

## РЕГУЛЮВАННЯ ВОДНИХ ПОТОКІВ ТА НАНОСІВ ПРИ ВОДОЗАБОРІ З ПЕРЕДГІРСЬКИХ ДІЛЯНОК РІЧОК

В'ячеслав Вечер<sup>1</sup>, Любомир Шинкарук<sup>2</sup>

Національний університет водного господарства та природокористування  
11, Соборна, м. Рівне, Україна, 33000

<sup>1</sup>канд. техн. наук, v.v.vecher@nuwm.edu.ua, [orcid.org/0000-0003-3997-8914](https://orcid.org/0000-0003-3997-8914)

<sup>2</sup>канд. техн. наук, lubkomir@ukr.net, [orcid.org/0000-0002-4663-0396](https://orcid.org/0000-0002-4663-0396)

DOI: 10.32347/2524-0021.2019.31.16-24

**Анотація.** Регулювання поступлення частини витрати води при водозаборі з передгірських ділянок річок вимагає вирішення питання обмеження поступлення наносів. При цьому використовується комплексний підхід, що включає здійснення інженерних засобів в річці на підході, водосховищі, безпосередньо в межах самої споруди та на вхідній частині каналу. Видалення наносів, що попали на поріг водоприймача, як правило, здійснюється гідравлічним методом, що досягається ефективним використанням вторинних течій. В роботі розглянута конструкція і принцип дії двостороннього водозабору та прямолінійних піскогравієловок, які рекомендуються для використання на передгірських ділянках річок. У запропонованому водозаборі створюються циркуляційні течії, які обмежують доступ до водоприймача значної частини наносів як на підході до нього, так і у процесі руху потоку у криволінійній кишені. В лабораторії кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки НУВГП було виконано лабораторні дослідження запропонованого водозабору для умов Черексько-Урванської зрошувальної системи, яка забирає воду з річки Черек на Північному Кавказі та виконано порівняння з двостороннім двоюрисним водозабором, який досить широко використовується у зазначеному регіоні. Результати дослідження показали значні переваги запропонованої конструкції щодо недопущення донних наносів у водоприймачі, зменшення промивних витрат і меншу залежність протинаносних властивостей від витрат води у річці. Аналогічні дослідження гідравлічного і наносного режимів піскогравієловки з боковою перешкодою проведені для умов водозабору з річки Самур у Дагестані. Дослідження наносного режиму підтвердили, що в запропонованій піскогравієловці забезпечується більш надійне перехоплення наносів і є достатня транспортуюча здатність вихрової течії при всіх режимах роботи.

**Ключові слова:** ділянки передгірських русел річок, донні відкладення, водозабори та піскогравієловки, перехоплення наносів.

### ВСТУП

При заборі води з гірських та передгірських річок в канали однією з найбільш важливих проблем є попередження заносу вхідних частин каналів донними наносами. Вирішення цієї проблеми вимагає здійснення цілого комплексу інженерних рішень безпосередньо в річці на підході та чаші водосховища, самій водозабірній споруді та головній частині

каналу [1]. Не завжди вдається забезпечити максимальний транзит твердого стоку в нижній б'єф та здійснити ефективний промив верхнього б'єфу. Досить часто ми постаємо перед фактом того, що на порозі водозабірної споруди відбувається відкладення наносів. Їх видалення рекомендується здійснювати гідравлічним та механічним способами.

**Постановка проблеми.** В даному повідомленні ми зосередимо увагу на гідравлічних способах боротьби з наносами. Вона здійснюється як на водозабірних вузлах, так і на каналах. В умовах дефіциту води для промивання наносів, що характерно саме для гірських та передгірських ділянок річок, мета досягається ефективним використанням вторинних течій. Виходячи з цього ми намагались розробити конструкцію водозабору, який здатний ефективніше, з точки зору перехоплення наносів, забезпечити забір води на два береги та рекомендувати піскогравієловки як споруди для перехоплення наносів, що поступили в канал.

