

УДК 699.83:627.25

Куковський А. Г., к.т.н., доцент, Кизима В. П., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА КОМПЛЕКСУ ПРОТИЕРОЗІЙНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

У статті наведена технологія будівництва комплексу протиерозійних гідротехнічних споруд, який складається із земляної насипної греблі, катастрофічної водоскидної споруди зі скидним каналом, донного водоспуску з підвідним та відвідним каналами і власне водойми. Також розглянуто питання будівництва нагірних каналів, розпилювачів стоку і водоутримувальних валів.

Ключові слова: ерозія, гідротехнічні споруди, технологія, водоскидні споруди.

Водна ерозія буває внаслідок змивання й вимивання частин ґрунту опадами, талими та проточними водами. Вона залежить від кількості й інтенсивності опадів, рельєфу, властивостей ґрунту, рослинного покриву.

Небезпека водної ерозії полягає не лише в зниженні родючості орного горизонту, а й замулюванні річок, ставків, водойм, заплавних земель. Цей вид ерозії поширений на схилах, переважно розораних, і найбільш небезпечний у гірських ландшафтах, в яких знищений лісовий покрив.

Дуже небезпечна **яружна ерозія**. Ліквідувати її можна лише залісненням та будівництвом спеціальних гідротехнічних споруд. Значних успіхів у боротьбі від засолення й утворення яружної ерозії з метою збереження сільськогосподарських угідь досягло ТзОВ «PSM Україна» м. Київ, яка застосувала комплекс агротехнічних, гідротехнічних і лісомеліоративних заходів: захисні лісонасадження, спорудження водо регулюючих і водо затримуючих валів, донних загат. Завдяки застосуванню науково обґрунтованої системи захисних заходів вдалося припинити даліше розмивання багатьох ярів і зберегти таким чином великі площі орних земель.

Компанія PSM – одна з лідерів ринку гідроізоляції України. Компанія має можливість виконувати повний комплекс гідроізоляційних і відновлювальних робіт - від розробки технічних рішень – до їх впровадження на об'єкті з подальшим гарантійним обслуговуванням. Будучи багаторічним партнером світового концерну «CapitalEquipmentandTradingCorporation і CapitalEquipmentandTechnology AG (CETCO)», компанія PSM заслужила право створення в Україні представництва концерну – «CETCO-Україна».

При **річковій ерозії** внаслідок швидкої течії води зноситься ґрунт з dna річок і незакріплених берегів. Щоб запобігти цьому, треба оберігати лісові насадження в прирусловій смузі, закріплювати береги за допомогою спеціальних гідротехнічних прийомів.

Захисна роль лісів, особливо на гірських схилах, винятково важлива, її не можна замінити ніякими гідротехнічними спорудами.

Отже, збереження ґрунту, рослинного покриву й вологи тісно пов'язані між собою. Рослинність переводить поверхневий стік вологи у внутрішньогрунтовий і тим самим сприяє кращому збереженню й використанню вологи, нормалізує гідрологічний режим водних артерій, перешкоджає виникненню ерозійних процесів.

Питаннями з інженерного захисту територій, будівель і споруд від шкідливої(руйнівної) дії небезпечних геологічних процесів(затоплення, підтоплення, ерозії та розмиву берегів водотоків та водойм, абразійних руйнувань морських берегів, переформування берегів водойм, карсту, суфозії, селевих потоків, снігових лавин, схилових

гравітаційних процесів – зсувів, обвалів і їх поєднань) займались багато вітчизняних і закордонних вчених Абрамов С. Д., Семенов М. П., Чаліщев А. М. [1], Васильєв С.М. [2], Грішин М.М. [3], Донець В.Н. [5], Ковальчук І.П. [6], Курганов А.М., Вуглинська Е.Є. [7], Ларіонов Г.А. [8], Мкртчян О.С. [9], Поляков Ю.П. [10, 11], Світличний О.О., Чорний Г.В. [12], Ясінецький В.Г., Фенін Н.К. [13] та ін.

