

КАДЕМІЯ НАУКУРСР

ТРАЦІ ІНСТИТУТУ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА, ВИП. 10

---

624.7  
-65

**ТРАНЗИТНЕ ДНОПОГЛИБЛЕННЯ  
НА ДНІПРІ ТА ДЕСНІ**

ча

В. Н. ГУСЕВ, А. К. КОРЧАГИН,  
А. И. ЛОСИЕВСКИЙ, А. М. ТОЛМАЦКИЙ

ТРАНЗИТНОЕ ДНОУГЛУБЛЕНИЕ  
НА ДНЕПРЕ И ДЕСНЕ В УСЛОВИЯХ  
ЕСТЕСТВЕННОГО И ЧАСТИЧНО ЗАРЕ-  
ГУЛИРОВАННОГО СТОКА

1888

В. М. ГУСЕВ, А. К. КОРЧАГІН,  
О. І. ЛОСІЄВСЬКИЙ, О. М. ТОЛМАЦЬКИЙ

624.7  
Т-65

ТРАНЗИТНЕ ДНОПОГЛИБЛЕННЯ  
НА ДНІПРІ ТА ДЕСНІ В УМОВАХ  
ПРИРОДНОГО І ЧАСТКОВО ЗАРЕ-  
ГУЛЬОВАНОГО СТОКУ

Під редакцією А. К. Корчагіна

1886

М. Д. КОЛІЩЕНКО  
ІНСТИТУТ ВОДНОГО  
ГОСПОДАРСТВА

✓  
проверено  
1968 г.

И  
ВИДАВНИЦТВО АКАДЕМІЇ НАУК УРСР  
КИЇВ - 1937

Бібліографічний опис цього видання вміщено в „Літопису українського друку“, „Картковому репертуарі“ та інших покажчиках Української книжкової палати.

Відповідальний редактор *А. К. Корчагін*  
Літредактор *Б. Є. Козловський*  
Коректор *В. М. Навроцький*  
Техкер *С. Ф. Літов*

Друкується з розпорядження Академії Наук УРСР.

Неодмінний секретар акад. *О. В. Палладін*

Друкарня-літографія Академії Наук УРСР, Київ

## ПЕРЕДМОВА

Виконання цієї роботи було організовано мною в 1934—1935 рр. в секторі водного транспорту Інституту водного господарства АН УРСР для Укргідроелектропроекту. Кінцева мета роботи—дати обґрунтування розрахункам повторності транзитного днопоглиблення на Дніпрі та Десні в умовах часткового регулювання стоку. Побічним завданням нашим Укргідроелектропроект поставив подання „загальних вказівок про трасування прорізів при наводковому і меженому горизонтах“. Отже роботу нашу присвячено одному з найскладніших питань річкової гідравліки в її практичному застосуванні.

Не зважаючи на те, що систематичне днопоглиблення провадиться на наших ріках вже близько півстоліття і що в цю справу по СРСР щорічно вкладається десятки мільйонів карбованців, ми досі не маємо ні прийнятної теорії розрахунку днопоглибного прорізу, ні навіть практичного посібника по його трасуванню. Причини такого становища лежать насамперед в зовсім недостатній вивченості режиму річкового потоку взагалі і режиму перекатів зокрема. Треба відзначити також дуже незначну увагу до проблем транзитного днопоглиблення з боку господарських та науково-дослідних організацій Наркомводу. Цей останній факт найбільш яскраво виявляється в обмеженості і натурних спостережень над прорізами, і лабораторного експериментування, яке провадиться тепер в дуже скромних масштабах, обмежуючись, власне кажучи, лише роботами О. І. Лосівського в московській лабораторії ЦНІВТ-у.

Вузькі рамки даної роботи не дали нам можливості провести ні так потрібних самостійних натурних спостережень, ні лабораторних дослідів. Тому ми були примушені в основному обмежитися критичним підсумуванням та узагальненням набутого на сьогодні досвіду в справі трасування прорізів і їх стійкості в різних умовах, приділивши особливу увагу найновішим течіям і тенденціям і виділивши з них ті, які можуть бути розвинені саме в умовах частково зарегульованого стоку.

В цій праці, присвяченій певній темі, ми не розглядаємо цілого ряду питань, які лише межують з нею, але безпосередньо з нею не зв'язані. Так, лише побіжно поставлено питання про організацію днопоглиблення, зовсім не зачеплено завдання реконструкції самого типу днопоглибного зняряддя і т. д.

В розд. I — „Основні фактори, що визначають режим перекатів, і роль їх в умовах частково зарегульованого стоку“ О. І. Лосієвський дає характеристику тих гідравлічних явищ у річковому потоці, з яких треба виходити, розв'язуючи питання транзитного днопоглиблення при реконструкції Дніпра та Десни. Цей розділ базується на тривалих лабораторних дослідженнях процесів утворення перекатів і роботи днопоглибного прорізу, які О. І. Лосієвський провадив у згаданій вище московській лабораторії ЦНІВТ-у, і цим хоч частково компенсує відсутність при розробці нашої теми самостійних лабораторних досліджень.

З великого матеріалу, даного О. І. Лосієвським, нам хотілося б виділити цікаву думку про можливість з'ясувати вплив підвищення витрат і рівнів при регулюванні стоку на режим річкового русла, зокрема на режим перекатів і на роботу прорізів способом порівняння двох ділянок тієї ж самої ріки, розділених значною притокою, водоносність якої відповідала б додатковому меженному водопостачанню з регуляційних водосховищ. Правда, таку аналогію між впливом притоки і попускання з водосховищ не слід переоцінювати, бо вона досить умовна: 1) ділянки вгору і вниз від впадіння значної притоки як правило далеко не тотожні ні щодо топографії, ні щодо геології заплави і корінного русла; 2) притока збільшує величину не тільки меженних витрат води, але й весняних, роллю яких у формуванні русла ніколи не можна нехтувати; 3) меженний режим ріки після впадіння притоки лишається досить відмінним від режиму зарегульованого стоку, бо він не має властивої останньому стабільності витрат і рівнів. Не зважаючи на ці і деякі другорядні обмеження запропонованої О. І. Лосієвським аналогії, ми вважаємо цю думку практично корисною, оскільки взагалі всі розрахунки в такому складному й невивченому питанні лишаються дуже приблизними.

Зокрема нам здається доцільним застосування цього методу для виявлення зв'язку між глибинами перекатів і витратами води.

В розд. II—„Трасування прорізів в умовах природного стоку“ О. М. Толмацький дає зведення принципових настановлень окремих систем трасування прорізів. Автор систематизував і з певною критичною оцінкою подав матеріали, розкидані по різних літературних джерелах, іноді мало приступних для широкого користування. Далі, головним чином на базі дніпровської практики, розглядаються питання призначення прорізів при меженних і при високих горизонтах.

В розд. III—„Основні принципи трасування днопоглибних прорізів в умовах зарегульованого стоку“ В. М. Гусєв докладно розглядає ряд питань транзитного днопоглиблення в цих нових умовах. Автор, що має значний стаж практичної роботи в галузі днопоглиблення, цілком слушно привертає увагу до такого серйозного ускладнення в проведенні днопоглибних робіт в умовах зарегульованого стоку, яким є досить короткий період їх виконання. Основною частиною цього розділу є детальний розгляд особливостей трасування прорізів в нових умовах. Виходячи з положень „гідролого-механічної“ системи днопоглиблення, автор як основний тип прорізів пропонує напівкапітальні, виконувані землесосами методом наскрізних траншей. Але разом з тим він розглядає і капітальні, і меженні прорізи, яким відводить другорядне місце. Побічно даються деякі вказівки щодо планування днопоглиблення і орієнтовна оцінка процента повторних робіт при різних типах прорізів.

Розд. IV—„Стійкість днопоглибних прорізів на Дніпрі та Десні“, що належить О. М. Толмацькому, присвячений докладному аналізу днопоглибних робіт за 1929—1933 рр. на Дніпрі від Ловва до Дніпропетровська і на Десні від Чернігова до гирла. З повним правом визнавши наявні матеріали недостатніми для виявлення стійкості прорізів, О. М. Толмацький використав їх для встановлення розмірів побутової (тобто в умовах природного режиму ріки) повторності днопоглиблення. Таке опрацювання даних дніпровської практики провадиться вперше і є певним вкладом у справу вивчення результатів механізованого днопоглиблення. Воно дозволило вивести процент ремонтних робіт до первинної кубатури їх в окремі роки і по окремих річкових ділянках, а також виявити залежність обсягу ремонтних робіт від гідрологічних умов. Відсутність дуже потрібних тут натурних спостережень вимагала від нас звернути особливу увагу на корегування наших висновків даними прак-

тики, для чого було притягнуто як консультанта заступника начальника служби шляху ДУРП-у інж. О. В. Русакова.

Нарешті мій кінцевий розділ—„Повторність днопоглиблення в умовах частково зарегульованого стоку“—дає на основі попередніх розділів, а також деяких маловідомих матеріалів з історії днопоглиблення на інших наших ріках оцінку стану з вибором системи трасування прорізів і можливу величину процента повторних робіт для окремих діляниць Дніпра та нижньої Десни при їх реконструкції на базі регулювання стоку. Окремо виділено перелік основних завдань дальшого дослідження розглянутих нами питань.

Організуючи роботу над заданою Укргідроелектропроектотемою бригадним методом з участю позакиївських науковців, ми виходили з бажання забезпечити по змозі всебічний підхід до нез'ясованих і дискусійних питань завдяки широкій участі фахівців у цій галузі. Це, правда, призвело до деякої непогодженості між собою окремих розділів через ускладненість координації і колективного обговорювання їх в умовах розкиданості виконавців по різних містах (Київ, Москва, Горький). Не обійшлося і без певних розходжень поглядів. Але ми не вважаємо це хибою роботи, присвяченої дуже складній і мало опрацьованій темі. Тому ми й не вважали обов'язковим в кожному такому випадку своє втручання як бригадира і редактора роботи. Нам здавалося кращим присвятити основним дискусійним положенням певне місце в своєму кінцевому розділі.

*А. Корчагін*



## РОЗДІЛ I

# Основні фактори, що визначають режим перекатів, і роль їх в умовах частково зарегульованого стоку

*О. І. Лосієвський*

### § 1. Постановка питання

Метод підтримання підвищених судноплавних глибин за допомогою достатньою мірою потужних попусків накупченої у водосховищах весняної води має багато істотно позитивних властивостей, через що в нових проектах реконструкції водних шляхів його висувують останнього часу на перше місце.

Проте цей метод, як усяка нова проблема, має в собі певну кількість питань, розв'язання яких безумовно необхідне, щоб можна було застосувати його на практиці.

Сюди насамперед слід залічити питання про характер впливу попусків на процеси формування русла. Здавалося б, що відповідне до попуску збільшення глибин, а разом з ними і швидкостей течії, уже є достатньою гарантією того, що при попусканні води розмивання русла або принаймні його стабільний стан буде забезпечено.

Такий висновок випливає з усталених уявлень про величину тягучої сили потоку, яка, згідно з застосовуваною звичайно залежністю Дюбуа, пропорціональна глибині і похилі.

Однак питання руху наносів і формування русла в дійсності на сьогодні не є ще досить з'ясовані, бо ці механічні процеси в реальних умовах надзвичайно ускладнюються участю інших побічних факторів, які можуть ґрунтовно змінити наші висновки.

Розгляданий випадок якраз добре ілюструє це твердження.

Відомо, що при наводках хоч і спостерігається цілком зрозуміле збільшення загальної глибини на переказі, проте воно буває тут не за рахунок зниження позначок дна, тобто його розмиву, а лише за рахунок підвищення позначок горизонту води. Навіть більше, в цей час звичайно спостерігається деяке

нарощування дна — головню на гребені перекаату, що призводить таким чином до неповного використання одержаних в результаті паводка прирощень горизонту води. Стосовню до розгляданого нами питання це означало б, що попуски з водосховищ не можуть дати певного ефекту, бо одночасно з корисним для судноплавства підвищенням горизонту води ми мали б шкідливе підвищення позначок дна на перекааті. Коефіцієнт корисної дії всієї системи стає таким чином невизначеним. Цілком очевидно, що не з'ясувавши цього питання, ми повинні вважати сумнівною доцільність застосування зазначеного методу підтримання судноплавних глибин, звідки випливає необхідність наперед досліджувати це питання ще до складання проекту.

На жаль, вивчення процесів формування річкових русел, як це було вже відзначено вище, взагалі не було поставлене досі з достатньою повнотою, і тому можливість висвітлити це питання надзвичайно утруднена. Тут можна одержати тільки наближені орієнтовні рішення, що базуються на аналізі спочатку порівнюючи незначних лабораторних досліджень, а далі — тих архівних і літературних матеріалів, які безпосередньо стосуються досліджуваних об'єктів. Нарешті, установивши загальні уявлення про суть явища і опрацювавши відповідно до цього раціональну методику досліджень, одержані висновки можна хоч би частково перевірити на перекаатах в натурі або на лабораторних моделях по змозі великого масштабу.

Розглядаючи таке складне питання, що визначається впливом чималої кількості різних факторів, було б безперечною помилкою намагатися охопити при цьому все явище в цілому. Єдино правильний шлях — це розгляд кожного з діючих факторів окремо з оцінкою ролі його в розгляданому процесі і встановлення можливого взаємного впливу у випадку їх сумісної дії. Тільки більш-менш детально розглянувши кожний з факторів, ми можемо згодом перейти до загального висновку про суть дослідженого явища з сукупною оцінкою всіх факторів. Ми вважаємо, що в нашому питанні насамперед треба розглянути зв'язок між процесом формування валу перекаату і кожним з таких факторів: горизонтом води, інтенсивністю надходження наносів, швидкістю течії, характером внутрішніх циркуляційних течій і розподілом швидкостей по вертикалі, урахуваючи при цьому, як кожний з цих факторів діятиме в специфічних умовах попускання з водосховищ.

Розглядаючи питання, ми будемо весь час виходити головно з нашої недавно опублікованої роботи по лабораторному дослідженню процесів утворення перекатів, виконаному нами в Московській гідротехнічній лабораторії Центрального наукового інституту водного транспорту (ЦНІВТ). В питаннях руху наносів при різній швидкості і глибині потоку ми далі використаємо дані дослідження руху донних наносів, одержані нами в тій же лабораторії. Оскільки ці роботи виконувались в умовах усталеного, рівномірного руху (крім спеціальних розділів), постає необхідність в кожному окремому випадку виявляти ті можливі зміни в процесі формування валу перекаату, які можуть статися в наслідок порушення сталості горизонту води.

Щоб спростити роботу, а також уникнути повторень, оцінку ролі змінного горизонту води і порівняльну оцінку паводків ми виділяємо тут в окремий розділ, який передує загальному розглядові питання.

## § 2. Паводки і попуски

Цілком природно, що всі дослідження питання про вплив попусків на стан перекатів провадять тепер майже виключно по лінії використання як вихідного матеріалу даних про паводки і відповідні їм глибини на перекатах. Це пояснюється насамперед тим, що ці матеріали є майже єдиними для наших рік. Проте, ставлячи так дослідження, треба передусім зробити оцінку паводків щодо подібності їх до попусків з водосховищ, без чого не можна застосовувати одержані висновки при складанні відповідного проекту.

Здавалося б, що головне тут — додержувати подібності в горизонтах води, оскільки змінний горизонт води в розгляданому нами питанні можна визнати провідним фактором. Однак, роблячи так, ми, безперечно, допускаємось надто великої схематизації явища, бо при цьому ми не враховуємо інших перелічених вище факторів, ступінь впливу яких нам по суті невідомий.

Тут треба відзначити надзвичайну важливість при всяких оцінках характеру роботи потоку брати на увагу завантаженість потоку наносами. Справді, багато хто, як і сорок років тому, думають, що „в ріці тече вода“, тим часом як в дійсності

в ріці тече вода плюс наноси<sup>1)</sup>. Можливо, в питаннях формування русла було б корисно, перегинаючи в інший бік, говорити про те, що в ріці течуть наноси і вода, — тоді цей фактор мимоволі дістав би достатню оцінку.

В розгляданому нами питанні порівняльної оцінки паводків і попусків завантаженість потоку наносами має, на нашу думку, також вирішальне значення. Досить згадати, як паводки — весняні і зливові — бувають завантажені наносами, щоб переконатися в невідповідності їх до попусків, що як правило повинні здійснюватись за рахунок води, яка вже устоялась у водосховищі. Цю обставину необхідно тут же відзначити як дуже сприятливу для розгляданого нового режиму потоку, бо очевидно, що при всіх рівних умовах налив дна в разі попусків буде менший, ніж при паводках.

Тепер скажімо коротко про інші порівняльні особливості паводків і попусків. Відомо, що паводок поширюється вдовж ріки у вигляді хвилі, яка поступово розпластується, при чому проходження такої хвилі через кожний даний поперечний переріз ріки супроводиться дуже істотними місцевими змінами у величині швидкості, витрати та висоти горизонту води. Оскільки ці величини доходять своїх максимальних значень неодноразово<sup>2)</sup>, то, очевидно, всяка паводкова хвиля повинна супроводитись складним перерозподілом швидкостей як у поперечному перерізі, так і на вертикалі. Цілком імовірно, що несприятливий вплив паводка на формування перекату в значній мірі зв'язаний з указаним вище складним перерозподілом швидкостей, як правило відмінним для початку паводка і для кінця його.

Перейдімо тепер до попусків. Очевидно, що попуск відносно згаданого вище впливу на гідравлічні елементи потоку може бути цілком подібним до паводка, якщо подавання води з водосховища буде здійснюватись у вигляді раптових попусків великої маси води. Проте такий вид попусків аж ніяк не може відповідати потребам прийнятої системи підтримання необхідних судноплавних глибин. Навпаки, в інтересах економного та ефективного витрачання запасів води попускання її слід

---

<sup>1)</sup> Проф. В. Е. Тимонов відзначив таку помилку в самій основі уявлень про річковий потік ще в 1898 р. (див. В. Е. Тимонов. „По вопросу о рациональном методе коренного улучшения судоходных условий больших рек“. Петербург, 1898, с. 47).

<sup>2)</sup> Проф. Великанов, Гидрология, Москва, 1925, с. 139.

робити в точній відповідності до потреб ріки, і, отже, вони повинні здійснюватися у вигляді безперервного, плавко мінливого подавання води з водосховищ, а це при наявності в достатній мірі налагодженої інформаційної служби не може становити труднощів. При такій плавкій зміні попускання горизонт води можна розглядати як величину практично сталу, чим у даному випадку виключається і друга несприятлива властивість паводків.

При цьому треба відзначити, що при такому попусковому режимі всі дрібні літні паводки, максимальна висота яких не може перевищувати проектного горизонту води, будуть поглинатися в загальній системі попусків, які забезпечать сталість цього горизонту.

Отже щодо порушення сталості горизонтів води літні паводки позбавляються своєї шкідливої дії. Однак лишається в силі все сказане вже з приводу підвищеної завантаженості наносами, властивої кожному паводкові. Щодо цього треба вважати, що кожний паводок буде накладатися на попуски, вносячи в потік той будівельний матеріал, який може піти на нарощування перекату. Проте треба вважати, що, в наслідок поширення у великій масі води, наноси, які доставляються низьким меженним паводком, в разі вищого попускового горизонту завдаватимуть меншої шкоди, ніж це було б в природних умовах, при звичайних меженних горизонтах води.

Закінчуючи порівняльну оцінку паводків і попусків, треба вказати ще на одну позитивну властивість попускового режиму, яка є також безпосереднім наслідком відзначеної вище сталості меженного попускового горизонту води.

Відомо, що всілякі споруди і днопоглибні прорізи, призначені для поліпшення судноплавного стану перекату, найкраще працюють при тому горизонті води, на який розраховані. Цілком ясно, що чим точніше буде додержана сталість попускового горизонту води і чим більше буде період його стояння, тим надійніше можуть бути виконані потрібні для підтримання глибин заходи. Таке ж призначення в значній мірі і наявного при попусковому режимі зрізування верху весняного паводка, маси води якого йдуть на утворення потрібних запасів води у водосховищах. При всіх інших однакових умовах зменшення амплітуди коливання горизонту води в ріці буде, безперечно, сприятливо позначатися на стійкості прорізів.

Треба, однак, відзначити, що можливість мати стійкі „безпаводкові“ попуски не всіма оцінюється однаково сприятливо. Це видно хоч би з окремих виступів у цьому питанні при обговоренні проблеми Великої Волги в сесії Академії Наук СРСР <sup>1)</sup>. Проте безперечно, що одержання неперервного, стійкого попускового горизонту води є необхідною умовою для застосування такого методу підтримки судноплавних глибин, і оскільки це технічно здійсненне, можна думати, що цієї умови буде додержано.

Стаючи на таку точку зору, ми будемо далі характеризувати ріку в умовах попусків такими ознаками: а) підвищеними стійкими меженними горизонтами води, б) відсутністю меженних паводків, які не перевищують висотою попускового горизонту води, в) збільшеними меженними витратами води, г) зниженими весняними паводками, д) зменшеною кількістю транзитних наносів (в наслідок устоювання попускової води у водосховищах), е) нормальним для даної річки надходженням місцевих наносів (в тому числі і зливових).

Приймаючи ці положення як основні, перейдімо тепер до детальної оцінки кожного з діючих факторів окремо.

### § 3. Наноси і їх роль у формуванні перекату

Наноси є тим будівельним матеріалом, з якого річковий потік споруджає побічні і вал перекату. Цілком очевидно, що коли б ми мали змогу будьяк припинити або хоч би зменшити надходження наносів у ріку, то цим ми зовсім змінили б у бік поліпшення її судноплавний стан. Звідси можна зробити висновок, що при оцінці попускового методу підтримання підвищених судноплавних глибин правильне врахування тих змін у надходженні та пересуванні наносів, які при цьому стануться, порівнюючи з природними умовами, може дати вирішальні висновки про доцільність цього методу.

Для зручності розгляду ми будемо класифікувати наноси за двома основними ознаками — джерелом надходження на ділянку перекату і способом пересування на ній. До першої категорії належатимуть: а) наноси притокові, які виносяться в ріку притоками та ярами за усталених (не паводкових) умов; б) наноси паводкові — зливові та весняні і в) наноси місцевого

<sup>1)</sup> Проблемы Волго-Каспия, изд. Академии Наук СССР, Ленинград, 1934, сс. 288, 309.

розмивання, які надходять на вал перекату за рахунок поглиблення вищерозташованого плеса або верхнього побіччя і берегів. Далі, за способом пересування ми будемо розрізнати, як звичайно, наноси: а) змулені, б) донні, тягнені і в) напівзмулені (придонні).

Перед тим як перейти до оцінки ролі кожного з перелічених типів наносів при формуванні валу перекату в умовах попусків, наведемо для ясності дальшого викладу короткий опис особливостей деяких з цих типів. Насамперед скажемо про наноси паводкові, які, на нашу думку, мають найважливіше значення в розгляданому нами питанні. Під цими наносами ми розуміємо ті, які змиваються зливовими та сніговими (талими) водами з окремих ділянок басейну даної ріки. Надходячи спочатку в найближчі яри і притокові річки, ці наноси переносяться потім в корінне русло. Надійшовши в ріку, вони розподіляються в ній відповідно до крупності, — або осідають у вигляді висипок коло гирл ярів та приток, або пересуваються далі і, поступово спускаючись у потоці, послідовно переходять із змуленого у напівзмулений і тягнений стан і, нарешті, в тій чи іншій мірі відкладаються. Ці наноси разом з названими вище притоковими, а також почасти і наноси берегові в загальному балансі наносів ріки становлять її прибуток.

Якщо вважати, що корінні береги, особливо найпотужніші джерела наносного матеріалу, — корінні високі яри (кручі), — руйнуються головню під час паводків та злив (хоч би при яристому типі берегів), то можна визнати, що „прибуток“ наносів у ріку здійснюється паводками. Цілком очевидно, що цей прибуток повинен якомсь розміститися в руслі ріки і, отже, в певній частині йде на нарощування побіччів та валу перекату. Справді, тільки найдрібніші часточки, які можуть довгий час переноситися у змуленому стані, будуть безпосередньо перенесені рікою до гирла і таким чином підуть у „видаток“, тим часом як найбільші частки розподіляться на деякій дільниці, яка безпосередньо прилягає до місця надходження їх у ріку, і будуть, безперечно, використані нею як будівельний матеріал. Тільки пройшовши важкий шлях донного руху на більш-менш значному відрізьку ріки і зазнавши при цьому необхідного роздрібнення і стирання, ці наноси найдрібнішими фракціями доходять до гирла і, отже, також виходять у видаток. Треба вважати, що несприятливий вплив паводків на судно-

плавний стан перекатів визначається не стільки причинами гідравлічного характеру, скільки вказаною вище здатністю паводків доставляти до дільниці перекату велику кількість важкого наносного матеріалу.

Скажімо тепер коротко про ті наноси, які вище були схарактеризовані як наноси місцевого розмивання. Коли уявити собі досить довгий проміжок часу, протягом якого зовсім не спостерігалось паводків і, отже, не було прибутку наносів на даній дільниці ріки, то очевидно, що в цьому випадку весь процес переформування русла на цій дільниці буде відбуватися тільки за рахунок тих наносів, які є на ній при такому стабільному стані. Той факт, що всяке зміління фарватеру, так само як і занесення виконаних раніше днопоглибних прорізів, спостерігається головню під час паводків, указує на те, що розглядані наноси місцевого розмивання не можуть істотно впливати на стан перекатів.

В дійсності в природних умовах паводки порівнюючи часто йдуть один за одним, і тому наслідки їх щодо додавання нових порцій наносів ззовні тією чи іншою мірою впливають на роботу ріки протягом всього часу між двома сусідніми паводками.

Однак треба вважати, що за умови відсутності паводків і, отже, періодичного надходження наносів, стан ложа ріки під дією течії повинен зробитися найбільш сприятливим для судноплавства в розумінні наявності стійких рівномірних глибин, відповідних до її потужності. Такий стан ріки, в чистому вигляді у природних умовах нездійснений, треба розглядати як найбільш сприятливу межу, до якої, очевидно, можна наблизитись, всіляко примусово зменшуючи кількість паводкових наносів, що надходять у ріку; це може бути здійснене тільки разом з регулюванням рідкого стоку.

Все сказане до певної міри підтверджується нашими лабораторними дослідженнями над формуванням русел і рухом наносів. Насамперед треба відзначити, що всяке розмивання русла, яке складається із суміші різних щодо крупності наносів, відбувається при даній швидкості течії головню за рахунок дрібніших фракцій, в наслідок чого спостерігається поступове природне укрупнення зазначеної початкової суміші. При тривалій дії течії дрібні фракції, які відповідають узятій швидкості, бу-



дуть змиті, і ми матимемо русло, що для даних умов фактично не розмивається, хоч воно і складається з наносів, які в товщі своїй мають дрібні фракції. Перекат в такому руслі повинен мати стійкі форми, відповідні до внутрішніх циркуляційних течій. Днопоглибний проріз на такому перекаці був би стійкий, оскільки не було б надходження наносів ззовні.

В лабораторії легко можна спостерігати, як введення в потік з таким „нерозмиваним“ руслом нових порцій наносів спричиняє швидке вимивання з них дрібніших фракцій і утворення нових відкладів у формі здебільшого шалиг або заструг, які потім, повільно пересуваючись, попадають у проріз або на вал перекаці. Таким чином в цих дослідах здійснюється як відзначений вище ідеальний випадок стійкого русла при відсутності надходження паводкових наносів, так і випадок зміління при наявності їх.

Проте можливий і інший тип руху наносів, коли суміш їх, яка складає русло ріки, не має в собі зерен такої крупності, які не вимивались би при наявній у потоці швидкості. В такому випадку в потоці починається суцільний напівзмулений рух наносів, здатний за дуже короткий час ґрунтовно змінити стан перекаці. Для більшої ясності зупинімося на цьому питанні дещо докладніше.

Наші лабораторні досліди над рухом наносів, що при них точно вимірювали кількість наносу певної крупності, який переміщається по дну при різних швидкостях, показали, що величина такого „видатку“ наносу спочатку дуже повільно зростає із швидкістю, але потім починається надзвичайно швидко наростання розмиву і крива залежності розмиву від швидкості асимптотично наближається до якогось певного значення швидкості, при якому здійснюється суцільний рух усього верхнього шару.

В лабораторії можна було спостерігати, як збільшення швидкості всього на 1 см ґрунтовно міняє картину розмивання наносу. Ці досліди встановлюють наявність для всякого наносу певної крупності такої „критичної“ швидкості, при якій змивання цього наносу забезпечене<sup>1)</sup>.

Повертаючись тепер до зачепленого вище питання про суцільний рух наносів у ріці, треба відзначити, що такий рух

<sup>1)</sup> Зазначені криві залежності розмиву від швидкості наведені в нашій згаданій вище роботі „Лабораторное исследование движения донных наносов“.

здійснюватиметься в тих випадках, коли швидкості потоку будуть вищі за критичні відносно переважної крупності наносів, які складають у даний момент ложе ріки на даній ділянці її. Для потоків, глибина яких перевищує 40—50 см, критична швидкість визначається за формулою:

$$v_{кр} = 105\sqrt{a(\delta-1)} \text{ см/сек},$$

де  $a$  — крупність (діаметр часток), а  $\delta$  — питома вага наносу (всі виміри — в сантиметрах).

З цієї формули видно, що для рік, які безпосередньо стосуються нашої роботи, такі критичні швидкості цілком можливі. Так, для наносу крупністю від 0,1 до 0,2 см при питомій вазі 2,5 така критична швидкість становитиме близько 50 см/сек, що є величиною цілком імовірною навіть для меженних умов.

Ми зупинилися на цьому питанні так докладно тому, що попусковому режимові відповідатиме значне збільшення швидкостей, які можуть перевищити критичне значення для наносів, що складають русло даної ріки. В такому випадку виникає небезпека нестійкості русла, яке весь час буде переформовуватися і заноситися на перекатах (дуже показова характеристика такого русла наведена в роботі інж. Лохтіна „О механізмі речного русла“).

Проте, щоб установити можливість одержати таке нестійке русло, треба оцінювати наноси, які складають ложе ріки, не за середньою або переважною крупністю, а за їх дійсним механічним складом, беручи на увагу ту відзначену вище обставину, що уже порівнюючи невелика домішка більш крупних наносів у процесі укрупнення в наслідок відмивання з них найдрібніших фракцій, буде давати поверхневий „захисний“ шар, що може істотно збільшити стійкість русла.

За таких умов всякі місцеві розмиви можуть доходити тільки певної, відносно незначної, величини залежно від складу наносів за крупністю. Найбільша глибина розмиву за таких умов буде визначатися одержаною нами в цій же роботі, формулою:

$$t_{max} = 130 \frac{a}{\beta} \text{ см},$$

де:

$t_{max}$  — максимальна глибина розмиву в см;

$\alpha$  — крупність наносу, цілком стійкого при заданій швидкості;

$\beta$  — процентний вміст наносу цієї крупності в загальній суміші наносу, взятого з дна.

З цієї формули видно, що вже при 10% вмісту цілком стійкого наносу крупністю хоч би в 0,5 см розмив суміші можливий тільки на глибину 6,5 см. В наслідок цього таке русло, при відсутності „прибутку“ наносів ззовні, не може зазнати значних переформувань і його можна визнати стійким.

Таким чином ми доходимо висновку, що при наносах неоднорідних щодо крупності, які мають хоч би близько 10% досить великих часток, можливість суцільного розмивання і переформування русла буде виключена, щождо паводкових наносів, то їх було б навіть вигідніше мати більш однорідними і дрібними розміром, бо тоді наступне змивання їх з перекаату за усталених умов здійснювалось би повніше, ніж при наносах з більших часток.

Переходячи тепер до розгляду наносів, класифікованих вище за способом переміщення їх в руслі ріки, треба і тут виділити з них той тип, якому, оцінюючи попусковий метод, треба приділяти найбільшу увагу. Коли б ми оцінювали такі наноси виключно з погляду кількості їх, то щодо розгляданих нами рік ми, безперечно, повинні були б зупинитися головно на наносах, які переміщуються у замуленому стані. Навіть при незначній середній мутності води загальна кількість наносів, що переноситься таким способом, досягає величезної цифри, оскільки відповідно велика загальна витрата води у ріці. Само собою зрозуміло, що в тих випадках, коли ця вода потім устоюється, як це буває, наприклад, у водосховищах, замулені наноси, які випадають при цьому, матимуть дуже важливе значення щодо замулення водосховищ.

Однак в розгляданому тут питанні про формування русла на перекааті дрібні замулені наноси займають, на нашу думку, другорядне місце. Розповсюджуючись у воді, вони попадають у донних шарах потоку також і в загальну масу важчих донних наносів і можуть бути виявлені поряд з більшими частками товщі валу перекаату. Проте основним матеріалом, з якого побудований цей вал, є, безперечно, більші зерна наносу, що як правило переміщуються біля дна потоку. Далі, донні наноси, поділені вище на суто тягнені і напшвзулені, можуть таксамо різно впливати на процес формування перекаату.