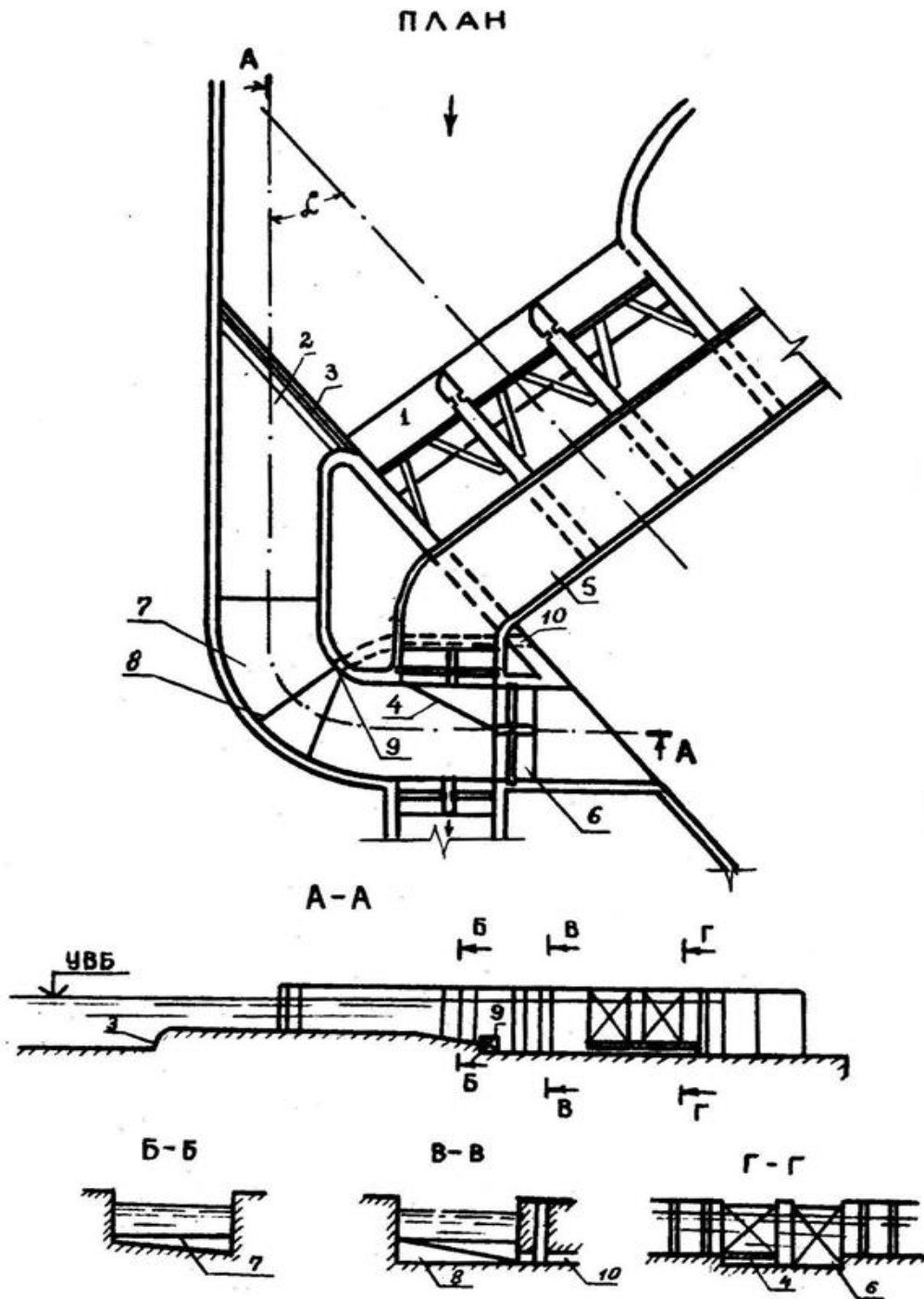
**Мета роботи.** В Національному університеті водного господарства та природокористування під керівництвом професора Кириєнко І.І. розроблено нові конструкції водозаборів та піскогравієловок, зокрема фронтального водозабору з криволінійною кишенею, який забезпечує подачу води на обидва береги річки, криволінійної та прямолінійних піскогравієловок. Їх дослідження і є метою даної роботи.

