

**Вечер В. В., к.т.н., доцент, Шинкарук Л. А., к.т.н., доцент,
Токар Л. О., к.т.н., доцент** (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДВОЯРУСНОГО ФРОНТАЛЬНОГО ВОДОЗАБОРУ

В роботі розглянуто результати досліджень структури потоку та протинаносних властивостей фронтального двоярусного водозабору, влаштованого на передгірській ділянці річки. В лабораторних умовах досліджено процес переносу наносів в руслі на підході до водоприймачів водозабору та їх захват у канали для різних режимів роботи.

Ключові слова: формування пасма наносів; рух наносів; вторинні течії; розподіл наносів між пропускними отворами греблі та водоприймачами.

Актуальність роботи. Забір води з гірських та передгірських ділянок річок супроводжується попаданням як зважених, так і донних наносів у водоприймачі, які відкладаються в головній частині каналу. Вивчення закономірностей проникнення наносів в канали в залежності від коефіцієнта водозабору, схем маневрування затворами для різних режимів роботи дозволить краще оцінити можливість застосування даного водозабору і рекомендувати найприйнятніші схеми маневрування затворами.

Постановка проблеми. Відомо, що при водозаборі захват наносів у канали залежить значною мірою від руслових переформувань на підході до водоприймачів та розподілу витрат між водопропускними та водозабірними отворами. Під час досліджень вивчали структуру потоку, зокрема, вторинні течії і їх інтенсивність залежно від наведених факторів і, як наслідок, захоплення наносів в канали.

В задачі роботи входило вивчення характеру і напряду підходу потоку до споруди, формування пасма наносів на підході, вплив вторинних течій на захоплення наносів в залежності від витрати в річці, розподілу витрат між водопропускними та водозабірними отворами (схеми маневрування затворами).

Дослідження виконано для умов головної споруди на р. Черек, яка забезпечує водою Черексько-Урванські зрошувальні системи.

Річка Черек відноситься до басейну р. Терек і є правою притокою р. Баксан. У верхів'ї р. Черек є типовою високогірною річкою, що протікає у вузькій долині між ущелинами. Деяко вище вибраного створу Черек виходить на передгірську долину. В створі гідровузла вона протікає в широкій (до 2-х кілометрів) алювіальній валунно-гальковій заплаві. Головну споруду запроєктовано для забезпечення подачі води на обидва береги – канали Аксира (правий берег) і Урвань (лівий берег) [5]. На час проєктування ці канали чинні і працювали як безгреблеві водозабори.

Методика досліджень. Модель було виконана по проєктних матеріалах у повній відповідності із топографією і відтворювала ділянку ріки довжиною 315 метрів у масштабі 1:35. Масштаб моделі був прийнятий з урахуванням розмірів лабораторної установки. Русло моделі виконано з крупнозернистого піску, що міг рухатись відповідно до умов в натурі. Укоси струмененапрямних дамб укріплено цементним розчином. Всі споруди виконано з дерева та металу. За водопропускними спорудами на моделі влаштовано відстійники для перехвату наносів.

Моделювання гідравлічних величин здійснювалось по Фруду. У всіх дослідах мав місце стійкий турбулентний режим, оскільки число Рейнольдса перевищувало десять тисяч, що у багато раз більше його критичного значення.

Поряд з силою тяжіння в умовах потоку, що плавно змінюється, важливим є гідравлічний опір, що вимагає однакових значень коефіцієнтів Шезі в натурі і на моделі. Це було досягнуто рівністю відносної шорсткості в натурі і на моделі.

В дослідженнях вивчали роботу водозабору при пропуску трьох характерних витрат води в річці: повеневої витрати забезпеченістю 10% – 293 м³/с, близької до руслоформуючої витрати, середньої повеневої витрати по водності – 181 м³/с та мінімальної витрати Q=125 м³/с, що відповідає початку масового руху наносів у руслі. Було підібрано гранулометричні склади наносів, що рухаються для кожної витрати з урахуванням даних ситового аналізу проб руслових відкладень в натурі [1; 4]. Пропускную спроможність гідровузла вивчали для умов пропуску максимальної витрати забезпеченістю 1% (Q=534 м³/с).