Зазначені вище лабораторні дослідження показали, що в суто тягненому стані протоком переміщається мізерна кількість наносів — порядку 0,01 г на 1 *лін. м* периметра потоку і тому в кількісному відношенні ці наноси не можуть мати ніякого значення. Однак в питаннях формування русла велику роль грає крупність часток, а тому ці наноси все ж таки можуть мати велике значення, бо саме цими наносами визначається рівновага між руслом потоку і течією. Досить незначного місцевого зниження донної швидкості і тягнені наноси затримуються в своєму русі, даючи початок утворенню форм, які сприяють потім дальшому відкладанню наносів.

Із сказаного ясно, що причина утворення всім відомих піщаних рифів на поверхні дна криється, безперечно, в особливостях тягненого руху.

Далі, коли вважати, що більш крупні наносні утвори у вигляді шалиг і заструг (до валу перекату включно) утворюються в результаті послідовного наповзання один на один дрібніших утворів в наслідок місцевого зниження тягнучих швидкостей, то можна, очевидно, розглядати ділянку тягненого руху як джерело нових утворів рельєфу русла і надавати такому рухові наносів відповідного значення.

Нарешті, треба торкнутися ще напівзмуленого руху. Можна сказати, що при відсутності на поверхні ложа ріки типових застружних форм, завжди зв'язаних з наявністю розгляданих нижче особливих циркуляційних течій, напівзмулені наноси не робили б шкідливого впливу на процес формування русла. Справді в такому випадку ці наноси, так само як і змулені, транспортувались би у вигляді більш-менш неперервного потоку наносів вдовж русла, відкладаючись тільки в ділянках відповідно знижених середніх швидкостей потоку. Тому що на валу перекату, як це видно з дальшого, середні швидкості в загальному випадку не знежуються, то принаймні за усталених непадкових умов напівзмулені наноси не спричиняли б зміління перекату. Однак згадані циркуляційні течії, викликаючи у відповідних умовах зниження місцевих донних швидкостей, тим самим сприяють затриманню в цих місцях і накопченню напівзмулених наносів. Через те, що кількість таких наносів при наявності достатньої швидкості може бути дуже велика, спричинюване ними зміління може цілком розв'язувати питання в судноплавній глибині.

Щоб правильно оцінити умови такого зміління, треба мати на увазі, що всяке зменшення місцевої швидкості поступового руху таких наносів на якійсь ділянці ложа ріки буде спричиняти зміління цієї ділянці. Обумовлюється це тим, що середня кількість донних наносів, які надходять на цю ділянку, завжди буде більша за ту кількість, що її може пропустити дана ділянка в наслідок згаданого вище місцевого зменшення швидкості руху наносів. Це перевищення прибутку донних наносів проти видатку їх повинне створювати накопчення їх на цій ділянці і, отже, зміління останньої. Характерно, що при цьому швидкість на всій ділянці ріки може бути досить велика, у всякому разі — вища за потрібну для можливості донного руху наносів і, значить, при першому ознайомленні з потоком можна було б зробити висновок про розмив цієї ділянці.

Із сказаного виходить, що оцінку можливого зміління треба провадити не за абсолютними швидкостями в даному перерізі, а за відносними швидкостями на всій ділянці.

Тому що розподіл швидкостей в потоці за рівних загальних умов руху в ньому води тісно зв'язаний з характером і розміщенням циркуляційних течій, то, очевидно, оцінку характеру формування русла можна зробити, лише врахувавши ці течії, що ми й виконаємо нижче. Тут же, закінчуючи розгляд загальних умов руху наносів, ми спробуємо оцінити ті можливі зміни в їх русі, які можуть статися в наслідок установаження нового попускового режиму ріки. При цьому покладімо, що обумовлена вище стійкість попускових горизонтів води за весь навігаційний період буде достатньою мірою забезпечена.

Попусковий режим, згідно із сказаним раніше, складається з двох основних елементів: а) регулювання стоку за допомогою знімання водосховищами надвишкових весняних витрат води і б) пускання накопченої води для підтримання у ріці потрібного меженого горизонту. Зупинімося на кожному з цих елементів окремо.

Як уже було відзначено вище, найбільшим злом щодо зміління ріки є паводкові наноси, як кількістю і крупністю не відповідають їй середнім можливостям транспортування. Через те, що водосховища будуть значно затримувати також і наноси, то з цієї точки зору затримка паводкових вод повинна

зробити на перекаті виключно сприятливий вплив. При цьому було б бажано, щоб принцип регулювання стоку ріки був проведений якнайповніше, для чого треба створити такі водосховища не тільки у верхів'ї ріки, але й по зможі на всьому протязі її на дрібних притоках, долинах та ярах або навіть на сприятливих для цього заплавах дільницях.

Вигода від цього з загальногосподарського погляду була б безперечна.

Окремо стоїть питання про міру занесення наносами самих водосховищ і рентабельності їх щодо цього. Проте треба вважати, що боротьба з наносами в самій ріці за допомогою днопоглиблення або влаштування регуляційних споруд, які потребують повсякчасного ремонту або заміни, не може бути більш рентабельною.

Тут можна поставити питання про зміну в кінцевому підсумку того чи іншого переповерхневого наносами водосховища новим, про проектування ряду водосховищ уступами, передбачаючи можливість надалі продовження цього ряду. У всякому разі при величезних площах таких водосховищ час, потрібний на переповерхнення їх наносами, обчислитиметься багатьма десятиліттями і перекриватиме строки амортизації.

Перейдімо тепер до оцінки ролі паводкових горизонтів. Якщо брати за основу відзначене вище припущення про стійкість попускових горизонтів, то попусковий режим в такому випадку виразиться в установленні на час навігації деякого стійкого, підвищеного проти природних, горизонту води при відповідному збільшенні витрати і швидкості. Зупинімося спочатку на можливому впливі підвищених горизонтів води, для спрощення припускаючи, що швидкості лишаються при цьому сталими, відповідними до побутового режиму.

Згадані вже вище наші лабораторні досліди показали, що власне глибина, як така, за умови сталості швидкості значно впливає на розмивання наносів тільки при малих значеннях її — порядку кількох сантиметрів — і при дальшому збільшенні вплив її на розмивання швидко зменшується, при чому крива залежності потрібнієї для розмивання швидкості від глибини потоку своїм виглядом майже відповідає епюрі швидкостей по вертикалі.

В разі потреби цю залежність можна простежити за формулою граничної мінімальної швидкості розмивання:

$$v_{\min} = \left( 105,3 - \frac{83,1}{\sqrt{H + 0,7}} \right) \sqrt{a (\delta - 1)},$$

де  $H$  — глибина в сантиметрах.

З цієї формули видно, що вплив зміни глибини в межах 200—300 см може спричинити зміну потрібної мінімальної швидкості розмивання тільки в 1—2 см/сек, тим часом як при глибині потоку лише в 3 см потрібна для розмивання швидкість була б майже вдвоє менша. Очевидно, що для розгляданих нами рік відповідне попусковому режимові збільшення глибини не може будь-як вплинути на інтенсивність розмивання наносів. Проте необхідно мати на увазі, що ми розглядали вплив глибини незалежно від швидкості, за умов її сталості. В дійсності при попусканні води підвищення її горизонту, а отже і збільшення глибин, буде відбуватися одночасно із збільшенням швидкості. Відповідно до сказаного можна твердити, що одержувана при цьому зміна інтенсивності розмивання відбуватиметься тільки за рахунок збільшення швидкості, незалежно від глибини. Цей факт має важливе значення, бо дає далі змогу вільно оперувати глибиною при загальній оцінці попускового режиму.

Розгляньмо тепер питання про вплив швидкості. Тут треба розглядати два моменти: а) початковий період неусталеного попускового режиму і б) період усталеного режиму. Зупиняючись на першому випадку, припустімо спочатку, що за весь навігаційний період жодних паводкових надходжень наносів не буде. В такому разі слідом за спадом високої води і встановленням нормального для даної ділянки ріки попускового горизонту води, до того ж підтримуваного попусками на сталому рівні, у річці почнеться процес переформування русла відповідно до нових умов швидкості й витрачання води.

Зрозуміло, розмивна діяльність цього моменту буде точно відповідати тій, яка була б і при природному режимі ріки в умовах відповідного паводкового горизонту води. Проте різниця тут буде насамперед та, що паводковий горизонт був би короткочасним і, отже, результат його дії незначним, тоді як у нашому випадку зазначений горизонт триматиметься протягом усієї навігації і, значить, період формування русла відповідно до норм ріки даного горизонту буде достатнім для можливості пристосування русла до нових умов.

Друга відміна цього моменту проти паводкового горизонту полягатиме в розмірах надходження паводкових наносів, кількість яких при попусковому режимі дедалі поступово меншатиме в наслідок надходження нових порцій води, яка вже встигла в тій чи іншій мірі устоятись у водосховищі. Усе це свідчить про те, що за прийнятих нами умов попускового режиму почнеться інтенсивне переформування русла відповідно по підвищених швидкостей стійкого попускового горизонту води, що, безперечно, повинне спричинити збільшення глибин, зміщення гребеня перекату і переформування побічнів. Тому що разом із збільшенням швидкості збільшиться і витрата води, то, очевидно, все русло ріки буде приведенне течією у відповідність з такою збільшеною витратою, що виявиться загальним збільшенням живого перерізу ріки, а отже і збільшенням, крім глибини ріки, і її ширини.

Кінець-кінцем ми повинні одержати по суті зовсім нове русло, що як величиною, так і формою відповідатиме новій, реформованій, потужнішій ріці. Цей важливий висновок показує, що дослідження нового попускового режиму на основі планових та гідрометричних матеріалів даної ріки нераціональне; далеко плодотворніше буде порівняльне дослідження двох рік, подібних щодо наносного матеріалу і відмінних щодо витрати води на величину, відповідну тій добавці, яку дістає розглядана ріка у вигляді попусків з водосховищ. На нашу думку, для цього можна було б взяти хоч би і ту саму ріку, але до і після випадання в неї притоки відповідної потужності. Для Волги можна було б розглядати дві дільниці, — наприклад, вище гирла р. Оки і нижче його. Те саме можна підібрати і для Дніпра та Десни. З наведених прикладів у загальних рисах вже вимальовується той результат, якого ми могли б сподіватися від установаження попускового режиму.

Вернімося тепер до прийнятих нами вище припущень. Ми припустили, що за весь навігаційний період не буде жодних паводків. Умова ця при попусковому режимі здійсненна до певної міри лише щодо коливання горизонтів води, які висотою не перевищуватимуть установаженого і підтримуваного попусками горизонту води. Щождо надходження наносів ззовні — меженні паводки залишаться дійовими і ускладнять загальну картину роботи потоку над пристосуванням русла до нових умов,



спричиняючи періодичні зміління перекатів, як те спостерігається і при режимі природному. Проте відміна від природного режиму буде в даному випадку та, що наноси надходитимуть у відносно велику основну масу води і, отже, загальна мутність води буде переменшена. Крім того у випадку попускового режиму ми матимемо відповідно більші швидкості на ту саму масу наносу, який знову надходить, через що треба чекати інтенсивнішого й швидшого промивання корита перекату. Усе це разом узятє створює умови, більш сприятливі щодо робіт по підтриманню підвищених судноплавних глибин, ніж те було б при режимі природному. Таким чином в результаті переформування після встановлення попускового режиму ми повинні мати ріку із значними змінами рельєфу русла, із збільшеними глибинами та живим перерізом із ослабленим впливом меженних паводків на стан перекатів.

Розглянуті нами зміни побуту ріки стосувалися, згідно з поставленою умовою, тільки початкового періоду дії нового режиму. Очевидно, що протягом ряду років пристосування русла ріки до нового режиму буде завершене. Нова ріка в цих умовах реагуватиме тільки на річний хід гідрологічних елементів, тобто на відповідне надходження в різні періоди наносів і зміну витрат води та швидкостей. В цих умовах боротьба з перекатами буде ще більше полегшена, оскільки все сказане вище про затримку весняних паводкових наносів водосховищами і посилена промивна здатність потоку в меженний період лишаються дійсними і в цьому випадку. Крім того усуваються всі переміщення наносів, які перед тим були зв'язані з процесом загального переформування русла відповідно до нового режиму і, нарешті, сама боротьба із змілінням перекатів полегшується в результаті прийнятої вище значної сталості меженних горизонтів, регульованих відповідними попусками з водосховищ.

На закінчення треба, однак, відзначити, що все сказане вище про можливу при новому режимі загальну нестійкість русла в разі невідповідності крупності наносів новим швидкостям течії, лишається в силі.

#### **§ 4. Внутрішні течії і залежність їх від горизонту води**

Вище ми розглянули можливі зміни в процесі формування русла при новому режимі у зв'язку з змінами загальних умов руху води в ріці, не торкаючись при цьому можливих змін

у будові самого потоку, які можуть істотно вплинути на його формувальну діяльність.

Тепер можна вважати встановленим, що при русі води у відкритому потоці в ньому виникають течії, які значно відхиляються від напрямку берегів. Роль таких поперечних течій у формуванні русла очевидна, бо за їх допомогою стає можливим поперечне переміщення наносів у потоці і, отже, видалення їх з дільниць, які інтенсивно розмиваються, та відповідне накупчення наносів на дільницях зміління. Такий зв'язок між внутрішніми течіями і формуванням русла добре підтверджується відомими спостереженнями інж. Леявського. В зв'язку з цим постає питання, — чи може змінитися, і як саме, робота таких течій у зв'язку з установленням нового попускового режиму.

Описані у згаданій вище нашій роботі лабораторні досліди показали, що характер таких течій може ґрунтовно мінятися залежно від швидкості потоку та його глибини. При певному співвідношенні цих величин стає можливою зміна таких течій в потоці на прямо супротивні, тобто течії, направлені, наприклад, по дну від берегів до середини потоку, можуть змінитися течіями, відповідно направленими від середини до берегів. Легко уявити собі, як сильно може вплинути така зміна донних течій на характер формування русла.

В зазначених дослідах момент такої зміни течії завжди відповідав певному співвідношенню між глибиною потоку і швидкістю за формулою:

$$vH = \text{const}$$

На жаль, ці висновки через малі масштаби дослідів не можна безпосередньо перенести на річковий потік. Проте незаперечний факт існування в ріці течій першого і другого видів указує і на можливість їх взаємної заміни, яка визначається, треба вважати, тими самими факторами. Тому що в річкових умовах швидкість збільшується разом з підвищенням горизонту води і, отже, із збільшенням глибини, то, очевидно, завжди може бути такий критичний горизонт, при якому добуток глибини на швидкість досягне величини, що відповідатиме моментові обов'язкової зміни одних течій іншими.

Згідно з зазначеними дослідями, течії першого типу, які направлені по дну від середини ріки до берегів і поглиблюють її, виносячи наноси на берегові обмілини, відповідають меншим значенням згаданого добутку, тобто здійснюються при менших

значеннях глибини та швидкості потоку. Відповідно течії другого типу, із супротивним напрямом донних течій, які виносять донні наноси від берегів на середину потоку, будуть спостерігатися, очевидно, при вищих горизонтах води. Такми чином, якщо горизонт води дійде критичного значення, ми можемо на даній ділянці ріки замість розмиву мати зміління. Через те що новий попусковий режим супроводитиметься підвищенням меженного горизонту води, очевидно, що при цьому не виключена буде можливість несприятливої зміни донних течій, а отже і відповідної зміни формувальної діяльності потоку на даній ділянці. Ця обставина знову вказує на можливість ґрунтовних переформувань усього русла, як це вже відзначено вище в § 3.

Яке ж переформування ми матимемо в цьому випадку? Те, що течії, які збільшують ширину потоку за рахунок його глибини, з'являються якраз в момент досягнення горизонтом води критичної висоти, показує, що гідравлічні особливості відкритого потоку вносять у нього елемент саморегулювання. Справді, коли потік стає зовсім мілким і широким, з'являються течії першого типу, здатні збільшити глибину за рахунок його ширини, і навпаки — при надмірному поглибленні і звуженні потоку починають діяти течії, які зменшують глибину і збільшують ширину.

В результаті цієї постійної зміни напряму формувальної діяльності потоку буде, очевидно, установлена певна величина русла, що весь час змінюється близько якогось середнього значення і, безперечно, відповідає середньому значенню потужності даної ріки. Це ми і бачимо в натурі.

Справді, всяка ріка, що протікає в легко розмиваних породах, має не випадкові розміри свого русла, — в середньому вони відповідають її потужності. Коли така ріка дістає нові притоки, розміри її русла тут же відповідно збільшуються. Звідси виходить, що, збільшуючи меженне живлення ріки за рахунок попусків з водосховищ, не можна розраховувати, що добавка до її енергії піде виключно на збільшення її глибин. Безперечно, що ми матимемо загальну розробку всього меженного русла в цілому відповідно до збільшення потужності ріки. Таким чином, коефіцієнт корисної дії попусків відносно збільшення потоку, безперечно, буде менший за одиницю.

Величину цього коефіцієнта, очевидно, можна більш-менш імовірно встановити за допомогою відзначеного вже порівняння

роботи даної ріки з подібною рікою, яка має відповідно до попусків більшу меженну витрату води. В такому випадку ми одержали б ще значний запас проти розрахункової глибини в наслідок безперечного поліпшення природного промивання корита перекату під впливом зменшення проти природних умов кількості наносів, що надходять у ріку під час весняної повені, висота якої знижується за допомогою зрізування верху паводка водосховищами.

З найрізноманітніших складних внутрішніх течій, які можуть бути в річковому потоці, найбільше значення для нас мають течії, зв'язані з наявністю в ньому перекату.

Згадані вище лабораторні досліди показали, що перекаат характеризується сукупністю двох взаємно зв'язаних течій, з яких верхня, що відповідає верхній плесовій лощині, направлена по дну від найбільших глибин коло підмиваного берега в бік верхнього побіччя, а друга течія в нижній плесовій лощині направлена вже від протилежного берега в бік нижнього побіччя, в наслідок чого обидві ці течії зустрічаються своїми донними частинами по лінії підвалля. Таким чином, підвалля є ділянкою розділу двох зустрічних донних течій і тому повинне мати знижені до нуля (на гребні валу) донні швидкості. Це зниження донних швидкостей і є причиною стійкості валу перекаату проти розмивання.

Наступні досліди на моделях конкретних перекаатів (Глібівський на Дніпрі, Васільевський на Волзі, Дракінський на Опі) підтвердили наявність указаного зв'язку між перекаатом і внутрішньою течією, при чому встановлено, що вал лишається стійким і знову відновлюється доти, доки там є течія згаданого вище типу.

У зв'язку з оцінкою попускового режиму нас цікавить насамперед питання про те, як вплине на ці течії вищий горизонт води і більша швидкість течії, що відповідають новому режимові. Якщо судити з дослідів на схематизованій моделі, всяке підвищення горизонту води при сталій швидкості повинне зм'якшувати картину цього явища, тим часом як збільшення швидкості, при незмінній загальній глибині потоку, впливає несприятливо. Тому що в природних умовах збільшення глибин супроводиться збільшенням швидкості, тут повинне бути взаємне врівноваження цих двох факторів. Треба відзначити, що при паводку останній з них зростає швидше, ніж горизонт, і тому таке зрівно-

важення в цьому випадку порушується. Якщо додержувати, однак, прийнятої нами вище умови вирівнювання попускових горизонтів води, а отже і стійкості їх протягом усієї навігації, то можна твердити, що новий режим не може шкідливо впливати на роботу внутрішніх течій на перекаті. До того ж при значно більших масах води всі явища формування перекату відбуватимуться менш різко, в більше пом'якшеному вигляді, з утворенням пологіших і стійкіших форм. Відомий усім несприятливий вплив високих горизонтів на стан перекатів пояснюється, на нашу думку, головно відзначеним вище надмірним надходженням ззовні паводкових наносів.

### § 5. Розподіл швидкостей на валу перекату і в плесі

Щоб закінчити розгляд можливого впливу нового попускового режиму на внутрішній стан потоку, нам треба зупинитися ще на питанні про характер можливих при цьому змін швидкостей на валу перекату і в плесі. Звичайно швидкостям течії, а також зв'язаним з ними похилам, надають виключного, в окремих випадках навіть вирішального значення.

Вище ми вже сказали, що процес формування русла визначається не тільки швидкістю, а й сукупною дією цілого ряду вже розглянутих факторів, з яких ступінь завантаженості потоку наносами і характер переміщення їх усередині потоку за допомогою поперечних течій має, як видно, найбільше значення. Проте було б помилково недооцінювати також і роль швидкості течії.

Коли взяти на увагу все сказане про критичну швидкість течії відповідно до наявної крупності донних наносів, стає очевидним, що в окремих випадках деяке, порівнюючи мізерне, зменшення швидкості може спричинити повне відкладання переміщуваних по дну наносів. В наслідок цього утворюються висип або вал, що згодом під дією течії завжди набирають надзвичайно несприятливої форми заструги, за якою і утворюються відзначені вище зворотні течії, надаючи їй стійкості проти розмивання. Тому тут важливо відмітити не оборотність описаного процесу взаємодії швидкості і наносу.

Справді, відкладання наносів і згадане утворення заструги відбувається легко і є звичайним наслідком відповідного зменшення швидкості течії нижче критичного значення, тим часом

як зворотний процес розмивання відкладених таким способом наносів дуже повільний через наявність згаданих вище зворотних течій підвалля, в наслідок чого дальше переміщення наносів здебільшого здійснюється тільки в складі всієї заструги, яка повільно спускається вниз за течією. Канал через вал перекату, зроблений днопоглибленням, здебільшого не руйнує системи усталених тут шкідливих течій й тому заноситься при надходженні нових порцій наносу.

Ми докладно зупинилися на наведеній характеристиці необоротності процесів відкладання та розмивання саме тут, в підрозділі про швидкості, для того, щоб якнайповніше виявити справжню роль швидкості поряд з іншими факторами, тому що, відносно розмивання спостерігається безперечно переоцінка дійсного значення швидкості. Збільшуючи тільки швидкість і лишаючи незмінною структуру потоку, ми не можемо ґрунтовно поліпшити судноплавний стан перекату. Навіть більше, підвищивши швидкість при тій же крупності наносу, що надходить на перекат, ми могли б перевести його в розряд менш стійких, тобто таких, які зазнають інтенсивнішого постійного переформування, що особливо шкідливе для стану днопоглибних прорізів. Оскільки загальний характер внутрішніх течій на перекаті, як це з'ясовано в попередньому параграфі, при попусковому режимі змінюється порівнюючи мало, неможливо припустити, що відповідне такому режимові підвищення горизонтів води і швидкостей може помітно вплинути в розумінні поліпшення судноплавного стану перекату.

Проте треба відзначити, що завдяки припусканій стійкості попускового горизонту води і збільшенню тривалості меженого періоду за рахунок ранішого встановлення такого меженого горизонту, ми матимемо тривалішу дію меженого потоку на русло, в наслідок чого можна чекати інтенсивнішого промивання його од невідповідних його нормальному режимові занесень весняними паводковими наносами.

Треба взяти також на увагу відзначене вже зменшення кількості весняних наносів, які надходять на перекат, через зрізування верху паводка. Отже, не надаючи особливого значення дії на перекат відповідних попусковому режимові вищих швидкостей, можна все таки твердити, що звичайне меженне промивання перекатів здійснюватиметься повніше, а це, безперечно, було б великою перевагою проти природного режиму.

Однак сказане не можна поширювати на наноси, які надходять при місцевих зливових паводках, бо кількість їх не регулюється умовами попускового режиму, якщо тільки система водосховищ не буде поширена також і на дрібні притоки.

Перейдімо тепер до питання про можливі зміни в розподілі швидкостей у плесі і на валу перекату. Якщо вважати, що процес формування перекату значною мірою залежить від характеру перерозподілу похилів, а отже і швидкостей, між плесою дільницею і перекатом при переході від паводкових умов до меженних, то, очевидно, при встановленні попускового режиму в цьому процесі треба чекати значних змін. Зменшення висоти паводка і відповідне підвищення меженних горизонтів в результаті регулювання стоку водосховищами спричинить з'ясування диспропорції між похилами плесої дільниці і перекату під час як повені, так і межені, що, безперечно, повинне сприятливо впливати на формування перекату.

При відзначеному вище дослідженні процесів утворення перекатів ми поставили також досліди, які виявляють характер впливу висоти стояння горизонту води на розподіл швидкостей на вертикалях, взятих на валу перекату і у верхній плесовій лощині. Ці досліди показали, що на валу перекату (віддаля од підваля) донні швидкості величиною наближаються до поверхневих, чого не спостерігається в плесових лощинах. Однак при підвищенні горизонтів води донна швидкість валу перекату починає спадати, поступово наближаючись до тієї норми, яка відповідає плесовій площині. Отже щодо розподілу швидкостей вал перекату при вищому горизонті наближається до умов плеса, а це треба оцінювати дуже сприятливо, розглядаючи раціональність попускового режиму.

Із сказаного раніше виходить, проте, що характер процесу формування валу перекату визначається розподілом швидкостей в ділянці підваля перекату, залежним від стійкості та інтенсивності наявних там зустрічних гвинтоподібних течій. Проте, оскільки інтенсивність цих течій також знижується при вищих горизонтах, можна вважати, що наведений вище сприятливий висновок цим не порушується.

#### **§ 6. Днопоглибний проріз і особливості його роботи при попускових горизонтах**

Питання про характер роботи днопоглибного прорізу є тут найважчим, оскільки навіть при побутовому режимі ріки воно досі

лишається нерозв'язаним. Досліди по вивченню режиму днопоглибних прорізів у лабораторії, а також почасти зв'язані з ними натурні спостереження, показують, що стійкість прорізу при сталому горизонті визначається досягнутим при цьому співвідношенням між кількістю води, яка надходить у нього, і кількістю наносів. Тут, як і вище, можна відзначити, що звичайне прагнення дати прорізові якнайбільші швидкості течії не дає бажаних результатів. Справді, ми можемо уявити собі проріз при повній відсутності течії і, проте, цілком стійкий, бо за таких умов у проріз не зможуть попасти наноси і тому він не зможе бути занесеним.

З другого боку, при дуже великих швидкостях і відсутності надходження ззовні наносів, проріз все таки не буде стійкий, бо при невідповідності між крупністю наносів і взятою швидкістю русло такого прорізу буде зазнавати повсякчасних перетворень, які закінчатся або викривленням його, або поворотом у круте положення відносно осі потоку, або, нарешті, занесенням шалигами та застругами, складеними з тих же наносів. Найраціональнішим розміщенням прорізу буде, очевидно, таке, при якому в нього надходитиме якнайменша кількість наносів при швидкостях, що не спричиняють надмірного перетворення русла.

Треба відзначити, що наведені висновки дуже розходяться з усталеними в цьому питанні уявленнями і тому з великими труднощами будуть запроваджуватись у життя, аж поки раціональність їх не підтвердять дальші лабораторні роботи, а головне — експериментальні прорізи. Проте ми будемо вважати, що за прийнятої вище умови сталості горизонтів води метод призначення стійких прорізів буде все таки знайдений і таким чином підтримка судноплавних глибин днопоглибленням буде забезпечена. Тоді постає питання — до якої міри новий попусковий режим ріки може позначитися на успіху застосування такого методу.

Орієнтуючись на викладені вище уявлення про можливе поліпшення методу призначення прорізу, можна сказати, що новий режим, який у межений період, з одного боку, дає збільшення глибин і швидкостей, а з другого — забезпечує сталість межених горизонтів води, не має в собі елементів, що заважали б розвиткові такого методу, бо при всій складності рельєфу русла на перекаті в кожному окремому випадку можливо знайти



ділянки, які задовольняють поставлені умови розміщення прорізу. Навіть більше, відповідна новому режимові стійкість меженого горизонту води буде забезпечувати нормальну роботу прорізу, що однаково стосується і прорізів інших типів.

Перейдімо тепер до питання про вплив паводків і повені. Вище відзначено, що літні паводки щодо зміни горизонтів зоди здебільшого перекриватимуться системою попусків, які мають на меті підтримувати високий, але сталлий горизонт води, і тому щодо цього, як уже було сказано, вплив паводків на проріз, таксамо як і на весь перекаат, виключений.

Щодо надходження нових наносів дія меженого паводка лишається такою ж, як і при режимі природному; у всякому разі новий режим не може погіршити в цьому відношенні становища. Щодо весняної повені, то тут попусковий режим вносить відзначені вище поліпшення, тому що відповідна цьому режимові висота паводка і кількість наносів, які надходять до днопоглибного прорізу, будуть зменшені порівнюючи з природним режимом в результаті зрізування гребеня паводка водосховищами. Проте загальна картина несприятливого впливу повені на проріз лишається в значній мірі без змін, бо проріз, в основному за своїм розміщенням та формою розрахований на меженні умови, не може, звісно, мати таке ж сприятливе положення і щодо весняного потоку, в якому напрям і форма внутрішніх течій, а також і швидкості в загальному випадку зовсім не відповідають меженній.

Таким чином, не можна чекати, що новий режим здатний значною мірою розв'язати питання про стійкість межених прорізів у період весняної повені. Однак зменшення висоти весняного паводка, зменшення загальної кількості наносів, які доставляються паводком до перекаату, не може не вплинути сприятливо на стан днопоглибних прорізів у розумінні зменшення їх занесення в період повені. Це полегшення боротьби з наслідками паводка може відіграти згодом велику роль при розробці методів призначення порізів, однаково стійких як при межених, так і при високих горизонтах води.

Взагалі треба відзначити, що днопоглибні прорізи напрямом, формою і ступенем стійкості в нових умовах значно відрізнятимуться від звичайних для побутового режиму прорізів на тих же перекаатах. Відзначене вище переформування русла при встановленні нового попускового режиму, в результаті якого

ріка повинна перетворитися в ріку ширшу та глибшу, що своєю потужністю відповідала б новій, збільшеній витраті води, безперечно змінить і загальну будову перекатів, а це, зрозуміло, позначиться і на методах трасування прорізів. Загальний характер цих змін наближено можна визначити вже відзначеним раніше способом порівняння розгляданої ділянки ріки з подібною ділянкою тієї самої ріки, але взятою після впадання в неї притоки, з витратою води, рівною середній витраті попусків. Тому було б помилково вважати, що досвід днопоглиблення, набутий на даній ділянці ріки до переходу на новий режим, можна механічно перенести в нові умови. Особливо великих змін треба чекати в трасуванні прорізів у перший період переформування ріки відповідно до нових умов, бо в цей час форми перекатів ще не будуть досить визначені і стійкі. Проте і далі, при встановленому новому режимі, досягнення необхідних збільшених судноплавних глибин все таки потребуватиме значної участі днопоглиблення, очевидно більшої, ніж це є тепер, при сучасних глибинах. Досягти цього можливо не тільки збільшивши потужність днопоглибного флоту, але головню і раціоналізувавши все днопоглиблення і розробивши нові методи трасування прорізів і роботи самих днопоглибних машин. Для здійснення ж цього треба зазделегідь поставити досліди як у штучних умовах, так і в природних, віднісни витрати на ці досліди до витрат на дослідне будівництво даної будівельної організації.

Для того, щоб в умовах нового режиму можна було дійсно забезпечити потрібні реконструйованому судноплавству підвищені глибини, днопоглиблення повинне провадити невпинну, повсякчасну боротьбу з новими наносними утворами в руслі прорізу, ліквідуючи їх по зможі з самого початку і не даючи їм нарощуватися до тієї величини, при якій для ліквідації їх будуть потрібні вже солідні роботи. Користь такого за попереднього днопоглиблення очевидна, — усуваючи причину, яка призводить до нарощування дна, ми усуваємо і наступне, пропорціональне часові, накупчення наносів, тобто ту негативну роботу потоку, яка потребує потім пропорціонально більшої роботи днопоглибної машини для видалення відкладу, що утворився.

Постає питання, — чи справді початкова форма відкладів є причиною наступного нарощування дна? Тут можливі різні

окремі випадки, проте щодо відкладів типу заструги, найбільш поширених у річковому потоці, це є безперечно, бо вони завжди супроводяться появою тут характерних зворотних течій, які перешкоджають дальшому просуванню донних наносів, в наслідок чого за умови надходження нових наносів об'єм такої заструги безперервно зростає<sup>1)</sup>. Цілком очевидно, що ліквідувати таку застругу вигідно на самому початку, щоб не допустити її нарощування при надходженні паводкових наносів.

Таке запобіжне днопоглиблення можна здійснити за допомогою курсування на певній ділянці ріки досить потужної машини такої конструкції, яка дозволяла б знімати порівнюючи невеликі виступи дна вище певної ізобати, не зупиняючи машини під час проходження її через пережат. Спосіб видалення і звалювання ґрунту, таксамо як і інші деталі конструкції та роботи такої машини, потребують відповідної розробки. Ми вважаємо, що застосування зазначеного методу запобіжного днопоглиблення додатково до розглянутого методу попусків забезпечить можливість утворення і підтримання потрібних для судноплавства підвищених стійких глибин.

