

Л.С. Романюк, с.н.с.

Ю.С. Романюк, магістрант

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

## ГЕОТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ В ПОПЕРЕДЖЕННІ ГІДРОДИНАМІЧНИХ АВАРІЙ НА ЗДОЛБУНІВСЬКОМУ ГІДРОВІДВАЛІ

*Наведено приклади гідродинамічних аварій на гідровідвалах у світовій практиці. Розглянуто можливі причини, наслідки, збитки, відновлювальні роботи при ймовірних аваріях, технічні рішення для запобігання виникненню гідродинамічних аварій та зменшення їхнього негативного впливу на навколишнє середовище на Здолбунівському гідровідвалі.*

**Ключові слова:** гідровідвал, намив ґрунту, стійкість, гідродинамічна аварія, геотехнічний контроль, безпека.

Е.М. Бабич, д. т. н., професор

Л.С. Романюк, с.н.с.

Ю.С. Романюк, магістрант

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно

## ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АВАРИЙ НА ЗДОЛБУНОВСКОМ ГИДРООТВАЛЕ

*Приведены примеры гидродинамических аварий на гидроотвалах в мировой практике. Рассмотрены возможные причины, следствия, восстановительные работы при вероятных авариях, технические решения для предотвращения возникновения гидродинамических аварий и уменьшения их негативного влияния на окружающую среду на Здолбуновском гидроотвале.*

**Ключевые слова:** гидроотвал, намыв ґрунта, устойчивость, гидродинамическая аварія, геотехнический контроль, безопасность.

Ye. Babich, doctor of technical sciences, professor

L. Romanyuk, senior research worker

Yu. Romanyuk, undergraduate

National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne

## GEOTECHNICAL RESEARCHES AND THEIR SIGNIFICANCE FOR WARNING OF HYDRODYNAMIC DESTRUCTIONS ON ZDOLBUNIV SOIL SLUDGE HYDRAULIC DUMP

*Examples of development of soil sludge hydraulic dump hydrodynamic destructions in world practice are given. Possible reasons, consequences, recovery works of credible destructions, technical decisions for prevention of origin of hydrodynamic destructions and reduction of their negative influence on environment on Zdolbuniv soil sludge hydraulic dump are considered.*

**Keywords:** soil sludge hydraulic dump, hydraulic deposition of soil, stability, hydrodynamic destruction, geotechnical control, safety.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями.** Гідровідвали (хвостосховища, шламовакопичувачі) – гідротехнічні споруди, призначені для розміщення і зберігання некондиційних ґрунтів,

інших відходів виробництва, які транспортуються у вигляді пульпи. Ці споруди забезпечують виконання технологічних процесів на гірничодобувних підприємствах, у суміжних галузях промисловості. Намивні масиви гідровідвалів є складними інженерно-геологічними анізотропними системами із змінним режимом фільтрації. Втрата стійкості таких споруд чи їх окремих елементів, як правило, призводить до аварій, які є причиною значних екологічних та економічних збитків.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** У світовій практиці на гідровідвалах відомо багато прикладів розвитку гідродинамічних аварій (ГДА) з катастрофічними наслідками: травмовані чи загинули люди, завдана шкода довкіллю, мали місце значні економічні збитки:

– гідровідвал Петрівських цегельних заводів (м. Київ, Україна): 13.03.1961 – розмив дамби дощовими та фільтраційними потоками, грязьовий вал шириною 20 м і висотою 14 м накрив вулиці і прилеглу територію, триметровим шаром пульпи затоплено близько 30 га мікрорайону Куренівка, зруйновано 68 житлових і 13 адміністративних будівель, загинуло близько 1,5 тис. чоловік [1];

– хвостосховище ДГХП «Полімінерал» з виробництва калійних добрив (м. Стебник, Львівська обл., Україна): 14.09.1983 – прорив дамби, у річки Солониця, Тисмениця, Дністер потрапило 4,5 млн. м<sup>3</sup> розчинів калійних солей, забруднено прилеглу територію [3];

– хвостосховище ВАТ Качканарський ГЗК «Ванадій» (Свердловська обл., Росія): 2.11.1999 – в результаті аварії водоскидної споруди відбувся розмив ділянки дамби глибиною до 12 м, шириною 130 м та вихід води із ставка-відстійника об'ємом 5 млн. м<sup>3</sup>, 10 млн. м<sup>3</sup> хвостів винесено на прилеглі території [2].