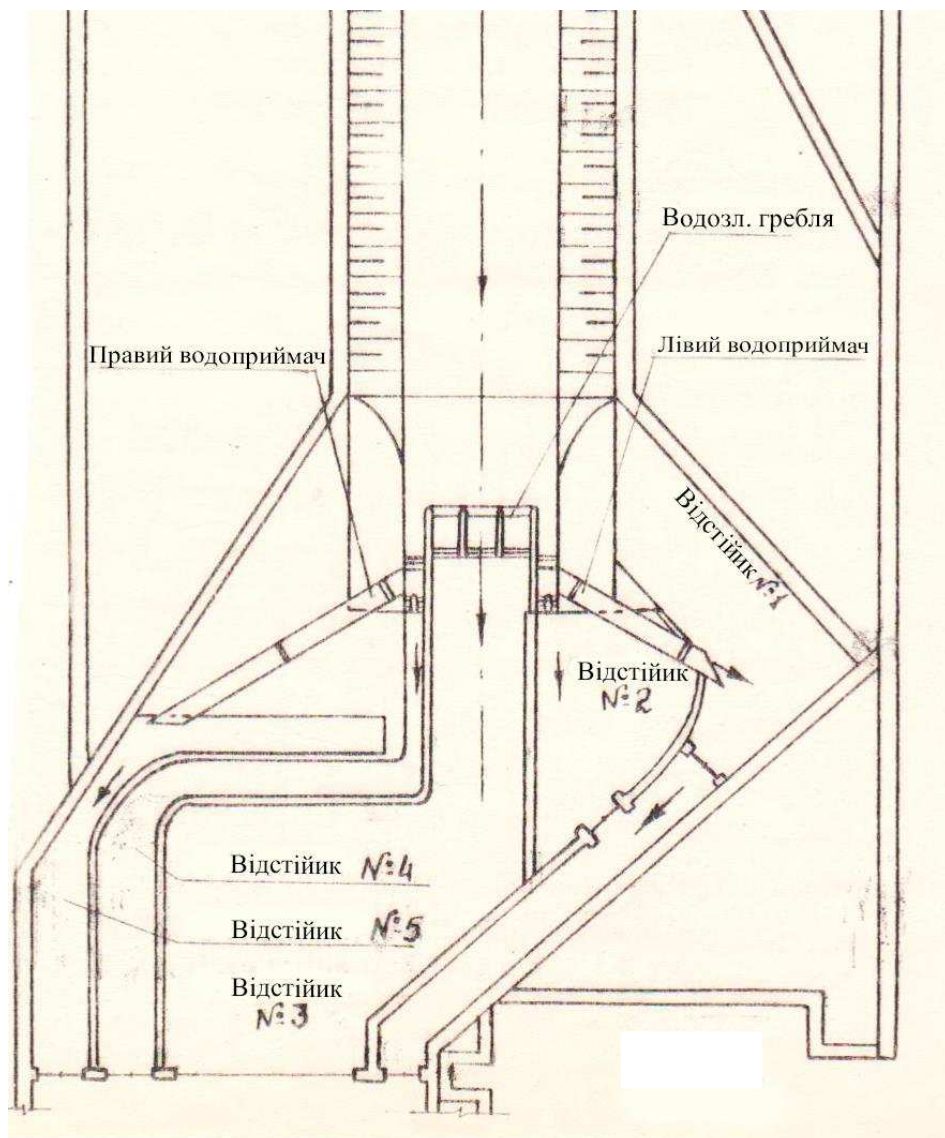


Рис. 1. Схема модельної установки

Модель водозабору наведено на рис. 1. Подача наносів здійснювали вручну рівномірним розсипанням відповідної піщаної суміші на початку моделі. Дослідження проводили в умовах усталеного руху наносів на моделі, про що свідчила рівність об'єму поданих на модель і зібраних у відстійниках в кінці моделі наносів. Виняток склали дослідження пропуску гідрографа повені у зв'язку з неусталеним режимом потоку. Для недопущення розмиву сформованого русла в період запуску моделі її заповнювали водою з водопроводу зі сторони нижнього б'єфу.

Вимірювальна апаратура. Витрати води визначали мірними водозливами, рівні води – голковими рівнемірами, обладнані шпиченмасштабами. Напрямок руху поверхневих і донних струмин фіксували нитяними маячками, поверхневими та донними поплавками. Рельєф відкладень наносів фіксували горизонталями, укладеними по урізу води, рівень якої поступово знижувався. Горизонталі уклали через 2 см по висоті на моделі, що відповідає 0,7 метра в натурі.