## § 7. Загальні висновки

Зробімо тепер зіставлення всіх висновків, одержаних вище при оцінці міри впливу нового режиму на кожний з розглянутих окремих факторів, які беруть участь у процесі формування пережата.

Насамперед відзначмо, що з усіх основних елементів, які характеризують новий попусковий режим, факт зменшення надходження в ріку паводкових наносів у наслідок часткового устоювання їх у водосховищах повинен найбільш сприятливо вплинути на стан пережатів, особливо в тому випадку, коли водосховища, що накупчують воду, будуть зосереджені не тільки у верхів'ях рік, але й в інших місцях більш-менш рівномірно по всій довжині. Можна твердити, що в такому випадку занесення пережатів під час весняного паводка буде значно ослаблене. Тому що величезна більшість пережатів міліють саме під час повені, зазначена сприятлива властивість попускового режиму має виявлятися особливо яскраво.

<sup>1)</sup> При відсутності надходження нових наносів заструга переміщається вниз за течією в тому ж об'ємі.

Далі також безперечно сприятливий вплив на перекати повинне мати зрізування верху наводкового піка, бо властиві високим горизонтам розмиви берегів і можливі інтенсивні місцеві переформування можуть бути пояснені головню тими змінами структури потоку і загального напрямку течії, які властиві саме високим горизонтам. Проте лишається нез'ясованим питання про ту критичну висоту горизонту води, при якій повинна настати відзначена вище зміна одного типу циркуляційних течій іншим — менш сприятливим. Тому можливо, що зрізувана водосховищами частина наводка щодо цього не може мати істотного значення, бо горизонт такого зрізування значно перевищуватиме згаданий критичний горизонт для даної ріки.

Далі слід докладніше зупинитися на найбільш відповідальній частині попускового режиму, а саме на періоді меженого стояння вищих проти норми горизонтів води. Вище вже відзначено сприятливий вплив цього періоду на режим перекатів щодо зменшення інтенсивності зустрічних внутрішніх течій у підвалі перекату і в наслідок цього ослаблення відкладання на валу перекату. Проте там же відзначено було і небезпечність одержання швидкостей, вищих за критичне значення для наносів даної дільниці ріки, результатом чого було б перетворення цієї дільниці в малостійку, що повинне характеризуватися інтенсивним переміщенням на ній наносів і постійним несприятливим для судноплавства переформуванням (тип піщаних розсипів).

Ці питання можна розв'язати тільки при безпосередньому детальнішому вивченні окремих перекатів щодо складу наносів і очікуваної при новому режимі швидкості. Більш загальний вплив підвищених межених горизонтів води полягатиме у можливому загальному переформуванні всього русла ріки відповідно до зрослої витрати води. Негативна риса цієї обставини та, що в такому випадку маси води, які дають попуски, будуть використані не тільки для підвищення шару води на перекаті і, отже, для збільшення глибини їх, але і для розробки всього живого перерізу ріки відповідно до її збільшеної потужності.

Таким чином при тих вказівках на сприятливий вплив попускового режиму, які весь час зустрічаються в нашому огляді, ми все таки в кінцевому підсумку матимемо порівнюючи малий коефіцієнт корисної дії, тому що затрата додаткової

живої сили ріки буде пропорційальною не першому степеневі досягнутої глибини потоку, а тільки приблизно квадратному кореневі з неї, бо ця жива сила ріки піде на розробку всього живого перерізу, а не самої лише глибини. Коли залежність між живою силою ріки при попускових горизонтах ( $W_{non}$ ) і цією ж силою при режимі природному ( $W$ ) представити у вигляді відношення:

$$\frac{W_{non}}{W} = n,$$

то відповідне відношення глибин буде:

$$\frac{H_{non}}{H} = K\sqrt{n} \quad \text{або} \quad H_{non} = HK\sqrt{\frac{W_{non}}{W}}$$

Коефіцієнт  $K$ , що входить сюди, більш-менш певно можна було б визначити в кожному окремому випадку, порівнявши дану дільницю ріки з подібною ж дільницею нижче впадання притоки відповідної потужності. Однак сама величина живої сили при попусках лишається невизначеною, тому що невідома відповідна величина швидкості течії, від якої залежить величина живої сили, пропорційальна тут третьому степеневі швидкості, бо

$$W = \frac{mv^2}{2} = \frac{Qv^2}{2} = \frac{Fv^3}{2},$$

де  $Q$  — витрата води, а  $F$  — площа живого перерізу ріки.

По суті це питання і є основним. Як виявляється, вигідніше, щоб середня швидкість при новому підвищеному горизонті води не зростала, а бажане для нас збільшення живої сили ( $W_{non}$ ) йшло виключно за рахунок збільшення живого перерізу ріки ( $F_{non}$ ), а отже і глибини ( $H_{non}$ ). Треба відзначити, що таке збільшення живого перерізу без розмивання дна може здійснюватись підвищенням „коєфіцієнта наповнення“ русла, тобто підвищення горизонту води без зміни позначок дна. В природних умовах такий процес здійснюється тоді, коли середні похили ріки після впадання в неї притоки виявляються рівними або меншими порівнюючи з похилами як притоки, так і річкової дільниці до впадання цієї притоки.

Якщо прийняти подібне співвідношення для випадку попускового режиму, то з певним наближенням можна було б вва-

жати, що живий переріз зростатиме пропорціонально витраті води, що дозволило б переписати наведену вище формулу в такому вигляді:

$$H_{\text{пол}} = Hm \sqrt{\frac{Q_{\text{пол}}}{Q}}$$

Коефіцієнт  $m$ , що входить в цю формулу, можна також визначити способом, наведеним вище для коефіцієнта  $K$ . У самому першому наближенні, на основі загальної оцінки впливу приток на глибину розташованої нижче ділянки ріки, для перших орієнтовних накреслень можна прийняти  $m = 1,2$ . Такий висновок не можна визнати особливо сприятливим при оцінці проєктованого попускового режиму, бо потрібне збільшення витрати води на регулярні попуски може перевищити наявні можливості щодо спорудження водосховищ потрібної потужності. Так, для Середнього Дніпра, при потрібному збільшенні глибини 1,2 до 1,7 м, ми маємо  $Q_{\text{пол}} = 1,44 Q$ , тобто витрату води ріки треба збільшити на 0,44 величини її меженної витрати.

У зв'язку з сказаним треба відзначити, що всякі нерегулярні попуски, які дають окремі паводкові хвилі, відповідають випадковій збільшенню витрати головню за рахунок збільшення швидкості, тому що при паводковій хвилі в її лобовій частині завжди повинні спостерігатися підвищені похили, сприятливі для швидкого стікання відпущеної кількості води, збільшена сила якої може стати однією з причин небажаних, звичайних для паводка, переформувань перекату. Ця обставина є ще одним доводом за встановлення методу неперервних попусків.

Резюмуючи все сказане, ми доходимо таких основних висновків:

1. Попуски з водосховищ не можна розглядати як паводки, відповідні їм щодо висоти горизонту води, бо при попусканні ми одержуємо воду, яка вже устоялася від наносів, чого немає при паводку, де вода забруднена наносами особливо сильно.

2. Ні з міркувань економії витрати води, ні з міркувань шкідливої дії на перекати не можна допускати, щоб попуски з водосховищ мали відповідний паводкам переривчастий, неусталений характер.

3. При встановленні попускового режиму треба чекати збільшення не тільки глибин, але й усього живого перерізу відповідно до нової, зрослої потужності меженного потоку.

4. Оцінюючи можливий вплив попускового режиму на основі зіставлення матеріалів річкових розвідувань і досліджень, треба віддати перевагу методів порівняння між собою перекатів того ж самого типу і діляниць тієї ж ріки, розташованих вище і нижче притоки, щодо потужності приблизно однакової з проєктованим попуском. Цей метод ґрунтується на передумові, що зміни, спричинені збільшенням витрати в наслідок впадання притоки, будуть подібні до тих, які стануться при збільшенні витрати за рахунок неперервних усталених попусків.

5. Для оцінки можливої судноплавної глибини ріки після встановлення нового режиму в першому наближенні можна скористатися співвідношеннями:

$$H_{non} = HK \sqrt{\frac{W_{non}}{W}} \quad \text{і} \quad H_{non} = Hm \sqrt{\frac{Q_{non}}{Q}},$$

де  $H$ ,  $W$  і  $Q$  — відповідно глибини, живі сили і витрати як для попускового, так і для природного режиму, а  $K$  і  $m$  — коефіцієнти, які треба визначити.

6. В разі значного збільшення швидкості в наслідок підвищення горизонтів води при попусковому режимі деякі з перекатів можуть перейти в розряд нестійких, що характеризуються надзвичайно рухомим дном і мінливістю рельєфу.

7. Боротьба з перекатами при попусковому режимі полегшується завдяки деякому зменшенню занесення їх в результаті устоювання паводкових наносів у водосховищах (див. п. 1).

8. Для підтримання підвищених судноплавних глибин раціонально застосовувати метод запобіжного днопоглиблення з метою систематичного, своєчасного видалення початкових наносних утворів, які шкідливо впливають на загальний стан перекаату.

## РОЗДІЛ II

### Трасування прорізів при побутовому режимі стоку

*О. М. Толмацький*

Для того, щоб правильно визначити принципи трасування днопоглибних прорізів, треба знати закони, які керують рухом річкового потоку і формуванням русла ріки.

Оскільки ці закони ще недосить вивчені, сучасне трасування прорізів провадять часто помацки, лише до певної міри припускаючи, що ці прорізи дадут бажані результати. Загально-визнаних і міцно встановлених положень, які могли б претендувати на закони, в справі днопоглиблення ми ще не маємо.

Все таки окремі працівники днопоглиблення, використовуючи спостереження над життям ріки і виконуваними прорізами, а також підсумовуючи власний і чужий досвід, дали ряд практичних положень для проектування прорізів. Ці положення мають на собі іноді відбиток індивідуального сприймання явищ, але в основному не виявляють різких суперечностей.

Наведемо деякі з них.

#### § 1. Принцип мінімальної затрати енергії потоку

Пропозиції професорів Акулова та Великанова

Проф. К. А. Акулов<sup>1)</sup>, який протягом ряду років\* займався днопоглибними роботами на Дніпрі, виходить з того основного положення, що проріз повинен створити на всьому протязі перекаату, від верхнього плеса до нижнього, збійну течію. На основі проведених досліджень він доходить таких висновків:

1. Проріз повинен бути криволінійним для кращого збереження збою, при чому кривизна його має зростати в міру наближення до низового плеса;

2. Не можна допускати в прорізі двобічних перегинів, тобто кривих частин, угнутостями обернених в супротивних напря-

<sup>1)</sup> Проф. К. А. Акулов. „Волжское землечерпание и его достижения“, 1925



мах, тому що в місці переходу від однієї кривизни до іншої, їй протилежної, неодмінно відбуватиметься розтікання струмин і в наслідок цього — ослаблення і навіть припинення збою, що може спричинити зміління прорізу, спочатку лише в цьому небезпечному перерізі, а потім і на всьому протязі прорізу;

3. У верховій частині прорізу треба робити розширення у вигляді розтруба, щоб притягти в проріз якнайбільшу частину витрати вищерозташованого плеса, при чому очевидно, що форма цього розтруба залежить головно від кутів збіжності струмин в нижньому кінці вищерозташованого плеса;

4. Глибину прорізу біля початку розтруба слід робити по змозі однаковою з глибиною плеса в нижньому його кінці, щоб збійна течія, яка спускається вниз і начебто оре дно, не перегорджувалась, бо вона може перетворитись у донну, що піднімається стрибками вгору.

Ці положення, на думку автора, слід перевірити експериментальними роботами і ретельними спостереженнями над деформацією прорізу, над розподілом швидкостей в потоці при проходженні його через проріз і над рухом наносів у межах утворюваного прорізу.

Необхідність приймального розтруба визнають і волзькі працівники днопоглиблення<sup>4</sup>). Щодо криволінійного обрису прорізу в плані, то хоч він і має прихильників, але технічно малоздійснений. Майже нездійсненне і сказане в п. 4, тому що глибина плесової лощини звичайно значно перевищує глибину прорізу.

Проф. М. А. Великанов виходить із загального принципу, що для збереження прорізу необхідно, щоб передавання ним фарватерної течії з верхнього плеса в нижнє провадилось з якнайменшою затратою енергії потоку.

В такому випадку:

- 1) напрям прорізу повинен якнайближче збігатися з напрямом фарватерної течії;
- 2) проріз не повинен мати перегинів;
- 3) верхня частина прорізу повинна мати розширення для притягнення якнайбільшої частини збійно-фарватерної течії.

Отже основна задача, яку ставлять тут при проектуванні прорізу, зводиться до підтримання збою на всьому протязі

<sup>4</sup>) Инж. Н. А. Антонов. „Волжское землечерпание и его достижения“. Сборник под ред. проф. К. А. Акулова, 1925; инж. К. А. Архипов, там же.

прорізу і підтримання енергії в потоці для транспортування наносів з верхнього плеса в нижнє.

Слід згадати про запропонований проф. М. А. Великановим гідравлічний розрахунок прорізу, який має перевірочний характер. Задача його зводиться до питання, — чи буде заноситися проріз при меженних горизонтах. Вона розв'язується лише для найпростішого випадку за допомогою ряду припущень і деяких емпіричних формул річкової гідравліки; широкого застосування цей спосіб розрахунку не дістав.

## § 2. Принцип максимального використання природно формуючої роботи потоку

### Гідролого-механічна система

Прихильники гідролого-механічної системи днопоглиблення подають до прорізів вимогу більшої стійкості і збереження, ніж ті, що властиві прорізам звичайного меженного трасування за системою Клейбера та його послідовників.

Система Клейбера з її найкоротшими віддалями, мінімальною кубатурою і звалюванням ґрунту на верхні коси — зазнає в останні роки значних корективів, бо ідейна суть її — „подавання негайної допомоги“ — не дає ґрунтового поліпшення транзиту, не зважаючи на те, що кубатура витягуваного з прорізів на транзиті ґрунту зростає рік-у-рік.

У своїх тезах, присвячених гідролого-механічній системі днопоглиблення, Волзький відділ Центрального науково-дослідного інституту водного транспорту (ВВЦНІВТ) так формулює деякі положення для траси днопоглибних прорізів;

а) прорізи повинні бути прямолінійні; значних розширень як у верхній, так і в нижній частині прорізу робити не слід. При проектуванні прорізів треба звертати увагу на можливість збільшення швидкостей у прорізі, як на велику гарантію розвитку сил, які транспортують наноси;

б) приймальну або „головну“ частину прорізу слід, як загальне правило, брати в найактивнішій частині вищерозташованої плесової лощини з рівними і по змозі більшими швидкостями;

в) напрям прорізу слід орієнтувати так, щоб від пункту найактивнішої частини вищерозташованої плесової лощини низовий крайок прорізу наближався до низового побічця перекату;

г) напрям низового окрайка прорізу по змозі повинен збігатися з напрямом динамічної осі вищерозташованої плесової лощини, або утворювати з нею якнайменший кут;

д) загальний напрям прорізу по можливості повинен збігатися з лінією стоку межених та весняних вод. У цьому випадку гарантія стійкості і дальшої розробки прорізу течією дуже зростає;

е) звалювання ґрунту при полого орієнтованому прорізі, коли маємо на меті розробку полого орієнтованого суднового ходу, краще провадити вздовж низового окрайка прорізу. При круто орієнтованих прорізах, від яких принципіально слід утримуватися, звалювати ґрунт конче треба на верхні піски з таким розрахунком, щоб течії весняних вод перерізали спочатку вал звалища, а потім уже самий проріз. При крутому та глибокому підваллі нижньої плесової лощини звалювати ґрунт можна в лощину, засипаючи її верхній кінець;

є) принципіально не слід розташовувати проріз по лінії найменшої кубатури і допускати круте орієнтування. Такі прорізи нестійкі, швидко заносяться і тому не економічні.

Виходячи з принципу допомоги природно формуючій роботі потоку, тези ВВЦНІВТ-у вважають цілком раціональними і економічно вигідними такі днопоглибні роботи:

1) розробку нового русла, яке випрямляє стік весняних та межених вод, у вигляді перекопування високих незатоплюваних серпантин, вигинів та мисів, в багатьох місцях спостережених на ріках;

2) розробку прямими глибокими прорізами низьких затоплюваних вигинів у вигляді перекопів по знижених місцях, які заливаються весняними водами;

3) розширення, розчищення і поглиблення весняних рукавів і протоків, що випрямляють суднові ходи і лінії стоку весняних та межених вод;

4) розробку других ходів, які не мають під час межені достатніх глибин, але зручні для судноплавства завдяки своїй прямолінійності і меншій довжині;

5) відокремлення правобережних побочнів;

6) розробку полого орієнтованими прорізами низової частини перекатних сідловин з переміщенням меженого фарватеру в нове розроблене корито перекату, розміщене в районі низових пісків.

Як бачимо, гідролого-механічна система добивається ґрунтового поліпшення днопоглиблення природно-судноплавних умов рік, вважаючи цілком рентабельним застосування дорогих капітальних і напівкапітальних робіт.

На жаль, таке серйозне для всього народного господарства питання не має ще більш-менш значних прикладів практичного розв'язання і тому його покищо доводиться розглядати як систему припущень, що потребують ретельної практичної перевірки.

### § 3. Донні поперечні течії як основа трасування

Висновки гідротехнічної лабораторії МВЦНІВТ-у

Тепер режим перекатів, трасування прорізів і стійкість їх поруч з натурними дослідженнями вивчають і в лабораторних умовах. Ряд таких питань перебуває в стадії опрацювання в московській лабораторії Центрального науково-дослідного інституту водного транспорту (МВЦНІВТ), досліди якої, поставлені в прямолінійному лотку і на схематизованій моделі перекату, показали таке:

1. У всякому потоці, в тому числі і у випадку прямолінійного русла з рівними стінками і при усталеному рівномірному русі, спостерігається внутрішня циркуляція рідини у вигляді стійких гвинтоподібних рухів, напрям яких і відносно положення в потоці визначаються швидкістю та глибиною останнього, а в окремих випадках — формою його поперечного перерізу. При наявності гвинтоподібних течій у потоці мають бути не тільки ділянки з косими донними або поверхневими течіями, але також поверхні розділу, в яких повинні спостерігатися вертикальні течії — низхідні або висхідні.

2. Спостерігаються чотири окремі типи донних течій: перший тип — течії, направлені по дну від середини потоку до берегів (рис. 1); другий тип — течії, направлені по дну від берегів до середини потоку; 3) третій тип — однібічні течії, спостерігані тільки при наявності поперечного похилу дна і направлені по дну в бік мілкого берега, і четвертий тип — змішані течії, які складаються з течій першого та другого типів,

3. Розмивання наносів відбувається в ділянці низхідних течій де донні швидкості збільшені за рахунок поверхневих), а транзит і відкладання наносів здійснюються завжди вдовж

ділянки висхідних течій і ліній мінімальних донних швидкостей, куди тягнені наноси доставляються косими донними течіями з ділянок розмивання.

4. Зміни швидкостей і глибини потоку істотно впливають на характер внутрішніх течій. При деякому граничному значенні добутку глибини на швидкість внутрішні гвинтоподібні течії змінюють напрям свого обертання на супротивний, при чому при великих значеннях цього добутку донні течії направлені всередину потоку.

5. Внутрішні течії сприяють саморегулюванню потоку щодо розмірів та форми його перерізу, бо при відносно малих гли-

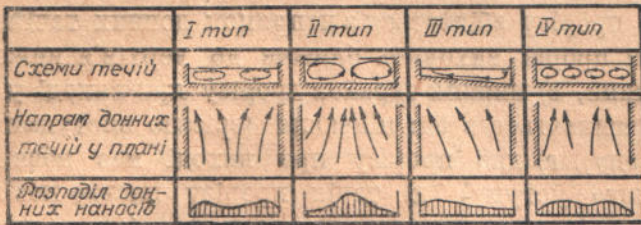


Рис. 1.

бинах в ньому спостерігаються течії першого типу, які спричиняють поглиблення середини потоку і нарощування берегових укосів; навпаки, при значних глибинах і швидкостях течій мають супротивний напрям (другий тип) і спричиняють відмивання берегів і нарощування дна.

6. На перекаті спостерігаються зазначені вище течії, але в складнішому сполученні. Так, підваллю відповідають збіжні донні течії, які направляються сюди з побічнів перекату і з нижньої плесової лощини, в наслідок чого тут утворюється ділянка висхідних течій. У верхній і нижній плесових лощинах спостерігаються течії третього або першого типу, завжди направлені так, що ділянка стикання їх утворює згадані висхідні течії підвалля.

7. Донні швидкості течії зростають в міру наближення з верхньої плесової лощини до валу перекату і доходять найбільших значень на гребені його, після чого швидко знижуються до нульового значення в підваллі. В наслідок цього транспортовані потоком донні наноси легко збігають по лобовому спаду побічнів, але зовсім не можуть перерізати підвалля.

через зустрічні косі течії і різке зниження величини донної швидкості.

8. Несприятливий вплив висхідних течій підвалля можна перемогти, направивши на нього з валу перекату досить потужну та стійку течію першого типу. Течії цього типу виникають на валу перекату у випадку створення тут: а) відповідної форми русла (поглиблена осьова частина і дуже пологі берегові укоси), б) достатньої величини живого перерізу з метою можливого вирівнювання тут швидкості потоку і в) захоплення цими течіями верхів'я нижньої плесової лощини.

9. У випадку днопоглибного прорізу сприятливі течії першого типу виникають на виході з прорізу при таких умовах: а) напрям прорізу збігається з напрямом донних течій, б) нижнім кінцем проріз виходить ближче до верхів'я нижньої плесової лощини, в) нижній крайок прорізу при виході у плесову лощину загинається в бік підвалля (зрізано виступаюче плече гребеня валу), г) дно прорізу при виході має повний похил (без крутого уступу), д) течія прорізу плавко пов'язується з береговим укосом лощини, е) укоси прорізу в нижній частині по змозі пологі.

При перерізуванні прорізом донних течій верхнього побіччя тягнені ними наноси, **попадаючи** у верхову частину прорізу, **накупчуються** тут, спричиняючи зміління його. Цьому несприятливому явищу можна запобігти, відсипаючи наносний вал з пологими укосами вдовж верхового крайка прорізу. Висоту валу вибирають таку, щоб глибина вдовж усього крайка була приблизно однаковою і дорівнювала природній глибині на гребені валу біля виходу прорізу. З таких умов спостерігаються стійкі висхідні течії вдовж усього верхнього крайка, аналогічні течіям підвалля, а це сприяє посиленню в прорізі донних течій третього типу і видаленню наносів на наносний вал.

Такі в загальних рисах висновки, до яких прийшла на основі своїх дослідів лабораторія МВЦНІВТ-у <sup>1)</sup>. Основного значення при формуванні перекату вона надає не подовжній течії, а течіям поперечним і переважно донним. Наведені висновки тепер перевіряють в натурі.

---

<sup>1)</sup> Инж. А. И. Лосиевский, Лабораторное исследование процессов образования перекаатов. ОГИЗ, Ленинград, 1934.

#### § 4. Трасування прорізів при меженних горизонтах

Більш-менш детально розробив питання про трасування прорізів інж. В. М. Гусев <sup>1)</sup>, який зупинився головню на межньому періоді ріки, подаючи до прорізу вимогу справної служби протягом однієї навігації.

##### Прорізи на правильному перекаті

В. М. Гусев має на увазі прорізь на правильному перекаті, розташованому в межах основного нерозгалуженого русла або рукава.

У своїх висновках В. М. Гусев базується, з одного боку, на дослідженнях інж. М. С. Лелявського про внутрішні течії (збійна і віялова течії, що є двома фазами одного збійно-віялового вихрового процесу) у річковому потоці, а з другого — на особистому досвіді днопоглиблення на Дніпрі.

Характерними для збійної течії є такі ознаки:

- 1) розмивання ґрунту з дна і берегів ріки;
- 2) спрямування верхніх струмин від берегів до динамічної осі потоку при супротивному напрямі поперечних донних течій;
- 3) наявність водного горба в стрижневій ділянці.

Ці явища відповідають стисковій потоку і на перекаті можуть спостерігатися до горжової площини <sup>2)</sup>. Спостереження над поверхневими поплавцями, пущеними по кориту перекату, показують, що поплавці, перейшовши горжову площину, незмінно відхиляються до нижньої коси. Крім того там же можна завжди спостерігати появу на поверхні води здуття, яке розходиться кругами, що свідчить про піднімання на поверхню донних часток води.

Ознаки віялової течії такі:

- 1) пісок згрібається з берегів і переноситься до стрижня ріки з тенденцією до заміління корита перекату;
- 2) поверхневі частки води спрямовуються від стрижня до берегів; донні струмини — від берегів до стрижня; водяний горб розтікається, явища збою загасають;

---

<sup>1)</sup> В. Н. Гусев. Прорезь и свалка ґрунта при землечерпани. Гострансиздат, 1933.

<sup>2)</sup> Горжова площина — це площина, яка проходить через найбільш підвищену точку корита перпендикулярно до динамічної осі потоку.

3) горизонт води в районі динамічної осі знижується або по всьому поперечному перерізу водної поверхні спостерігається рівне стояння води.

Переважають донних процесів починається лише після проходження потоку через горжову площину перекаату; отже у верхній частині його повинна зберігатися збійна течія, властива ще стисненому потокові.

Який же має бути нарис прорізу, виконаного на основі викладених властивостей річкового потоку?

Очевидно, що проріз повинен являти собою спускний канал, по якому при мінімальних перешкодах частки ґрунту переносились би з верхнього плеса у нижнє. Здавалось би очевидним, що найбільшу гарантію успішного переміщення наносів ми матимемо при розміщенні прорізу, яке збігається з напрямом динамічної осі потоку на перекааті. Проте це не зовсім так. Динамічна вісь близька (але не тотожна) до кривої, яка проходить через центри ваги живих перерізів і розміщується приблизно на одну третину віддалі від поверхні води. В міру спадання горизонтів і зменшення площ живих перерізів їх центри ваги, а отже і динамічна вісь, відхиляються від попереднього (при заданні прорізу) положення в бік ведучої кручі.

Проріз задають звичайно, розраховуючи на спадання води, а тому при проектуванні його треба взяти на увагу переміщення динамічної осі, і початок прорізу задавати не в точці перетину проектної ізобати з динамічною віссю, а ближче до ведучої кручі. Чим вищий горизонт, тим більше повинне бути це відхилення.

В міру того, як проріз відходить від кручі і вступає у сферу впливу нижньої коси, збій зменшується від свого початкового значення до нуля і починається безладне розтікання рідини в різних напрямках, переважно від динамічної осі до берегів. Донні процеси розвиваються, і знесилений ними потік у прорізі буде вже неспроможний нести наноси, які попали в проріз під впливом збійної течії і які через те осідатимуть, неминуче спричиняючи занесення прорізу в його середній частині. Значить, в цьому місці потокові необхідно дати додаткові швидкості, щоб відновити в прорізі хоча б місцевий збій і проштовхнути осілі частки до нижнього плеса. Єдиний спосіб збільшити швидкості потоку в прорізі — різко відхилити проріз від динамічної осі вище горжової площини в бік кручі



нижнього плеса. Цим відхиленням ми скорочуємо довжину нижньої частини прорізу, надаючи їй більшого похилу і створюючи більші швидкості. Таким чином, ми матимемо деякий ламаний обрис прорізу з точкою перелому трохи вище горжової площини перекату. Проте на більшості дніпровських перекатів під час межені горжова площина проходить в кінці їх, і тому ламаний обрис прорізу можна без великої похибки замінити прямим, відхиляючи, однак, кінець прорізу в бік нижньої плесової лощини. Але, щоб запобігти баруванню гирла прорізу, вихід з нього треба вибрати так, щоб швидкості потоку в нижньому плесі, куди виведений проріз, не були набагато менші за швидкості в самому прорізі.

Крім того при відхиленні нижнього кінця прорізу до низової плесової лощини треба зважати на небезпечність занесення прорізу з боку верхнього побіччя, який насувається в ріку.

У підсумку, сказане про раціональне задання прорізу на перекаті з нормально розвиненими косами і відносно рівномірними плесовими лощинами можна звести до таких тверджень:

1. Початок прорізу повинен бути дещо відхилений від перетину проекційної ізобати з динамічною віссю потоку в бік кручі верхнього плеса;

2. Точка перелому прорізу, якщо такий перелом немінучий; повинна лежати вище горжової площини перекату, де течія ще не зовсім втратила свій збійний характер;

3. Верхня частина прорізу до горжової площини повинна бути направлена до динамічної осі потоку з невеликим відхиленням в бік нижньої кручі;

4. Нижня частина прорізу і його вихід повинні бути різко відхилені в бік нижньої кручі, при чому, однак, швидкості в нижньому плесі, куди вводиться проріз, не повинні бути набагато менші за швидкості в самому прорізі.

Таке задання прорізу, запропоноване В. М. Гусевим, стосується як уже було згадано, правильного меженного перекату. Цей тип перекату є хоч і поширеним, але не переважним і у всякому разі далеко не охоплює тієї різноманітності, яка спостерігається в індивідуальних особливостях перекатів у ріках з рухомим річищем.

Русло Дніпра, як нестійке, обумовлює блукання ріки по заплаві, поділ основного меженного потоку на рукави, протоки, староріччя тощо. І саме найскладніші, мінливі щодо рельєфу

і важкі для судноплавства перекати утворюються у вузлах розгалуження, тобто при поділі ріки на рукави, при злитті їх і, крім того, в гирлах приток. Тут процеси формування русла відбуваються в більших масштабах і з більшими темпами, ніж у нерозгалуженому руслі, а тому їх ще важче вивчити.

Питання про трасування прорізів для таких перекатів опрацьоване дуже мало, і тому ми зможемо зупинитися тут лише на основних положеннях.

#### Прорізи на складних перекатах

а) Перекати верхнього вузла роздвоєння. Розгалуження потоку відбувається: 1) в результаті повного або часткового прориву одного з побічнів; 2) при наявності на транзиті більш-менш значного осередку чи острова; 3) при наявності групи розташованих побіч островів, які розбивають ріку зразу на кілька рукавів значного протягу.

Випадки прориву верхнього побіччя бувають головно від розмивання весняними водами звуженого піщаного перешийка, який відділяє фарватер від витoku верхньої плесової лощини. При надмірному розрощенні верхового побіччя днопоглибленню рідко доводиться втручатися, — цю роботу виконує замість нього весняний потік, і до того ж дуже успішно і цілком самостійно.

Прорізування верхового побіччя в меженний період практикується лише у виняткових випадках, — наприклад, при значному викривленні суднового ходу або необхідності обійти якусь серйозну перепону, що опинилася на фарватері.

Відокремлення низового побіччя відбувається на тій стадії існування перекату, коли кінцеві частини верхньої плесової лощини переміщаються вниз за течією швидше, ніж піски парної цій плесовій лощині верхового побіччя. При цьому верхня плесова лощина поступово врізається в приверх низового побіччя, зберігаючи свій попередній напрям. Утворюється новий хід, який помалу активізується і нарешті починає переважати над старим напрямком. Відокремлена ж частина побіччя розмивається течією і розподіляється по нижчерозташованих косах.

Найважчий стан буває на перекаті тоді, коли процес відокремлення нижнього побіччя ще не закінчився і обидва ходи — старий і новий, що намічається, — не мають достатніх для судноплавства глибин. Тоді необхідно втрутитися в процес, що відбувається, здійснивши проріз в новому напрямі. Роботу цю

треба виконувати під час високої води, при підвищених швидкостях та витратах, тобто розраховуючи на підтримання ріки, бо може статися так, що проріз, зроблений в меженний період при слабких потужностях потоку, буде неспроможний дати вирішальну перевагу новому ходові і ще більш погіршить стан глибин на перекаті.

З двох рукавів, які обтікають острів або осередок, один звичайно коротший, випрямлений, а другий — звивистий і довший. Короткі і випрямлені рукави притягають основну масу весняної води, але під час межені звичайно міліють біля гирла, бо при сповільнених швидкостях і при ослабленій енергії потоку вони неспроможні завершити роботу по проштовхуванню піщаних хвиль, які спрямовуються при високій воді в бік максимуму живих сил — по короткому рукаву. Живий переріз на виході прямого рукава стискується до мінімуму, утворюється підпор і динамічна вісь повертає в обхідному напрямі, який в цей період відживляється. Піщана коса, що закриває під час високих горизонтів вхід у подовжений рукав, поступово розмивається в наслідок збільшення швидкостей під впливом утвореної підпором різниці горизонтів води.

Беручи на увагу, що випрямлений рукав не має опорних ведучих берегів і що підтримувати в ньому суднопластво спочатку дуже важко, а іноді навіть і неможливо, доводиться віддавати перевагу обхідним напрямам (Тарасівський рукав до 1933 р., Максимівський — до 1928 р.), за умови, зрозуміло, що вони на виході не остаточно засипані весняними відкладами.

