шляхом натурних замірів концентрацій забруднювачів атмосферного повітря в контрольних точках

відповідно до розрахункової схеми розсіювання в порівнянні з даними замірів із розрахунковими концентраціями відповідно до розділу ОВНС проекту.

Оцінка якості атмосферного повітря повинна виконуватись відповідно до ДСП 201-97 „Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами)”.

При оцінці впливів хвостосховищ та шламонакопичувачів на водне середовище необхідно визначити розрахунковий водний баланс об'єктів, обсяги фільтрації та напрямки руху і розвантаження фільтраційних потоків в ґрунті. Розраховуючи обсяги фільтрації слід брати до уваги можливість використання флотації в технологічних процесах ГЗК, до яких належать хвостосховища, оскільки наявність в хвостосховищах флотагентів може спричинити суттєве збільшення проникливості ложа сховищ.

У разі коли розвантаження фільтраційних та дренажних вод здійснюється в поверхневі водойми, необхідно оцінити вплив надходження фільтраційного потоку на якість води в водоймі.

Необхідно визначити наявність джерел централізованого питного водопостачання населення на прилеглих до хвостосховищ територіях в зоні впливу цих об'єктів. У разі їх наявності необхідно виконати ретроспективний аналіз якості води цих джерел з метою виявлення та оцінки впливу об'єктів дослідження на якість води в джерелах центра-

лізованого водопостачання. У разі виявлення стійкої тенденції до погіршення якості питної води в джерелах централізованого питного водопостачання необхідно передбачати у проекті додаткові ефективні заходи по захисту джерел централізованого водопостачання та нейтралізації негативного впливу на них об'єктів дослідження.

При проектуванні реконструкції таких об'єктів зі збільшенням їх обсягу необхідно обстежити кільцевий дренаж навколо об'єкту, оцінити його стан, визначити обсяги дренажних вод, їх санітарно-хімічні показники та встановити куди вони спрямовуються. В зоні впливу об'єкту необхідно передбачити мережу наглядових свердловин для моніторингу санітарно-хімічні показники фільтраційних вод з визначенням їх відмінності від природних підземних вод на відповідних водонасичуючих горизонтах.

Так наприклад, до 1968 року мінералізація хвостосховища ПнГЗК у Кривому Розі не перевищувала 1 г/дм^3 , в період з 1972 по 1981 роки мінералізація знаходилася у межах $1,4-1,7 \text{ г/дм}^3$ з переважанням хлоридно-сульфатних магнієво-натрієвих іонів, що пояснюється збільшенням об'ємів кар'єрних вод, переважанням процесів випаровування над опадами та надходженням у шламонакопичувач річкових вод з мінералізацією понад 1 г/дм^3 . У 1982 році в результаті скидання у хвостосховище шахтних високомінералізованих вод мінералізація підвищилася з $2,5$ до 5 г/дм^3 і наприкінці 1992 року склала приблизно $10-11 \text{ г/л}$.



Рисунок 1. Динаміка змін мінералізації вод хвостосховища ПнГЗК.

Склад зворотної води став хлоридно-натрієвим з вмістом хлоридів близько 5.3 г/дм^3 , сульфатів – 1.1 г/дм^3 , натрію – 2.9 г/дм^3 . З 1982 року в хвостосховищі з'явився надлишок води. Для підтримання у хвостосховищі допустимого об'єму води комбінат був змушений з 1985 року у міжвегетаційний період проводити скидання надлишків води у річки. Найбільші надлишки були у 1996 році ($16,14 \text{ млн м}^3$) і в 1997 році ($15,28 \text{ млн м}^3$). За останні роки у зв'язку зі зменшенням видобутку руди і, як наслідок, зменшенням обсягів шахтних вод кількість надлишку води у хвостосховищі не підвищується і коливається у межах $12-13 \text{ млн м}^3$. Загалом за період з 1985 року – початок 2000 року із хвостосховища ПівнГЗК було скинуто шахтних вод в обсязі $133,85 \text{ млн м}^3$.