Фронтальний водозабір (рис.1) складається з водоскидної греблі 1, яка утворює кут з напрямком потоку у верхньому б'єфі, фронтальної криволінійної кишені 2 з донним порогом 3 на вході, двох водоприймачів з донними порогами, промивної полиці 4 для лівобережного водоприймача 5 та скидного регулятора 6. Після горизонтальної входної ділянки дно кишені 2 знижується приблизно до відміток поверхні понура. Це дно має вигляд віражу 7 з поперечним похилом у сторону випуклої стінки. Віраж закінчується вертикальним уступом 8, висота якого зменшується в напрямі до опуклої стінки кишені. У місці їх зустрічі влаштовано донний отвір 9, який переходить у промивну галерею 10.

У запропонованому водозаборі створюється циркуляційні течії, які обмежують доступ до водоприймача значної частини наносів як на підході до нього, так і у криволінійній кишені. Фронтальний вхід потоку у кишеню 2 і боковий скид води через водоскидну греблю утворює циркуляційну течію, яка відтискує донні наноси від входної частини водоприймача. Поріг на вході у кишеню обмежує надходження крупних донних наносів. Ті ж наноси, що все таки пройшли в кишеню, підхоплюються циркуляційною течією, що виникає на повороті кишені і підсилюється похилом дна на віражі. Ця течія підтягує наноси до опуклої стінки кишені, тобто у сторону, де розміщено промивний отвір 9. Донний вертикальний уступ 8 фіксує місце перехоплення наносів завдяки вихровій течії, яка утворюється за ним. Наноси, які надійшли і проминули уступ, частково осідають на дно внаслідок зменшення швидкості у кінцевій прямолінійній частині кишені. Для зменшення кількості їх водоприймачі на вході мають пороги, а лівобережний додатково використовує поділ горизонтальною полицею 4 потоку на верхню з меншою кількістю наносів і нижню, де наноси, що відклались, періодично змиваються у нижній б'єф через скидний регулятор 6.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В лабораторії кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки НУВГП було виконано лабораторні дослідження запропонованого водозабору для умов Черексько-Урванської зрошувальної системи, яка забирає воду з річки Черек на Північному Кавказі та виконано порівняння з двостороннім двоюрисним водозабором, який досить широко використовується у зазначеному регіоні [2,3].



**Рис. 1.** Фронтальний водозабір з криволінійною кишенею: 1 – водозливна гребля; 2 – фронтальна криволінійна кишень; 3 – донний поріг; 4 – промивна полиця; 5 – водопровідний лотік (акведук); 6 – скидний регулятор; 7 – віраж; 8 – вертикальний уступ; 9 – промивний отвір; 10 – промивна галерея

**Fig. 1.** Frontal water intake with curvilinear pocket: 1 – spillway dam; 2 – front curved pocket; 3 – bottom threshold; 4 – flushing shelf; 5 – water-tray (aqueduct); 6 – waste regulator; 7 – bend; 8 – vertical ledge; 9 – flushing hole; 10 – flushing gallery