Порядок проведення досліджень. Протинаносні властивості запроєктованого водозабору вивчали під час пропуску трьох характерних витрат та гідрографа по даних реальної повені. Залежно від витрати досліди розбивались на серії. В кожній серії досліди відрізнялись схемою відкриття затворів. У досліді фіксували похил водної поверхні, рельєф пасма відкладень перед спорудою, між бичками водоскидної греблі та вході до водоприймачів, розподіл витрат та наносів між всіма водозливними та водозабірними отворами. Загальний характер руху потоку, відкладень наносів фіксували фотографіями та замальовками поверхневих та донних струмин.

Результати досліджень. Протинаносні властивості водозабору характеризуються відсотком захоплення наносів у кишеню та у канали, а також відповідним йому наносним параметром, який рівний відношенню відсотка захоплення у відвід до відсотка водозабору. Наносний параметр характеризує відношення наповнення води наносами у відводі і у підвідному руслі і характеризує ступінь очищення води від донних наносів і, відповідно, виявляє роль водозабірної споруди у захисті від наносів.

Всі досліди ділились на серії – серія XI (витрата 125 м³/с), серія XII (витрата 181 м³/с) серія XIII (витрата 293 м³/с), серія XIV (пропуск гідрографа 10% забезпеченості). Умови проведення дослідів в кожній серії наведено в таблиці.

Серія XI. При витраті 125 м³/с рельєф відкладень наносів на підході формується, відносно, симетричний. Теж саме спостерігається з поверхневими токами, але в часі донні струмини розподіляються нерівномірно по ширині. Динамічна вісь потоку зміщується до берега, що викликає нерівномірне відкладення наносів. За укосом пасма виникає відривна течія, яка транспортує наноси в сторону промивних галерей. В процесі транспортування спостерігається підрив наносів цією ж течією, останні проникають у водоприймачі у зваженому стані. Таке явище збільшує відривні вихорові течії з вертикальною віссю, які виникають при натіканні на перешкоду в отворах водозливної греблі та при обтіканні роздільної стінки. Біля правого водо-

приймача діяльність таких вихорових течій спостерігається інтенсивнішою, що спричиняє поступлення в нього кількості наносів в два рази більше ніж у лівий. В цілому у водоприймачах вода освітлюється від наносів у 17 разів.

Таблиця

| Серія, дослід | Умови проведення дослідів (дані в натурі) |
|----------------------|--|
| Серія XI, дослід 1 | Всі отвори водозливної греблі закриті. Витрата водозаборів – по 15 м ³ /с, промивних галерей – по 47,5 м ³ /с |
| Серія XI, дослід 2 | Середній отвір водозливної греблі пропускає 51 м ³ /с. Витрата водозаборів по 15 м ³ /с, промивних галерей – по 22 м ³ /с |
| Серія XI, дослід 3 | Крайні отвори водозливної греблі відкриті рівномірно і пропускають разом 69 м ³ /с, працює лише правий водоприймач. Витрата водозабору 15 м ³ /с, промивної галереї – 41 м ³ /с |
| Серія XII, дослід 1 | Витрата середнього отвору 69 м ³ /с, витрати водозабору 15 м ³ /с, промивних галерей – 41 м ³ /с |
| Серія XII, дослід 2 | Всі прогони водозливної греблі відкриті рівномірно і пропускають 125 м ³ /с, Працює лише правий водоприймач. Витрата водозабору 15 м ³ /с, промивної галереї – 41 м ³ /с |
| Серія XIII, дослід 1 | Середній отвір греблі відкритий повністю, крайні – частково. Витрата греблі – 181 м ³ /с, витрати водозаборів – 15 м ³ /с, промивних галерей – 41 м ³ /с |
| Серія XIII, дослід 2 | Перший прогін відкритий частково, другий і третій – повністю. Витрата греблі – 237 м ³ /с, Працює правий водоприймач. Витрата водозабору 15 м ³ /с, промивної галереї – 41 м ³ /с |
| Серія XIV | Пропуск гідрографа. Послідовно умови дослідів 1 всіх трьох серій |

Картину відкладень наносів, що відповідає умовам серія XII дослід. 2 наведено на рис. 2. В досліді 2 при частковому відкритті середнього отвору водозливної греблі і зменшенні витрат через промивні галереї відмічається погіршення роботи водозабору. Відкладення наносів підходить ближче до греблі, збільшується інтенсивність зворотних донних токів, що утворюються при натіканні на затвори закритих отворів греблі. Зменшення промивної спроможності промив-

них галерей призвело як до збільшення поступлення наносів у водоприймачі, так і збільшення їх крупності. Це дає право рекомендувати, по можливості, роботу промивних галерей з максимальними витратами для всіх режимів роботи водозабору [2].