Погіршення якості ґрунтових вод в зоні негативного впливу хвостосховища «Об'

єднане» виразилося в збільшенні вмісту в них хлоридів і сульфатів, а також у зросту їх мінералізації. У природному стані ґрунтові води за хімічним складом відносилися до гідрокарбонатно-сульфатних натрієво-магнієвих з мінералізацією від $0,4 \text{ г/дм}^3$ до $1,4 \text{ г/дм}^3$. В теперішній даний час тип води перемінився на сульфатно-хлоридний (рідше – хлоридно-сульфатний) магнієво-натрієвий. За хімічним складом, що характеризується перевагою сульфатів, вони відносяться до вод континентального засолення.

Фільтрація мінералізованих вод з хвостосховища може впливати на показники якості води у поверхневих водоймах. Характерним прикладом є вплив хвостосховища Полтавського ГЗК (м. Комсомольськ) на мінералізацію вод Дніпродзержинського водосховища (рис. 2)

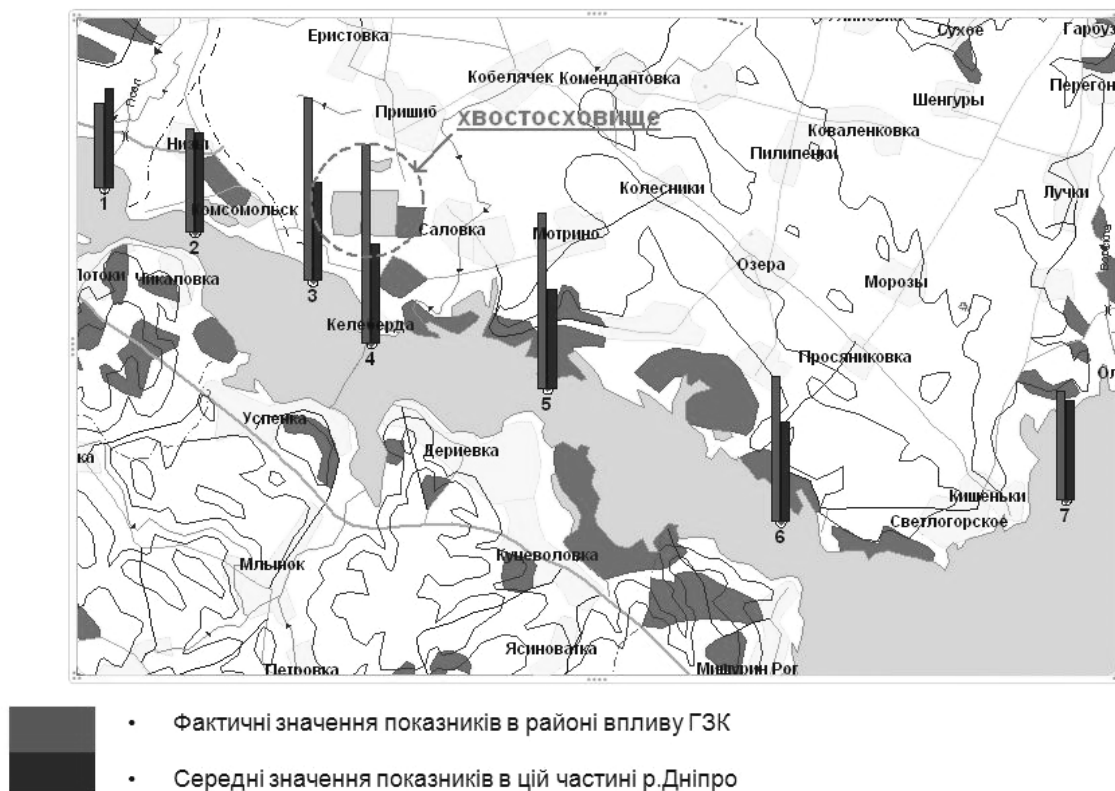


Рисунок 2. Діаграма відхилень мінералізації води р. Дніпро в зоні техногенного впливу Полтавського ГЗК.