Відомі подібні аварії на інших гідро відвалах: 1972 р. – руйнування дамби гідровідвалу «Буффало Крик» (Західна Вирджинія, США); 1974 р. – руйнування дамби гідровідвалу шахти Бафокен Платинум Майн (Південна Африка); 1981 р. – прорив дамби гідровідвалу «Балка Чуфичева» збагачувальної фабрики Лебединського ГЗК (Белгородська обл., Росія); 1985 р. – руйнування каскаду з двох дамб – 200 тис. м<sup>3</sup> хвостосховища гідронамивного типу «Става» (північ Італії); 1992 р. – прорив дамби хвостосховища Магнітогорського металургійного комбінату (Росія); 1994 р. – внаслідок шторму і сильних дощів відбулося руйнування дамби гідровідвалу «Хармоні Майн» у Мерріспруйт (Південна Африка) [3, 5, 6].

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.** До найбільш імовірних серед причин виникнення і катастрофічного розвитку аварій на гідровідвалах можуть бути віднесені:

– порушення загальної стійкості системи «споруда – основа» (біля 35% від загальної кількості аварій);

– поверхнева ерозія ґрунтових дамб обвалування водним потоком у результаті переливу води через її гребінь (до 30 %);

– внутрішня ерозія в результаті різних форм механічної суфозії і порушення загальної фільтраційної міцності (біля 20%) [4].

У 15% випадків безпосередні причини виникнення ГДА на гідровідвалах вважаються невстановленими. Зазвичай це аварії, пов'язані з поєднанням різних причин: наприклад, у результаті сповзання укусу, яке призвело до зменшення шляху фільтрації, підвищення градієнтів напору і, як наслідок, до розвитку прогресуючої суфозії [8].

Виникнення гідродинамічних аварій свідчить і про прояв «людського фактору», а саме: через недостатній контроль за технологією будівництва дамб, намиву ґрунту, порушення технології робіт під час зведення гідровідвалів, невчасне виявлення

невідповідності параметрів, стану чи деформацій ґрунтових елементів. Адже в кожному випадку розвитку гідродинамічної аварії передують фактори, які можна виявити в ході геотехнічного контролю за спорудою до настання аварії: тріщини, дренавання дамб, початкові прояви суфозії, деформації ґрунтової поверхні, осідання дамби, більше за нормативне. Вчасне виявлення геотехнічною службою таких факторів дозволяє фахівцям зробити правильні висновки і прийняти міри щодо попередження аварій на об'єктах.

**Метою роботи** є раціональне використання природних та технічних ресурсів під час зведення гідровідвалів та забезпечення багаторічної безаварійної експлуатацій об'єкта з необхідною надійністю.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На Здолбунівському гідровідвалі з 1974 р. під час будівництва та експлуатації, відповідно до нормативних вимог [7], ведуться геотехнічні спостереження за всіма ґрунтовими елементами споруди (дамби обвалування, намівні ґрунти, основа, прилеглі корінні схили), контроль за іншими конструктивними елементами (ставками-відстійниками, водоскидними колодзями, пульповодами, водоводами, дренажною системою) та факторами, які можуть впливати на гідрологічний режим та стійкість (за метеорологічними умовами, технологією будівництва дамб, технологією наміву).

За 46 років безаварійного будівництва та експлуатації в Здолбунівський гідровідвал укладено намівом 13 млн. м<sup>3</sup> піщаних та глинистих ґрунтів для розкриття кар'єру крейди ПАТ «Волинь-цемент». З метою безаварійного будівництва та експлуатації Здолбунівського гідровідвалу передбачені технічні рішення для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, зменшення їх негативного впливу на навколишнє природне та соціальне середовище. В ході авторського нагляду та геотехнічних спостережень здійснюється контроль за виконанням робіт з розробки, транспортування, укладання ґрунтів, за станом ділянок, об'єктів будівництва та експлуатації, їх відповідністю проектним рішенням, нормативним документам, вимогам охорони праці та безпечного виконання робіт.

Роботи поділяються на польові (візуальні, інструментальні), лабораторні (за відібраними зразками намитого та відсипаного в дамби ґрунту) і камеральні. Результати відображаються в технічній документації.

Для виконання інструментальних визначень на гідровідвалі встановлена контрольна-вимірювальна апаратура: марки на корінних ґрунтах, репери та п'єзометри на дамбах обвалування. Контрольно-вимірювальна апаратура демонтується тільки після закінчення будівництва та експлуатації гідровідвалу за умови переходу величин деформацій у віковій та встановлення постійного рівня кривої депресії.

Періодично на Здолбунівському гідровідвалі виконуються буріння свердловин з метою визначення фізико-механічних характеристик техногенного ґрунту в масиві споруди із метою встановлення реологічних змін, які проходять у ґрунтовому масиві під сукупною дією гідрогеомеханічних факторів.