У випадку ж виразно виявленого відмирання обхідного рукава доводиться мимоволі вдаватися до розробки короткого напрямку. При цьому слід вживати всіх заходів до ослаблення доступу води в несудноплавний рукав, який залишився, використавши для цього ґрунт, витягнений з викопуваного по близу прорізу.

Однак, закриття обхідного рукава треба здійснювати поступово, з тим, щоб забезпечити в прямому рукаві створення стійкого річища без бурхливих процесів часткових розмивів.

Коли ріка розгалужується зразу на кілька рукавів, неходові напрями корисно засипати рефулерним ґрунтом. Щоб зменшити витрату в рукавах, конкуруючих з вибраним для суднопластва, бажано перекрити їх донними загатами. Вибираючи судноплавний напрям, слід керуватися тими ж міркуваннями, що й у випадку двох рівносильних рукавів. При цьому треба мати всі

вичерпні дані, що характеризують ці рукави з геологічного, гідравлічного і гідрологічного погляду. Необхідно виявити всі зміни, які відбуваються у верхньому вузлі роздвоєння, щоб чітко встановити, в якій з рукавів направлені переважні сили потоку. Це і визначить напрям прорізу на вузловому перекаті.

б) Перекати при злитті рукавів. Злиття двох потоків, які зустрічаються під кутом, обумовлює взаємне гальмування їх і ослаблення швидкостей, в наслідок чого створюються сприятливі умови для відкладання наносів у районі злиття.

Крім того, піщані масиви побічнів, рухаючись по обох рукавах, зустрічаються при злитті і стають основною причиною швидкого наростання ухвістя острова чи осередку, який поділяє ріку на рукави.

У найважчому становищі опиняється нижній вузол розгалуження в разі різкого посилення випрямленого рукава, бо в процесі розробки потоком цього рукава тверда витрата його доходить максимальної величини. Між тим, при спаданні води на виході випрямленого рукава відкладаються великі маси наносів, які ослабляють його і спричиняють збудження активності обхідного рукава, що починає превалювати в місці злиття їх.

Днопоглибні роботи на перекатах розгляданої категорії раціонально починати лише після того, як масовий рух пісків заміниться відносно стабілізованим станом русла обох рукавів.

в) Перекати в гирлах приток. При впаданні приток ми повинні розрізнити два випадки: 1) притока в гирловій частині має менший похил, ніж головна ріка; 2) похил притоки рівний або більший за похил головної ріки.

У першому випадку наноси, принесені водами притоки в головну ріку, будуть у межах останньої проноситися краще, ніж у межах власного русла, і тоді в гирлі притоки не може утворитися перекат.

У другому випадку частина наносів акумулюється на виході притоки і стає матеріалом для створення постійно діючих перекатів.

Кількість наносів, які відкладаються в гирлі притоки, залежить, крім насиченості притоки, також і від кута між динамічними осями притоки і головної ріки в районі злиття. Чим більший цей кут, тим більше осідає в головній ріці наносів, які приносить притока.

У початковий період межені (при підвищених іще горизонтах) переكاتи, які утворюються в районі дії проток, становлять серйозні перешкоди для судноплавства, через що часто доводиться вдаватися до поглиблення їх. Однак виконані на них прорізи швидко зносяться, тому що піски, які утворюють такі переكاتи, надзвичайно нестійкі.

В міру спадання горизонтів води починається самопоглиблення перекаату, яке іноді відбувається остільки інтенсивно, що не доводиться навіть ремонтувати занесеного прорізу; на перекааті утворюються далі цілком стійкі глибини, які зберігаються до кінця навігації.

### § 5. Трасування прорізів при високих горизонтах

Під „високими горизонтами“ тут розуміються максимальні горизонти, при яких, відповідно до глибини опускання приймальних пристроїв днопоглибних машин (черпакова рама для землечерпальної машини і сисун для землесоса), стає можливим механічне днопоглиблення. Максимальна глибина опускання черпакової рами становить 5 — 6 м, а найбільше опускання сисуна — 7 м, при додатковому ж патрубку — 9 м і більше.

При ширині прорізу на рівні проектного дна в 36 м, подвійних укосах ґрунту (рис. 2) і при траншейному методі розробки прорізу опускання сисуна в ґрунт від проектного дна повинне дорівнювати  $\frac{36}{3:4} = 3$  м, а від найнижчого навігаційного (т. зв. „зрізувального“) горизонту  $3 + 1,5 = 4,5$  м; у цьому виразі цифра 1,5 не є сталою, вона залежить від розміру гарантованої глибини.

Тим то для землесоса із звичайним сисуновим пристроєм робота стає можливою при 2,5 м (7 м — 4,5 м) над зрізувальним горизонтом, а з додатковим патрубком — при 4,5 м і більше. Черпаковою ж машиною можна починати роботу при 3,5 — 4 м над проектно-зрізувальним горизонтом.

Днопоглибні роботи при високих горизонтах почали практикувати на Волзі ще з 1891 р. — з часу запровадження з ініціативи інж. Клейбера спеціальної організації транзитного днопоглиблення. На Нижньому Дніпрі роботи при високих горизонтах почалися з 1909 р., а на Середньому Дніпрі — з 1911 р.<sup>1)</sup> Високі

<sup>1)</sup> Осє як аргументували днопоглиблення під час високої води: „Коли б навіть виконаний при високому горизонті проріз і виявився згодом занесеним, то

горизонти використовувались виключно з метою збільшити тривалість днопоглибної навігації з тим, щоб завчасною розчисткою перекатів полегшити боротьбу з ними при масовому змінні їх.

Ідея роботи під час високої води зустрічала і зустрічає багато заперечень, бо прорізи, виконані при високому горизонті для служби під час низької межні, в багатьох випадках можуть бути занесеними.

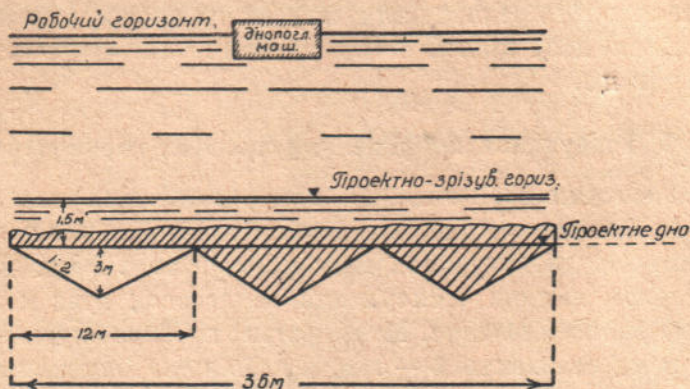


Рис. 2.

В. М. Гусев у своїй роботі „Прорезь и свалка грунта“ вводить цілий ряд обов'язкових обмежень для весняних робіт по поглибленню перекатів, а саме:

„1. Починати розробку перекатів з групи, яка звичайно міліє в першу ж половину навігації, відбираючи з цієї групи ті, на яких глибини почали помітно спадати (на Дніпрі — приблизно до 3 м).

„2. Працювати лише на перекатах з приблизним збігом межної та весняної осей потоку.

„3. Рішуче уникати робіт на перекатах, які зазнають впливу бокових рукавів.

втрата роботи або необхідність повторити її не повинна зупиняти землечерпальника, бо обсяг робіт при вторинній розчистці буде незначний проти початкового в наслідок пухкості ґрунту, який вдруге відклався у прорізі. Отже, розчищаючи зазделегідь перекат під час високої води, ми в кращому разі можемо мати на один перекат менше при настанні мілководдя, в гіршому — повторну розчистку пухкішого ґрунту, який, отже, видаляється швидше\* (з виступу зав. днопоглибними роботами на Середньому Дніпрі інж. Н. Я. Арондара — „Труды совещания Киевского округа путей сообщения в декабре 1928 г.“).

„4. Звалювати ґрунт, на відміну від меженних робіт, треба по змозі далі від прорізу, щоб уникнути підрізування та розповзання піску по перекату під дією бистрин весняного потоку...“

Аналізуючи причини занесення прорізів, виконаних при високих горизонтах, можна зробити висновок, що основною причиною є невідповідність напрямів весняного і меженного потоків. У випадку, коли напрям прорізу, виконаного при високій воді, збігається з напрямом весняного потоку, проріз грає роль водостоку із збільшеними проти інших діляниць перекату швидкостями та глибинами, а отже і живими силами потоку. Жива ж сила потоку, прикладена до дна, являє собою силу тягнення для часток, тягнених по дну, і сила змулювання — для часток, змулених у потоці. Збільшення сили тягнення, збереження збою на всьому протязі прорізу до нижньої плесової лощини полегшує перенесення змулених і тягнених часток через перекаат по прорізу і тим забезпечує збереження і розмивання його. При переході до меженного періоду такий проріз, уже досить розроблений потоком, вступає у фазу саморозмивання перекаату. Оскільки розмивання перекаату обумовлюється підвищеною силою тягнення, залежною від швидкостей та глибин, проріз, маючи максимальні на перекааті швидкості та глибини, розмиватиметься і під час межені інтенсивніше, ніж інші райони перекаату. Основна перевага прорізу, виконаного під час високої води на проектну глибину, полягає в тому, що проріз безпосередньо включається в роботу весняного потоку; це забезпечує йому ефективність впливу потоку.

Усе сказане про прорізи з напрямом, близьким до напрямку весняних вод, стосується також і перекаатів, які мають стабільні і сильно розвинені низові побічні, хоч би осі весняного і меженного потоків на них не збігались. На таких перекаатах основна маса весняного потоку, яка направляєється верхньою ведучою кручею, становить безпосереднє продовження верхньої плесової лощини, з меженний потік, відтискуваний оголеним низовим побічним, робить крутий поворот від верхньої плесової лощини до нижньої. Найбільш раціональним типом прорізу на них є, як це показали натурні дослідження Дніпровського і лабораторні досліди Московського відділів ЦНІВТ-у в 1932 та 1933 рр. на прикладі перекаату „Глібівський 3“, який цілком відповідає відзначеним тут ознакам, — капітальний, полого орі-

ентований проріз, який відокремлює низовий побочень. Звичайний проріз на таких перекатах трасується по межньому кориту або під ухвістям верхньої коси і майже щороку заноситься. Виконання капітальних прорізів, подібних до запропонованого на перекаті „Глібівський 3“<sup>1)</sup>, не тільки подовжило б днопоглибну навігацію, але й було б засобом якнайповнішого використання живої сили потоку.

Роботи під час високої води, які провадилися у Дніпровському басейні, в порядку завчасної розробки перекатів, дали такі результати:

1. Капітальний проріз весняного трасування на Мішуринському перекаті (1928 р.) вивів цей перекат з ладу.

2. На перекаті „Здвіч“ (р. Прип'ять) проріз, виконаний весною 1930 р. був запроєктований на 0,4 м менше проектної глибини в розрахунку на розмивання. Коли горизонти спали, розмив не досяг проектної глибини на 0,3 м, що викликало повторне встановлення днопоглибної машини для підчищення перекату.

3. На перекаті „Брагінка“ проріз був намічений ближче до нижньої коси із зломом в бік нижньої кручі. Вийнятий ґрунт був покладений на верхню косу з розрахунком на розмивання нижньої. Після спаду води виявилось, що нижня, відхилена від весняного напрямку, частина прорізів була занесена, а по лінії весняного стоку стався розмив.

У другому та третьому випадках ми маємо невиконання умов проектування весняного прорізу (неповна глибина виїмки ґрунту і невинуватий злом прорізу, виконуваного за відмінних від межених умов), а отже і частковий неуспіх.

---

<sup>1)</sup> Дирекція шляху ДУРТ-у згодилась на виконання експериментального прорізу в 1933 р., але винятковий характер стояння межених горизонтів не дав змоги здійснити цю роботу.



### РОЗДІЛ III

## Основні принципи трасування днопоглибних про- різів в умовах зарегульованого стоку

*В. М. Гусев*

### § 1. Виявлення тривалості періоду підготовчих робіт

Початок днопоглибних робіт повинен припадати на момент входження ріки в її заплавні яри, коли починається загальне розмивання перекатів. Ставити днопоглибні машини на роботи в період наростання dna перекату було б, взагалі кажучи, нерентабельно, але тому що ріки входять в заплавні яри при горизонтах, навіть вищих за ті, при яких захоплюючи ґрунт пристрої наших днопоглибних машин можуть забезпечити проектне дно прорізу, то питання про початок робіт розв'язується саме собою, — роботу треба почати при весняному спаданні води тоді, коли це дозволяють нам конструктивні особливості наших машин.

Лишається висвітлити питання про роботи в період від весняного льодошляву до того часу, поки їх дозволяє опускання рам і сисунів днопоглибних машин.

Цей період наростання живих сил потоку був би дуже цінний для деяких наших робіт, особливо капітального характеру по створенню випрямних ходів і відокремленню набряклих побічних, але період цей настільки малий, що скористатися ним можливо тільки у виключно маловодні весни.

У всякому разі, якщо тільки це буде можливе, цей період слід використати на створення капітальних випрямних про-різів, орієнтуючись у трасуванні на напрям динамічної осі весняного потоку. Проте звичайним початком робіт ми будемо вважати момент спаду весняних вод до горизонтів, близьких до  $+3,0$  м над навігаційним нулем, відповідно до заданої позначки проектного dna транзиту.

Горизонт  $+3,0$  м — невеликий і звичайно мало відрізняється від проектного попускового горизонту. Таким чином ми підходимо до дуже важливої обставини, яка утруднює задачу утримання за допомогою днопоглиблення заданих безперервних нормованих глибин даного плеса в умовах зарегульованого стоку, — до питання про недостатню тривалість періоду підготовчих робіт для деяких переكاتів.

При обчисленні можливого збільшення побутових нормованих глибин ріки за допомогою зарегулювання підвищених стабільних горизонтів можна орієнтовно вважати коефіцієнт корисної дії попуску рівним  $0,6-0,7$ .

Якщо, наприклад, глибини на Середньому Дніпрі при проектно-зрізувальному горизонті  $+30$  см по Києву підтримувались в  $120$  см, то при стабілізації зарегульованих горизонтів  $+1,5$  м можна розраховувати на підтримання глибин  $120 + (150 - 30) \cdot 0,65 = 200$  см без особливої інтенсифікації побутового днопоглиблення.

Проте справа в тому, що ці глибини ( $200$  см) можуть на деяких перекатах з'явитися і раніше, ніж горизонти спадуть до стабільної норми  $+1,5$  м і тоді період підготовчих робіт на перекатах, які міліють у першу чергу, буде дуже малий і обмежений періодом часу від моменту можливого початку робіт до моменту спаду глибин до заданої норми ( $200$  см).

Ця обставина надзвичайно збільшує розрахункове число днопоглибних машин, потрібних для, робіт в перші декади навігації або спричиняє неминучі зриви нормованих глибин на самому початку кампанії, якщо в цей період не буде посилено штучного живлення, щоб забезпечити підвищеними горизонтами різко спадаючі глибини і таким чином дати днопоглибним машинам можливість підробити найбільш загрозливі переكاتи хоч би методом „підчищення гребенів“.

Цей метод, взагалі кажучи, надзвичайно нерентабельний, бо, поперше, він зв'язаний з великою втратою робочого часу днопоглибних машин на перебуксування і інші робочі зупинки, а подруге, нерідко буває зовсім некорисний для плеса, тому що напрям таких легких підчисток не завжди збігається з основним трасуванням капітальних або напівкапітальних прорізів.

Орієнтоване уявлення про досяжні нормовані глибини при зарегулюванні стабільних горизонтів тієї чи іншої висоти можна мати з глибинних відомостей за останні роки, виявивши

глибини на перекатах у день спаду побутових весняних горизонтів до висоти попускових (в нашому прикладі — до  $+1,5$  м).

Тоді, визначивши за планами перекатів розрахункового опорного року кубатуру окремих перекатів і виявивши за даними ряду років середню тривалість підготовчих періодів, складаємо календарний графік роботи та пересування днопоглибних машин і визначаємо число їх <sup>1)</sup>).

Тому що взагалі тривалість підготовчого періоду для окремих перекатів звичайно буває недостатня, загальний характер днопоглибних робіт при зарегулюванні стоку набуває таких рис.

В першу декаду днопоглибної кампанії будуть неминучі роботи за методом „підчищення гребенів“, — звичайно, поряд з капітальнішими розробками перекатів, коли це дозволяє кубатурна потужність днопоглибного флоту.

В міру того, як після закінчення гострого періоду перелому в режимі ріки вона починає освоюватись в умовах стабільних підвищених горизонтів, днопоглибний флот треба переключати на роботи більш планового характеру, згідно з вимогами сучасної гідролого-механічної системи днопоглиблення, яка подає до прорізів свої специфічні вимоги, в багатьох відношеннях відмінні від вимог звичайного меженого трасування за системою Клейбера та його послідовників.

Система Клейбера з її найкоротшими віддалями, найменшою кубатурою і звалюванням ґрунту на верхні коси вже і в сучасному побутовому днопоглибленні зазнавала значних корективів, бо ідейна суть її — „підмітання вулиць“ — аж ніяк не може вести транзит шляхом поступового щорічного поліпшення.

Волзький відділ Центрального науково-дослідного інституту водного транспорту (ВВЦНІВТ) у своїх тезах яскраво характеризує „досягнення“ днопоглиблення за Клейбером:

„Аналіз багаторічної роботи землечерпання на Волзі показує, що кількість перекатів, щорічно розроблюваних машинами, лишається незмінною. Об'єм переміщуваного ґрунту має тенденцію значно зростати, а судноплавні умови Волги в деякі роки різко погіршуються, не зважаючи на сприятливі метеорологічні умови і багатоводність“.

<sup>1)</sup> Такий метод був запроваджений мною при складанні в 1933 р. для Укрдпроводу „Технічної схеми підвищення судноплавних глибин Дніпра за допомогою регулювання стоку верховими водосховищами“. *Ред.*

Якщо звичайне побутове трасування прорізів, розраховане на період збіднення життєвих сил потоку, який шукає собі легших щодо опору його рухові викривлених шляхів, зазнало останнього часу значних змін в розумінні посилення ідеї капітальних розробок, то ясно, що при зарегульованні підвищених горизонтів і забезпеченні достатньої потужності живих сил потоку під час межені, ця ідея повинна знайти собі якнайширше застосування.

Однак, не зважаючи на багаторічний досвід у справі днопоглиблення, не зважаючи на наполегливу роботу наших гідротехніків та лабораторій над вивченням законів руху потоку і переміщення наносів, ми досі не маємо достатньою мірою твердих, перевірених на практиці провідних принципів у справі трасування прорізів.

Деякі віхи науково-дослідницької думки все таки дають нам можливість зробити певні узагальнюючі висновки про найдоцільніший нарис прорізів і розміщення звалищ ґрунту при роботах на великих ріках з рухомим річищем.

Перегляньмо той науково-дослідний багаж, який ми можемо використати як конкретну опорну базу нашого сучасного днопоглиблення в умовах стабілізації підвищених межених горизонтів.

На основі цього науково-дослідного матеріалу і багаторічної практики днопоглиблення можна, на відміну від вимог звичайного меженого трасування, викладених О. М. Толмацьким за пунктами в розд. II, також за пунктами викласти вимоги сучасної гідролого-механічної системи, стосовно до умов зарегульованих підвищених стабільних горизонтів майбутнього реконструйованого Дніпра.

## § 2. Трасування прорізів в умовах зарегульованого стоку

Ми не будемо спинятися на методі „підчищення гребенів“, до якого в окремих випадках доведеться вдаватися, особливо в першу декаду попускового режиму. Цей метод не потребує жодних пояснень, крім хіба того, що підчищення треба координувати з передбаченими надалі капітальнішими розробками, в трасу яких бажано включати і зроблену підчистку. Найкраще робити їх черпаковими машинами, тому що при малих звичайно шарах ґрунту, який знімають підчищенням, робота землесосів

невигідна через великий коефіцієнт перепоглиблення. Крім того, не включаючи трасу підчищення в трасу капітальнішої розробки, ми створюємо на перекаці глибоку яму, яка може несприятливо позначитися на загальному житті перекаці.

Якщо ми при меженному трасуванні готуємо перекаці до найменш болісного сприймання різко знижених горизонтів (нульових), розраховуючи на допомогу збіднілого потоку, що шукає собі викривлених, часто спотворених, шляхів, то при зарегулюванні досить високих горизонтів ми повинні шукати собі „спільника“ у весняному потоці, який має десятикратну проти меженного потужність.

Для цього наші прорізи не повинні різко розходитися з напрямом весняної динамічної осі ріки, тобто прорізи повинні бути пологіші.

#### Загальні положення

а) Досліди Дюбуа на р. Роні, які визначили силу тягнення рікою своїх наносів залежно від глибини та похилу за формулою  $P=1000 Hl$ , потребують, щоб проріз був розроблений на якнайбільшу глибину, з якнайповнішим використанням різниці горизонтів верхової і низової плесових лощин.

Тому глибокотраншейна робота землесоса, не зважаючи на її надмірну кубатуру перепоглиблення, взагалі рентабельніша, ніж черпакова робота до певних заданих позначок проектного dna.

б) Формулюючи у стислій формі положення проф. М. М. Жуковського про роботу потоку як машини, що видаляє наноси, треба відзначити, що напрям прорізу повинен збігатися з природними спрямуваннями ріки до створення єдиного, з найкращою пропускною спроможністю ходу через перекаці. В разі потреби з тих чи інших причин тимчасово піти проти природних спрямувань ріки проріз повинен бути досить потужним, щоб „насилство“, яке чиниться над рікою, було повномірне.

#### Початок прорізу

а) На основі теорії Макса Меллера треба вимагати, щоб початок прорізу лежав у площині, яка розмежовує ділянки різнобережних гвинтів, що сходяться біля поверхні, в районі вертикальних течій, які опускаються до dna, тобто в ділянці динамічної осі стисненого потоку.

Тому що проріз ми трасуємо, розраховуючи на роботу його при підвищених проектних горизонтах, то початок прорізу слід брати в точці перетину динамічної осі з проектною ізобатою, не відхиляючи її в бік ведучої кручі, як було рекомендовано при меженому трасуванні, а навпаки.

При роботі під час високої ще води проріз можна дещо зсунути на ріку, щоб якнайбільше використати розмивні здатності весняного потоку.

В разі необхідності значного відхилення початку прорізу в бік ріки проріз повинен бути досить потужний, щоб притягти до себе динамічну вісь („повномірність насильства“).

До цих вимог ВВЦНІВТ додає побажання, щоб початок прорізу лежав у найактивнішій частині верхової плесової лощини з по змозі більшими і рівномірними швидкостями.

б) Інженери Лелявський та Акулов рекомендують для втягнення в проріз найбільшої маси води, з метою якнайповнішого збереження в прорізі збою і забезпечення в ньому розмивання, роботи вгорі прорізу розширення у вигляді лійки. Втім таке розширення, на думку ВВЦНІВТу, не завжди буває корисне, особливо при довгих прорізах, бо розтруби, сприяючи іноді надто інтенсивному розмиванню головної частини прорізу, спричиняють заміління продуктами розмивання центральних або кінцевих районів прорізу.

Робити лійку (або краще, скошувати наповзаючий на проріз крайок) можна рекомендувати тільки тоді, коли початок прорізу взято в малоактивній частині верхової лощини. Звичайно скошують стрижневий крайок.

Як загальне правило, робити лійки і скоси не має підстав, бо звичайно початок прорізу досить надійно забезпечений збіжним характером течій у верховій плесовій лощині і майже ніколи вгорі не заноситься.

в) Інж. Лелявський рекомендує відхиляти початок прорізу на ріку в тих випадках, коли слабка геологічна структура ведучого яру верхової плесової лощини викликає побоювання надто інтенсивного розмивання, що спричинить перевантаженість наносами ділянки динамічної осі потоку, а отже, і прорізу, направлено по динамічній осі. В таких випадках інж. Лелявський при відхиленні початку прорізу на ріку рекомендує робити проріз по змозі потужнішим, а звалювання ґрунту зосереджувати по приверху низового побіччя.

### Напря́м прорізу

а) Стосовно до третього закону Жірдона, можна рекомендувати: вибираючи напрям прорізу, в разі наявності кількох варіантів трасування, віддавати перевагу тому варіантові, який виводить наш проріз в найкоротшому напрямі від верхового опорного (труднорозмиваного) пункту до низового, що має завдяки наявності найменших опорів в рухові рідини найбільшу пропускну спроможність.

Низовий опорний пункт у даному випадку править нібито за природний магніт, який притягає до себе воду на розроблюваній ділянці ріки.

б) ВВЦНІВТ рекомендує напрям прорізу орієнтувати так, щоб від пункту найактивнішої частини верхової плесової лощини низовий крайок прорізу наближався до низового побіччя і по змозі збігався з напрямом динамічної осі розташованої вище плесової лощини або утворював з неї якнайменший кут.

в) МВЦНІВТ (Московський відділ ЦНІВТ-у) указує на необхідність вибирати такий напрям прорізу, при якому його вісь збігалась би з напрямом донних течій на перекаті і, поступаючися уже меженному трасуванню, рекомендує низовий кінець прорізу дещо відхилити в бік верхового побіччя.

г) Проф. М. М. Жуковський обстоює орієнтування прорізу в напрямі течії весняних вод, як таких, що мають найбільшу здатність до формування русла ріки.

В деяких випадках слід свідомо йти на можливість неодноразових ремонтних підчищань капітального прорізу в перші роки його існування, розраховуючи на повну ліквідацію перекату в майбутньому, що з лишком окупить затрачену на нього кубатуру за період його болісних „переживань“ і ламання усталеного режиму.

д) ВВЦНІВТ, який перший пішов проти авторитету клейборівської системи, твердить, що необхідно уникати прорізів по лінії найменшої кубатури і не допускати крутого орієнтування. Такі прорізи не тільки не мають ніякої цінності як фактор ґрунтового поліпшення транзиту, а здебільшого, навпаки, спричиняють викривлення і загальне погіршення перекату на наступну навігацію.

е) На закінчення треба відзначити висунену проф. М. М. Жуковським вимогу всіма способами сприяти відокремленню

правобережних побічнів, бо потік під дією коріолісових сил має тенденцію до природного прориву їх.

### Кінець і дно прорізу

а) Кінець прорізу є найбільш уразливим районом полого орієнтованого трасування з підрізанням низової коси.

Тут нам свідомо доводиться йти на неминучість ремонтного підчищення протягом навігації, а тому цілком прийнятні поради МВЦНІВТ-у про необхідність підрізати окрайок, звернений до низового побічня, щоб плавкіше пов'язати проріз з низовою плесою лощиною. Цей захід разом з тим віддаляє момент загибелі прорізу в низових районах його в разі насунення на проріз ухвістя підрізаної низової коси.

б) Дно прорізу повинне бути вироблене чисто, без будьяких пропусків, горбів та ям, що згубно впливають на збереження прорізу.

в) Бажано надавати прорізові деякого додатного похилу вниз за течією, якщо такий похил надмірно не збільшує на виході прорізу його живого перерізу. Це збільшення живого перерізу іноді корисно буває компенсувати відповідними водостискними звалищами ґрунту (ВВЦНІВТ).

г) Крім того ВВЦНІВТ рекомендує в разі відхилення осі прорізу від динамічної осі потоку в бік верхового або низового побічня дещо заглиблювати траншею розміщену біля цього побічня, а при орієнтуванні прорізу по динамічній осі робити центральну траншею по змозі глибшою ніж інші.

д) Низовій частині прорізу слід надавати деякого додатного похилу, але разом з тим треба стежити, щоб окрайки прорізу на виході були максимально пологими.

### Звалювання ґрунту

а) Звалювати ґрунт при полого орієнтованому прорізі краще на низову косу, по змозі далі від прорізу, і змикати звалище з низовими пісками.

Допустивши звалювання ґрунту на верхові піски, його слід скидати коло низових районів прорізу, нарощуючи підводну частину ухвістя верхової коси і не боячись частково завалити ґрунтом верхову частину низової плесої лощини (ВВЦНІВТ).

б) При круто орієнтованих прорізах, чого слід рідше уникати, звалювати ґрунт треба, як правило, на верхові піски не-



далеко від крайка прорізу, не допускаючи розривів ґрунтового валу і його значної висоти, бо в даному разі проріз і вал звалюваного ґрунту повинні під час високої води відіграти роль природної морфологічної пари — гребеня і підвалля піщаної заструги.

Така морфологічна пара в природних умовах ріки дає досить стійке сполучення, яке успішно витримує вплив високих весняних вод, не зважаючи на різко навскоси направлену течію (проф. М. М. Жуковський).

в) МВЦНІВТ рекомендує при різкому перерізання прорізом донних течій верхового побіччя захищати проріз по верховому крайку його невисоким відсипним валом, який повинен бути виведений вище прорізу і врізатися в ділянку верхової плесової лощини.

### § 3. Загальні пропозиції по трасуванню

Аналізуючи вимоги, які ставить науково-дослідна проробка питання про трасування прорізів, ми бачимо, що весь комплекс цих вимог у специфічних умовах підвищених стабільних горизонтів зводиться до такого:

1. До переважного користування прорізами напівкапітального характеру з частковим підрізуванням низових побіччів і з звалюванням ґрунту на низові коси, при чому роботу рекомендується провадити траншейними землесосними машинами на досить довгий трубопровід.

2. До застосування у виняткових випадках меженного трасування з розчищенням існуючих корит перекатів і частковим підрізуванням верхових побіччів. Звалювання ґрунту в таких випадках провадять на верхову косу ближче до крайка прорізу.

3. До застосування, головню в перші декади попускового режиму при суворій вимозі безперерійних нормованих глибин, методу підчищення гребенів і збивання шалиг. Цю роботу рекомендується робити черпаковими машинами, звалюючи ґрунт по змозі на низові коси.

4. До капітальних розробок по відокремленню низових і головню правих побіччів у випадку достатньої розробленості їх побічневих проток. Звалювати ґрунт треба переважно за береговий крайок прорізу, а в разі, коли бровка яру надто висока, — на стрижневий схил відокремлюваного побіччя.

Кожний з цих основних методів робіт треба уточнити деякими зауваженнями.

а) Напівкапітальні прорізи сполучають широким каналом дві різнобережні плесові лощини;— мета цього утримати або знов розробити корито перекаату в його крайньому низовому на сідловині перекаату положенні, перероджуючи таким чином перекаат у спокійний перевал („добрий“ перекаат за Жірадоном).

Низове положення корита перекаату при його блуканнях протягом років по сідловині завдяки своєму випрямному орієнтуванні сприяє промиванню перекаату при підвищених горизонтах межені.

Ширину прорізу для Дніпра можна прийняти у 80 м<sup>1)</sup> з розрахунку розходження возів: два спаровані судна (18 м + 18 м) зверху і одно судно (18 м) — знизу; віддаль між караванами — 18 м і 8 м між бортами барж і окрайками прорізу.

Робота провадиться траншейними землесосами при ширині траншей у 10 м (вісім проходів.).

Проектне дно повинне лежати на рівні гребенів, тобто недообок до проектного дна слід уникати.

Початок прорізу треба брати як загальне правило в перетині динамічної осі потоку з проектною ізобатою, користуючись рельєфом русла меженних знімачь. При користуванні весняними зніманнями слід додержувати такого самого правила, не роблячи відхилень початку прорізу в бік ведучого яру верхової лощини, як це іноді практикують при побутовому днопоглибленні.

Робити розтруби і скоси у верховій частині прорізу не рекомендується, тому що напівкапітальні прорізи мають звичайно більшу довжину, при якій посилення збою у верховій частині прорізу небезпечно для кінцевих і серединних районів.

Щодо напрямку прорізу слід додержувати напрямку динамічної осі потоку при горизонтах проекту, з деяким відхиленням в бік низового побіччя, тобто частково прорізаючи низову косу. На виході прорізу в низову плесову лощину корисно злегка підрізати, скосивши окрайок прорізу, плече перерізаного побіччя, щоб забезпечити тим плавкіше пов'язання прорізу з низовою лощиною і віддалити момент насування цього плеча на вихід з прорізу.

<sup>1)</sup> На Волзі при проектній глибині 3,5 м ширина прорізів запроектована в 126 м.

Треба бути наперед готовим до можливості потреби в періодичному підчищенні низових районів прорізу, роблячи це своєчасно, щоб не вийшло закупорки прорізу знизу, бо це може спричинити повне занесення його.

В разі потреби можна допускати однобічні зломи прорізу, але як правило він повинен бути прямолінійний.

Дно прорізу має бути чисто вироблене. Додатних похилів дну надавати не треба, але на початку робіт на гребені перекату, тобто в кінці прорізу, приблизно на протязі перших 50 м, проектне дно слід знижувати сантиметрів на 30.