Якщо в зоні впливу об'єкту мешкає населення, що використовує децентралізоване водопостачання, необхідно виконати оцінку якості води в джерелах децентралізованого водопостачання. Якщо якість води не відповідає вимогам діючих нормативних доку-

ментів при розробці проектної документації слід передбачити роботи по централізованому водопостачанню населення.

Нині на ГЗК широко впроваджуються технології флотації при первинній обробці руди, що підвищує здатність до проникнення

і розповсюдження відходів оброблених фло-тоагентами у об'єкти довкілля. Фактор впровадження цих технологій потребує відповідного корегування розмірів СЗЗ або обґрунтування достатності встановленої СЗЗ з урахуванням дії чинників специфічних для застосованих технологій.

Пріоритетними забруднювачами ґрунту в зоні впливу шламо- та хвостосховищ ГЗК є сполуки важких металів: Cu, Co, Fe, Ni, Cr, Mn, Pb, Cd, Zn та ін. Як правило, найбільш ваговими з них є залізо, свинець та марганець, які є майже постійними складовими вміщуючих залізо природних руд.

Власні дослідження, що вміст ВМ у хвостах збагачення залізної руди може суттєво перевищувати значення їх ГДК у ґрунті та кларків. Так вміст цинку у пробах хвостів з хвостосховища Полтавського ГЗК досягає 582.4 мг/кг, що майже у 6 разів вище за валовий ГДК цинку у ґрунті (100 мг/кг) та у 12 разів перевищує кларк цинку (50 мг/кг). У пробах хвостів з хвостосховищ Криворіжжя рівень вмісту цинку досягає 460 мг/кг, що також суттєво перевищує ГДК у ґрунті та кларк. Спостерігаються високі концентрації кобальту – до десятикратного перевищення ГДК кобальту у ґрунті (5 мг/кг для рухомих форм). Кларк кобальту становить 8 мг/кг, тобто у деяких пробах хвостів кларкове значення кобальту також суцільно перевищується (до 6 разів). Рівень нікелю у хвостах збагачення може досягати 191,7 мг/кг, що більш ніж у двічі перевищує валовий ГДК нікелю у ґрунті (85 мг/кг) та більш ніж у чотири рази вище за кларк цього металу (40 мг/кг). Дуже високий вміст в деяких пробах хвостів збагачення заліза (до 114.9 г/кг) та його супутника марганцю (до 5,2 г/кг) обумовлюється тим, що хвости є продуктом збагачення саме залізо-марганцевих руд, але такий вміст цих металів також багатократно перевищує їх ГДК та кларкові значення. Спостережені рівні вмісту ВМ в хвостах частково підтверджуються літературними даними. Так за П.В. Бересневичем [4] вміст заліза в хвостах збагачення може досягати 20-22%, марганцю – 0.3-0.4%.

Внаслідок вітрового переносу може мати місце забруднення ґрунту прилеглих територій пилом від сухих хвостів збагачення, що, в свою чергу, може зробити цей ґрунт

джерелом вторинного забруднення атмосферного повітря за несприятливих метеорологічних умов.

Власні дослідження вмісту ВМ в ґрунті на територіях, що підпадають під техногенний вплив хвостосховищ та накопичувачів червоно шламу підтверджують суттєвий рівень забруднення ґрунту. Так в зоні впливу ІнГЗК на відстані 100 м від хвостосховища кількість нікелю, кобальту та цинку відповідно в 2,5, 3,0 та 11,0 разів перевищувала фонові рівні (кларки). В той же час вони перевищували їх гігієнічні нормативи і становили 1,2 ГДК, 4,8 ГДК та 5,5 ГДК, відповідно. На відстані 200 м та 300 м від хвостосховища вміст цих ВМ в ґрунті знижується, але залишається високим: на 200 м перевищення ГДК у 1,22, 4,2, та 4,9 разів відповідно, на відстані 300 м перевищення ГДК у 1,2, 4,5, 4.8 разів відповідно. Перевищення ГДК спостерігаються у деяких пробах ґрунту далеко поза межами СЗЗ хвостосховищ на відстані до 2000 м і більше. Так наприклад, вміст цинку в ґрунті міста Комсомольська перевищував кларкову величину в 8,7 рази і становив 4,4 ГДК. Ці дані свідчать, що негативний вплив цих об'єктів розповсюджуються на далекі відстані від ГЗК.