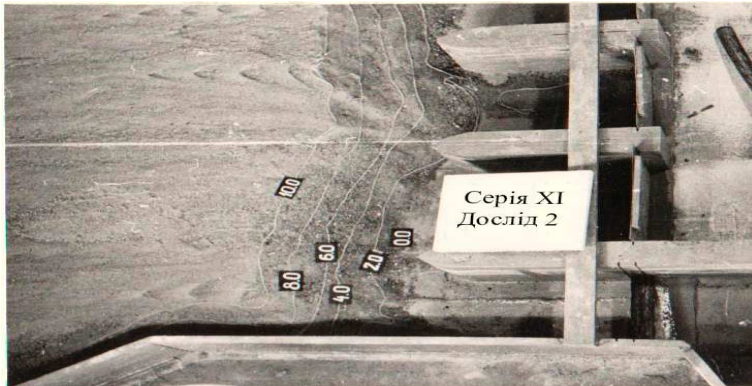


Рис. 2. Характер відкладення наносів на підході до водозабору (умови дослід 2 серія XI)

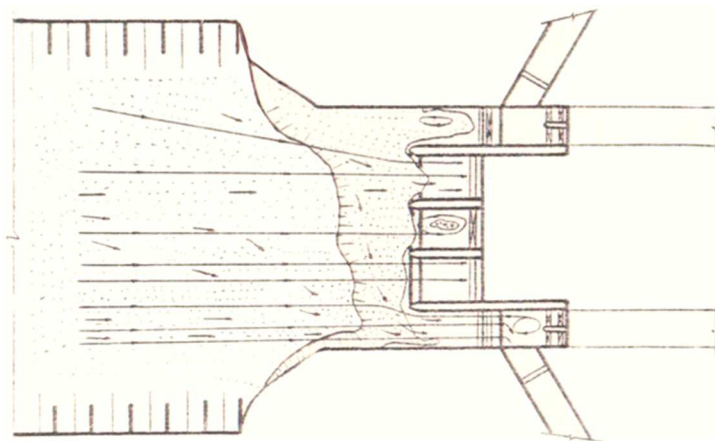


Рис. 3. Загальний вид відкладень наносів та напрямки руху поверхневих і донних струмин при роботі водозабору в умовах першої черги (серія XI, дослід 3)

В досліді 3 моделювали роботу водозабору в режимі першої черги будівництва – працює лише правобережний водоприймач. Умови роботи стали ще важчими. Основна кількість наносів рухається вздовж укосу пасма до правого водоприймача (рис. 3). Захоплення наносів у водоприймач зросло, а очищення потоку від донних наносів зменшилось в 3 рази. В канал проникають наноси у вигляді гальки.

Серія XII. В цій серії при витраті в $181 \text{ м}^3/\text{с}$ в натурі відмінність умов проведення дослідів від умов попередньої серії полягало у необхідності скидання частини витрати через отвори греблі. Як і у попередній серії, відмічається зміщення динамічної вісі потоку до правого берега, відповідно переважає і захоплення наносів у правобережний водоприймач. При цьому потік очищується від донних наносів лише в 3 рази. При вивченні роботи лише правобережного водоприймача (дослід 2) відмічаються явища аналогічні, що спостерігались у серії XI. Рівномірне відкриття отворів греблі дещо зменшила інтенсивність вторинних течій, що виникають при натіканні потоку на перешкоду. Але в канал проникають наноси з розмірами гальки в натурі. Висновок за результатами цієї серії: при збільшенні витрати води в річці режим роботи водозабору погіршується, в канали проникає наносів більше і вони мають більшу крупність. Водночас річка транспортує більшу кількість наносів. В таких умовах пропонується поєднання рівномірного відкриття затворів водозливної греблі з максимальними витратами промивних галерей.