Ерозія (від лат. *virivati*) — процес руйнування ґрунту або гірських порід водним потоком, повітрям (вітром), льодом. Ерозія – один з головних чинників формування рельєфу земної поверхні. Частина процесу денудації. Розрізняють схилу й руслову ерозії. В результаті ерозії утворюються яри, балки, річкові долини тощо. Ерозія ґрунту (від лат. *Erosio* — роз'їдання) — це руйнування його верхнього найродючішого горизонту ґрунту і підґрунтя під впливом природних та антропогенних чинників.

Водна ерозія проявляється у змиванні верхнього шару ґрунту або розмиванні його в глибину під впливом талих, дощових і поливних (іригаційних) вод.

За характером руйнування ґрунту водна ерозія поділяється на:

краплинну — роздроблення агрегатів ґрунту ударами дощових крапель, внаслідок чого шпарини ґрунту забиваються мулистими фракціями, зменшується водопроникність і посилюється поверхневий стік і змив ґрунту;

площинну, або **поверхневу**, коли ґрунт рівномірно змивається невеликими струмками талих і дощових вод по всій поверхні площі;

лінійну, або **глибинну**, коли ґрунт розмивається углиб концентрованими потоками води;

іригаційну, яка виникає в умовах неправильно організованого зрошення на схилі землях, коли по лінії течії поливної води є схили, здатні до розмивання.

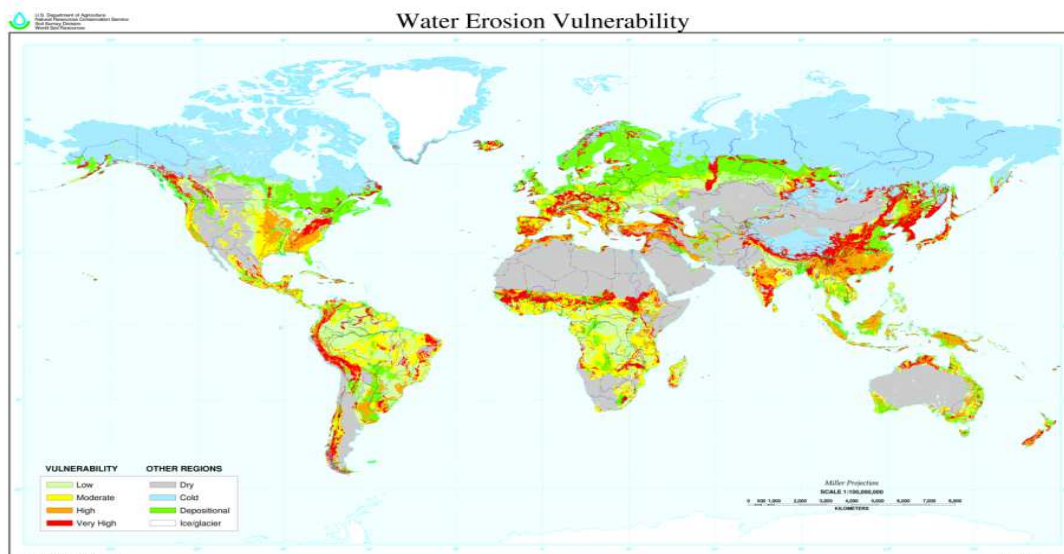


Рис. 1. Карта розповсюдження водної ерозії у світі

Розвиток водної ерозії тісно пов'язаний з рельєфом місцевості. Як правило, руйнування ґрунтів починається на схилах крутизною 1-2°. За ступенем змитості ґрунти поділяються на: слабо-, середньо-, сильнозмиті та розмиті. Ступінь змитості ґрунту визначається порівнянням еталонного (незмитого) ґрунту з профілем змитого. Притому вважається, що у слабозмитих ґрунтах змито не більше половини гумусового горизонту Н(А), у середньозмитих — змито верхню частину перехідного (ілювіального) горизонту, а в

розмитих ґрунтах ерозією зруйновано весь профіль, і на поверхню виходять ґрунтотворні породи.