При розробці ОВНС необхідно урахування рівня забруднення ґрунту територій в зоні впливу шламо- та хвостосховищ, як потенційного джерела вторинного забруднення повітря, поверхневих та підземних вод.

Значні обсяги фільтрації води з хвостосховищ залізних руд можуть спричинити підвищення рівнів ґрунтових вод на прилеглих до них територіях. Це в свою чергу може викликати низку еколого-гігієнічних проблем, серед яких заболочення місцевості з погіршенням її анофілогенних властивостей та погіршення умов проживання населення внаслідок підтоплення підвальних приміщень житлових будівель, погребів, сільгоспугідь.

Якщо обстеження прилеглих територій та населених пунктів на цих територіях свідчить про наявність техногенного підтоплення або виявляється стійка тенденція до техногенно обумовленого підйому рівнів ґрунтових вод за період існування хвостосховищ, до складу проекту необхідно включати дієві заходи по зменшенню обсягів фільтраційних вод, а у разі необхідності потрібно пе-

редбачати локальне дренавання території населених місць з метою водозниження. В якості заходів по припиненню та попередженню явищ підтоплення можуть бути передбачені інженерні заходи, а саме завіси з дренажних свердловин, застосування геомембран у ложе сховищ та ін.

Водовідведення дренажних вод повинно здійснюватись з урахуванням їх хімічного складу і не повинно спричиняти погіршення якості води у природних поверхневих водоймах.

Враховуючи, що шламо- та хвостосховища ГЗК є небезпечними техногенними об'єктами, які здійснюють комплексний негативний вплив на оточуючі території, впливаючи на їх санітарно-гігієнічний стан та здоров'я населення встановлення санітарно-захисних зон (СЗЗ) для них повинно здійснюватися та-

кож з використанням багатофакторного підходу.

При встановленні розмірів СЗЗ шламота хвостосховищ ГЗК необхідно враховувати не тільки фактор забруднення повітря, але й інші специфічні для цих об'єктів чинники негативного впливу на довкілля та умови проживання, а саме: зону підтоплення території, у разі наявності населених пунктів з децентралізованим водопостачанням зону, де відбувається погіршення якості води децентралізованих джерел питного водопостачання, зону акустичного впливу працюючої будівельної техніки.

Перегляд та корегування СЗЗ здійснюються на підставі проектів облаштування СЗЗ у випадках: збільшення або перевищення проектних обсягів накопичення відходів; реконструкції об'єкту; зміни власника об'єкту (перезатвердження).

Висновки

Таким чином, основні концепції напрацьовані в ДУ ІГМЕ НАМНУ щодо проблем при проектуванні хвостосховищ були запропоновані та реалізовані у введеному в дію з 01.09.2012 р. ДБН В.2.4-5:2012 "Хвостосховища і шламонакопичувачі. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво". Коротко вони можуть бути сформульовані так:

- хвостосховища та шламонакопичувачі є об'єктами, що спричиняють потужний негативний вплив на прилеглі території та умови приживання населення прилеглих до них територій. Цей негативний вплив поширюється на усі компоненти довкілля: аерогенний перенос хвостів та шламів забруднює повітря та верхній шар ґрунту, водним шляхом забруднюються поверхневі, ґрунтові та підземні води, можливе поширення явищ підтоплення та заболочування територій, забруднення ґрунту та гідросфери може спричинити забруднення рослин;
- при проектуванні необхідно враховувати емісію в атмосферне повітря сполук важких металів (ВМ), що у значній кількості містяться у хвостах збагачення та шламах металургійного походження (у хвостах збагачення вміст заліза може досягати 22%, марганцю – 0,37%, цинку 0,05%, у червоному шламі вміст заліза може досягати 66,5%, алюмінію – 10%, хрому – 0,1%);
- при розрахунках розсіювання забруднювачів в атмосферному повітрі обов'язково слід враховувати, що карти накопичувачів та сховищ за період їх експлуатації як невідповідні джерела викидів значно підіймаються на денною поверхнею землі (в деяких випадках на 100 і більше м) і тенденція до продовження їх нарощування при реконструкції хвостосховищ зберігається;
- особливої уваги потребують питання пов'язані з обґрунтуванням необхідних розмірів санітарно-захисних зон цих об'єктів. Вони мають визначатись з урахуванням усіх чинників негативного впливу, враховуючи явища підтоплення на території населених пунктів;
- У разі, коли розвиток хвостового господарства може призвести до появи або поширення явищ підтоплення, необхідно передбачити у проекті інженерні заходи, які б забезпечували захист від поширення явищ підтоплення за межі СЗЗ хвостосховища або коригувати розмір СЗЗ з урахуванням зони підтоплення прилеглих територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фильчаков Ю.В. Экологическое состояние природных ресурсов в зоне функционирования хвостохранилища Михайловского ГОКа КМА //Диссертация ... канд. сельскохозяйственных наук. –Курск : [автор невідомий]. –2008. –154 с.
2. Станкевич В.В. Гігієнічні аспекти впливу шламо- та хвостосховищ на довкілля /В.В. Станкевич, В.І. Какура //Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов: Сб. науч. ст. XII междунар. науч.-практ. конф.. –Харків : [автор невідомий], –2004. –274-278 с.
3. Савосько В.Н. Экологическая роль геохимических барьеров в распределении аэротехногенных тяжелых металлов в почвах Кривбасса //Вопросы биоиндикации и экологии. – Запоріжжя : Видавництво ЗДУ, –2000.. –145-153 с.
4. Бересневич П.В. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ. /П.В. Бересневич, П.К. Кузьменко, Н.Г. Неженцева. –М : Недра, –1993. –128 с.

**ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ХВОСТОХРАНИЛИЩ И ШЛАМОНАКОПИТЕЛЕЙ
ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ**
Трахтенгерц Г.А.

Целью статьи является обозначение гигиенических проблем при проектировании реконструкции хвостохранилищ и шламнакопителей предприятий горно-металлургического комплекса. Методы гигиенического анализа, обобщения и прогноза. В результате сформулированы концептуальные подходы учета гигиенических проблем к проектированию хвостохранилищ и шламнакопителей с учетом их комплексного влияния на окружающую среду.

**HYGIENIC PROBLEMS OF DESIGNING STORAGE TAILINGS DISPOSAL
AND STORAGE OF SLUDGE ENTERPRISES OF THE MINING
AND METALLURGICAL COMPLEX OF UKRAINE**
G.A. Traxtengerz

The article deals with the conceptual approaches to the solving of hygiene problems in the design of reconstruction of the storages tailings disposal and storage of sludge enterprises of mining and metallurgical complex taking into account their complex impact on the environment.

УДК 614.77:78/79.16:628.477

**ГІГІЄНІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ
СПОСОБІВ ЛІКВІДАЦІЇ НАФТОЗАБРУДНЕНЬ ҐРУНТУ
НА ПРИКЛАДІ БІОТЕХНОЛОГІЇ “ДУКАТm”**

*Станкевич В.В., Костенко А.І., Какура І.В., Дуброва О.А.
ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України, м. Київ
ТОВ «Науково-виробничий центр інноваційних технологій» (ІНБІОТЕХ), м. Київ*

Вступ У даний час найбільш розповсюдженими і важкими забруднювачами ґрунту, водойм, атмосферного повітря і підземних ґрунтових вод є нафтозабруднення і

нафтовідходи. Аналіз технологічних процесів і складу поллютантів (забруднювачів), що надходять в мулонакопичувачі, свідчить про те, що в складі таких відходів високо мінера-