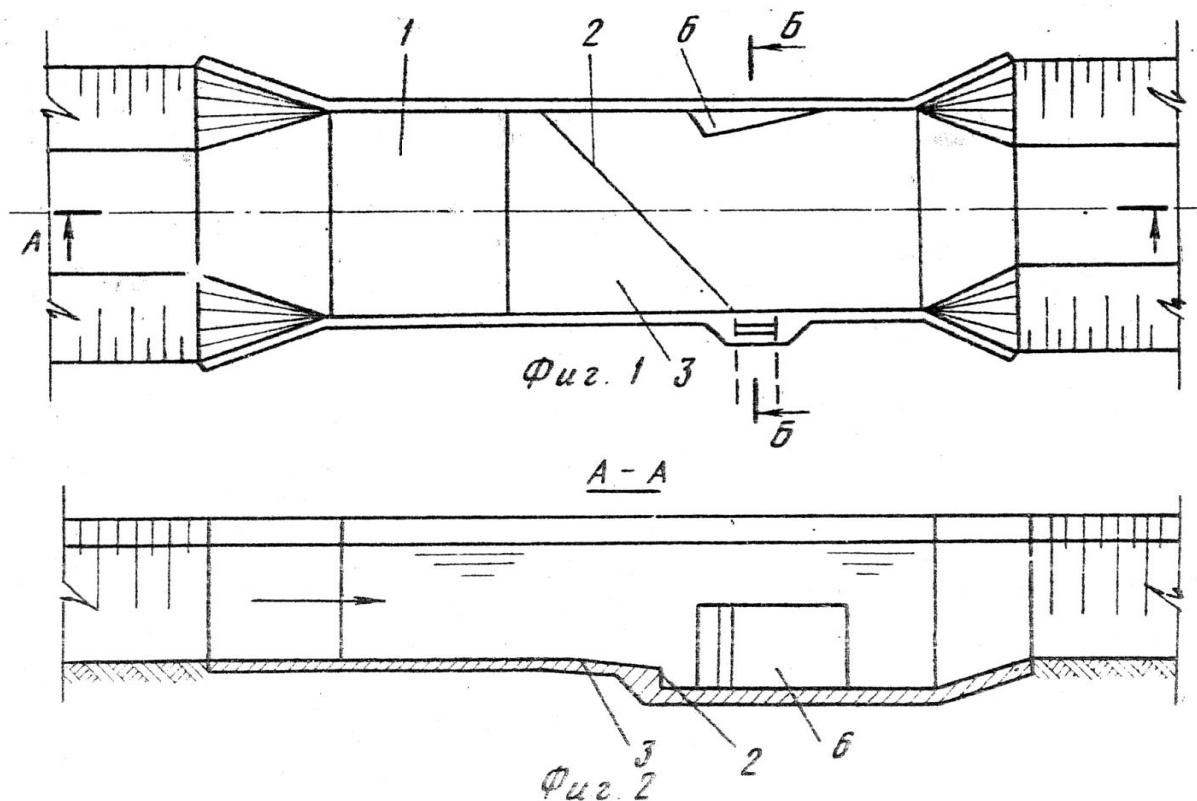
Дослідження виконано для пропуску наступних характерних повеней в річці: мінімальної (початок руху донних наносів), середньої та максимальної повеней. Результати дослідження показали значні переваги запропонованої конструкції щодо недопущення донних наносів у водоприймачі, зменшення промивних витрат і меншу залежність протинаносних властивостей від витрат води у річці.

Наступним етапом боротьби з наносами є забезпечення перехоплення наносів, що пройшли в канал, за допомогою піскогравієловки. Для захисту каналів від донних та частково від завислих наносів запропоновано нові конструкції піскогравієловки, зокрема криволінійної та прямолінійної типів. Криволінійна піскогравієловка практично повторює конструкцію криволінійної кишені описаного вище водозабору, влаштовується,

як правило, при наявності існуючого повороту каналу. Вона використовує циркуляційні течії, що виникають у розглянутому водозаборі.