Шкода внаслідок ерозії ґрунтів надзвичайно велика й різноманітна. Еродований ґрунт втрачає значну кількість гумусу. Наприклад, [6, 8, 12] у темно-сірих опідзолених ґрунтах слабо- і середньозмитих (*Київська область*), порівняно з незмитими, вміст гумусу відповідно зменшився на 0,2 і 0,3%, а запаси у метровому шарі — на 30 і 50 т/га. Ще більші втрати гумусу спостерігаються у опідзолених чорноземах (*Черкаська область*). Так, якщо у незмитих ґрунтах вміст гумусу в шарі 0-20 см дорівнює 3,9%, то у слабозмитих 3,3%, а в середньозмитих — 3,0%. При цьому із запасів гумусу в метровому шарі незмитих ґрунтів — 432 т/га, у слабозмитих вони становлять 194 т/га, тобто на 238 т/га менше, ніж на незмитих. Дещо менший спад вмісту гумусу в шарі 0-20 см і менші його запаси у метровому шарі в чорноземах типових (*Тернопільська область*), південних (*Запорізька область*), а також у темно-каштанових (*Запорізька область*) ґрунтах. Доведено, що із змиванням кожного сантиметра гумусового горизонту потенційна врожайність зерна знижується на 0,5-2,0 ц/га, а з втратою 1 т гумусу запаси корисної енергії у ґрунті зменшуються на 0,9-1,1 кДж/га.

За даними Інституту землеробства УААН (Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України») у разі змиву 150 т/га ґрунту втрати поживних речовин внаслідок ерозії в Україні щороку становлять: сульфату амонію — 629 тис. т, суперфосфату — 290 тис. т і калійної солі 210 тис. тон. В еродованих ґрунтах істотно знижується не тільки кількість макро-, але й мікроелементів, особливо марганцю і міді.

Природоохоронний комплекс проектується зі ставка комплексного призначення на балці і системи ґрунтозахисних заходів, водо збереження лісових насаджень і споруд на його водозбірній площі [1, 2, 3, 7].

Комплекс протиерозійних споруд складається з земляної насипної греблі, катастрофічної водоскидної споруди зі скидним каналом, донного водоспуску з підвідним та відвідним каналами і власне водойми і повинен відповідати ДБН В.1.1-24:2009 [4]. Захист схилів земель на водозбірній площі передбачені посадкою лісосмуг, пристроїв водо затримуючих і водо направляючих валів, каналів, створенням терас і т.п.

Технологія будівництва включає наступний перелік основних робіт [10, 11, 13]:

А) Земляні роботи:

1. Зняття рослинного ґрунту в основі греблі; 2. Те саме з площі під кар'єр; 3. Розробка ґрунту в котловані водоскиду; 4. Те ж в скидному каналі; 5. Те ж в котловані донного водоспуску; 6. Те ж в подавальному та зворотному каналах; 7. Те ж в кар'єрі з переміщенням в насипу; 8. Пристрій греблі з ущільненням котками; 9. Пристрій верхової та низової перемичок; 10. Розробка ґрунту при збільшенні коефіцієнтів закладання укосів кар'єра; 11. Засипка кар'єрів рослинним ґрунтом.

Б) Бетонні і монтажні роботи:

1. Бетонування конструкції водоскиду; 2. Те саме донного водоспуску; 3. Монтаж конструкції водоскиду; 4. Те ж донного водоспуску; 5. Бетонування швидкотоку; 6. Кріплення гребеня греблі; 7. Те ж верхового укосу греблі; 8. Те ж низового укосу греблі.

В) Інші роботи:

1. Підготовчі заходи; 2. Влаштування бетонного господарства; 3. Влаштування дренажної призми; 4. Будівництво і експлуатація землевозних шляхів; 5. Підготовка чаші ставка до затоплення (планування, влаштування протифільтраційного екрану з полімерних матеріалів); 6. Благоустрій території; 7. Здача ставка в експлуатацію.

Гребля. Відсипання тіла греблі може виконуватися шарами товщиною $t = 20..30$ см окремими смугами вздовж дамби. Для уникнення погіршення стійкості низового укосу (більше крутого) смуги треба відсипати, починаючи з боку низового укосу до верхового при однорідних ґрунтах. При будівництві греблі з ядром відсипання смугами ведеться від осі до укосів. На практиці застосовується укладання ґрунту ярусами висотою до 4 ... 6 м. з

розбивкою кожного ярусу на карти укладання. Кількість карток приймають однакове число операцій (процесів) у циклі. Як правило, їх число повинно бути кратне чотирьом.