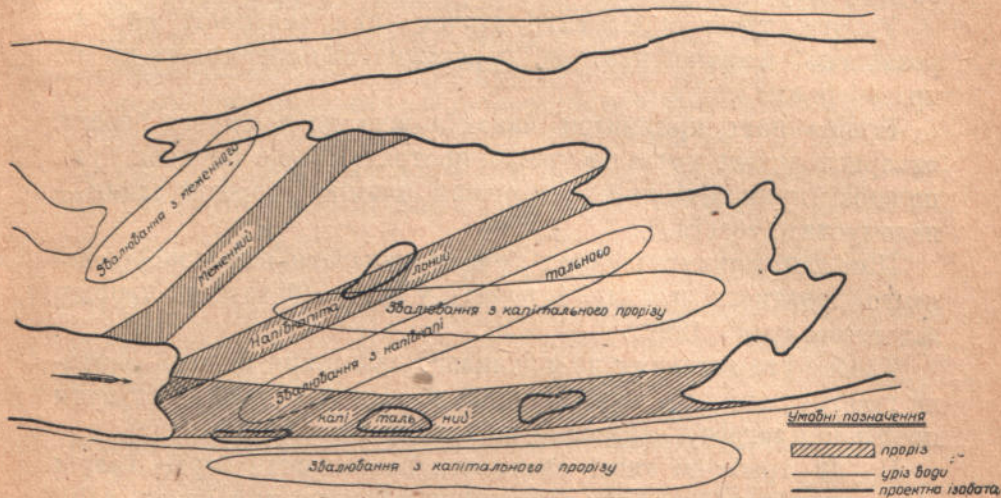


Рис. 3.

Звалювати ґрунт рефулером слід на низову косу, при чому довжина рефулера повинна бути не менша як 350—400 м, щоб мати змогу віддалити звалюваний ґрунт від окрайка прорізу принаймні на 180—200 м.

Напівкапітальні прорізи повинні бути основним типом трасувань, а метод підрізування гребенів, тобто як і трасування з підрізуванням верхових пісків, можна допускати лише як небажаний виняток.

Додана схема перекату (рис. 3) з трасуванням прорізів — меженням, напівкапітальним і капітальним — дає загальне уявлення про характер цих трасувань і про розміщення звалищ ґрунту для кожного з розглянутих типів прорізів.

б) Капітальний проріз сполучає широким перепоглибленим каналом дві одnobережні плесові лощини і має кінцевою метою, обійшовши наявне корито перекату або перекатів, створити для ріки єдиний випрямний хід у вигляді суцільної плесової стрічки.

Ширина капітального прорізу для Дніпра може бути обмежена в 100 м при глибокотраншейній роботі землесосів із значним перепоглибленням.

Можна рекомендувати робити проріз вісьмома траншеями по 12 м кожна, заглиблюючи гребені проти проектного дна на 30 см у порядку багермейстерського запасу на занесення.

Роботи треба провадити тільки при наявності виразно розвиненої побічної протоки, переважно відокремлюючи низові правобережні піски.

Проріз слід примикати якнайближче до корінного берега, використовуючи канал побічної протоки. Проріз повинен бути по змозі прямолінійний, без різких зломів; зворотні зломи — недопустимі зовсім.

При капітальних роботах бажано надавати дну прорізу деякого додатного похилу і робити у верховій частині прорізу захоплювальну лірку.

Треба бути готовими до можливого занесення низової частини прорізу, яке слід якнайшвидше ліквідувати, щоб не ставити проріз під загрозу занесення на всьому протязі його.

Ґрунт треба по змозі звалювати на основний берег, маючи кінцевою метою створити високий незатоплюваний берег, який згодом слід зміцнити береговим укріпленням (проф. М. М. Жуковський).

В разі неможливості такого методу робіт через сповзання ґрунту назад у ріку, не зважаючи на застосування щитових загорож, ґрунт треба віддавати довгим рефулером на стрижневий схил відокремлюваного побіччя.

Найкращим часом для виконання капітальних робіт є період від кінця весняного льодоплаву до моменту вимушеної перерви в роботах (коли при високій воді сисун не дістає дна) і перші декади межені. Проте, оскільки перший період надзвичайно малий, а другий — перевантажений боротьбою з груповими зміліннями перекатів, то найбільш певним і доцільним періодом для виконання капітальних прорізів є друга половина межені, тобто осіння пора. При цьому доводиться розраховувати на те,

що проріз, перемігши зимові часткові занесення, буде підтриманий і розроблений весняним паводком наступної навігації.

в) Меженний проріз є підчищенням наявного корита перекату, іноді з підризуванням верхової коси, і, як було вже згадано, не має ніякої цінності щодо капітального поліпшення транзиту.

Цей метод робіт доводиться застосовувати при неможливості, не видаливши надто великої кубатури, розробити корито перекату в його низовому положенні; в протилежному разі доводиться тимчасово підтримувати його верхове положення.

Ширину прорізу зберігаємо у 80 м, при роботі траншейним землесосом у вісім траншей без запасу над гребенями. Траншею, яка прилягає до верхового побіччя, корисно робити дещо глибшою проти інших; тоді вона правитиме за резервуар для наносів, які відкладаються по береговому окрайку, а це сприятиме при розмиванні стрижневого окрайка природному розширенню прорізу.

Початок прорізу беремо на перетині динамічної осі з проектною ізобатою: вгорі — біля берегового окрайка, внизу — біля стрижневого для плавкішого пов'язання нашого каналу з обома плесовими лощинами.

На початку робіт корисно заглиблювати виробку, знімаючи гребінь перекату з запасом в 30 см на протязі перших 50 м, як і в напівкапітальних розробках.

Грунт звалюють на верховий побочень недалеко (60—80 м) від берегового окрайка прорізу, не боячись часткового заміління верхової частини низової плесової лощини. Не зважаючи на вимоги МВЦНІВТ-у виводити вал звалюваного ґрунту в верхові райони прорізу, ми радити це не наважуємось і рекомендуємо зосереджувати звалювання в низових районах розробки, щоб ґрунт не сповзав у проріз.

Найбільш сприятливий час для таких розробок — друга половина межені, коли режим перекатів уже до певної міри стабілізується.

Прорізи меженного трасування, найкраще вивчені на практиці, держаться в меженний період дуже добре і майже не потребують при землесосній роботі повторних підчищань. Однак негативні властивості їх досить нами висвітлені, щоб застерегти від частого користування таким трасуванням, яке

веде транзит шляхом систематичного погіршення або в кращому разі не дає йому жодної користі щодо його капітального поліпшення.

г) Зрізування гребенів провадять так. Знімають (краще — черпаковою машиною) тільки тонкий шар (на неповну проектну глибину) ґрунту, щоб тимчасово підняти „вивіску“ перекаату і утримати глибини, поки на перекааті не буде поставлена машина для капітальнішої розробки його.

Хоч такі прорізи звичайно заносяться дуже швидко, проте цей метод доводиться застосовувати, працюючи в перші декади межені, щоб віддалити момент спаду глибин нижче заданої норми, або наприкінці межені — для вирівнювання глибин плеса і для ремонтних робіт невеликого обсягу.

Ґрунт звалюють рефулером, краще — на низові піски, далі від прорізу, з таким розрахунком, щоб звалений ґрунт не опинився згодом на шляху наміченої капітальної або напівкапітальної розробки перекаату.

#### § 4. Висновки

З усього викладеного видно, що днопоглибні роботи в умовах штучного живлення Дніпра потребуватимуть максимальної гнучкості від їх керівника, як такі, що не можуть ще бути регламентовані будь-якими певними методами трасування прорізів.

Хоча перед початком робіт і треба скласти попередній виробничий план їх на основі планового і звітнього матеріалів минулих років, — навіть календарний план роботи і пересування окремих днопоглибних машин, — проте такі плани завжди зазнають чималих змін, бо русло ріки надто мінливе і не дозволяє розраховувати на фіксацію його торішнього рельєфу.

Однак попередній план робіт і навіть трасування прорізів за зніманнями минулих років — потрібні для орієнтовного обчислення кубатури виїмки по окремих перекаатах і головно по всьому плесу в цілому, щоб визначити число днопоглибних машин, потрібних для підтримання заданих глибин.

Особливо потрібні трасування і підрахунок робіт для намічених капітальних прорізів, бо перекаати, назрілі для таких розчисток, рідко за один рік змінюють свою основну скульптуру.

У перші роки боротьби за підвищені нормовані глибини за гідролого-механічною системою днопоглиблення треба передба-

чати велику кількість повторних та ремонтних робіт, тому що капітальні і напівкапітальні прорізи мають на меті ґрунтовне переформування русла і не можуть бути прийняті безболісно рікою у перший же рік їх існування, навіть при стабілізації меженних горизонтів.

Потужні прорізи і ремонт їх потребуватимуть великих кубатурних вкладань. Правда, ці вкладання повинні протягом найближчих років виправдати себе, переродивши перекати з утрудненими умовами руху в спокійні, а деякі перекати знищивши зовсім. Проте не слід забувати, що навіть при зарегульованому стоці весняні паводки будуть майже так само шкідливі, як і за умов природного режиму, а крім того — і це головне — залишиться зимовий режим з його несприятливими для нашого пологого трасування зниженими горизонтами, льодовим покривом і донним льодом, який гальмує швидкості потоку часто в найпотрібніших нам районах ріки і іноді спричиняє занесення наших капітальних розробок.

Треба передбачати, що перед нами стоїть багаторічна наполеглива боротьба за упорядкування транзиту, при якій, проте, не буде тієї марної затрати кубатури, яка була при клейберівській системі.

Зупинімося тепер на орієнтовному виявленні кубатури повторних та ремонтних робіт у рік виконання їх.

Насамперед треба мати на увазі, що майже вся кубатура прорізів, зроблених за методом підчищення гребенів, повністю ляже накладною витратою на наші роботи, в наслідок почасти взагалі малопотужності таких підчисток і швидкого занесення їх, а почасти — вимушеного іноді трасування їх поза наміченими капітальнішими прорізами.

Вважаємо, однак, що число таких підчисток буде невелике і кубатура їх не перевищить 5% від загальної виїмки ґрунту на даному плесі протягом усієї навігації.

Перечисляючи цю черпакову кубатуру в землесосну (з перепоглибленням), вважаємо, що наша втрата становитиме близько 10% усієї виробки.

Прорізи меженного трасування в поточну навігацію будуть досить стійкі і потребуватимуть на повторні роботи не більш як 10% від витраченої на них кубатури.

Прорізи напівкапітальні в перший рік їх існування будуть взагалі малостійкі, особливо в своїх низових ділянках і потре-

буватимуть неодноразових, можливо, підчисток, приблизно в розмірі 50% від їх початкової кубатури.

Прорізи капітального характеру зазнаватимуть несприятливих впливів головно в своїх кінцевих і початкових районах, і кубатура підчисток може дійти 30% початкової кубатури, втраченої на капітальну розробку перекатів.

Загальний процент повторних та ремонтних робіт для Дніпра при землесосній роботі, треба вважати, становитиме щось коло 40, що не буде, проте, надмірно обтяжливим, бо навіть при меженному трасуванні прорізів на Волзі він (правда, при черпаковій роботі) доходить 50.

Необхідність затрати такої значної кубатури на повторні роботи при трасуванні пологих прорізів капітального та напівкапітального характеру, потрібних при підвищених стабільних горизонтах, не повинна зупиняти нас перед цим єдино правильним шляхом упорядкування транзиту.

Крім того, треба думати, що тривалий вплив потоку на перекати та прорізи при підвищених горизонтах буде спрямований на підтримання наших пологих прорізів, а деяке зниження весняних паводкових піків і майже повна відсутність шкідливих меженних паводків сприятимуть створенню стоку єдиного напрямку, що буде найкращою запорукою успішності всіх гідротехнічних заходів до поліпшення транзиту.

---



## РОЗДІЛ IV

# Стійкість днопоглибних прорізів на Дніпрі та Десні

*О. М. Толмацький*

### § 1. Найвігаційна стійкість днопоглибних прорізів

#### А. Вплив трасування

Стійким протягом даної навігації ми вважаємо проріз тоді, коли його початкові розміри до кінця навігації зберігаються чи навіть збільшуються в наслідок розмивання прорізу течією. В разі ж різкої, неприйнятної для судноплавства деформації прорізу в плані або зменшення його розмірів ми кажемо про часткове або повне занесення його.

Гарантією стійкості прорізу є насамперед правильне трасування його, тобто правильне врахування всіх основних даних, що впливають з побутових умов перекату на даній стадії його розвитку (переміщення кіс, наростання або розмив їх і зв'язане з цим переміщення корита перекату та динамічної осі потоку тощо). Однак і правильне трасування забезпечує стійкість прорізів лише остільки, оскільки враховані нами процеси не змінюють характеру свого розвитку. Наприклад, паводок може завдати прорізові чималої шкоди і навіть спричинити занесення його. Нарешті, є і такі явища, що їх хоч і легко врахувати, але боротися з якими часто дуже важко,—наприклад, здування вітром у проріз і сусідні з ними райони пісків з розташованих поблизу кіс і особливо з сипучих піщаних берегів.

Не затримуючись на причинах стихійного порядку, які призводять до занесення прорізів, зупинімося на впливі щодо цього неправильного трасування. Випадки неправильного трасування є насамперед результатом обмеженості наших знаннів про закони, які керують рухом річкового потоку і його взаємодією з руслом. Крім того вирішальний вплив на якість трасування має і загальна постановка днопоглиблення— його організація і міра насиченості тієї чи іншої річкової ділянки

днопоглибними машинами. Недостача цих машин часто вносить в роботу (особливо при масовому змінні перекатів) зайвий поспіх, в результаті якого недоробка прорізів як в довжину, так і в ширину стає звичайним явищем.

Дуже серйозне значення для стійкості прорізів має розташування звалища ґрунту, — невдале звалювання може не тільки спричинити занесення прорізу, але й створити в руслі осередок, який розгалузить потік на рукави.

Аналіз прорізів, виконаних на перекатах Дніпра за час з 1929 до 1933 р., дає цілий ряд випадків, що ілюструють занесення прорізів у наслідок недоробки їх або неправильно заданого напрямку.

Наведемо деякі з цих випадків.

1. На перекаті „Радуль II“ в 1931 р. первинний проріз був виконаний 25—26. VI (об'єм виїнятого ґрунту становив 8330 м<sup>3</sup>). Він не сполучає проєктивних глибин, а проритий тільки на протязі найбільш мілкої частини перекаату. Коли ходовий рукав почав слабшати і проріз, який був зовсім недостатнім щодо довжини й інших розмірів, не був розмитий, як того чекали, — здійснили другий проріз (13—24.VIII; об'єм 15867 м<sup>3</sup>). На цей час посилювався вплив нижньої коси, сталося певне відхилення динамічної осі потоку вліво і другий проріз був заданий уже відповідно до цього нового напрямку. Однак його таксамо не було доведено до верхнього плеса, і тому вже 5—6. IX стало потрібним знов установити днопоглибну машину, щоб здійснити третій проріз, який являв собою запізніле продовження першого. На 5—6. X всі виконані прорізи виявились значною мірою занесеними: перший і третій — на всю довжину, другий — на 60—70%. Судноплавство через перекаат не припинялось лише завдяки тому, що почала прибувати вода.

Отже причина невдач у боротьбі за судновий хід на перекаті „Радуль II“ полягає передусім в недоробці прорізів.

2. Перекаат „Брагінка I“ (1931 р.) розташований безпосередньо вище відгалуження Мньовського річища від основного русла. В 1930 р. на перекаті було виконано проріз в 700 м довжиною, а виїнятий з нього ґрунт укладено дамбою для загородження Мньовського річища. Проріз, хоч і зазнав деякої деформації в плані, прослужив протягом усієї навігації 1930 р.

Тим часом проріз 1931 р. був заданий так, що перерізав торішню дамбу, яка, розчленившись і будши розмита, пропу-

стила значну частину витрати у Мньовське річище, а продукти розмивання зваленого ґрунту почали відкладатися в ходовому рукаві нижче за течією. Перекат був настільки пошкоджений, що став „нормуючим“ для всієї дільниці Лоев — гирло Прип'яті. П'ять наступних робіт (об'єм вийнятого при них ґрунту дорівнював  $85700 \text{ м}^3$ ) не змогли вже створити нормального суднового ходу.

3. Перекат „Святославів Брід“ на Середньому Дніпрі (1932 р.) міститься нижче лівобережної струминонапрямної дамби при переході фарватеру від правого берега до лівого. Нижче переката, від лівого ж берега, відходить протока, перекрита дамбою, яка на той час не була ще закінчена. Вище і нижче протоки тягнеться укріплений берег. Взагалі увесь цей район ріки вкритий цілою системою гідроспоруд — зруйнованих, напівзруйнованих і діючих. Перекат „Святославів Брід“ давно відомий як один з найважчих на дільниці Київ — Табурище. В 1932 р. його природна утрудненість укладнилася ще неправильним трасуванням прорізу ( $10\text{—}18 \text{ VII}$ ; об'єм вийнятого ґрунту —  $34835 \text{ м}^3$ ), заданого при зрізуванні в  $150 \text{ см}^1$ ) у весняному напрямі. Цей напрям при наявності активної правобережної коси, яку тут не можна відокремити, є для меженного періоду мертвим. Від згаданого прорізу протягом найкоротшого часу не лишилось і сліду, — затрата роботи виявилась цілком марною. Для підтримання суднового ходу потрібно було ще двічі встановлювати днопоглибні машини при загальній кубатурі вийнятого ґрунту в  $79703 \text{ м}^3$ . Нераціональність першого прорізу була очевидна, але при трасуванні його виникло зовсім необґрунтоване побоювання, що потік, якщо його спрямувати прорізом до лівого берега, може розмити незакінчену загату і взагалі прорватися в ліву протоку. Проте, очевидно, що коли ця загата заціліла навіть в період найбільшої потужності потоку, при максимумі, рівному  $+730 \text{ см}$  над нулем спостережень Київського водпоста, то при горизонті  $170 \text{ см}$  над нулем того ж водпоста побоювання прориву було цілком безпідставне.

Описані приклади показують, що неправильне трасування або недоробка можуть спричинити дуже значні повторні дно-

---

<sup>1)</sup> Нормально-зрізувальний горизонт по Київському водпосту становить  $+21 \text{ см}$  над нулем спостережень.

поглибні роботи, особливо коли невдалий проріз „псує“ перека́т, тобто вносить в його режим такі порушення, які потім важко ліквідувати (перека́т „Брагінка I“).

Нижче (див. табл. 1) ми наводимо повний список перека́тів Верхнього та Середнього Дніпра і Десни (Чернігів — гирло), на яких були випадки недоробок або неправильного трасування прорізів протягом 1929—1933 рр., що привело до зайвих повторних днопоглибних робіт<sup>1)</sup>. До цього списку внесено і повторні роботи на перека́тах „Селище“ II і III, проведені в результаті катастрофічного занесення правого рукава Дніпра біля с. Селища після зливи 10.VIII 1931 р., бо причини повторності днопоглибних робіт на цих перека́тах мають винятковий характер.

Дані цієї таблиці наведено в кубічних метрах.

#### Б. Визначення побутової навігаційної повторності

Зрозуміло, що кубатуру ґрунту, повторно вийнятого з прорізів на перелічених у табл. 1 перека́тах, треба виключити із загального обсягу повторних робіт, бо з'ясовані нами вище причини такої повторності можуть бути усунені. Тим часом в наше завдання входить виявлення того розміру повторності, який за даних природно-побутових умов тієї чи іншої ділянки річки є неминучим.

Ввівши відповідні поправки в дані про повторні днопоглибні роботи на Дніпрі та Десні (див. табл. 2) і зіставивши ці вже виправлені дані з обсягом первинних днопоглибних робіт, матимемо розмір побутової повторності, вираженої в процентах від обсягу первинних робіт (див. табл. 3).

Розглядаючи дані табл. 3, можна зробити такі висновки:

1. Розмір побутової повторності днопоглибних робіт (виражений у процентах до обсягу основних робіт) на Десні і на ділянках Дніпра вище Табурища загалом незначний, коливаючись від 0 до 21%, а в середньому становлячи 4—10%<sup>2)</sup>.

2. Розмір повторності на ділянці Табурище — Дніпропетровськ через виходи в русло скель особливо різко збільшу-

<sup>1)</sup> Дані взято з повідомлення заст. нач. Відділу шляху та зв'язку ДУРП-у інж. А. В. Русакова.

<sup>2)</sup> Підвищення процента повторності на ділянці Київ — Табурище пояснюється головню трудністю підтримувати підходи до пристані Переяслав.

Таблиця 1

Дільниця і перекат	Рік	1929	1930	1931	1932
А. Дніпро					
Лосів — гирло Прип'яті					
Радуль II . . . . .		—	—	19600	—
Бабки II . . . . .		—	—	—	10800
Брагінка I . . . . .		—	—	85700	—
Разом . . .		—	—	105300	10800
Гирло Прип'яті — Київ					
Ясногородка I . . . . .		—	—	—	30500
„ II . . . . .		—	—	9100	—
Разом . . .		—	—	9100	30500
Київ — Табурище					
Святославів Брід . . . . .		—	—	14900	79600
Стайки II . . . . .		—	25300	—	—
Селище II . . . . .		—	—	18500	—
„ III . . . . .		—	—	41200	—
Сагуни I . . . . .		—	—	—	12600
Старо-Липівськ IV . . . . .		—	—	—	15500
„ „ V . . . . .		14800	18700	—	—
Разом . . .		14800	44000	74600	107700
Табурище-Дніпропетровськ					
Табурище I . . . . .		—	—	22200	—
Лобачово . . . . .		—	—	—	20600
Шульгівка III . . . . .		—	11800	—	—
Верхньодніпровськ . . . . .		—	—	—	69000
Разом . . .		—	11800	22200	89600
Б. Десна					
Чернігів — гирло					
Пухівка I . . . . .		—	4500	—	—
„ II . . . . .		—	5600	—	—
Разом . . .		—	10100	—	—

Первинне і повторне днопоглиблення  
(1929—1933 рр.)

		Дніпро				Десна
		Лозь—гир- ло Прип'яті	Гирло При- п'яті—Київ	Київ—Та- бурище	Табурище— Дніпропет- ровськ	Чернігів— гирло
1929 р.						
Кількість розчищених перекатів	а) первинно . . . . .	—	33	53	21	5
	б) повторно . . . . .	—	3	4	8	0
Об'єм виїмки	а) первинної (тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	—	544	657	406	36
	б) повторної (тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	—	25	48	196	0
	в) повторної в % до первинної	—	4,6	7,3	48	0
1930 р.						
Кількість розчищених перекатів	а) первинно . . . . .	18	17	55	36	18
	б) повторно . . . . .	0	0	6	7	2
Об'єм виїмки	а) первинної (в тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	257	218	933	629	213
	б) повторної (в тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	0	0	101	202	37
	в) повторної в % до первинної	0	0	11	32	17
1931 р.						
Кількість розчищених перекатів	а) первинно . . . . .	23	16	47	29	19
	б) повторно . . . . .	2	2	8	9	0
Об'єм виїмки	а) первинної (тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	206	167	679	712	303
	б) повторної (тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	105	22	156	344	0
	в) повторної в % до первинної	51	32	23	48	0
1932 р.						
Кількість розчищених перекатів	а) первинно . . . . .	22	18	55	24	21
	б) повторно . . . . .	4	2	11	16	4
Об'єм виїмки	а) первинної (тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	327	213	1147	736	358
	б) повторної (тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	43	75	306	699	32
	в) повторної в % до первинної	13	35	27	95	8
1933 р.						
Кількість розчищених перекатів	а) первинно . . . . .	8	4	19	10	7
	б) повторно . . . . .	1	0	2	1	0
Об'єм виїмки	а) повторної (тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	88	109	656	487	170
	б) повторної (тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	10	0	81	187	0
	в) повторної в % до первинної	11	0	13	38	0
За 5 років						
Об'єм виїмки	а) первинної (тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	878	1251	4072	2970	1080
	б) повторної (тис. м <sup>3</sup> ) . . . . .	158	122	692	1628	69
	в) повторної в % до первинної	18	10	14	55	6

Таблиця 3

Рік і ділянка	Роки	1929	1930	1931	1932	1933	Середнє
<b>А. Дніпро</b>							
Лов — гирло Прип'яті . . . . .		—	0	0	10	11	5
Гирло Прип'яті — Київ . . . . .		4	0	9	21	0	7
Київ — Табурище . . . . .		5	6	12	17	12	10
Табурище — Дніпропетровськ . . . . .		48	30	45	77	38	48
<b>Б. Десна</b>							
Чернігів — гирло Десни . . . . .		—	10	0	7	0	4

ється порівнюючи з повторністю на розташованій вище ділянці Дніпра.

3. Максимальна побутова повторність спостерігалась на всіх ділянках Дніпра в навігацію 1932 р., мінімальна — в 1930 р. Навігацію 1931 р. щодо розмірів повторності можна вважати помірною. 1929 рік урахувати повністю неможливо, бо тоді днопоглибні роботи на Десні та Верхньому Дніпри не були ще систематичними. Непоказовим є і 1933 рік з його винятково високими літніми горизонтами.

#### В. Навігаційна стійкість днопоглибних прорізів

Дані про навігаційну повторність, хоч як точно й ретельно вони були б опрацьовані, не можуть ще бути достатніми для висновку про ступінь стійкості прорізів на плесі.

Справді:

1. Проріз може бути занесений частково або цілком, а судовий хід розроблений потоком осторонь від нього без допомоги повторного днопоглиблення („Плюти“ в 1930 р., „Таромський І“ в 1930 р., „Тритузненський П“ в 1933 р. та ін.).

2. Проріз може бути занесений при наявності підвищення горизонтів і збереження завдяки цьому достатніх для судноплавства глибин; повторне днопоглиблення і в цьому випадку буде зайвим („Тарасівський ІV“ на Середньому Дніпри в 1931 р., „Воронівський VI“ в 1931 р., Коропівський П“ в 1932 р. та ін.).

3. Нарешті, проріз може бути занесений, а фарватер переведений в іншому напрямі (по іншому рукаву чи протоці) навіть

за допомогою днопоглиблення, але таку роботу не можна вважати повторною (Окунинівський“ в 1929 р., „Сагуни II“ та ін.).

4. З другого боку, до повторного днопоглиблення може спричинитися не загибель прорізу (повна або часткова), а обережність — запобіжний ремонт, до якого часто вдаються в тих випадках, коли дільниця ріки особливо відповідальна і коли до осіннього підвищення рівнів, яке несе з собою підвищення глибин, ще далеко. Наявність таких випадків повторного виїмання ґрунту підтверджується з розгляду відомостей днопоглибних робіт, які свідчать, що днопоглибні машини часто ставлять на переكاتи при ще достатніх на них глибинах

Робота прорізів протягом навігації найкраще висвітлюється планами контрольних зніманих, на основі яких і складено наведену нижче табл. 4 з даними про наслідки днопоглибних робіт на середньому Дніпрі за 1929—1933 р. На жаль, такі знімання провадилися не по всіх перекатах, на яких здійснювалися прорізи, а лише по частині з них (менше ніж на половині), при чому багато з контрольних планів взято через надто короткий час після роботи днопоглибної машини. Для табл. 4 використані лише ті плани, які були взяті не раніш як через місяць після здійснення прорізу.

Як видно з табл. 4, на дільниці Київ — Табурище зберігають стійкість 38% (в середньому за п'ять навігацій) з розглянутих прорізів, заносяться частково — 35%, а цілком — 27%. Інакше кажучи, абсолютна більшість прорізів гине частково або й цілком протягом приблизно місячного строку між закінченням роботи днопоглибної машини і зніманням контрольного плану.

На дільниці Табурище — Дніпропетровськ цілком заносяться абсолютна більшість прорізів — 66% від усієї розглянутої кількості, зберігають стійкість тільки 13% і частково пошкоджуються 21%.

З даних цієї ж таблиці видно також, що найбільш несприятливою для стійкості прорізів була паводкова навігація 1933 р., далі йде навігація 1932 р.; 1929 і 1930 роки дають найвищий процент стійкості прорізів, а 1931 рік щодо умов збереження прорізів на плесі Київ — Дніпропетровськ можна вважати середнім.

Проте слід застерегтися, що розглянуті дані не можна вважати повноцінними і саме з таких причин:



Таблиця 4<sup>1)</sup>

Роки	1929	1930	1931	1932	1933	Серед- не
Стан прорізів						
Київ — Табурище						
Збереглось або розроблено . . .	$\frac{10}{40}$	$\frac{11}{48}$	$\frac{10}{37}$	$\frac{6}{35}$	$\frac{2}{18}$	$\frac{39}{38}$
Частково занесено . . . . .	$\frac{11}{44}$	$\frac{7}{30}$	$\frac{9}{33}$	$\frac{7}{41}$	$\frac{2}{18}$	$\frac{36}{35}$
Цілком занесено . . . . .	$\frac{4}{16}$	$\frac{5}{22}$	$\frac{8}{30}$	$\frac{4}{24}$	$\frac{7}{64}$	$\frac{28}{27}$
Разом . . . . .	$\frac{25}{100}$	$\frac{23}{100}$	$\frac{27}{100}$	$\frac{17}{100}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{103}{100}$
Табурище — Дніпропетровськ						
Збереглось або розроблено . . .	—	$\frac{3}{33}$	$\frac{2}{22}$	—	$\frac{1}{14}$	$\frac{6}{13}$
Частково занесено . . . . .	$\frac{1}{11}$	$\frac{3}{33}$	$\frac{3}{33}$	$\frac{2}{20}$	—	$\frac{9}{21}$
Цілком занесено . . . . .	$\frac{8}{89}$	$\frac{3}{33}$	$\frac{4}{45}$	$\frac{8}{80}$	$\frac{6}{86}$	$\frac{29}{66}$
Разом . . . . .	$\frac{9}{100}$	$\frac{9}{100}$	$\frac{9}{100}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{7}{100}$	$\frac{44}{100}$

1. Контрольне знімання на Дніпрі провадять на перекатах найважчих або наймілкіших; перекати, що перебувають у кращому стані, лишаються без контрольних планів. Отже у наведених даних треба припускати перемешення процентів стійких прорізів і перебільшення занесених.

2. Число розглянутих об'єктів зовсім недостатнє для судження про поведінку всіх прорізів на плесі.

3. Зміни, які настають в прорізах після контрольних знімань, лишаються для нас невідомими.

Якщо, не зважаючи на зазначені недоліки, ми все ж таки наводимо ці дані, то при цьому ми виходимо з тих міркувань, що ці недоліки майже однаково властиві даним для кожної з п'яти навігацій (1929—1933 рр.) і що тому порівнюваність результатів за окремі роки можлива.

<sup>1)</sup> У чисельнику показано число прорізів, а в знаменнику — процент, який це число становить відносно до загальної кількості прорізів, розглянутих за даний рік за контрольними планами.

Повне уявлення про стійкість прорізів протягом навігації ми будемо мати лише тоді, коли контрольні плани охоплюватимуть усі переكاتи з виконаними на них прорізами і, крім того, стосуватимуться кінця навігації. Найкраще було б, коли б ми могли б мати багаторазові контрольні знімання переكاتів, які відповідають критичним точкам гідрографа, але в масовому масштабі це покищо нездійсненне.

## § 2. Міжнавігаційна стійкість днопоглибних прорізів

### А. Міжнавігаційна повторність днопоглибних робіт

До „міжнавігаційних“ повторних днопоглибних робіт ми залічуємо ті з днопоглибних робіт поточної навігації, які провадять на перекатах, що розчищались і під час минулої навігації. Розмір міжнавігаційної повторності ми будемо виражати в процентах від числа переكاتів, поглиблених під час попередньої навігації. В табл. 5 наведено відповідні дані за 1929—1933 рр. по окремих дільницях Дніпра та Десни (в процентах).

Таблиця 5

Ріка і дільниця	Роки	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33	Середнє
	Дніпро					
Лоев — гирло Прип'яті . . . . .		—	61	65	36	54
Гирло Прип'яті — Київ . . . . .		36	59	56	22	43
Київ — Табурище . . . . .		47	49	49	16	40
Табурище — Дніпропетровськ .		67	33	55	25	45
Десна						
Чернігів — гирло Десни . . . . .		—	50	53	24	42

Дані цієї таблиці дозволяють нам зробити такі висновки:

1. Найбільші, загалом, розміри міжнавігаційної повторності спостерігаємо в 1932 р., потім — в 1931 р.; найменші — в 1933 р. (1930 рік порівнювати не можна, бо тільки з цього року почато було систематичні днопоглибні роботи на дільницях Лоев — гирло Прип'яті і Чернігів — гирло Десни).

2. Середній розмір міжнавігаційної повторності коливається між 40 і 54%, тобто в середньому в кожен наступну навігацію поглиблюють приблизно коло половини тих переكاتів, які уже поглиблювали під час минулої навігації.