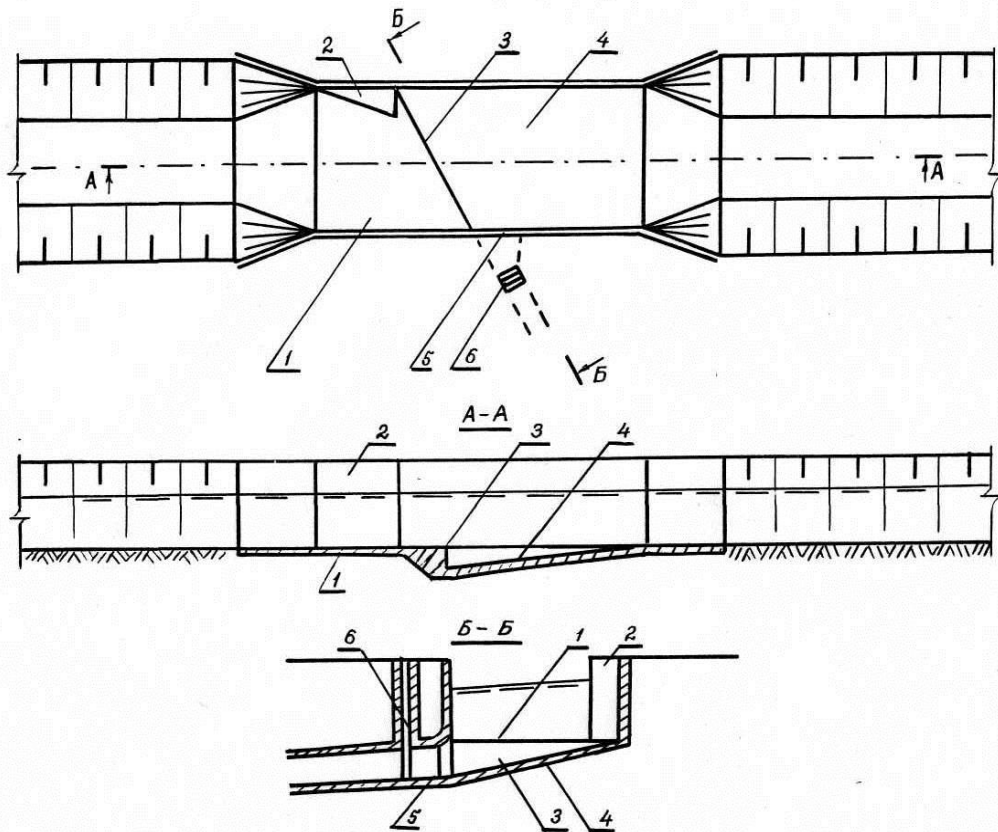
Для прямолінійних ділянок каналів в стиснених умовах, пропонуються піскогравієловки прямолінійного типу, основою яких є донний косорозташований уступ та бокова перешкода. Вони формують вторинні течії, інтенсивність яких залежить від взаємного розташування цих елементів.

Для перехоплення піщаних наносів пропонується піскогравієловка з боковою перешкодою 6, розташованою за уступом 2 (рис.2), а для перехоплення піщано-гравелистих наносів бокова перешкода 2, переноситься на донний уступ 3, який має змінну висоту, що збільшується в сторону до промивного отвору 5 (рис.3).



**Рис. 2.** Прямолінійна піскогравієловка за А.С. 836280 [4]: 1 – вхідна частина, 2 – донний уступ, 3 – віраж; 6 – бокова перешкода

**Fig. 2.** Rectilinear sand and gravel catcher according to A.S. 836280 [4]: 1 – entrance part, 2 – bottom ledge, 3 – bend; 6 – lateral obstacle



**Рис. 3.** Конструкція піскогравієловки з перешкодою на уступі: 1 – вхідна частина, 2 – бокова перешкода, 3 – донний уступ, 4 – дно за уступом, 5 – промивна галерея, 6 – затвор

**Fig. 3.** Construction of a sand and gravel catcher with a barrier on the ledge: 1 – the entrance part, 2 – lateral obstacle, 3 – bottom ledge, 4 – bottom behind the ledge, 5 – flushing gallery, 6 – bolt

Метою даних розробок є піскогравієловки, які з мінімально можливою промивною витратою води видаляють максимально можливу кількість наносів з каналу. Принцип роботи полягає у створенні вторинних течій, які певним чином організують рух наносів у потоці і сприяють їх видаленню з використанням енергії лише самого водного потоку. Під час роботи піскогравієловки за А.С. 836280 основним діючим її елементом є косорозташований донний уступ 2 за яким виникає потужна гвинтоподібна течія, яка

захоплює частину наносів з потоку та транспортує їх до промивного отвору. Бокова перешкода 6, маючи невеликі розміри, підвищує гідродинамічний тиск на початку гвинтоподібної течії, сприяє її прискоренню в напрямку до промивного отвору та успішнішому перехопленню наносів.