У 1994 р. для визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів гідровідвалу пробурено 6 свердловин на глибину до 22 м з відбором проб ґрунту та виконано радіоактивний каротаж із реєстрацією показників через 0,5 м, що дозволило визначити фізико-механічні властивості техногенних ґрунтів у вибраних перерізах упорної призми споруди.

У 2005 р. проведені спеціальні інженерно-геологічні вишукування з метою визначення дійсних фізико-механічних характеристик намитих ґрунтів, які виявилися привантаженими в товщі намитого ґрунтового масиву. Виконано буріння 23-х свердловин на глибину 6 – 40 м (до основи гідровідвалу) з відбором проб, відібрано 54 зразки ґрунтів; пройдено 4 шурфи глибиною 2 м та відбір 20-ти монолітів,

випробовування ґрунтів методом обертального зрізу у 8-ми точках для визначення характеристик глинистих ґрунтів з показником консистенції  $I_L > 0,75$ .

За відібраними пробами з використанням стандартних методик виконано лабораторні дослідження ґрунтів дамб, упорної призми та проміжної зони гідровідвалу. За 42-ма пробами виконано повний комплекс лабораторних визначень фізико-механічних властивостей ґрунтів, за 50-ма пробами – скорочений комплекс.

Результати випробовувань ґрунтів дали можливість установити зміни властивостей ґрунту через 20 – 40 років після наміву. За даними геотехнічних спостережень відслідковується і прогнозується склад та стан основи, намивних, насипних ґрунтів, прилеглих корінних схилів, контролюється перебіг гідрогеомеханічних процесів у техногенній ґрунтовій споруді та корінних ґрунтах, що дає можливість своєчасно виявити й оцінити вплив, ризик і небезпеку природних і техногенних процесів, попередити виникнення небезпечних інженерно-геологічних явищ, своєчасно реагувати на них для збереження цілісності і функціональної придатності гідроспоруди. У ході геотехнічних спостережень проводять комплексно систематичні геофізичні, геотехнічні, гідрологічні та гідрогеологічні дослідження для оцінки стійкості схилів, укосів та ґрунтових масивів у цілому, що формуються на кожному етапі будівництва.

Важливими роботами в геотехнічних спостереженнях є опрацювання отриманих матеріалів польових, лабораторних та камеральних робіт, складання й оформлення технічної документації, аналіз досліджень та прогнозування перебігу і наслідків гідрогеомеханічних процесів у товщі техногенного ґрунтового масиву та прилеглої території. У результаті розробляються пропозиції щодо коригування технологічних процесів, а за необхідності і проектних рішень. До джерел потенційного впливу, які повинні знаходитись під контролем служби геотехнічного контролю об'єкта, слід віднести:

- розташування рівнів підземних вод (верховодок і депресійної поверхні);
- напружено-деформований і текстурно-структурний стан інженерно-геологічних елементів гідровідвалу;
- допустимі перевищення конструктивних елементів гідровідвалу, зокрема дамб обвалування над пляжем, робочими, резервними, аварійними, водоскидними колодязями, а останніх у свою чергу – над рівнем води у ставку-відстійнику.

При виявленні початкових деформацій (тріщин, локальних зсувів на укосах, просідання ґрунту), інших ознак (зміни координат контрольних марок), що свідчать про ненормальне осідання основи чи техногенного ґрунту, терміново повідомляють відповідальним особам і керівникам замовника будівництва, підрядних та проектній організації, які виконують роботи на гідровідвалі; проводяться позачергові геодезичні вимірювання; обстеження споруди; геотехнічні дослідження, на основі яких робляться висновки про перебіг гідрогеомеханічних процесів у техногенному ґрунтовому масиві; приймаються міри щодо ліквідації виявлених деформацій, причин їх виникнення, попередження подальшого розвитку негативних явищ, які можуть вплинути на стійкість елементів чи споруди в цілому. Утворенню небезпечних для стійкості ґрунтової споруди деформацій передують період мікродеформацій та локальних їх проявів. Уже при виявленні мікродеформацій необхідно встановити, якими вони є: затухаючими чи прогресуючими, прийняти міри для недопущення подальшого розвитку як самих деформацій, так і їх наслідків – розвитку зсувних процесів, інших небажаних явищ.