Цікаві дані про міжнавігаційну повторність днопоглиблення (в 1911—1912 рр.) наведено у звіті кол. Київської округи шляхів сполучення (КОПС) за 1912 р.:

„З 19 переكاتів Нижнього Дніпра, де провадилось черпання, в 1910 р.:

„1) на 6 перекатах після проходу високих вод прорізи не збереглися;

„2) на 5 перекатах прорізи в 1911 р. збереглися частково і з середини навігації потрібно стало черпання;

„3) на 8 перекатах прорізи в 1911 р. збереглись добре;

„З 23 переكاتів, де черпання провадилось в 1911 р.:

„1) на 7 перекатах після проходу високих вод прорізи не збереглися;

„2) на 3 перекатах в 1912 р. збереглися частково і з середини навігації потрібно стало черпання;

„3) на 13 перекатах після проходу високих вод прорізи в 1912 р. збереглися добре.

„Резюмуючи спостереження над результатами землечерпальних робіт після проходу високих вод в наступну за черпанням навігацію, матимемо для навігації 1911 р.:

„1) 32% усієї кількості виконаних у 1910 р. прорізів весняним водами занесені;

„2) 27% усієї кількості частково збереглися, але черпання було потрібне протягом навігації.

„3) 41% усієї кількості прорізів збереглись після проходу високих вод добре, і черпання було не потрібне протягом усієї навігації.

„Для навігації 1912 р.:

„1) 30% прорізів після проходу високих вод занесені;

„2) 13% прорізів частково збереглися, і тільки з середини навігації потрібно стало черпання;

„3) 57% прорізів збереглися добре, і черпання було не потрібне протягом усієї навігації.

„Вручи середнє арифметичне із спостережень за 1911 і 1912 рр., матимемо, що в середньому близько 50% виконаних прорізів

зберігаються на Нижньому Дніпрі і під час наступної за черпанням навігації“.

З приводу наведених матеріалів КОПС-у треба зробити одне зауваження. Автори звіту вважають, що проріз „добре зберігся“, коли в наступну навігацію на перекаті не потрібне було черпання. Інакше кажучи, відсутність потреби в землечерпанні вони вважають доказом збереження прорізу. Неправильність такого погляду ми пояснимо нижче; дані ж КОПС-у ми можемо розглядати лише як дані про міжнавігаційну повторність землечерпання. Як виявляється, вони майже не розходяться з даними нашої проробки (40—54% і 50%).

### Б. Міжнавігаційна стійкість прорізів

Дані про міжнавігаційну повторність ще меншою мірою, ніж дані про повторність протягом однієї навігації, можуть бути мірилом стійкості прорізів після впливу на них льодового режиму і проходу високих вод.

Насамперед процент міжнавігаційної повторності в них зменшений в наслідок того, що ряд поглиблених раніше перекатів лишається поза транзитом при освоєнні нових рукавів і відмиранні старих. Список таких перекатів на плесі гирло Прип'яті — Дніпропетровськ за час з 1929 до 1933 р. наведено в табл. 6.

Далі, проріз може бути занесений ще в осінньо-зимовий період або під час високої води, а потім, при спаданні води, перекат може стати розмитим без днопоглиблення. У цьому випадку вплив торішнього прорізу на стан перекату лишається для нас нез'ясованим. Отже, хоч нам і відомо, що в наступну навігацію повторно поглиблюється близько 50% перекатів, ми все таки не можемо твердити, що на решті перекатів, поглиблених в минулу навігацію, прорізи зберігаються. Коли б таке явище дійсно було, ми спостерігали б ґрунтове поліпшення транзити на наших ріках без збільшення обсягу днопоглибних робіт по окремих роках (крім особливо несприятливих у гідрологічному відношенні). Справді ж, як про це свідчать наведені в табл. 7 дані про обсяг днопоглибних робіт на різних ділянках Дніпра та Десни за 1929—1934 рр., кубатура ґрунту, який виймають з прорізів, рік-у-рік більшає навіть на тих ділянках ріки, де нормовані глибини не змінюються.

Таблиця 6

Перекат	Рік		Перекат	Рік	
	залишення поза тран- зитом	останнього поглибл.		з'явлення на граненті	першого поглиблен- ня
Красний Припечок III . . . . .	1932	1930	Лядське I і II . . . . .	1929	1929
Печки . . . . .	1933	1933	Трояни I, II і III (замість Петрівців) . . . . .	1930	1930
Чернин . . . . .	1933	1932	Мошкина Річка I, II, III	1932	1932
Старо-Петрівці I, II і III	1930	1929	Біла Голова I і II . . . . .	1932	1932
Ново-Петрівці I . . . . .	1930	1929	" " III і IV . . . . .	1933	1933
Селище II (в прав. прот.)	1931	1931	Чорна Річка I, II і III . . . . .	1933	—
Ревун I і II . . . . .	1933	1931	Крамарів I і II . . . . .	1933	—
Богун I і II . . . . .	1933	1932	Собаче Річище I і II . . . . .	1931	1931
Боровиця I і II . . . . .	1933	1932	Фурсин I і II . . . . .	1932	—
Тарасівка I, II, III, IV і V	1933	1932			
Бородаївка I і II . . . . .	1933	1932			
Губине I, II, III . . . . .	1933	1931			

Таблиця 7

Ріка і діль- ниця	1929		1930		1931		1932		1933		1934	
	Норм. глиб. (с.м)	Об'єм гун- ту (тис. м <sup>3</sup> )	Норм. глиб. (с.м)	Об'єм гун- ту (тис. м <sup>3</sup> )	Норм. глиб. (с.м)	Об'єм гун- ту (тис. м <sup>3</sup> )	Норм. глиб. (с.м)	Об'єм гун- ту (тис. м <sup>3</sup> )	Норм. глиб. (с.м)	Об'єм гун- ту (тис. м <sup>3</sup> )	Норм. глиб. (с.м)	Об'єм гун- ту (тис. м <sup>3</sup> )
Дніпро												
Лосєв — гир- ло При- п'яті . . . . .	—	—	—	257	—	311	—	370	—	98	—	—
Гирло При- п'яті — Київ . . . . .	80	569	80	218	100	189	100	287	100	109	100	601
Київ — Дні- пропет- ровськ . . . . .	105	1308	110	1864	115 120	1891	120	2888	120	1411	120	3544
Десна												
Чернігів — гирло Де- сни . . . . .	—	36	80	250	80	303	80	390	80	170	80	694

Можливість поліпшення перекаату в результаті днопоглиблення заперечувати, зрозуміло, не можна, але разом з тим є безперечним і могутній на Дніпрі та Десні вплив весняного поводка на ложе ріки, в наслідок якого в руслі з'являються нові утвори, що перекривають результати днопоглиблення минулої навігації.

Наявні матеріали не дають ніякої можливості виділити такі випадки, коли до поліпшення перекаату привело саме днопоглиблення в минулу навігацію, а не умови зимово-весняного періоду, — отже вони не дають змоги і розв'язати питання про міжнавігаційну стійкість прорізу.

### **§ 3. Вплив режиму рівнів на обсяг і результати механічного днопоглиблення**

Цілком очевидно, що для розв'язання питання про залежність обсягу й результатів механічного днопоглиблення від гідрологічних умов того чи іншого року — наявних у нас даних про днопоглиблення (попередніх і для частини перекаатів контрольних планів, а також відомостей про роботу днопоглибних машин на окремих перекаатах) зовсім не досить. Згадану вище залежність можна виявити лише на основі спостережень протягом цілого року над режимом прорізів, виконаних на певній річковій ділянці; в рамках же наявного у нас матеріалу розв'язати цю задачу можна тільки в першому наближенні, суґубо орієнтовно.

Дамо спочатку короткі гідрологічні характеристики 1929—1933 рр., окремо висвітлюючи характер льодового режиму, весняних паводків і меженого стояння горизонтів. При цьому ми будемо виходити з графіків коливань рівнів Дніпра по Київському водпосту, покази якого достатньою мірою характеризують всі розглядані нами ділянки Дніпра.

#### **А. Льодовий режим**

Наводимо дані про льодостав, скрес ріки і тривалість льодового режиму (див. табл. 8).

Розцінюючи льодовий режим з точки зору впливу його на формування перекаатів (а отже і на стійкість прорізів), найбільш сприятливою для розмивання наносів можна вважати зиму 1929/30 р., яка завдяки низькому стоянню рівнів дала різке змен-

Таблиця 8

Рік	Льодостав		Скрес ріки		Тривалість льодового режиму (днів)	Примітки
	Дата	Позначка (с.м)	Дата	Позначка (с.м)		
1928/29	24. XII	200	17. IV	298	116	Максимальний горизонт за період льодоставу спостерігався в першій половині січня і доходив 240 с.м. Мінімальний горизонт був у другій половині березня і дорівнював 120—115 с.м над нулем спостережень.
1929/30	24. XII	70	16.	148	84	Рівень води на час льодоставу не перевищував 110—115 с.м, а мінімум доходив 70 с.м.
1930/31	17. XII	172	17. IV	356	123	З моменту льодоставу наростає „горб“ з максимумом близько середини січня на рівні 275—280 с.м, потім з другої половини лютого до кінця березня спостерігається „яма“ з мінімумом в середині лютого на рівні 150 с.м.
1931/32	1. XII	283	9. IV	338	131	Максимальний рівень під льодяним покривом доходив у першій половині січня 295 с.м, потім горизонт повільно знижувався, дійшовши на 1. IV позначки в 140 с.м.
Середнє багаторічне . . .	—	—	—	—	93	

шення живих перерізів на перекатах і збільшення швидкостей та розмиваючої сили потоку.

Найменш сприятливою у згаданому вище розумінні треба вважати зиму 1931/32 р. Льодостав наступив при дуже високому паводковому горизонті (283 с.м), який спадав дуже повільно, лише на 1. IV, перед скресом ріки, дійшовши 140 с.м над нулем спостережень водпоста. Можна сказати, що паводковий режим ріки тривав і під льодом; вплив же паводків на стан перекатів і стійкість прорізів, як це встановлено багаторазовими спостереженнями, різко негативний.

Зима 1930/31 р. була таксамо мало сприятлива для стійкості прорізів, бо від самого початку льодоставу почалось наростання „горба“, який досяг дуже високого рівня—280 с.м. Шкідливий же вплив його навряд чи міг бути ліквідований „ямою“, яка після того утворилась.

Льодовий режим 1928/29 р. не мав будьяких негативних особливостей: горизонт льодоставу щодо висоти був середній

(200 см), короткочасне підвищення рівнів було незначне, після нього спостерігалось повільне спадання — більш ніж на 1 м від зимового максимуму в 240 см.

### Б. Весняні паводки

Високі весняні води виконують основну, найбільш формуючу роботу, що захоплює як заплаву, так і всі плесові та перекатні ділянки меженного русла. Ефект весняної формуючої роботи в десятки разів перевищує результати роботи меженного потоку.

Чим вищий горизонт весняних вод, тим важчий відбиток, який кладе на річкове русло весняний потік і тим більш утруднена для меженного потоку наступна „ювелірна“ обробка русла ріки.

Таблиця 9

Рік	Максимум весняного паводка		Спадання від максимуму до 1 м над нормально-зрізувальним горизонтом		Примітка
	Дата	Позначка (см)	Час	Тривалість (днів)	
1929	11.V	658	11.V — 8.VII	58	Нормально-зрізувальний горизонт по Київському водпосту + 21 см
1930	23.IV	334	23.IV — 12.VII	50	
1931	2.V	852	2.V — 14.VII	73	
1932	22.IV	714	20.IV — 15.VIII	115	
1933	22.IV	503	—	—	
Середнє багаторічне . . .	—	536	—	—	

Як видно з табл. 9, найвищий весняний паводок (історичний) спостерігався в 1931 р. (852 см), а найнижчий за розглядані роки — в 1930 р. (334 см). Характерні є темпи спадання обох паводків: тим часом як рівень 1930 р. спадав від свого максимуму в 334 см протягом 50 днів<sup>1)</sup>, спадання горизонтів води від того ж таки рівня в 334 см (спостереженого 14.VI) до

<sup>1)</sup> Треба, проте, врахувати, що такий характер спадання був зумовлений не сповільненим таненням снігових запасів, а великими весняними дощами, які, приносячи в ріку багато наносів, є щодо цього фактором несприятливим.



і м над нулем спостережень в 1931 р. тривало лише 37 днів, до того ж графік 1931 р. вже мав на той час значне сповільнення порівнюючи з верхньою своєю частиною.

Весняний паводок 1932 р., гребінь якого (714 см) хоч і нижчий за рівень паводка 1931 р., є також одним з найвищих і найпотужніших. Особливостями спадання весняних горизонтів 1932 р. є: 1) припинення його на позначці 250—240 см над нулем спостережень протягом 23 днів (20.VI—12.VII) і як результат цього—2) найбільша за весь розглядааний період тривалість спадання горизонтів від максимуму до 1 м над нулем спостережень (приблизно до мінімального за проектом горизонту при зарегульованому стоку)—115 днів проти 73 днів у 1931 р. і 58 днів у 1929 р.

Таким чином русло ріки підпадало в 1932 р. впливові потоку підвищеної потужності і до того ж протягом періоду довшого, ніж в інші роки. Посталі в результаті цього зміни в руслі ріки, наклавшись на різкі переформування, спричинені історичним паводком 1931 р., в багатьох місцях ґрунтовно змінили режим русла, а це викликало потребу в більшій проти попередніх років кількості первинних та повторних днопоглибних робіт.

Цілком відмінний характер має гідрограф 1933 р., максимум якого дорівнює 503 см (22.IV). Протягом літа і осени було три значні паводкові хвилі (30.VI, 5.X і 20.XI), гребені яких доходили 406, 417 і 418 см. Нижче 237 см над нулем спостережень водпоста (3.IX) рівень води в цьому році не опускався.

Не зважаючи на те, що паводки взагалі негативно впливають на стійкість прорізів, глибини на значній більшості перекатів лишались достатніми для судноплавства, бо мінімальні горизонти були настільки високі, що перекривали негативний вплив паводків.

Паводок 1929 р., з максимумом в 658 см над нулем спостережень водпоста, є середньовисоким і різких гідрологічних особливостей не має.

Класифікуючи весняні паводки 1929—1933 рр. за силою впливу їх на русло, треба на перше місце поставити 1931 і 1932 роки, а на останнє—1930 рік. 1929 рік є щодо цього проміжним, а 1933 рік через його відокремленість порівнювати з іншими роками неможливо.

## В. Меженні періоди

Меженні періоди 1929—1933 рр. характеризуються даними, наведеними в табл. 10.

Таблиця 10

Рік	Мінімальний рівень межні		Тривалість і характер стояння рівнів межні над нормально-зрізувальним горизонтом				Примітка
	Дата	Пов-начка (см)	1—0,5 м над норм. зріз. горизонтом	Число днів	Нижче 0,5 м над норм. зріз. горизонтом	Число днів	
1929	16. IX	27	9. VII — 20. VII	42	20. VIII — 30. IX <sup>1)</sup>	101	<sup>1)</sup> Далі — осінні підвищення горизонту
1930	18. VII	30	5. VI — 20. VI	15	20. VI — 20. X	122	
1931	16. VIII	52	14. VII — 2. VIII	19	2. VIII — 25. IX	53	
1932	27. IX	55	15. VIII — 27. IX	32	27. IX — 13. X	27	
1933	3. IX	237	—	—	—	—	
Середнє багаторічне	—	62	—	—	—	—	

За даних цієї таблиці видно, що крайні гідрологічні характеристики, таксамо як і в розглянутих нами зимовому й весняному періодах, припадають на 1930 і 1932 роки. Так, тривалість стояння найнижчих горизонтів становить у 1930 р. 122 дні, а в 1932 р. — лише 27. Якщо врахувати низьке стояння рівнів під льодним покривом в 1929/30 р. і незначну висоту після того весняного паводка, при якому несприятливих для переказів змін було незрівнянно менше, ніж в інші роки, то стане зрозумілим, що стан переказів на час навігації 1930 р. повинен був бути дуже добрий.

## Г. Характер зимово-весняного періоду і міжнавігаційна стійкість

Виходячи з наявних на цей час відомостей про режим переказів в різні періоди року, найкращих результатів для торішніх прорізів слід було б сподіватися для 1930 р., а найгірших — для 1932 р. Тим часом наведені в § 2 цифри дають для 1930 р., порівнюючи з 1932 р., зовсім мізерну різницю в 2% по дільниці Київ — Табурище, а для дільниці Табурище — Дніпропетровськ процент міжнавігаційної повторності виявився в 1930 р. навіть значно більшим (67), ніж у 1932 р. (55).

Це показує на те, що наші уявлення про вплив зимово-весняного періоду на поглиблення переказів (а з ними і про-

різів) не охоплюють всієї складності явища. У всякому разі наявні дані не висвітлюють ролі зимово-весняного режиму і щодо стійкості прорізів Дніпра та Десни в період між двома навігаціями, і щодо повторності.

#### Д. Характер гідрографа і навігаційна стійкість

На стійкість прорізів протягом навігації впливає не тільки хід рівнів у період днопоглиблення, тобто починаючи від весняного спадання (беручи на увагу його пізнішу частину) до осіннього підвищення, але й умови весни. Від цієї останньої обставини залежатиме міра порушення стійкості режиму ріки і, отже, утрудненості як вибору правильних напрямів для прорізів, так і самої роботи їх.

Щодо цього найменш сприятливими треба вважати 1931 і 1932 роки, коли руїницький вплив високих весняних паводків посилювався тим, що вони йшли один за одним. Характером же самої межні обидва ці роки треба вважати нормальними.

Цілком відмінним від них був 1933 рік, який мав весняний пік нормальної висоти, але відрізнявся такими винятково високими і до того ж нерівними літніми горизонтами, що його також треба вважати зовсім несприятливим для стійкості прорізів.

Дуже сприятливою для прорізів була навігація 1930 р. з рівним ходом тривалих невисоких рівнів після винятково низького весняного паводка.

1929 рік в обох відношеннях треба вважати роком середнім.

Даючи таку оцінку цим п'яти рокам, ми виходимо як із згаданих вище утруднень для роботи прорізів після сильних весняних паводків, так і не раз встановленого несприятливого впливу на проріз межених паводків.

Погляньмо тепер, наскільки підтверджується ця оцінка цифрами навігаційної повторності днопоглиблення і збереження частини прорізів. Візьмімо для цього дільницю Дніпра Київ — Табурище, бо по дільницях, розташованих вище, даних бракує, а відомості по нижчій дільниці — Табурище — Дніпропетровськ, через згадані уже особливості її, не можуть характеризувати режим нормальних прорізів.

Справді, з розгляду зазначених цифр видно, що в 1930 р. і процент повторного днопоглиблення, і процент занесених прорізів був найменший. Проте, слід одразу ж сказати, що

1929 рік практично дає ті ж самі результати, не зважаючи на значні відміни його гідрологічного режиму від режиму 1930 р. (можливо, що показники 1930 р. знижені сильними весняними дощами, що занесли переكاتи). Навпаки, 1931—1933 роки дають велике підвищення повторності, а також занесення прорізів (особливо 1933 рік).

Таким чином, припущений нами вплив характеру гідрографа на навігаційну стійкість прорізів добре погоджується з наявними даними: прорізи держаться тим стійкіше, чим нижчий був весняний пік (тобто, чим менш „збудражене“ русло) і чим спокійніші рівні межені.

#### Е. Характер гідрографа і загальний обсяг днопоглибних робіт

На закінчення відзначмо ті особливості окремих років, які могли впливати на загальний обсяг днопоглибних робіт. Насамперед укажемо, що збільшення його визначається не тільки несприятливими безпосередньо для режиму переكاتів гідрологічними умовами, але й такими факторами, як наприклад:

- 1) збільшення нормованої глибини;
- 2) перехід на завчасну, при високій воді, розробку прорізів;
- 3) наявність вільного днопоглибного флоту, що дав би можливість розробляти і доробляти такі переكاتи, які в протилежному разі були б залишені на саморозмивання;
- 4) зміни в керівному складі днопоглибної справи тощо.

Ці фактори можуть затемняти і навіть перекивати роль факторів суто гідрологічних, найбільш несприятливими з яких треба вважати:

- 1) посилене переформування і занесення русла весняним паводком;
- 2) низькі рівні межені, які зумовлюють зменшення глибин;
- 3) затримку осіннього підвищення води.

Розглянувши з цього погляду гідрологічну характеристику 1929—1933 рр., ці роки в порядку збільшення потреби в днопоглибних роботах треба розмістити так:

- 1) на першому місці слід поставити 1933 рік, зважаючи на його винятково високі горизонти, які не опускалися нижче 237 см (!) за весь час навігації;
- 2) поставити 1930 рік перед 1929 роком як такий, що мав значно нижчий весняний пік майже при тому самому характері межені;

3) майже однаковими, з деякою перевагою на користь останнього, вважати 1931 і 1932 роки.

Таким чином, найменшої кубатури днопоглиблення слід було б чекати для 1933 р., потім — для 1930 р. і, нарешті, — для 1929 р.; щождо 1931 і 1932 рр., то їх місце лишилось би нез'ясованим, бо, порівнюючи їх з 1929 р., ми маємо на боці останнього перевагу у вигляді меншого весняного піка, але й негативні явища у вигляді дуже низьких рівнів межені.

Цифри щорічної кубатури днопоглибних робіт дуже мало підтверджують цю оцінку окремих років. Так: 1) найменший обсяг днопоглибних робіт ми, справді, мали в 1933 р.; 2) разом з тим в 1930 р. спостерігаємо більш інтенсивну роботу днопоглибного флоту, ніж в 1929 р., і майже таку саму, як і в 1931 р.; 3) в 1932 р. виймання ґрунту порівнюючи з 1931 р. різко збільшилось.

Очевидно, що, крім покладених в основу нашого прогнозу гідрологічних факторів, тут в окремі роки мали певне значення і інші фактори. Зокрема для 1932 р. значне зростання обсягу днопоглибних робіт треба пояснити тим, що в цьому році тривали різкі переформування русла ріки, початі ще історично високим весняним паводком 1931 р. В результаті потрібне стало енергійніше втручання днопоглибного флоту, щоб освоїти і закріпити нові напрями фарватеру, які відкрилися в дуже мінливій багаторукавній заплавіні Дніпра.

#### **§ 4. Висновки про стійкість прорізів у побутових умовах стоку**

Підсумовуючи сказане про стійкість прорізів у природному потоці і про вплив гідрографа на цю стійкість, приходимо до таких висновків:

1. Дані про землечерпання на Дніпрі та Десні, які ми можемо тепер мати, недостатні для судження про стійкість прорізів протягом однієї навігації і зовсім недостатні для висновків про стійкість прорізів у міжнавігаційний період.

2. Ці дані дають змогу визначити лише розміри повторності днопоглибних робіт протягом як поточної навігації (навігаційна повторність), так і наступної за нею (міжнавігаційна повторність).

3. З даних про навігаційну повторність можна зробити такі висновки:

а) На дільниці Лоєв — Табурище середній процент побутової навігаційної повторності дещо зростає вниз за течією. Однак, по перше, це наростання є дуже незначне, не виходячи за межі точності обчислення кубатури, і подруге, його можна пояснити і збільшенням вимог до підтримання транзитних глибин на нижніх плесах з інтенсивним судноплаством: Через те було б передчасно, детально не дослідивши режиму прорізів, робити висновок про зменшення стійкості їх лише в наслідок наростання водоносності потоку. Зокрема для дільниці Київ — Табурище головна маса повторних робіт припадає на підтримання суднового підходу до пристані Переяслав.

б) На дільниці Табурище — Дніпропетровськ процент повторності днопоглибних робіт різко підвищується. Це пояснюється наявністю в руслі кам'янистих забор, які примушують проводити судновий хід осторонь від динамічної осі потоку, часто через сухі коси, де прорізи швидко заносяться.

в) Максимальні розміри побутової повторності спостерігались на всіх дільницях Дніпра в 1932 р., мінімальні — в 1930 р. Навігацію 1931 р. можна вважати проміжною (1929 рік брати на увагу не можна, бо на той час на Верхньому Дніпрі та Десні систематичних днопоглибних робіт ще не провадилось). 1933 р. порівнювати з іншими роками не можна, зважаючи на особливості його гідрографа.

4. Середні за чотири роки розміри міжнавігаційної повторності спостерігаються між 40 і 54%

Найбільші, загалом, розміри міжнавігаційної повторності спостерігаються в 1932 р., потім — у 1931 р., найменші — в 1933 р. 1930 рік порівнювати не можна, бо тільки з цього року почато систематичні днопоглибні роботи на Верхньому Дніпрі.

5. Навіть найточніші дані про навігаційну повторність не можуть бути достатніми для висновків про стійкість прорізів на плесі.

6. Ще меншою мірою позначається на розмірах повторності міжнавігаційна стійкість прорізів після впливу на них льодового режиму і весняних паводків.

7. Щоб встановити залежність обсягу і результатів днопоглибних робіт від гідрографа, самих планів перекатів (попередніх і контрольних) і статистичних даних про роботу днопоглибних машин зовсім недосить. При наявності таких даних доводиться обмежитися лише такими висновками:

а) Робота весняного паводка перебиває в основному як результати впливу на русло самого потоку в періоди, що передують паводковому, так і результати днопоглибних робіт.

б) Чим потужніший весняний паводок, тим значніше переформовується русло і тим більше доводиться працювати днопоглибним машинам, щоб знов упорядкувати його.

в) Чим спокійніші горизонти межені, тим краще зберігаються прорізи.

8. Загальна кубатура днопоглибних робіт на Дніпрі за останнє п'ятиліття зростає рік-у-рік, що, очевидно, слід пояснити не тільки гідрологічними факторами, але й організаційно-господарськими. Проте для 1932 р. основною причиною різкого збільшення днопоглибних робіт слід вважати потребу в посиленому освоєнні нових шляхових умов, створених двома послідовними потужними паводками 1931 і 1932 рр. Можливо, що руїнницький вплив літа 1933 р. спричинив додатково до цього дальше зростання кубатури виїнятого ґрунту в 1934 р.

---

## РОЗДІЛ V

# Повторність днопоглиблення в умовах частково зарегульованого стоку

*А. К. Корчагін*

### § 1. Повторність і система трасування

Питання про процент повторного днопоглиблення — „навігаційного“ (ремонт чи відновлення прорізів поточної навігації) і „міжнавігаційного“ (ремонт чи відновлення прорізів торішньої навігації) — для умов частково зарегульованого стоку ми будемо розв'язувати, урахувавши:

а) метод трасування прорізів при новому режимі, бо правильний вибір напрямку прорізу є основною передумовою стійкості останнього;

б) фактичні показники повторності днопоглиблення в умовах природного стоку, бо — через незначну розробленість теорії днопоглиблення взагалі й сталості прорізів зокрема — шлях аналогій з природним режимом є єдиним можливим для прогнозів;

в) поправки на гідрологічну характеристику режиму частково зарегульованого стоку, бо стійкість прорізу в значній мірі визначається режимом стоку.

Щодо варіантів системи трасування, то останнього часу у протывагу існуючій з кінця минулого століття клейберівській системі днопоглиблення висувається так звана „гідролого-механічна“ система, розвинена відповідно до умов частково зарегульованого стоку в розд. III В. М. Гусєвим. При всій цінності її окремих новаторських тенденцій і критики існуючої системи днопоглиблення, вона все ж лишається майже не випробуваною ні на практиці, ні навіть лабораторними експериментами. Перехід на цю систему вимагав би в перші ж роки її здійснення виїмання дуже великої кількості землі для виконання полого орієнтованих прорізів. Можливо, що й далі довелось б докласти багато зусиль для підтримання цих прорізів, поки вони ґрунтовно не поліпшать русла й не перетворять трудних для судноплавства переказів у глибокі, тим



самим виправдавши великі первинні витрати. Тим часом лишаються цілком нез'ясованими два такі важливі питання, як 1) стійкість цих капітальних прорізів у періоди льодоставу й весняної повені, що відрізняються діаметрально протилежним режимом потоку; 2) вплив проведеного ними поліпшення перекату на нижче й вище розташовані дільниці плеса. Не перевірено, нарешті, навіть просту стійкість таких прорізів на протязі однієї навігації.

Крім того, окремим істотним положенням цієї системи останнього часу протиставляються діаметрально протилежні, до того ж підкріплені деякими експериментальними обґрунтуваннями. Ми маємо на увазі, наприклад, тезу „гідролого-механіків“ про максимальне використання різності рівнів верхової і низової плесових лощин для утворення в прорізі найбільших швидкостей і антитезу О. І. Лосієвського про такий напрям прорізу, при якому до нього буде надходити якнайменша кількість наносів при наявності швидкостей, які не викликають надзвичайного переформування русла (див. розд. I, § 6).

Цілком натурально, що в таких умовах нова система не може претендувати на „визнання“ й „застосування на виробництві“, поки ефективність великих капіталовкладень, яких вона вимагає, не буде доведена рядом експериментальних робіт. Оскільки ж, через значну інертність органів Наркомводу, розробка й перевірка методів днопоглиблення посувається занадто повільними темпами, можна побоюватися, що до моменту реконструкції Дніпра на базі регулювання стоку нова система механічного днопоглиблення ще не буде обґрунтована й розроблена. Проте навіть і в цьому разі стара система однаково не може бути повністю збережена, а вимагатиме цілком логічних змін для пристосування її до умов підвищених мінімальних горизонтів. Насамперед необхідно буде відмовитися від занадто крутих, „по лінії найменшого опору“ прорізів і перейти до більш пологих, які будуть в нових умовах стійкішими.

Підсумовуючи викладене, можна сказати, що у відношенні системи трасування прорізів за умов частково зарегульованого стоку нам треба урахувувати два можливі варіанти <sup>1)</sup>:

<sup>1)</sup> Можливі, напевно, і інші підходи до цієї проблеми. Так, наприклад, вже після написання цієї роботи з'явилося (журн. „Водний транспорт“, 1936, № 1, сс. 32—34) повідомлення Н. А. Доманевського про успішну роботу на Усть-Кяхтинському перекаті р. Селенги прорізу, який був прокладений у бік від 7. Траз. днопогл. на Дніпрі. 452.

1) перехід на нову, різко відмінну від існуючої, „гідролого-механічну“ систему, яка недостатньо ще визначена й перевірена, а тому не має обґрунтування повторності, але, на думку її авторів, забезпечує значно вищу міжнавігаційну стійкість, ніж існуюча система;

2) деяку зміну існуючої системи в бік надання прорізів більш пологих напрямів, що безумовно буде сприяти більшій стійкості прорізу.

Можливе і комбіноване застосування обох цих систем.

## § 2. Показники побутової повторності

### Навігаційна повторність

Виведені О. М. Толмацьким (див. розд. IV, § 1) цифри побутової повторності днопоглиблення на Дніпрі та Десні нам удасться використати лише для визначення повторності при другому варіанті системи трасування прорізів, бо для обґрунтування повторності при першому варіанті ми аналогій в сучасних умовах Дніпра не маємо<sup>1)</sup>.

О. М. Толмацький встановив процент навігаційного ремонту прорізів на Дніпрі та Десні у побутових умовах за 5 років (1929—1933) і висвітлив основні фактори, зокрема гідрологічні, які визначали величину цього процента. Всі повторні днопоглибні роботи на перекатах поділено на дві основні групи — „випадкові“ і „неминучі“ (хоч ці терміни, може, і не зовсім вдалі). До „випадкових“ залічено ті повторні роботи, які викликані хибами трасування або виконання первинних прорізів. Ці ремонти, що при правильній роботі могли б не мати місця, складали відносно первинної кубатури в середньому 5—10%. Решту повторних робіт залічено до категорії „неминучих“.

Обсяг цих „неминучих“ повторних робіт протягом навігації визначився відносно первинної кубатури таким процентом:

---

фарватеру, щоб відтягти до себе наноси і тим полегшити річці самій промити своє корито в напрямі фарватеру. Отже Н. А. Доманевський дав зовсім інше призначення днопоглибному прорізові, який звичайно служить без посередньо для утворення глибокого суднового ходу.

Проте більш-менш розробленими доводиться тепер вважати лише дві названі системи днопоглиблення.

<sup>1)</sup> Деякі міркування в питанні про повторність при першому варіанті ми наведемо наприкінці § 3.

Дільниця	Мінімум (%)	В середньо-му за 5 років (%)	Максимум (%)
Дніпро від Ловва до Табурища . . .	0—5	5—10	11—21
Дніпро від Табурища до Дніпропетровська . . . . .	30	48	77
Десна від Чернігова до гирла . . . .	0	4	10

Примітка. Величина середньо-арифметичного за 5 років процента й середньо-зваженого практично збігаються.

Необхідно тут же відзначити, що на дільниці Табурище — Дніпропетровськ 1934 рік, який не ввійшов до нашої розробки, дав уже різке зменшення обсягу повторного днопоглиблення — до 22% від первинного. Це було наслідком підпору від Запорізької греблі, який поширився до Верхньодніпровська і утворив достатні глибини над підводним камінням ряду трудних перекатів, істотно поліпшивши умови судноплавства.