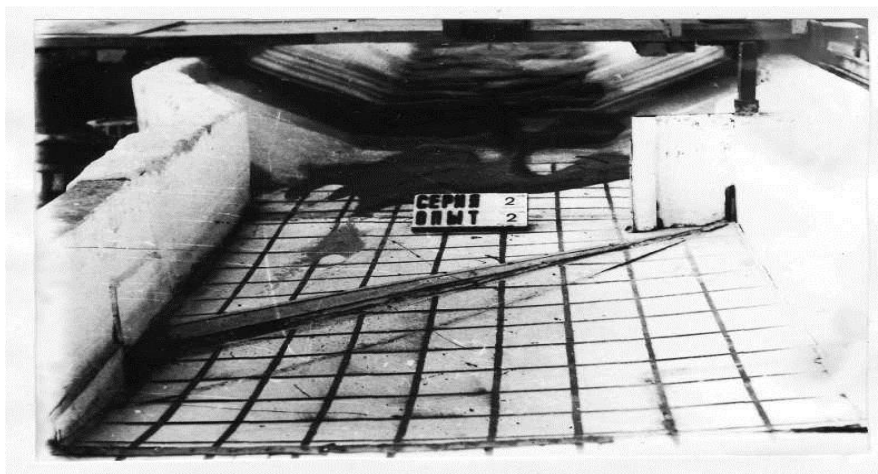
Наступна конструкція прямолінійної піскогравієловки з боковою перешкодою на уступі являє собою короткий бетонний лоток з вертикальними боковими стінками (рис.3), біля однієї з стінок яко-

го розташована незатоплена бокова перешкода, ширина якої вздовж течії збільшується.

За перешкодою влаштовується косо-розташований донний уступ, який створюється пониженням дна водовода. Дно лотка нижче уступу має як поперечний, так і зворотній повздовжні нахили. Завдяки цьому донний уступ має змінну висоту, яка збільшується в сторону до промивної галереї. Витрата промивної галереї регулюється затвором, розташованим на її вході. Для цієї піскогравіловки принципово новим є рекомендована компоновка перешкоди на уступі та конструкція вихідної частини. Нами проведено дослідження гідравлічного і наносного режимів цієї конструкції піскогравієловки на каналі для умов водозабору з річки Самур у Дагестані. У вказаному створі р Самур, є типовою передгірською рікою з осередковим типом руслового процесу. Русло розпластане, мілке з островами-осередками, під час повеней спостерігаються переміщення динамічної осі потоку та швидкі розмиви берегів русла. Відмінною особливістю цієї ділянки від інших є наявність на ній великого об'єму крупних донних наносів, які поступають з вище розташованої частини річкової долини. Похил русла на зазначеній ділянці складає 0,011.

Під час досліджень було детально вивчено кінематичну структуру потоку в споруді. Відмічено якісний зв'язок рельєфу вільної поверхні в споруді з його швидкісною структурою. Біля перешкоди, де похили поверхні потоку зменшуються, зменшуються також поздовжні швидкості, а у вільній частині споруди, де похили зростають, і збільшуються швидкості потоку. При наближенні до уступу швидкості зростають, а їх епюри вирівнюються по висоті, що є характерною ознакою існування в потоці поперечної циркуляції. Дослідження вихрової течії за уступом показали, що розподіл максимальних поздовжніх придонних швидкостей у вальці за уступом залежить від форми останнього. Порівняння швидкостей за уступом постійної висоти і при виконанні поперечного похилу дна за уступом показало, що при наявності поперечного похилу дна за уступом максимальні придонні швидкості у вальці зростають, приблизно, в 1,5-2,0 рази [5,6].