Порядок роботи на картах наступний:

- на першій карті ґрунт вивантажується з транспортних засобів;
- на другій розрівнюється до проектної товщини шару;
- на третій зволожується до оптимальної вологості;
- на четвертій ущільнюється до заданої щільності.

Вибір комплексу машин для будівництва водоутримуючої греблі здійснюється в два етапи, виходячи з виконуваних операцій і обсягів робіт. *Перший етап* передбачає вибір ведучої машини (скрепер або екскаватор) за максимальним обсягом виконуваних окремих видів робіт. Підбір інших машин, що працюють в комплекті з основною машиною (каток, розпушувач, поливальна машина, грейдер або планувальник) здійснюється за їх геометричним параметрам і продуктивності. На *другому етапі* ведуться економічні розрахунки, що передбачають їх вибір виходячи із загальних обсягів робіт, добової продуктивності кожної марки машини, їх необхідної кількості та собівартості робіт, а також мінімальних приведених витрат на одиницю об'єму робіт.

Для пропуску за регульованих надлишкових обсягів води весняних та літніх паводків, талих і дощових вод з витратою 1% забезпеченості на водоутримуючих греблях при протиерозійних ставках-накопичувачах зводяться водоскидні споруди.

Водоскидні споруди. Технологія робіт включає наступні операції:

1. Зрізання рослинного ґрунту з основи споруди і переміщення в тимчасовий відвал;
2. Розробка мінерального ґрунту;
3. Доопрацювання траншеї і влаштування приямків;
4. Планування дна і укосів каналу;
5. Пристрій глиняного замку в місцях діафрагми;
6. Попередня зворотна засипка траншеї з ретельним ущільненням;
7. Остаточна засипка;
8. Ущільнення ґрунту;
9. Переміщення рослинного ґрунту за межі будівельної смуги;
10. Переміщення ґрунту в насип тіла греблі.

Водопровідна частина водоскидних споруд виконується у вигляді трубопроводів із збірних залізобетонних розтрубних труб підвищеної міцності (ГОСТ 6482-88), що лежать на ґрунтовій або бетонній основі внутрішнім діаметром не менше 140 см. Діаметр розтруба по зовнішньому контуру - 1720 мм. Використання труб такого діаметру забезпечує можливість огляду і ремонту їх стиків в період експлуатації водоскиду.

Вхідний оголовок виконується із залізобетонних плит покладених також на бетонну підготовку.

При зведенні вхідного оголовка в першу чергу бетонується фундаментна плита, в другу чергу - монтується збірні елементи і армокаркаси на висоту двох блоків, після чого встановлюється опалубка перехідної ділянки та арматура. Укладання монолітного бетону в перехідній ділянці проводиться до позначки, що знаходиться на 0,4 м нижче верху другого блоку. У третю чергу монтується інші елементи передньої і бічних стінок, встановлюється залишкова арматура і опалубка перехідної ділянки. Після укладання монолітного бетону в перехідній ділянці монтується задня стінка оголовка. В останню чергу укладається монолітний бетон в стіни оголовка до проектної позначки.

Донний водоспуск призначений для пропуску побутових витрат і повного спорожнення протиерозійного ставу в цілях очищення та санітарної обробки його ложа.

Діаметр труби донного водоспуску приймається 200, 300, 400, 600 мм, товщина стінок 10 ... 12 мм, матеріал труб – сталь і залізобетон. Укладання сталевих трубопроводу проводиться за спланованому ґрунтовому підставі без підготовки, а також з підготовкою гравійно-піщаної суміші $t = 10-15$ см і залізобетонної обойми, на яку укладається трубопровід. Зверху і з боків трубопровід обкладається і ретельно ущільнюється м'ятою глиною до початку відсипання дамби. Весь склад робіт з його зведення включає в себе земляні та монтажні роботи. Водопровідною його частиною є сталевий трубопровід,

покладений для низьконапірних гребель, як правило, в одну нитку на підготовлену і сплановану ґрунтову основу.