Оцінюючи ці цифри, треба мати на увазі, що навіть з цих названих нами „неминучими“ розчищень не всі дійсно є об'єктивно неминучими, які свідчать про нестійкість прорізів; частина з них безумовно робилася „у запас“ (пор. розд. II, § 4), обумовлений невизначеністю ходу рівнів і глибин у природних умовах. Крім того, напевно, при глибшому вивченні проведених на Дніпрі робіт (на що ми не мали досить часу) можна було б виявити додаткові випадки повторного днопоглиблення, викликаного хвилями у виконанні первинного.

У всякому разі наведений вище процент навігаційної повторності може бути лише трохи перебільшеним, а не переменшеним, тобто він виведений з певною обережністю.

#### Міжнавігаційна повторність

Для характеристики „міжнавігаційної“ побутової повторності на Дніпрі, за даними О. М. Толмацького (див. розд. II), можна скласти таку табличку (в процентах) відношення числа перекатів, які повторно поглиблювались у наступну навігацію, до загальної кількості поглиблених машинами перекатів (див. табл. на ст. 100).

Таким чином щорічно доводиться знову робити прорізи, приблизно на 50% тих перекатів, які розчищалися в попередню навігацію. Таку ж приблизно цифру ми знаходимо у звіті Київської округи шляхів за 1912 р.

Дільниця	Максимум (%)	Середнє за навігацію (%)	Мінімум (%)
Дніпро від Ловва до гирла Прип'яті . .	65	54	36
Дніпро від гирла Прип'яті до Дніпропетровська . . . . .	49—67	40—45	16—25
Десна від Чернігова до гирла . . . . .	53	42	24

Чи можна ж цей факт, а саме, що в середньому для 50% перекатів Дніпра та нижньої Десни, поглиблених механічними засобами, в наступному році не буває потрібне днопоглиблення, вважати доказом стійкості на них торішніх прорізів або навіть результатом останніх?

Щоб дати відповідь на це запитання, розгляньмо коротко: 1) інші можливі пояснення наведеного факту; 2) дані безпосередньо про міжнавігаційну стійкість прорізів на інших ріках з піщаним руслом; 3) зміну по роках сумарної кубатури і кількості об'єктів транзитного днопоглиблення.

1. Однією з характерних особливостей природного режиму перекатів рівнинних рік з мінливим піщаним руслом треба вважати нерівномірність їх розвитку при переході від однієї навігації до другої. В жодну навігацію не буває суцільного погіршення (стосовно до судноплавних глибин) або поліпшення всіх перекатів, порівнюючи з тим самим періодом (при тому ж рівні води) попередньої навігації, а спостерігається дуже різнобарвна картина поліпшення одних, погіршення других і приблизної стабільності третіх.

С. О. Попов, характеризуючи дільницю Німана від Ковна до кордону з Прусією, підкреслив цю особливість режиму наших рік в таких словах: „Як і на інших ріках з піщаним руслом, не всі перекати, розташовані на цій ділянці, завжди становлять труднощі для судноплавства, але протягом кожної навігації тільки деякі з них мають глибину, недостатню для судноплавства... Дуже часто перевали перетворюються в перекати і навпаки“ (А. С. Попов, О выправительных работах на р. Неман, „Труды II съезда инженеров-гидротехников в 1893 г., СПБ, 1893, с. 119).

Так само для Волги ще в 1885 р., тобто до початку систематичного механічного днопоглиблення, Л. Г. Квіцинський відзначив як характерну рису природнього режиму те, що

більшість перекатів у різні роки являє далеко неоднакову перешкоду для судноплавства; вони то дуже міліють, то самі по собі, без будьякого зовнішнього втручання переходять у розряд глибоководних. Він же вказував, що кожного року мілководними буває приблизно лише половина всіх перекатів (Л. Г. Квицинский, Подвижные плотины, „Изв. Собр. инженеров п. с.“, т. II, в. 1, СПб, 1881, сс. 61—62).

На перехід одних перекатів у гірший стан, а других — у кращий, як на звичайне для Волги явище, вказував, наприклад, В. М. Лохтін на засіданні VI з'їзду російських діячів водних шляхів („Труды съезда...“, заседание 10. II 1899 г., с. 5). В. Г. Клейбер наводив випадки дуже різкого погіршення окремих перекатів Волги, в наслідок чого „найменша глибина виявляється нерідко на такому перекаті, який протягом попередніх навігацій був глибший за інших“ (В. Г. Клейбер, О предсказаниях ожидаемой глубины перекатов на р. Волге, „Труды III съезда русских деятелей по водяным путям в 1896 г.“, ч. 1, с. 769).

Аналогічні явища встановлено і для Дніпра (А. К. Корчагін, Судноплавні глибини при регулюванні стоку — рукопис 1937 р., розд. IV), який відзначається ще більш мінливим річищем, ніж Волга.

Отже виходить, що наявність достатніх для судноплавства глибин на частині тих перекатів, які минулого року через їх мілководність доводилося розробляти днопоглибними машинами, можна пояснити звичайними процесами переформування русла, не посиляючись на вплив торішніх прорізів.

2. Переважна більшість практиків і дослідників транзитного днопоглиблення визнає як незаперечний факт масову загибель прорізів у міжнавігаційний період:

а) Р. Ф. Реєвський констатував: „Від найміцніших і найстійкіших протягом навігації прорізів після проходу весняних вод не лишалося жодного сліду“ (доповідь на VIII з'їзді російських діячів водних шляхів „О порядке производства землечерпательных работ на р. Дону“, с. 3).

б) Той же Р. Ф. Реєвський наводив приклад виключно потужних землечерпальних робіт на Півн. Дінці, які утворили на дільниці довжиною 50 верст 20 верст прорізів, зроблених по заздалегідь наміченій трасі з виїмкою від одної до двох третин її ширини. „Після паводка наступного року від них не лишилося

жодного сліду“ (виступ на доповідь В. Г. Клейбера „Землечерпание и выправление как меры улучшения Волжского транзитного пути“, „Журнал заседаний VI съезда русских деятелей по водяным путям, в 1899 г.“, сс. 16—17).

в) К. А. Акулов вважав, що від такого дешевого засобу, як днопоглиблення, не можна вимагати багаторічного ефекту і що „треба поставити більш поблажливі і справедливі умови, щоб проріз зберігся до кінця навігації“ (доповідь X з'їздові російських діячів водних шляхів „Наблюдение над расположением струй в речном потоке“, Киев, 1904, сс. 7—8).

г) В. М. Лохтин після докладного розгляду питання про ефективність днопоглиблення на Волзі прийшов до висновку, що „при величезній роботі самої течії води, яка обумовлює загальне більше чи менше занесення русла або його промив, розраховувати на збереження землечерпальних розчисток в наступному році немає підстав і що завдання застосування цього заходу мусять обмежуватися лише однією навігацією“ (В. М. Лохтин, О землечерпательных работах на р. Волге, „Труды VI съезда русских деятелей по водяным путям“, СПб, 1899, с. 9).

Припустімо, що ця оцінка міжнавігаційної стійкості прорізів занадто сувора, бо її дано було в той період, коли точилась досить гостра дискусія між прибічниками механічного днопоглиблення і виправлення. Але і через чверть століття, коли ця гаряча боротьба припинилась і механічне днопоглиблення стало повноправним загальновизнаним методом поліпшення фарватеру, К. А. Акулов, підсумовуючи довгий досвід волзького днопоглиблення, констатував, як і раніш, що „робити висновок про поліпшення рік-у-рік перекатів під впливом систематичного землечерпання, немає абсолютно ніяких підстав“ (К. А. Акулов, Заключение выводов, стаття в збірнику „Волжское землечерпание и его достижения“, 1925, с. 414). Аналогічний висновок було зроблено при проектуванні Волго-Донської водної магістралі: „немає підстав вводити в розрахунки певний процент на збереження прорізів у наступній навігації“ („Реки Волга и Дон и выбор места их соединения“, Ростов на Дону, 1929, с. 51).

Правда, є вказівки і супротивного характеру. Так, О. Ф. Романов, роблячи огляд наслідків днопоглиблення на Середній Волзі, відзначає деяке поліпшення картини середніх глибин перекатів при тих самих низьких рівнях в міру розвитку земле-

черпання (А. Ф. Романов, Отчет по землечерпательным работам на Средней Волге, „Сборник Казанского округа п. с.“, в. VI, 1911, сс. 67, 68, 79). Проте ці обчислення не можна вважати достатнім доказом міжнавігаційної стійкості прорізів. По-перше, виводячи величини середніх глибин перекатів, О. Ф. Романов чималу кількість перекатів відкинув, не зазначивши, як це відбулося на результатах обчислень. По-друге, він розглядав період низьких рівнів, тобто після проведення днопоглиблення поточної навігації, наслідки якого ці дані передусім і відбивають. Потретє, використані О. Ф. Романовим промірні відомості бакенників та відомості про горизонти води на водпостах, що розташовані не на перекатах, не можна вважати надійним матеріалом для оцінки стану перекатів у різні роки.

Докладніше це останнє питання розглянуто нами в іншій роботі (А. К. Корчагін, Судноплавні глибини при регулюванні стоку, — рукопис 1937 р., розд. II). Тут подамо лише такий історичний приклад. На VI з'їзді російських діячів водних шляхів В. М. Лохтін доводив особливу сприятливість для глибин на перекатах Волги гідрологічних умов 1898 р. проти умов 1897 р., ґрунтуючись на даних бакенників про глибини перекатів. В. Г. Клейбер заперечував це, зазначаючи, що збільшення у 1898 р. для більшості перекатів глибин, які „вивішуються“ бакенниками на сигнальних щоглах, можна цілком задовільно пояснити просто проведеною в цьому році реорганізацією обстанови фарватеру.

Отже виведене О. Ф. Романовим збільшення глибин може бути взагалі фіктивним, а якщо воно і реальне, то свідчитиме лише про поступову інтенсифікацію транзитного днопоглиблення. Висновок про масову загибель прорізів у міжнавігаційний період залишається в силі.

Крім того треба мати на увазі, що навіть проріз, який зберігся в міжнавігаційний період, не можна вважати вічним. У згаданому вище першому випуску проекту каналу Волга—Дон (сс. 50—51) після наведення прикладів стійкості прорізів попередніх навігацій підкреслюється, що „прорізи, що зберігаються в період високих вод, виводять перекати з числа тих, які мають бути розроблені, не на весь час, а лише на кілька років“.

3. Нарешті, доказом того, що сучасне транзитне днопоглиблення не призводить до поступового поліпшення перекатів, є той факт, що обсяг днопоглиблення з роками не зменшується.

Так, наприклад, хоч на 50% поглиблених торік перекатів Дніпра і не потрібно буде у поточну навігацію ставити днопоглибні машини, зате днопоглиблення потребуватимуть приблизно стільки ж нових перекатів, які в минулому році були глибокими. В результаті число поглиблюваних перекатів залишається для Дніпра в окремі роки майже без змін. Якщо виключити 1933 р. з його надзвичайним літнім підвищенням рівня води, то для решти років кількість поглиблюваних перекатів не відхиляється від середньої багаторічної величини більше як на 10%. Проте при цьому склад перекатів — об'єктів механічного днопоглиблення — щорічно оновлюється в середньому на 50%.

Не зменшується і сумарна кубатура днопоглиблення; останніми роками вона навіть зростає. Це зростання частково, очевидно, можна віднести на рахунок підвищення нормованої глибини на основній ділянці Київ — Дніпропетровськ з 105 см в 1929 р. до 120 см в 1932—1934 рр.; частково ж його можна вважати тимчасовим наслідком особливих гідрологічних умов 1931—1933 рр. У всякому разі доводиться визнати закономірною для Дніпра сталість кількості й обсягу розчищень перекатів, бо таку ж саму картину дає і найбільш сприятливий за своїм гідрологічним режимом 1930 рік.

Підсумуємо все сказане вище щодо міжнавігаційної стійкості прорізів і величини щорічного днопоглиблення. Ми не відкидаємо можливості докорінного, що залишається на ряд років, поліпшення окремих перекатів у наслідок механічного днопоглиблення. Але, навіть приписавши всі випадки поліпшення перекатів виключно впливові днопоглиблення попереднього року (що, безперечно, було б мало обгрунтоване), мусимо все ж таки констатувати той факт, що на зменшенні сумарного обсягу днопоглибних робіт на транзиті ці поліпшення перекатів не відбиваються і що, таким чином, „міжнавігаційну“ повторність на Дніпрі та Десні треба прийняти в 100%, хоч суто повторне днопоглиблення і провадиться всього на 50% перекатів.

### § 3. Поправки на умови частково регульованого стоку

Розглядаючи, згідно з вказівкою на початку попереднього параграфа, лише другий варіант системи днопоглиблення при регулюванні стоку, встановимо ті особливості роботи прорізів



у нових умовах, які вимагають корегування наведених вище побутових показників повторності.

### Навігаційна повторність

Безумовно сприятливі для стійкості прорізів протягом навігації будуть такі відмінні риси нового режиму річкового потоку: 1) зменшення звичайного переформування русла і занесеності перекатів наносами весною (а отже й полегшення роботи майбутніх прорізів) у наслідок зрізування частини весняного піка водосховищами; 2) зменшення загальної амплітуди коливання горизонтів у навігаційний період через зниження весняних рівнів, з одного боку, і піднесення межених рівнів — з другого; 3) вирівнення великих межених паводків у наслідок підтримання не просто підвищених, але і стабільних межених рівнів <sup>1)</sup>.

Особливо сприятливими для прорізу треба вважати останні дві обставини; роль же першої перебільшувати не слід, бо коефіцієнт регулювання стоку проектується для Дніпра та Десни покищо не дуже високим.

Наша оцінка вказаних особливостей річкового режиму при регулюванні стоку, як сприятливих для стійкості прорізів, стверджується не тільки проведенням О. М. Толмацьким (див. розд. IV, § 3) аналізом кубатури виїмки в окремі роки на Дніпрі та Десні, але й свідченням ряду практиків і дослідників механічного днопоглиблення.

При обговоренні доповіді Н. П. Пузиревського „Об особых условиях течения р. Дона“ на II з'їзді російських діячів водних шляхів у 1895 р. інж. Ревський вказував, що особливістю Дона є „велика стійкість літнього горизонту, а звідси — придатність до підтримання суднового ходу землечерпання“ („Труды съезда“, с. 663).

О. Ф. Романов повідомляв, що „нестійкі тимчасові паводки, які тривають протягом 10—20 днів, згодом надзвичайно несприятливо позначаються на стані перекатів. Вода, піднявшись на  $1\frac{1}{2}$ —2 аршини, міняє течію, яка уляглася в кориті перекату

<sup>1)</sup> При проектуванні реконструкції ріки на базі регулювання стоку повинна бути розроблена докладно методика розрахунку руху попускових вод, яка дозволила б на підставі завбачень перебігу рівнів регулювати роботу окремих водосховищ так, щоб забезпечити стабільність результативної витрати в усякому разі на більшості дільниць.

заливає піски і заносить переكاتи, роблячи висипки в розроблених прорізах, які без цієї привхідної обставини благополучно тримались би до кінця навігації“ (А. Ф. Романов, Отчет по землечерпательным работам на Средней Волге в навигацию 1910 г., „Сборник Казанского окр. п. с.“, в. VI, 1911, с. 9).

Інж. М. О. Антонов, підсумовуючи досвід багаторічного механічного днопоглиблення на середньому плесі Волги, прийшов до висновку, що в період „високих літніх паводків землечерпальні прорізи, як загальне правило, заносяться, звужуються, спускаються вниз за течією і викривляються“ (Н. А. Антонов, Типичные явления, относящиеся к вопросу об устойчивости прорезей, Сборн. „Волжское землечерпание и его достижения“, Цуводпутъ, Ленинград, 1925, с. 88).

Пошкодження переكاتів і зроблених прорізів літніми паводками відмічає в своїй доповідній записці Київській окрузі шляхів і інж. П. Попов („Труды совещания КОПС-а в декабре 1912 г. по важнейшим вопросам дноуглубления“, Киев, 1913, с. 172).

Інж. І. О. Розов вважав 1910 рік особливо сприятливим для судноплавства на Дніпрі, бо, „з одного боку, весняні води були невисокі, завдяки чому ріка не була надмірно засмічена наносами, з другого — вода убувала поступово, що дало змогу течії розробити ходи через переكاتи“ („Труды Совещания КОПС-а в 1911 г.“. Киев, 1911, с. 419).

Не зважаючи на все вищесказане, зробити остаточний висновок про повне сприяння режиму частково зарегульованого стоку стійкості прорізів неможливо, поки не виявлено ролі щодо цієї стійкості підвищених межених горизонтів. Практика сучасного дніпровського днопоглиблення матеріалів для відповіді на це питання не дає. Літературні ж вказівки дуже мізерні, суперечливі і, до того, здебільшого характеризують роль різних горизонтів межених щодо загального обсягу днопоглибних робіт, тобто висвітлюють швидше режим переكاتів, а не прорізів.

Основну оцінку дає інж. М. О. Антонов в уже цитованій статті про підсумки волзького днопоглиблення (с. 89), констатуючи, що круті прорізи при високих горизонтах замулюються, а пологі часто розмиваються. Оскільки, поперше, ми виходимо з обов'язковості переходу при регулюванні стоку на трасування більш пологих прорізів, а, подруге, підвищені меженні рівні

будуть не такі вже високі (50—100 см над середньонизьким горизонтом), то нам здається досить обгрунтованим висновок інж. О. І. Лосівського про те, що новий режим Дніпра та Десни не має в собі нічого несприятливого для стійкості прорізів (див. розд. I, § 4). Як фактор, що сприяє стійкості прорізів, можна відмітити також збільшення ширини, а звідси і потужності їх при реконструкції шляхових умов Дніпра та Десни на базі регулювання стоку, хоч ми не вважаємо, що таке збільшення ширини прорізів набере для розглядуваного нами першого періоду реконструкції на глибину 1,7 м таких розмірів, як це намічає В. М. Гусєв (розд. III, § 3).

Підсумовуючи сказане, ми вправі припустити, що навігаційна повторність днопоглиблення в умовах регулювання стоку буде нижча від теперішньої побутової. Отже з певною мірою обережності можна оцінити величину ремонтного днопоглиблення для Дніпра від Лоева до Табурища і для Десни від Чернігова до гирла в 5—15% основної кубатури. Більший процент може бути в роки з багатоводною весною і в перші роки нового режиму, коли треба зважати на ймовірні помилки в визначенні нового типу прорізів і коли можливі значніші переформування русла, яке „приспосовується“ до нових умов<sup>1)</sup>. Менший же процент може бути в роки з меншою річною амплітудою рівнів.

Для дільниці Дніпра нижче Табурища ми повинні урахувати не тільки такий новий фактор режиму русла, яким є підпор Запорізької греблі, що поширюється до Верхньодніпровська, але й додаткові переваги від „попускового“ підвищення межених рівнів, які ця специфічна дільниця одержала б в наслідок затоплення підводного каміння. Оскільки впливу підпору нижня частина дільниці зазнала лише з 1934 р. і режим перекатів і прорізів у нових умовах ще не виявлений, наш висновок щодо цього має бути дуже орієнтовним і обережним. Тому для дільниці Табурище—Дніпропетровськ ми приймаємо повторність у 30%, досягнуту вже в 1934 р. Складаючи навесні 1933 р. для Укрдніпроводу „Технічну схему підвищення

---

<sup>1)</sup> Проте ми не поділяємо думки О. І. Лосівського (див. розд. I, § 3) про значні зміни режиму річкового русла, яке пристосовується до зарегульованого стоку. В наших дніпровських умовах це пристосування буде кожної (чи майже кожної) весни зриватися потужною повінню, яка не дасть здійснитися стабілізації русла (не слід перебільшувати зарегульованість стоку!).

судноплавних глибин Дніпра за допомогою регулювання стоку верховими водосховищами“, ми, не маючи змоги зробити докладне дослідження цього питання, прийняли для всього Середнього Дніпра обсяг повторних робіт у 25% первинної кубатури, що, очевидно, було взято з деяким запасом.

Щодо самої організації ремонту прорізів ми приєднуємось до пропозиції О. І. Лосієвського про безперервне підтримання прорізів за допомогою зрізування (днопоглибною машиною, яка спеціально для цього курсуватиме) заструг, що утворюються в них. Такий „запобіжний ремонт“, очевидно, буде сприяти зберіганню прорізів і зменшенню процента повторних робіт за їх обсягом.

Нарешті, підкреслимо, що всі наведені нами цифри стосуються прорізів, зроблених землесосами траншейним способом, тобто з перепоглибленням; при папільонажному ж способі процент ремонтних робіт буде значно вищим. З другого боку, наші висновки стосуються певних умов днопоглиблення, а саме: при проектній глибині в 1,7 м на Дніпрі і 1,2 м на Десні та при підвищенні меженного горизонту приблизно на 1,0 м над середньонизьким (витрата води біля Києва порядку 900 м<sup>3</sup>/сек). В таких умовах інтенсивність днопоглиблення не перевищуватиме сучасної побутової. При потребі ж забезпечити більші глибини, або ті ж самі глибини, але при меншому підвищенні рівнів, необхідно було б провадити інтенсивніше днопоглиблення. Можливо, що при цьому довелось би вводити додаткову поправку до цифр побутової повторності в бік збільшення їх. Правда, волзькі практики вважали, що „немає достатньої підстави збільшувати процент занесення прорізів залежно від збільшення проектної глибини“ (Проект Волго-Дона, вып. 1, с. 53).

#### „Міжнавігаційна“ повторність

Було б дуже необережно припускати при регулюванні стоку істотне підвищення міжнавігаційної стійкості прорізів. Ніяких особливих переваг щодо цього, порівнюючи з побутовим режимом, режим частково зарегульованого стоку, що помічається для Дніпра та Десни, не має, бо і при ньому збережуться (з неістотним для існування прорізу ослабленням) весняні повені, а також залишиться руїницький для прорізів льодоставний період. Тому проріз, розрахований на роботу при стабільних горизонтах межені (скажімо, 1,0—1,5 м над нулем спостережень

кїївського водпоста), буде підпадати впливові і весняних горизонтів порядку 4—6 м і зимових—порядку, правда, лише 1—3 м, але з зовсім іншим режимом швидкостей течії й наносів. Сподіватися на збереження прорізу при такому діапазоні рівнів навряд чи доводиться.

Більш-менш сталий і насилу підтримуваний механічним днопоглибленням фарватер Дніпра кожної весни зазнає енергійного й раптового ламання. Досвід 1931—1934 рр. свідчить, що при особливо інтенсивних весняних повенях це переформування русла досягає на Дніпрі таких розмірів, що не можна говорити про стійкість не тільки прорізів, але й самого ходового русла. Оживають раніш цілком непомітні простки, а потужні протоки (наприклад, славнозвісний „Ревун“ нижче Черкас) завмирають; судноплавні рукави виявляються залишеними основним потоком, який прокладає собі новий шлях, часто прориваючи загати, обминаючи берегові укріплення (на ділянці біля Пічок у 1933 р., біля Губиної кручі і т. д.). Після таких повеней, які більш-менш порушують стабілізований на ріці стан, робота днопоглибного флоту різко посилюється. І не тільки тому, що доводиться освоювати нові напрями суднового ходу, допомагаючи ріці в завершенні початого повинню переформування русла, але й тому, що в новій ситуації не завжди легко виявити найкращу трасу фарватеру.

Коли часткове регулювання стоку до певної міри і пом'якшить змальовану тут картину, то цілком запобігти таким переворотам у ріці воно аж ніяк не зможе. Тому розраховувати на поступове поліпшення транзиту при невеликому коефіцієнті регулювання стоку не доводиться.

Підсумовуючи сказане, можемо зробити висновок, що вводити до розрахунків реконструкції Дніпра на базі часткового регулювання стоку зменшення рік-у-рік кубатури днопоглиблення не має підстав.

#### Повторність при капітальних прорізах

Як уже сказано, для прогнозу в цьому випадку ми майже не маємо опори в побутовому механічному днопоглибленні. Тому нам залишається подати лише кілька коротких зауважень. Насамперед відзначмо, що більша міжнавігаційна стійкість капітальних прорізів, які є основною частиною „гідролого-механічної“ системи днопоглиблення, взагалі кажучи (можливі і

винятки), досить обґрунтована. Практика волзького днопоглиблення давно прийшла до висновку, що „проріз, проведений осторонь від фарватеру, може виявитись у порівнюючі стійкішій частині русла, куди наноси надходять у незначній кількості. До того ж щільніше злежаний пісок, в який врізаний канал, важче піддається розмиванню“ (доповідь В. Г. Клейбера „О некоторых важнейших вопросах . . .“, „Труды Комиссии о мерах улучшения водяных путей России“, в. 8, СПб, 1899, с. 8). Аналогічний висновок ми знаходимо у В. А. Трушковського (О землечерпани на р. Волге в связи с историческим ходом мероприятий по улучшению ее судоходных качеств“, „Бюллетень междуправительственной комиссии“, 1911, № 4-5/31-32, с. 206): „Розташування землечерпального прорізу на природному ході перекату завжди буде щодо довговічності прорізу в гірших умовах, ніж розташування прорізу осторонь від природного перекатного ходу.“

Проте ми досі маємо дуже мало досвідного матеріалу щодо стійкості капітальних прорізів не лише в міжнавігаційний період, але й протягом однієї навігації. Тому ми повинні вважати дуже орієнтовною оцінку В. М. Гусєвим (див. розд. III, § 4) навігаційного ремонту капітальних прорізів у розмірі 30% первинної кубатури, а напівкапітальних — до 50%.

Відзначмо, що потребу значного навігаційного ремонту підтверджує і багаторічна практика волзького днопоглиблення, яка вказує, що проріз, зроблений у новому напрямі, навіть цілком удаю, звичайно потребує в перший час свого існування підчищення (М. О. Антонов, цит. стаття, с. 90).

З другого боку, безперечним треба вважати і те, що при найвдаліших днопоглибних роботах не можна для кожного перекату забезпечити виведення його назавжди з лав об'єктів механічного днопоглиблення, оскільки ми не усуваємо причин скупчення наносів на даному місці. Звідси випливає, що коли б навіть і удалося виправити деякі перекати капітальними прорізами, то через деякий більш менш довгий час на бі. . . ості з них знову довелось б робити днопоглиблення. Нарешті, нагадаємо, що на Дніпрі, як і взагалі на ріках з піщаним руслом, поглиблення (чи то в результаті природного переформування русла, чи то в наслідок механічного днопоглиблення або виправлення) одного якогось перекату здебільшого спричиняє незабаром появу мілководних місць вгору або вниз за течією і що не видно причин, які

могли б усунути цю особливість режиму наших рік в умовах частково зарегульованого стоку. Отже коефіцієнт міжнавігаційної повторності далеко не буде дорівнювати нулеві і при першому варіанті системи днопоглиблення.

#### § 4. Завдання дальших досліджень

Зроблені нами вище висновки є лише першим наближенням до розв'язання поставленого завдання і повинні вважатися досить орієнтовними. Причиною цього є відмічена в передмові відсталість теорії днопоглиблення від вимог практики. Для нашої теми становище погіршувалось обмеженістю вихідних матеріалів щодо днопоглибних робіт на Дніпрі та Десні.

Обмеженість їх виявляється насамперед у відсутності відомостей за роки до 1929-го. Використаних нами даних за п'ять років, які до того ж відзначаються, починаючи з 1930 р., надто своєрідними гідрологічними умовами, звичайно недосить для з'ясування багатьох питань. Самі ці матеріали дуже бідні у частині спостережень над результатами днопоглиблення. У наслідок цього „життя“ прорізів на протязі межені (не кажучи вже про льодовий та весняний періоди) лишається майже цілком невисвітленим, що дуже утруднює розв'язання питання про навігаційну та міжнавігаційну стійкість.

Використати з цієї метою відомості бакенників про щоденні глибини на перекатах майже некорисно. В усякому разі неприпустимо базувати на них відповідальні висновки. VI з'їзд російських діячів водних шляхів у 1899 р. в наслідок згаданої вище дискусії між Лохтіним і Клейбером про стійкість днопоглибних прорізів визнав непереконаливість усіх доказів в цьому питанні, які ґрунтуються на свідченнях бакенників („Труды съезда...“, Журнал засіданий, с. 86). Головною хибкою цих свідчень, як матеріалу для вивчення занесення прорізу є те, що „вивіщування глибини роблять для перекаату, а не для прорізу ; вона може бути визначена і глибиною на камінні, і глибиною на нерозчищеній частині“ (виступ М. В. Терпугова на нараді КОПС-а в грудні 1912 р. з питань днопоглиблення, „Труды Совецання...“, Киев, 1913, с.38). Крім того, при місцевому змінні десь по довжині прорізу бакенник покаже глибину саме цього місця. Для транзитного судноплавства, власно кажучи, однаково, чи весь проріз занесено, чи лише невелику частину

його. Тим часом для з'ясування наслідків днопоглиблення різниця тут величезна (див. з цього приводу доповідь В. Г. Клейбера „О некоторых важнейших вопросах улучшения волжского транзитного пути землечерпанием“, „Труды комиссии о мерах улучшения водяных путей России“, в. 8, СПб, 1899, с. 12).

Далі, через недостатність наявних матеріалів ми не можемо розв'язати питання ні про поведінку прорізів в окремі фази паводків, ні про вплив на її стійкість підвищених стабільних горизонтів, ні про особливий режим прорізу в умовах підпору.

З цього побіжного нарису „темних“ місць нашої теми випливає і програма дальших досліджень для уточнення даних нами рішень:

1. Поширення проробки даних про днопоглиблення за дальші роки <sup>1)</sup>.

2. Натурні спостереження протягом цілого року над режимом кількох прорізів, різного трасування і на різноманітних перекатах.

3. Спеціальне вивчення за плановими матеріалами і в натурі режиму прорізів у зоні підпору Запорізької греблі.

4. Аналіз стійкості прорізів на ділянках Дніпра вище і нижче впадання великої притоки, яку можна було б прирівняти — щодо впливу на ріку й проріз — до попуску (пропозиція О. І. Лосівського, див. розд. I, § 3).

<sup>1)</sup> Переведений мною вже після написання цієї роботи орієнтовний підрахунок % навігаційної повторності днопоглибних робіт в 1934 і 1935 рр. дає таку картину % повторності (разом і „неминучої“, і „випадкової“):

Назва ділянки	1934	1935
Дніпро		
Прип'ять — Київ	7	17
Київ — Черкаси	11	11
Черкаси — Табурище	19	52
Табурище — Дніпропетровськ	22	40
Десна		
Чернігів — гирло	23	33

Великий % повторності на ділянці Дніпра Черкаси — Табурище зв'язаний з зміною напрямку фарватера на ділянці Ревун — Мошкина Річка, а на ділянці Десни — з виправними роботами.



5. Вивчення складу наносів типових перекатів для встановлення розмірів критичної для них швидкості.

6. Вивчення в лабораторних умовах впливу на стійкість прорізу підвищених горизонтів режиму частково зарегульованого стоку.

До цього переліку (в розрізі лише, безперечно, даної теми) головних питань дальшого дослідження треба додати таку кардинальну проблему, як лабораторна та досвідна перевірка основних положень „гідролого-механічної“ системи, без чого не можна буде провести реконструкції днопоглиблення в сприятливих для цього умовах зарегульованого стоку.

## РЕЗЮМЕ

Настоящая работа выполнена в 1934—1935 гг. по поручению Укргидроэлектропроекта в секторе водного транспорта Института водного хозяйства АН УССР организованной мною бригадой научных работников. Конечная цель работы — дать обоснование расчетам повторности транзитного дноуглубления на Днестре и Десне в условиях частично зарегулированного стока. Попутной задачей нашей Укргидроэлектропроект поставил дачу „общих указаний о трассировании прорезей при паводочном и меженином горизонте“. Таким образом, данная работа посвящена одному из сложнейших вопросов речной гидравлики в ее практическом применении.

Организуя работу над заданной Укргидроэлектропроектом темой бригадным методом с участием внекиевских научных работников, мы исходили из желания обеспечить, благодаря широкому участию специалистов в этой области, возможно всесторонний подход к невыясненным и дискуссионным вопросам. Это, правда, привело к некоторой несогласованности между собой отдельных глав из-за усложнения координации и коллективного обсуждения их в условиях нахождения исполнителей в разных городах (Киев, Москва, Горький). Не обошлось и без некоторого расхождения мнений, но, с нашей точки зрения, это не является недостатком работы, посвященной очень сложной и еще мало разработанной теме. Поэтому мы не считали обязательным в каждом таком случае свое вмешательство как бригадира и редактора. Нам представлялось более правильным уделить основным дискуссионным положениям известное место в своей заключительной главе.

---

Глава I

**Основные факторы, определяющие режим перекатов и роль их в условиях частично зарегулированного стока**

*А. И. Лосиевский*

При рассмотрении вопроса автор опирается на длительные исследования процессов образования перекатов и движения донных наносов, проведенные им в Московской гидротехнической лаборатории ЦНИВТ-а. Исходя из выработанной в результате этих исследований гипотезы формирования речного русла, автор рассматривает каждый из отдельных факторов, участвующих в процессе формирования переката, в особенности имеющие, повидимому, наибольшее значение, — степень загруженности потока наносами и характер их перемещения внутри его посредством поперечных течений.