Дослідження наносного режиму підтвердили, що в запропонованій піскогравієловці забезпечується надійне перехоплення наносів і є достатня транспортуюча здатність вихрової течії при всіх режимах роботи (рис.4).



**Рис. 4.** Картина відкладень наносів  
**Fig. 4.** Pattern of sediment deposits

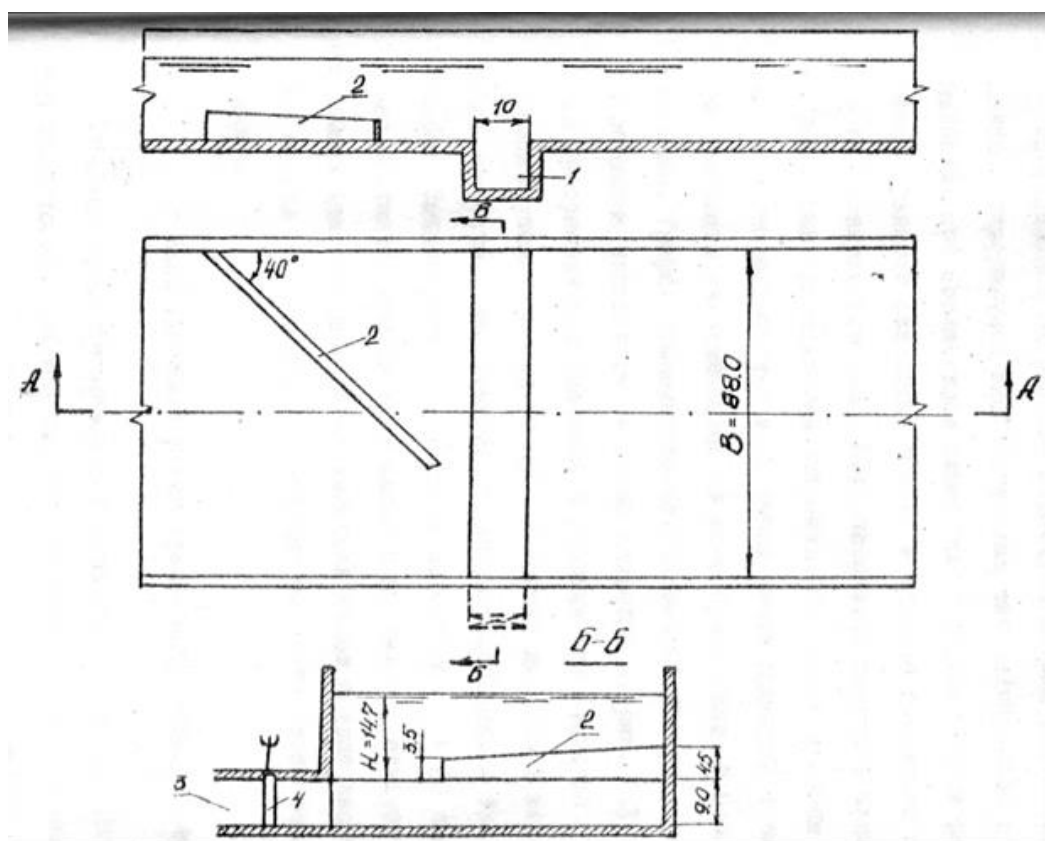
Було вивчено режим аварійного виходу з ладу промивної галереї і, як наслідок, закидання (акумулювання) наносами дна за уступом. Після відновлення роботи промивної галереї експериментально була доказана можливість промивання наносів за уступом і відновлення роботи споруди. Промивні витрати при нормальних режимах експлуатації не перевищують 5% від витрати каналу.

Для порівняння в однакових умовах вивчалось ефективність перехоплення наносів удосконаленою траншейною піскогравієловкою з направляючим порогом (рис.5).