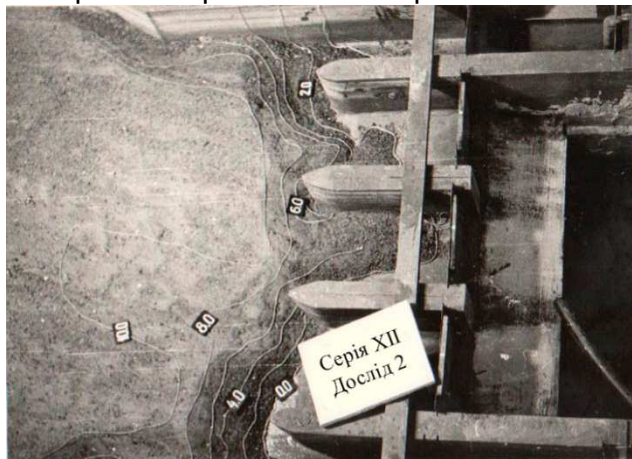
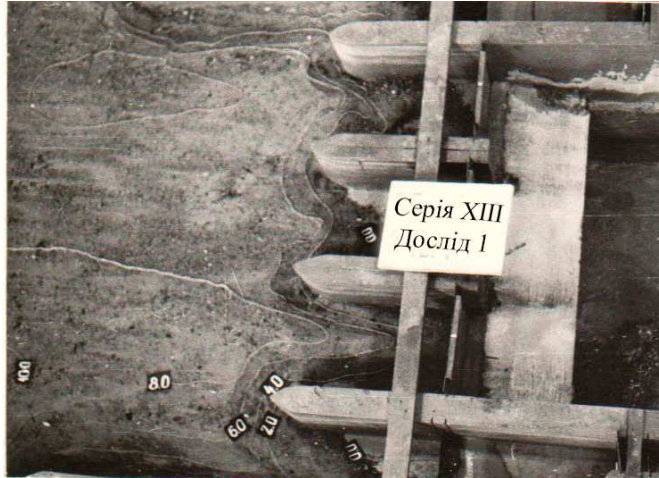


Рис. 4. Характер відкладення наносів, що відповідає умовам досліді 2 серія XII

Серія XIII. При витраті $293 \text{ м}^3/\text{с}$ в натурі (повінь 10% забезпеченості) робота водозабору покращилась. Ширина русла відповідає стійкому руслу ріки. Динамічна вісь потоку співпадає з віссю потоку на підході. Донні струмини більш рівномірно, в порівнянні з попередніми серіями, направляються в прогони греблі. Розміри вторинних течій з вертикальною віссю зменшились, відмітки поверхні відкладень на підході зменшились. Це все полегшило умови роботи водозабору і річковий потік очищується від наносів аналогічно, як і серії XI. Характер відкладень для умов дослідів серії XIII показано на

рис. 5.

При цьому в досліді 1 відмічається більш симетрична картина відкладень (рис. 5, а) ніж при роботі лише правостороннього водоприймача (рис. 5, б).



а)



б)

Рис. 5. Характер рельєфу пасма наносів при роботі двостороннього водозабору (а) і лише правостороннього водозабору (б)

Серія XIV. При пропуску повеневого гідрографа в канали (право і лівобережний) поступає в 10 разів менше наносів ніж їх кількість у річковому потоці. Фракційний склад наносів, що пройшли у канали, показує, що їх склад відповідає фракціям гальки та крупного піску.

Було виконано додаткові досліді, в яких намагались зменшити кількість наносів, що поступають у канали за рахунок відкриття

промивних шлюзів з метою промивання у нижній б'єф наносів, які у зваженому стані проникли в аванкамеру через вхідний поріг. Було виявлено, що при незначних відкриттях затворів верхнього ярусу вони майже не впливають на рух наносів, а при більших відкриттях затворів в аванкамері утворюється гідравлічний стрибок. Таким чином промивні шлюзи повинні використовуватись для пропуску максимальних повенеких витрат і промивки аванкамери від шуги, сміття і наносів при закритих затворах водоприймачів [2].

Висновки. Результати лабораторних досліджень двоярусного водозабору дозволяють зробити наступні висновки.