Склад робіт при цьому наступний: після розбивки й закріплення осей споруди, проводиться зрізка рослинного ґрунту з будівельної смуги під трубопровід. Зрізка проводиться бульдозером з неповоротним відвалом ($B = 90^\circ$). При цьому довжина набору ґрунту бульдозером з товщиною стружки (глибиною різання) до 20-30 см становить 6 ... 8 м. Після зняття рослинного шару ведеться розробка мінерального ґрунту в підвідному каналі, приямках, траншеї, відвідному каналі і водобійному колодязі. Для цього використовується екскаватор, який працює у відвал. Ґрунт з відвалів частково переміщується для засипання і ущільнення траншеї трубопроводу, а частково на відсипання тіла греблі. Ширина траншеї під трубопровід по дну приймається залежно від діаметру трубопроводу. Після влаштування котлованів під трубопровід, вхідний і вихідний частини споруди, виконуються ручні доопрацювання в траншеї і влаштування приямків під стиковку труб. Загальний обсяг ручних доробок для таких споруд становить близько 8-10%.

Нагорні канали малого ($h < 0,5 \dots 0,75$ м, в Д .. 1,1 м) і великого перерізу ($h > 0,75$ м, в > 1,1 м) будують механізованим способом.

При будівництві нагорних каналів невеликої глибини і перетину, для їх будівництва використовують середні і важкі причіпні грейдери і самохідні автогрейдери.

Склад робіт при цьому наступний: приведення агрегату в робоче положення, тобто установка необхідного кута нахилу ножа, розробка і переміщення ґрунту і повороти грейдера в кінці ділянки робіт. При роботі грейдера ніж встановлюють похило, опускаючи його в ґрунт приблизно на половину довжини.

При виробництві робіт грейдер, рухаючись в одному напрямку, ріже і зміщує ґрунт в проміжний відвал. Під час руху в зворотному напрямку при двосторонній розробці каналу, зрізують ґрунт з іншого боку від осі каналу. При наступному проході в прямому напрямку, виробляють планування утвореного валика ґрунту, отриманого в результаті переміщення його вздовж відвалу при нарізці. Цикл цих операцій повторюється до тих пір, поки не утвориться перетин заданих розмірів. При цьому використовується поздовжня схема робіт - при його русі вісі виїмки, причому робочими є проходи в прямому і зворотному напрямку. При неоднаковому заглибленні правого і лівого боку відвалу проходить зміна кута зарізу, що дає можливість без додаткових доробок вирізати грейдером поздовжні виїмки з певними заданими укосами.

Розпилювачі стоку будують плугами загального призначення, плантажним або навісним плугом, на якому залишають два середніх корпуси (передній з нормальним і задній зі збільшеним відвалами), а також канавокопачами типу КОР-500; КЗУ-03 і КБН-0,35. Під кутом $30-45^\circ$ до улоговині виорюють, борозну – розпилювач глибиною 30-40 см з відвалом пласта вниз по схилу. Довжина борозни 5-30 м залежно від ширини улоговини і можливості відводу води від ділянки, яка розмивається. Чим ширше улоговина, тим глибше повинна бути борозна і більша висота валика.

Водоутримувальні вали застосовують на схилах крутістю до 10° вище вершин ярів, для затримання поверхневого стоку, запобігання лінійної ерозії ґрунтів на водозборі і зростання ярів. Об'єм ставків та площу їх водозбору обмежують у залежності від ухилів схилів і інженерно-геологічних умов.

Розміщують такі вали у вершин діючих ярів, уздовж лісосмуг, доріг, на непридатних і незручних землях. Форма поперечного перерізу валу визначається його висотою, типом, властивостями ґрунтів і характером використання прилеглих земель.

Будівництво водозатримуючих валів з найбільш поширеними геометричними розмірами і параметрами, особливо при висоті вала 2,5 ... 4,0 м, за своєю технологією дуже близько збігається з будівництвом якісних насипів і складається з наступних операцій і процесів:

- розбивка осі валу, шпор, перемичок, винесення в натуру лінії (кордонів) підшви мокрого і сухого укосів, а також межі прудка;
- зняття рослинного шару з площі, підстави валу, прудка, шпор, перемичок і місця тимчасового його складування за межами будівельного майданчика і переміщення його в інше місце;
- комплекс робіт з видобутку мінерального ґрунту в кар'єрі. Проводиться, як правило, при висоті вала 2,5 ... 4,0 м і відповідно, більших обсягах відсипання. Комплекс робіт включає відповідно кілька операцій;
- зняття рослинного шару з площі, підстави валу, прудка, шпор, перемичок і місця тимчасового його складування за межами будівельного майданчика і переміщення його в інше місце;
- комплекс робіт з видобутку мінерального ґрунту в кар'єрі. Комплекс робіт включає відповідно кілька операцій:
 - транспортування ґрунту з кар'єру для відсипки в дамбу (при великих обсягах відсипання ґрунту);
 - відсипання тіла валу, шпор і перемичок з ґрунту взятого в прудку та ущільнення відсипаного ґрунту в тілі валу, шпор і перемичок;
 - планування укосів і гребеня валу, шпор і перемичок;
 - влаштування водообходів водоскидів і дороги по гребеню валу;
 - покриття валу, шпор перемичок і ложа прудка рослинним шаром ґрунту (рекультивация рослинного шару);
 - посів багаторічних трав по укосів валу, шпор і перемичок; одерновка водовідводів і водоскидів.

Висновки: В ході виконання цього дослідження були розглянуті різні способи захисту територій від небезпечних геологічних процесів. Детально розглянута технологія будівництва комплексу протиерозійних гідротехнічних споруд для захисту від яружної ерозії. Причому найважливішою вимогою при призначенні протиерозійних гідротехнічних споруд є необхідність створення максимально ефективного захисту при мінімальних витратах.

1. Абрамов С. Д., Семенов М. П., Чаліщев А. М., Водозабори підземних вод. – М. : Будвидав, 1956.
2. Васильев С. М. Ресурсосберегающие технологи в природообустройстве: Курс лекций. – Новочеркасск, 2003. – 106 с
3. Грішин М. М., Гідротехнічні споруди. – М., 1968.
4. ДБН В.1.1-24:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування.
5. Донець В. Н. Технология и организация мелиоративных работ в задачах: Учеб. пособие. – Новочеркасск, 1998. – 258 с.
6. Ковальчук І. П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. — Львів, 1997.
7. Курганов А. М., Вуглинская Е. Э. Водозаборы подземных вод: учебное пособие для студентов специальности 270112 – Водоснабжение и водоотведение всех форм обучения. – СПб. : СПбГАСУ, 2009. – 80 с.
8. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 200 с.
9. Мкртчян О. С. Геоінформаційне моделювання в конструктивній географії. Навч. посібник. — Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2010, глава 6.
10. Поляков Ю. П. Технология и организация природоохранных работ. Часть 2. – Новочеркасск, 2003. – 220 с.
11. Поляков Ю. П. Строительство и реконструкция противопаводковых сооружений. – Новочеркасск, 2005. – 165 с.
12. Світличний О. О., Чорний С. Г. Основи ерозієзнавства : підручник для студентів вищих навчальних закладів. — Суми : Університетська книга, 2007.
13. Ясинецкий В. Г., Фенин Н. К. Организация и технология гидромелиоративных работ. – М. : Агропромиздат, 1986. – 352 с.
14. [Електронний ресурс]. – URL: <http://kiev.all.biz/kompaniya-psm-ooo-e26195#.VgjmNvntlBe>

Рецензент: д.т.н., професор Кір'янов В. М. (НУВГП)

Kukovskyi A. G., Candidate of Engineering, Associate Professor, Kyzyma V. P., Candidate of Engineering, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION OF THE COMPLEX OF ANTI-EROSION HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS

In the article the technology of construction of the complex of anti-erosion hydraulic engineering constructions, which consists of an earth bulk dam, outlet structure swere disastrous with waste channel bottom culvert with inlet and outlet channels of the reservoir and actually. Also questions of construction of mountain ditches, drain nozzles and water-holding shafts.

Keywords: erosion, hydraulic engineering construction, technology, spillwayconstruction.

Куковский А. Г., к.т.н., доцент, Кизима В. П., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КОМПЛЕКСА ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

В статье приведена технология строительства комплекса противоэрозионных гидротехнических сооружений, который состоит из земляной насыпной плотины, катастрофического водосбросного сооружения сбросным каналом, донного водоспуска с подводным и отводящим каналами и собственно водоема. Также рассмотрены вопросы строительства горных канав, распылителей стока и вододерживающих валов.

Ключевые слова: эрозия, гидротехнические сооружения, технология, водосбросные сооружения.