На рис.6 наведено картину відкладення наносів, які фактично заповнили більшу частину траншеї при 5% промивній витраті і безперешкодно поступають в канал.

## ВИСНОВКИ

За результатами досліджень пропонується нові конструкції водозабору та піскогравієловок, які мають ширший діапазон надійної роботи при мінімальних промивних витратах і можуть бути використані на каналах водної, енергетичної так і інших галузей народного господарства.



**Рис. 5.** Траншейна піскогравієловка: 1 – траншея, 2 – поріг, 3 – промивний отвір, 4 – затвор

**Fig. 5.** Trench sand and gravel catcher: 1 – trench, 2 – threshold, 3 – flushing hole, 4 – shutter



**Рис. 6.** Відкладення наносів в траншейній піскогравієловці  
**Fig. 6.** Sediment deposition in trench sand and gravel catcher

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Алтунин С. Т. Регулирование русел рек при водозаборе. М.: Сельхозгиз, 1950.
2. Кирієнко І. І., Климук А. С. Гидравлические исследования фронтального водозабора с криволинейным карманом / Гидравлика и гидротехника. К.: Техника, 1983. 37. С.15-23.
3. Данелия Н. Ф. Водозаборные сооружения на реках с обильными донными наносами. М.: Колос, 1964, 336 с.
4. Кирієнко І. І., Щодро О. Є. Піскогравієловка. Авторське свідоцтво № 836280 // Открытия. Изобретения. 1981. №21.
5. Никитин И. К. Турбулентный русловой поток и процессы в придонной области. К.: Изд-во АН УССР, 1963, 142 с.
6. Вечер В. В., Щодро О. Є. Борьба з наносами на каналах. Вісник НУВГП, вип.4(64), Технічні науки, Рівне, 2013.

#### REFERENCES

1. Altunin, S. T. (1950). *Regulation of river beds at water intake*. Moskva: Selkhozgiz. [in Russian]
2. Kirienko, I. I., & Klimuk, A. S. (1983). *Hydraulic studies of a frontal intake with a curved pocket. Hydraulics and hydrotechnics*, 37, 15-23. [in Russian]
3. Daneliya, N. F. (1964). *Water intake structures on rivers with abundant sediment*. Moskva: Kolos. [in Russian]
4. Kirienko, I. I., & Shchodro, O. Y. (1981). *Sandblasting*. Copyright certificate № 836280. [in Ukrainian]
5. Nikitin, I. K. (1963). *Turbulent bedflow and processes in the benthic region*. Kiev: Izd-vo AN USSR. [in Russian]
6. Veher, V. V., & Shchodro, O. Y. (2013). *Anti-sediment on canals. Bulletin of NULES*. 4 (64). [in Ukrainian]



**Struggle against bottom sediments at water intakes  
from the foothills of the rivers and on the channels**

*Vyacheslav Vecher, Lubomir Shynkaruk*

**Abstract.** In the laboratory of the Hydrotechnical Building and Hydraulics Department of NUWEE, laboratory studies of the proposed water intake for the conditions of the Cherek-Urvan Irrigation System, which drains water from the Cherek River in the North Caucasus, were performed. For comparison, similar studies were conducted on bilateral water intake, which is widely used in the region. The results of the study showed significant advantages of the proposed design. During the water intake, the bottom sediment penetration into the water intake is lower, the water flow rate for the sediment leaching is reduced and a smaller dependence of these characteristics on the water flow is found. Similar studies of the hydraulic mode and mode sedimen of gravel and sand sediment in catcher with lateral obstacle were conducted for water intake conditions from the Samur River in Dagestan. Investigations of the sediment intercept regime have confirmed that in the proposed sand and gravel catcher, more reliable interception of sediment is provided and there is sufficient transporting abilityh of the vortex flow under all modes of operation.

**Key words:** areas of foothills rivers, bottom sediments, water intakes and sand and gravel catchers, interception of deposits.

*Стаття надійшла до редакції 7.06.2019*