У таблиці 1 наведені можливі причини, наслідки, збитки, необхідні відновлювальні роботи при виникненні ймовірної гідродинамічної аварії на Здолбунівському гідровідвалі розкривних порід кар'єру крейди ПАТ «Волинь-цемент». Таблиця 1 – **Причини, наслідки, збитки, відновлювальні роботи при виникненні ймовірної гідродинамічної аварії на Здолбунівському гідровідвалі**

№	Причини	Наслідки	Можливі збитки	Відновлювальні роботи
1	Втрата стійкості, розвиток деформацій ґрунтових елементів	Зсув ґрунту, винесення ґрунту в нижній б'єф гідродинамічного хвилею	Повне або часткове припинення експлуатації гідровідвалу. Розмив ґрунту, затоплення, занесення піщаним та глинистим ґрунтом лісопосадок та с/г угідь	Видалення нанесеного ґрунту, відновлення дамби та порушених ділянок, закріплення укосу, відновлення лісопосадок та с/г угідь
2	Перелив через дамбу			
3	Вихід фільтраційних потоків на зовнішній укіс	Опливання ґрунту (подальший розвиток – див.п.1)	Нанесення шкоди лісопосадкам	Пониження поверхні депресії, видалення ґрунту, що оплив, відновлення та закріплення укосу. Відновлення лісопосадок
4	Прорив пульповоду	Замив пульпою земельних площ у нижньому б'єфі	Тимчасове припинення експлуатації гідровідвалу. Нанесення шкоди лісопосадкам, с/г угіддям	Видалення чи приорювання нанесеного ґрунту, ліквідація розмивів, викликаних потоком пульпи; відновлення лісопосадок, ліквідація прориву
5	Прорив водоводу	Затоплення земельних площ у нижньому б'єфі	Тимчасове припинення експлуатації гідровідвалу. Нанесення шкоди лісопосадкам, с/г угіддям	Відведення води, очищення території від нанесеного ґрунту, ліквідація розмивів, відновлення лісопосадок та с/г угідь

Надзвичайні ситуації, які можуть мати негативний вплив на навколишнє природне та соціальне середовище, під час будівництва, експлуатації, рекультивації Здолбунівського гідровідвалу можливі внаслідок порушення технології виконання робіт, використання неякісних матеріалів, експлуатації несправних механізмів, недотримання проектних рішень та правил з техніки безпеки, недбальства персоналу, в результаті диверсії, природних катаклізмів, невластивих для регіону розташування об'єкта. Настання названих передумов виникнення аварій на гідровідвалі можливе за умови відсутності належного контролю за виконанням робіт, у першу чергу геотехнічного контролю.

**Висновки.** Геотехнічні дослідження на Здолбунівському гідровідвалі дозволяють раціонально використовувати природні та технічні ресурси під час його зведення, забезпечувати багаторічну безаварійну експлуатацію об'єкта з необхідною надійністю.

#### Література

1. [Анисимов, А.](#) Курневский потоп: Курневская трагедия, 13 марта 1961 года / А. Анисимов. – К., 2003. – 13 с.
2. Антоненко, Л. К. Наземные хвостохранилища каскадного типа как реальные источники техногенных катастроф: Причины и следствия Качканарской аварии //Л.К. Антоненко, В. Г. Зотеев, М. Г. Морозов //Горный журнал. – 2000. – № 10. –С. 48 – 52.
3. Гальперин, А. М. Геомеханика открытых горных работ: учебник для ВУЗов / А.М. Гальперин. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 473 с.
4. Зотеев, В. Г. Оценка риска гидродинамических аварий на хвостохранилищах и золошлакоотвалах / В. Г. Зотеев, М. А. Приходько // Тезисы доклада на Международной научно-технической конференции «Экологическая безопасность

Урала». – Екатеринбург, 2002. – С. 23.

5. *Tailings Dam Incidents. U.S. Committee on Large Dams. – USCOLD, Denver, Colorado. – 82 p.*

6. *Dams T. Risk of Dangerous Occurrences, Lessons learnt from practical experiences. Bulletin 121/ T. Dams// Published by United Nations Environmental Programme (UNEP) Division of Technology, Industry and Economics (DTIE) and International Commission on Large Dams (ICOLD. – Paris, 2001.*

7. *НПАОП 0.00-1.53-87. Правила безопасности при эксплуатации хвостовых и шламовых хозяйств горнорудных и нерудных предприятий. – М : Недра, 1987. – 45 с.*

8. *Стефанишин, Д. В. Проблеми аварійності дамб хвостосховищ гірничозбагачувальних комбінатів / Д. В. Стефанишин // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – Рівне, 1997. – Вип. 3 (39). Ч. 2. – С. 118 – 126.*

*Надійшла до редакції 18.09.2012*

*©С.М. Бабич, Л.С. Романюк, Ю.С. Романюк*