1. Для всіх досліджених режимів роботи водозабору захоплення наносів в канали залишається значним. При односторонньому водозаборі в канал проникає ще більше наносів. Крупність наносів, що попали в канали відповідає не лише піску, але і крупній гальці.
2. Під час збільшення витрати води у річці (середні повені, що часто повторюються) протинаносні властивості водозабору погіршуються.
3. Основною причиною попадання наносів у канали є виникнення безпосередньо біля входу у аванкамери інтенсивних вторинних течій, які зважують наноси у верхні шари потоку і останні легко попадають у канали. Ці течії виникають за укосом наносного пасма і біля зони стиснення потоку при обтіканні роздільних стінок.
4. Динамічна вісь потоку на підході до водозабору є стабільною лише при пропуску витрати 10% забезпеченості, яка відповідає руслоформуєчій витраті. При менших витратах, що має місце в 9 випадках з 10, це русло нестійке, при цьому динамічна вісь потоку буде змінюватись в часі, а значить створюються умови для бокового підходу води до водоприймачів з усіма наслідками, щодо наносів, які будуть попадати у канали. За промивними галереями відкладається значна кількість наносів, які знаходяться поза зоною промиву греблі і вони можуть створити певні експлуатаційні труднощі у процесі експлуатації. Для даного типу водозабору характерним є складність конструкції, значна кількість затворів на різних берегах, що вимагає відповідних експлуатаційних затрат.

Таким чином підтверджується той факт, що двоярусні водозабори краще працюють на рівнинних ділянках річок і для розглянутого створу необхідно рекомендувати водозабір принципово іншого типу.

1. Алтунин С. Т. Регулирование русел рек при водозаборе. М. : Сельхозгиз, 1950. 2. Данелия Н. Ф. Водозаборные сооружения на реках с обильными донными наносами. М. : Колос, 1964. 336 с. 3. Никитин И. К. Турбулентный русловой поток и процессы в придонной области. К. : Изд-во АН УССР, 1963. 142 с. 4. Методические указания по расчету устойчивых аллювиальных русел горных рек при проектировании гидротехнических сооружений. М. : Колос, 1972. 5. ВСН-П-14-76. Инструкция по проектированию низконапорных плотинных речных водозаборов оросительных систем. Союзводпроект. М., 1977.

REFERENCES:

1. Altunin S. T. Regulirovanie rusel rek pri vodozabore. M. : Selhozgiz, 1950. 2. Daneliya N. F. Vodozabornyye sooruzheniya na rekah s obilnyimi donnyimi nanosami. M. : Kolos, 1964. 336 s. 3. Nikitin I. K. Turbulentnyiy ruslovoyy potok i protsessyi v pridonnoy oblasti. K. : Izd-vo AN USSR, 1963. 142 s. 4. Metodicheskie ukazaniya po raschetu ustoychivyyih allyuvialnyih rusel gornyyih rek pri proektirovaniy gidrotehnicheskikh ooruzheniy. M. : Kolos, 1972. 5. VSN-P-14-76. Instruktsiya po proektirovaniyu nizkonapornyyih plotinnyih rechnyyih vodozaborov orositelnyih sistem. Soyuzvodproekt. M., 1977.

Vecher V. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Shynkaruk L. A., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Tokar L. O., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

RESULTS OF LABORATORY RESEARCHES OF FRONTAL TWO-STORY WATER INTAKE

The paper considers the results of studies of the structure of the flow and anti-sedimentary properties of the frontal two-story water intake, arranged on the foothills of the river. In the laboratory conditions, the process of sediment transfer in the channel on the approach to the water intakes and their capture in the channels for different modes of operation was studied.

Keywords: sediment zone formation; sediment movement; secondary flows; sediment distribution between dam openings and water intakes.

**Вечер В. В., к.т.н., доцент, Шинкарук Л. А., к.т.н., доцент,
Токар Л. О., к.т.н., доцент** (Национальный университет водного
хозяйства и природопользования, г. Ровно)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДВУХЪЯРУСНОГО ФРОНТАЛЬНОГО ВОДОЗАБОРА

В работе рассмотрены результаты исследования структуры потока и протинаносные свойства фронтального двухъярусного водозабора, расположенного на предгорном участке реки. В лабораторных условиях изучено процесс переноса наносов в русле на подходе к водоприемным отверстиям водозабора, их завлечение у каналы при следующих режимах: прохождении паводка, близкого к руслоформирующему, среднему по водности паводка и расходе, при котором начинается движение донных наносов.

***Ключевые слова:* формирование гряды наносов; их движение; вторичные течения; распределение наносов между пропускными отверстиями водосливной плотины и водоприемниками.**