Оценивая степень воздействия нового режима зарегулированного стока на каждый из рассмотренных факторов, автор приходит к выводу, что „из всех основных элементов, характеризующих этот новый режим, факт уменьшения количества поступающих в реку паводочных наносов вследствие частичного отстаивания их в водохранилищах должен оказать наиболее благоприятное влияние на состояние перекатов, в особенности в том случае, если накапливающие воду водохранилища будут сосредоточены не только в верховьях реки, но и в других местах, более или менее равномерно по всей ее длине“.

Что касается наиболее ответственной части попускового режима, именно периода меженного стояния более высоких против нормы горизонтов воды, то автор отмечает „благоприятное влияние в смысле уменьшения интенсивности встречных внутренних течений в подвалье переката и потому ослабления отложений на валу последнего“. Одновременно указывается на опасность получения скоростей выше критического значения для наносов данного участка реки, результатом чего было бы превращение этого участка в малоустойчивый, с постоянным переформированием, неблагоприятным для судоходства. Этот вопрос может быть разрешен только при непосредственном более детальном изучении отдельных перекатов в отношении состава наносов и ожидаемой при новом режиме скорости. В связи с этим подчеркивается, что всякие нерегулярные попуски, дающие отдельные паводочные волны, создают значительное уве-

личение скоростей, так как в лобовой части волны наблюдаются повышенные уклоны, ускоряющие сток отпущенной воды и могущие служить одной из причин нежелательных, обычных для паводка, переформирований переката. Это обстоятельство является еще одним доводом в пользу установления метода непрерывного добавочного питания реки из водохранилищ в меженный период.

Для оценки возможного влияния нового режима автор выдвигает интересный метод „сравнения между собой перекатов одного и того же типа и участков той же реки, расположенных выше и ниже притока, по мощности приблизительно соответствующего проектируемому попуску, полагая, что изменения, соответствующие увеличению расхода вследствие впадения притока, будут подобными тем, какие произойдут при увеличении расхода за счет непрерывного дополнительного питания“. Для оценки возможной судоходной глубины реки после установления нового режима в первом приближении рекомендуются соотношения:

$$H_{non} = H\kappa \sqrt{\frac{W_{non}}{W}} \quad \text{и} \quad H_{non} = Hm \sqrt{\frac{Q_{non}}{Q}}$$

где  $H$ ,  $W$  и  $Q$  — соответственно глубины, живые силы и расходы как для попускового, так и для естественного режима, а  $\kappa$  и  $m$  — коэффициенты, подлежащие определению. Величину  $m$  для первых прикидок можно принять равной 1, 2.

Переходя к вопросу о характере работы дноуглубительной прорези, автор считает его наиболее трудным, поскольку даже при неискаженном режиме реки он до настоящего времени остается неразрешенным. Опыты по изучению режима прорезей в лаборатории, а также отчасти связанные с ними натурные наблюдения показывают, что устойчивость прорези при постоянном горизонте определяется достигнутым при этом соотношением между количествами поступающей в нее воды и количеством наносов. Обычное стремление дать прорези возможно большие скорости течения часто не приводят к желательным результатам. Действительно, мы можем представить себе прорезь при совершенном отсутствии течения и тем не менее вполне устойчивую, так как при таких условиях в прорезь не могут попасть и наносы и, следовательно, она не может засориться. С другой стороны, при очень больших скоростях и

отсутствии извне поступающих наносов прорезь все же не будет устойчивой, так как — при несоответствии между крупностью наносов и взятой скоростью — русло такой прорези будет подвергаться или постоянным переформированиям, которые заканчиваются ее искривлением, или поворотом в крутое положение относительно оси потока, или, наконец, засорением шалыгами и застругами, сложенными из тех же наносов. Наиболее рациональным расположением прорези автор главы считает такое, „при котором в нее будет поступать возможно малое количество наносов при наличии скоростей, не вызывающих чрезмерного переформирования русла“. Новый режим, дающий в меженный период, с одной стороны, увеличение глубин и скоростей, а с другой — обеспечивающий постоянство меженных горизонтов воды, не содержит в себе элементов, которые препятствовали бы развитию предлагаемого автором метода назначения прорезей, так как при всей сложности рельефа русла на перекате в каждом отдельном случае возможно найти области, удовлетворяющие поставленным условиям расположения прорези. Более того, соответствующая новому режиму устойчивость меженного горизонта воды будет обеспечивать нормальную работу прорези, что в равной мере относится к прорезям и иных типов.

„В части поступления новых наносов действие меженного паводка остается в той же мере, как и при естественном режиме, во всяком случае новый режим здесь не может внести ухудшения. Что же касается весеннего половодья, то здесь попусковый режим вносит отмеченное выше улучшение, так как соответствующая этому режиму высота паводка и количество доставляемых к дноуглубительной прорези наносов будут уменьшены по сравнению с естественным режимом вследствие срезания гребня паводка водохранилищами. Тем не менее общая картина неблагоприятного действия половодья на прорезь остается в значительной степени прежней, так как прорезь, в основном рассчитанная по своему расположению и форме на меженные условия, не может, конечно, оказаться в столь же благоприятном положении и к весеннему потоку, в котором направление и форма внутренних течений, а также и скорости в общем случае совершенно не соответствуют меженным. Таким образом, нельзя ожидать, что новый режим может в значительной степени разрешить вопрос об устойчивости меженных

прорезей в период весеннего половодья. Однако уменьшение высоты весеннего паводка, уменьшение общего количества наносов, доставляемых паводком к перекату, не может не отразиться благоприятно на состоянии дноуглубительных прорезей в смысле уменьшения их засорения в период половодья. Это облегчение борьбы с последствиями паводка может сыграть в дальнейшем большую роль при разработке методов назначения прорезей, устойчивых в равной мере как при межених, так и при высоких горизонтах воды“.

Вообще же автор считает необходимым отметить, что „дноуглубительные прорези по направлению, форме и степени устойчивости в новых условиях будут значительно отличаться от прежних прорезей на тех же перекатах. Общий характер этих изменений приближенно может быть установлен уже отмеченным выше способом сравнения рассматриваемого участка реки с подобным же участком той же реки, но взятым после впадения в нее притока, с расходом воды, равным среднему расходу попусков. Было бы поэтому ошибкой полагать, что опыт дноуглубления, накопленный на данном участке реки до перехода на новый режим, может быть механически перенесен в новые условия. В особенности необходимо ожидать больших изменений в трассировании прорезей в первый период переформирования реки в соответствии с новыми условиями, так как в это время формы перекатов еще не будут достаточно определенными и устойчивыми“.

„Для того, чтобы в условиях нового режима можно было действительно обеспечить потребные реконструированному судостроительству повышенные глубины, дноуглубление должно вести непрерывную постоянную борьбу с новыми наносными образованиями в русле прорези, устраняя их по возможности в самом начале возникновения и не допуская наращивания их до той величины, при которой для устранения их уже потребуются солидные работы“. „Такое предупредительное дноуглубление может быть осуществлено путем курсирования на определенном участке реки достаточно мощного снаряда такой конструкции, которая позволяла бы снимать сравнительно небольшие выступы dna выше определенной изобаты без остановки снаряда, попутно, во время прохождения его через перекат. Способ удаления и свалки грунта, так же как и другие детали конструкции и работы такого снаряда, требуют соот-

ветствующей разработки". Автор полагает, что „применение указанного метода предупредительного дноуглубления в дополнение к рассмотренному методу попусков обеспечит возможность создания и поддержания потребных для судоходства повышенных устойчивых глубин“.

## Глава II

### Трассировка прорезей при бытовом режиме стока

*А. М. Толмацкий*

В данной главе автор констатирует, что общепризнанных и прочно установленных правил трассировки прорезей мы пока не имеем.

Все же, используя наблюдения над жизнью реки и выполненными прорезями, отдельные работники дноуглубления дали ряд практических указаний для проектирования прорезей. В главе приводятся наиболее интересные из них и дается их оценка. Из выведенных разными авторами руководящих положений рассмотрены следующие три основных:

1. Прорезь должна иметь такое начертание, при котором поток сохранил бы живую силу для перенесения наносов из верхового плеса в низовой.

2. Трассировка прорезей должна вестись в расчете на максимальное использование „естественно-формирующей работы потока“ (гидролого-механическая система).

3. Решающее значение в образовании перекатов имеют поперечные донные течения, а потому и прорезь нужно трассировать, учитывая прежде всего направление этих течений на перекате.

Далее рассмотрено (главным образом на основе днепровской практики) начертание прорези при межennem горизонте на простом и сложном перекатах, а также трассировка прорези при высоких горизонтах.

## Глава III

### Основные принципы трассировки дноуглубительных прорезей в условиях зарегулированного стока

*В. Н. Гусев*

Анализируя требования, выдвигаемые научно-исследовательской проработкой вопроса о трассировке прорезей, автор приходит к заключению, что эти требования, в специфических

условиях повышенных стабильных горизонтов, сводятся к следующему:

„а) К преобладающему пользованию прорезями полукапитального характера с частичным отторжением (подрезкой) низовых побочней и со свалками грунта на низовые косы, причем работу рекомендуется вести траншейными, землесосными снарядами на достаточно длинный трубопровод.

б) К применению в исключительных случаях меженней трассировки с расчисткой существующих корыт перекаатов и частичной подрезкой верховых побочней. Свалка грунта в таких случаях производится на верховую косу ближе к кромке прорези.

в) К применению, главным образом в первые декады попускового режима при жестком требовании бесперебойных нормированных глубин, метода подчистки гребней и сшибания шалыг. Эту работу рекомендуется делать черпаковыми снарядами со свалкой грунта по возможности на низовые косы.

г) К капитальным разработкам по отторжению низовых и главным образом правых побочней, в случае достаточной работанности их побочневых протоков. Свалку грунта нужно делать преимущественно за береговую кромку прорези, а в случае если бровка яра слишком высока — на стрелневый скат отторгаемого побочня“.

Из всего изложенного вытекает, что дноуглубительные работы в условиях искусственного питания Днепра потребуют максимальной гибкости от их руководителя, так как пока не могут быть регламентированы какими-либо определенными методами трассировки прорезей.

Автор подчеркивает необходимость составлять перед началом работ предварительный план их и даже производить трассировку прорезей по съемкам прежних лет для ориентировочного подсчета кубатуры выемки по отдельным перекаатам и главное по всему плесу в целом для определения числа потребных для поддержания заданных глубин снарядов. Особо необходима трассировка и подсчет работ для намечаемых капитальных прорезей, так как перекааты, назревшие для таких расчисток, редко за один год изменяют свой характер.

Необходимо, однако, иметь в виду, что подобные планы всегда терпят значительную ломку, так как ложе реки слишком изменчиво,



„В первые годы борьбы за повышенные нормированные глубины по гидролого-механической системе дноуглубления необходимо предвидеть большое количество повторных и ремонтных работ, так как капитальные и полукapитальные прорезы направлены к коренному переформированию русла и не могут быть приняты безболезненно рекой в первый же год их существования даже при стабилизации межених горизонтов“. Мощные прорезы и их ремонтные работы потребуют больших кубатурных вложений, которые, по мнению автора, „в ближайшие же годы должны себя оправдать перерождая затруднительные перекаты в спокойные, а некоторые перекаты вовсе уничтожая; но нельзя забывать, что даже при зарегулированном стоке весенние паводки будут почти столь же вредоносны, а главное остается зимний режим с его неблагоприятными для нашей пологой трассировки пониженными горизонтами и подледной жужгой, тормозящей скорости потока часто в самых нужных нам районах реки и обуславливающей иногда заносы наших капитальных разработок“.

Автор предвидит многолетнюю упорную борьбу за упорядочение транзита, но считает, что эта борьба не будет сопровождаться той бесполезной затратой кубатуры, которую вызвала клейберовская система.

Далее автор останавливается на ориентировочном выявлении кубатуры повторных и ремонтных работ в год их производства. Прежде всего он отмечает, что „почти вся кубатура прорезей, сделанных по методу подчистки гребней, целиком ляжет накладным расходом на наши работы, отчасти вследствие вообще маломощности таких подчисток и их быстрого заноса, а отчасти вследствие вынужденной иногда трассировки их вне намеченных более капитальных прорезей“. Полагая, что число таких подчисток будет невелико и их кубатура не превысит 5% от общей выемки грунта на данном плесе за всю навигацию, автор в переводе этой черпаковой кубатуры в землесосную (с переглублением) получает, что потеря будет около 10% всей выработки.

Прорезы межених трассировки в текущую навигацию автор считает достаточно устойчивыми (повторные работы — не более 10% от первичной кубатуры). „Прорезы полукapитальные в первый год их существования будут, вообще говоря, мало устойчивы, особенно в своих низовых областях, и потребуют неодно-

кратных, быть может, подчисток, приблизительно в размере 50% их первоначальной кубатуры. Прорези капитального характера будут страдать главным образом в своих концевых и начальных районах, и кубатура подчисток может дойти до 30% первоначальной кубатуры, затраченной на капитальную разработку переката“.

Определяя общий процент повторных и ремонтных работ для Днепра при землесосной работе близким к 40%, автор не считает его, однако, чрезмерно обременительным, так как даже при меженней трассировке прорезей на Волге он (правда, при черпаковой работе) достигает 50%. Необходимость затраты столь значительной кубатуры на повторные работы при трассировке пологих прорезей капитального и полукапитального характера, необходимых при повышенных стабильных горизонтах, не должна, по мнению автора, удерживать нас от этого единственно правильного пути упорядочения транзита.

„Кроме того, длительное воздействие потока на перекаты и прорези при повышенных горизонтах будет направлено на поддержание пологих прорезей, а некоторое снижение весенних паводковых пиков и почти полное отсутствие вредоносных меженных паводков будут способствовать созданию стока единого направления, что явится наилучшим залогом успешности всех гидротехнических мероприятий по улучшению транзита. Хотя не следует переоценивать осветляющего воду действия будущих плотин, но безусловно некоторое благоприятное влияние на насыщенность потока взвешенными наносами они окажут, так как наблюдениями и опытами установлено значительное замедление верхних бьефов непосредственно выше запруд (на малых потоках)“.

В заключение автор кратко оценивает необходимость применения в некоторых случаях регуляционных сооружений в помощь механическому дноуглублению, особенно на Днепре, при обилии в некоторых его районах многочисленных раздвоений и даже растроений русла.

Отбрасывая надобность в каких-либо водостеснительных сооружениях, вроде бун, автор отличает целесообразность ослабления второстепенных рукавов донными запрудами, щитовых заграждений, рассадок, кольматажа оврагов и, наконец, закрепления опорных подмываемых яров.

## Устойчивость дноуглубительных прорезей на Днестре и Десне

*А. М. Толмацкий*

Изучение материалов дноуглубления на Днестре и Десне за 1929—1933 гг. привело автора к следующим выводам:

„1. Данные о дноуглублении на Днестре и Десне, которыми можно в настоящее время располагать, являются недостаточными для суждения об устойчивости прорезей в течение одной навигации и совершенно недостаточными для выводов об устойчивости прорезей в междунавигационный период.

„2. Эти данные позволяют выявить лишь размеры повторности дноуглубительных работ как в течение текущей навигации (навигационная повторность), так и в следующую за ней (междунавигационная повторность)“.

„3. Из данных о навигационной повторности следует:

а) На участке Лоев — Табурище средний процент бытовой навигационной повторности несколько растет вниз по течению. Однако, во-первых, это нарастание очень невелико, находясь в пределах точности подсчета кубатуры, и, во-вторых, может быть объяснено и увеличением требований к поддержанию транзитных глубин на нижних плесах с более интенсивным судоходством. Поэтому было бы преждевременным, без детального исследования режима прорезей, делать вывод об уменьшении их устойчивости лишь в результате нарастания водоносности потока. В частности для участка Киев — Табурище главная масса повторных работ приходится на поддержание судового подхода к пристани Переяславль.

б) На участке Табурище — Днепропетровск процент повторности дноуглубительных работ резко повышается. Это объясняется наличием в русле каменных забор, которые вынуждают держать судовой ход в стороне от динамической оси потока, часто через сухие косы, где прорези быстро заносятся.

в) Максимальные размеры бытовой навигационной повторности наблюдались на всех участках Днестра в 1932 г., минимальные — в 1930 г. Навигацию 1931 г. можно считать промежуточной по размерам повторности дноуглубления (1929 г. нельзя брать в расчет, так как на Верхнем Днестре и Десне к тому времени не было еще систематического дноуглубления). 1933 г. дал сравнительно небольшую повторность, но он не может идти

в сравнение с другими годами вследствие обособленности его гидрографа.

„4. Средние за четыре года размеры междунавигационной повторности наблюдаются между 40 и 54%. По отдельным участкам они определяются следующими величинами:

	%
Лоев — устье Припяти . . . . .	54
Устье Припяти — Киев . . . . .	43
Киев — Табурище . . . . .	40
Табурище — Днепропетровск . . . .	45
Чернигов — устье Десны . . . . .	42

Наибольшие, в целом, размеры междунавигационной повторности наблюдаем в 1932 г., затем в 1931 г., наименьшие — в 1933 году. 1930 год не мог идти в сравнение, так как только с этого года начато систематическое дноуглубление на Верхнем Днепре и Десне.

„5. Даже самые точные данные о навигационной повторности не могут быть достаточными для суждения об устойчивости прорезей на плесе, так как:

а) прорезь может оказаться занесенной частично или полностью, а судовой ход разработан потоком в стороне от нее без помощи механического дноуглубления;

б) прорезь может быть занесена при начавшемся подъеме горизонтов с сохранением на перекате достаточных для судоходства глубин, — тогда надобность в повторном черпании отпадает;

в) наконец, прорезь может быть занесена, а судовой ход переведен в другой рукав или проток.

„6. Еще в меньшей мере отражается на размерах повторности междунавигационная устойчивость прорезей после воздействия на них ледового режима и весенних паводков, так как:

а) процент междунавигационной повторности уменьшается вследствие того, что часть ранее черпавшихся перекатов остается вне транзита при освоении новых рукавов;

б) прорезь может быть занесена или осенью — зимой или при весеннем паводке, а затем при спаде воды перекат может размываться без участия механического дноуглубления.

в) судьба прорезей на тех перекатах (приблизительно половина общего количества углубленных), которые в последующую навигацию уже не подвергаются дноуглублению, остается для нас неизвестной. Часть из них, весьма вероятно, спо-

способствует улучшению перекаатов, но предполагать, что они в большинстве сохраняются, было бы неправильно хотя бы потому, что в результате такого явления мы имели бы коренное улучшение транзита и постепенное уменьшение объема механического дноуглубления. На самом же деле, кубатура грунта растет из года в год, даже на тех участках реки, где нормированные глубины стоят на месте.

„7. По очень неполным данным об устойчивости прорезей в течение одного — двух месяцев их „жизни“ на плесе Днепра Киев — Днепропетровск оказывается:

а) На участке Киев — Табурище сохраняют устойчивость (в среднем за 5 лет) 38% рассмотренных прорезей, подвергаются частичному заносу 35% и полностью заносятся 27%.

б) На участке Табурище — Днепропетровск сохраняют устойчивость всего 13% прорезей, частично заносятся 21% и полностью заносятся 66%.

„8. Для установления зависимости объема и результатов дноуглубительных работ от гидрографа одних планов перекаатов (предварительных и контрольных) и статистических данных о работе дноуглубительных снарядов совершенно недостаточно. При наличии таких данных приходится ограничиться лишь следующими выводами:

а) работа весеннего паводка перекрывает в основном как результаты воздействия на русло самого потока в периоды, предшествующие паводковому, так и результаты дноуглубления;

б) чем мощнее весенний паводок, тем сильнее переформируется русло и тем больше приходится работать дноуглубительным машинам, чтобы его снова упорядочить.

в) чем спокойнее горизонты межени, тем лучше держатся прорези.

„9. Общая кубатура дноуглубления на Днепре за рассмотренное пятилетие растет из года в год, что, очевидно, объясняется не только гидрологическими факторами, но и организационно-хозяйственными. Однако для 1932 г. основной причиной резкого увеличения дноуглубительных работ надо считать необходимость усиленного освоения новых путевых условий, созданных двумя последовательными мощными паводками 1931 и 1932 гг. Возможно, что прибавившиеся к ним разрушительные действия лета 1933 г. стали причиной дальнейшего роста кубатуры в 1934 г.“

## Повторность землечерпания в условиях частично зарегулированного стока

*А. К. Корчагин*

Автор подытоживает обсуждение в предыдущих главах вопроса о трассировке дноуглубительных прорезей и их устойчивости в условиях бытового и частично зарегулированного стока Днепра и Десны, намечает решение вопроса о повторности транзитного дноуглубления для последнего случая и одновременно выделяет отдельные дискуссионные положения в главах принадлежащих другим авторам.

Вопрос о проценте повторного дноуглубления — „навигационного“ (ремонт или восстановление прорезей текущей навигации) и „междунавигационного“ (ремонт или восстановление прорезей прошлогодней навигации) необходимо решать, учитывая:

а) метод трассировки прорезей при новом режиме, так как правильный выбор направления прорези является основной предпосылкой ее устойчивости;

б) фактические показатели повторности механического дноуглубления в бытовых условиях, так как путь аналогий с бытовым режимом является единственно возможным для прогнозов из-за слабой разработанности теории механического дноуглубления вообще и устойчивости прорезей в частности;

в) поправки на гидрологическую характеристику режима частично зарегулированного стока, так как устойчивость прорези в значительной степени определяется режимом стока.

Варианты системы трассировки при регулируемом стоке. Рассмотрение этого вопроса приводит автора к выводу о необходимости учитывать два основных возможных варианта: 1) переход на новую, резко отличную от существующей, систему, недостаточно еще определенную и проверенную, а потому не имеющую обоснования повторности, но по мнению ее авторов, обеспечивающую значительную междунавигационную устойчивость; 2) некоторое изменение существующей системы в сторону придания прорезям более пологих направлений, что безусловно будет способствовать большей их навигационной устойчивости.

Показатели бытовой повторности. Выведенные А. М. Толмацким (глава IV) цифры повторности дноуглубления

в условиях естественного режима Днепра и Десны можно использовать лишь для определения повторности при втором варианте системы трассировки, так как для обоснования повторности при первом варианте мы аналогий в современных условиях Днепра не имеем. Отбрасывая кубатуру повторных работ, вызванных неправильностями трассировки первичных прорезей (они составляют в среднем 5—10% всей первичной кубатуры), и считая остальные повторные работы неизбежными, автор в результате проработки А. М. Толмацкого составляет следующую табличку процента кубатуры неизбежной расчистки прорезей в течение навигации по отношению к первичной кубатуре:

Участки	Минимум	Среднее за 5 лет	Максимум
Днепр от Лоева до Табурица . . . . .	0—5	5—10	11—21
Днепр от Табурица до Днепропетровска.	30	48	77
Десна от Чернигова до устья . . . . .	0	4	10

На выделенном особо из-за исключительно большого процента ремонта прорезей участке Днепра Табурице — Днепропетровск 1934 г. дал в результате действия подпора Запорожской плотины снижение процента до 22. Из сравнения процента повторного дноуглубления в отдельные годы выведено, что он уменьшается в годы с пониженным весенним паводком и спокойными, ровными горизонтами межени.

В отношении повторности работ на перекатах, черпавшихся в предыдущую навигацию, проработка А. М. Толмацкого указала, что ежегодно приходится делать снова прорези приблизительно на 50% перекатов, расчищавшихся в предыдущую навигацию. Однако это не приводит к уменьшению общего количества перекатов, ежегодно углубляемых машинами, которое остается почти неизменным. Переход части перекатов, бывших мелководными в предыдущую навигацию и требовавших вмешательства средств механического дноуглубления, в хорошее состояние компенсируется ухудшением приблизительно такого же количества перекатов, бывших ранее глубоководными. В результате, если исключить 1933 г. с его необычным летним режимом уровней, то колебания по годам количества механически углубляемых перекатов не будут превосходить 10%. Не

уменьшается и ежегодная суммарная кубатура транзитного дноуглубления. Ряд приводимых автором примеров свидетельствует о том, что указанное явление надо считать типичным вообще для рек с песчаным ложем и что при переходе от одной навигации к последующей наблюдается ухудшение одних и улучшение других перекатов в результате естественного переформирования русла, т. е. без дноуглубления. С другой стороны, имеется большое количество прямых указаний на массовую гибель прорезей в междунавигационный период. В итоге получается, что бытовую междунавигационную повторность дноуглубления на Днестре надо считать равной 100%.

Поправки на режим частично зарегулированного стока. Безусловно благоприятными для устойчивости прорезей на протяжении навигации автор считает такие отличительные черты этого нового режима: 1) уменьшение обычного переформирования русла и засорения перекатов наносами в весенний период в результате срезки части весеннего пика водохранилищами; 2) уменьшение общей амплитуды колебания горизонтов в навигационный период вследствие снижения весенних уровней — с одной стороны, и повышения межених — с другой; 3) сглаживание больших межених паводков в результате поддержания не просто повышенных, но и стабильных уровней межени. Особенно благоприятными для жизни прорези надо считать последние два обстоятельства. Роль же первого не следует преувеличивать (ср. главу I), так как коэффициент регулирования стока проектируется для Днестра и Десны пока что не очень высоким. Оценка указанных трех особенностей частично зарегулированного стока как благоприятных для навигационной устойчивости прорезей подкрепляется свидетельством ряда практиков и исследователей дноуглубления (Н. П. Пузыревский, А. Ф. Романов, Н. А. Антонов, П. В. Попов и И. А. Розов).

Как фактор, способствующий сохранности прорезей в течение навигации, отмечается также увеличение их ширины, а следовательно, и мощности, намечаемое для Днестра и Десны при реконструкции их, на базе регулирования стока. Однако едва ли это уширение прорезей достигнет в рассматриваемый нами первый период реконструкции на глубину 1,7 м таких больших размеров (80 и 100 м), как это намечает в главе III В. Н. Гусев.

Прогноз навигационной повторности. В итоге автор допускает, что в условиях частичного регулирования сто-



ка Днепра и Десны навигационная повторность дноуглубления при втором варианте системы трассировки должна быть ниже теперешней бытовой. Поэтому он с известной долей осторожности оценивает величину ремонтного дноуглубления для Днепра от Лоева до Табурища и для Десны от Чернигова до устья в 5—15% основной, первичной кубатуры. Большой процент может быть отнесен к годам с многоводной весной и к первым годам нового режима, когда возможны ошибки в назначении прорезей несколько по-новому и когда вероятны более значительные переформирования русла, приспособляющегося к новым условиям (однако не следует переоценивать роли этого „приспособления“, как это делает А. И. Лосиевский). Для Днепра от Табурища до Днепропетровска приходится — из-за недостаточной изученности режима этого участка в условиях распространения подпора от Запорожской плотины — делать выводы особенно ориентировочно и осторожно. Поэтому здесь принимается повторность в 30%, достигнутая уже в 1934 г.

Указанные цифры навигационной повторности относятся к обычному на Среднем Днестре случаю выполнения прорезей землесосными машинами траншейным способом, т. е. с переглублением. При папильонажной разработке процент ремонтных работ будет значительно (быть может, в несколько раз) выше. С другой стороны, все сделанные выше выводы имеют в виду определенные условия дноуглубления, а именно: проектную глубину 1,7 м на Днестре и 1,2 м на Десе, повышение межени горизонты приблизительно на 1,0 м над средне-низким навигационным горизонтом, чему соответствует расход воды у Киева порядка 900 м<sup>3</sup>/сек. В этих условиях интенсивность дноуглубления не будет выше современной бытовой. В случае же необходимости обеспечить большие глубины при том же объеме зарегулирования стока, либо те же глубины, но при меньшем повышении межених уровней, интенсивность дноуглубления возросла бы. Возможно, что учесть это пришлось бы увеличением процента навигационного ремонта прорезей, хотя имеются указания на независимость процента заносимости прорезей от глубины черпания.

Прогноз „междунавигационной“ повторности. Автор считает очень неосторожным предполагать существенное повышение междунавигационной сохранности прорезей обычной трассировки при частичном зарегулировании стока, как оно

намечается для Днепра и Десны. При новом речном режиме сохраняются (с несущественными для жизни прорези ослаблениями) весенние паводки, останется и губительный для прорезей ледоставный период. Поэтому прорезь, рассчитанная для работы при стабильных горизонтах межени (скажем, от 1,0 до 1,5 м над нулем наблюдений киевского водпоста), будет подвергаться влиянию и весенних горизонтов порядка 4—6 м, и зимних, порядка, правда, 1—3 м, но с совершенно иным режимом наносов и скоростей течения. Опыт 1931—1934 г. свидетельствует о том, что при интенсивных весенних паводках переформирование русла достигает на Днестре таких размеров, что нельзя говорить о сохранении не только прошлогодних прорезей, но и самого судоходного русла. Оживают ранее совершенно незаметные протки, а могучие протоки замирают, судоходные рукава часто оказываются оставленными основным потоком, который прокладывает себе новые пути. Если эта картина и будет несколько смягчена при проектируемом регулировании стока, то целиком такие перевероты в русле устранены не будут. Поэтому автор считает, что нет оснований вводить в расчеты реконструкции Днепра и Десны на базе частичного регулирования стока уменьшение с годами кубатуры транзитного дноуглубления при существующей системе его.

Повторные работы при капитальных прорезях. Из-за отсутствия для решения этого вопроса надлежащей опоры в данных практики автору пришлось ограничиться несколькими краткими замечаниями. Приведены мнения В. Г. Клейбера и В. А. Трушковского, которые могут рассматриваться как подтверждающие большую долговечность капитальных прорезей. Однако та же практика волжского дноуглубления (Н. А. Антонов) свидетельствует о необходимости даже для вполне удачных прорезей ремонта в первый период их существования. Поскольку опытный материал о величине этого ремонта для капитальных прорезей отсутствует, приходится считать очень ориентировочной оценку В. Н. Гусевым в главе III навигационного ремонта капитальных прорезей в размере 30% первичной кубатуры, а полукапитальных — до 50%. С другой стороны, надо считать безусловным и то, что и при наиболее удачных дноуглубительных работах нельзя обеспечить выведение каждого переката навсегда из числа объектов механического дноуглубления, поскольку не устранены причины скопления наносов

в данном месте. Отсюда вытекает, что если бы и удалось некоторые перекаты выправить с помощью капитальных прорезей, то через некоторое время на большинстве из них снова пришлось бы проводить дноуглубительные работы. Наконец, необходимо учесть и то, что на Днестре, как и вообще на реках с песчаным ложем, углубление (в результате ли естественного переформирования русла, или вследствие механического дноуглубления либо выправления) ведет в большинстве случаев через короткое время к появлению мелководных мест выше или ниже по течению. Не видно причин, в силу которых эта особенность режима наших равнинных рек перестала бы существовать в условиях частично зарегулированного стока.

Выходит, что коэффициент междунавигационной повторности далеко не будет равен нулю и при первом варианте системы транзитного дноуглубления.

Задачи дальнейших исследований. Сделанные автором выше выводы являются лишь первым приближением к решению поставленной задачи и должны считаться весьма ориентировочными. Причиной этого является отмеченная в предисловии отсталость теории дноуглубления от запросов практики. Для данной темы положение ухудшалось ограниченностью исходных материалов по дноуглубительным работам на Днестре и Десне. Ограниченность их выражается прежде всего в отсутствии сведений за годы до 1929 г. Использованных данных за 5 лет, которые к тому же отличаются, начиная с 1930 г., слишком своеобразными гидрологическими условиями, конечно, недостаточно для выяснения многих вопросов. Сами эти материалы очень скудны в части наблюдений над результатами дноуглубления. Вследствие этого жизнь прорезей в течение межени (не говоря уже о ледовом и весеннем периодах) остается почти совершенно неосвещенной, что очень затрудняет решение вопроса о навигационной и междунавигационной устойчивости.

Использовать для этой цели сведения бакенщиков об ежедневных глубинах на перекатах почти бесполезно, во всяком случае базировать на них ответственные выводы недопустимо.

Далее из-за недостаточности наличных материалов нельзя решить вопроса ни о поведении прорези в отдельные фазы паводков, ни о влиянии на ее устойчивость повышенных ста-

бильных горизонтов, ни об особом режиме прорези в условиях подпора.

Из этого беглого наброска „темных“ мест настоящей темы вытекает и программа дальнейших исследований для уточнения данных в работе решений:

1) распространение проработки на сведения о землечерпании за последние годы;

2) натурные наблюдения в течение круглого года над режимом нескольких прорезей различной трассировки и на разнообразных перекатах;

3) специальное изучение по плановым материалам и в натуре режима прорезей в зоне подпора Запорожской плотины;

4) анализ устойчивости прорезей на участках Днепра выше и ниже впадения крупного притока, который можно было бы уподобить по воздействию на реку и прорезь попуску (предложение А. И. Лосиевского);

5) изучение состава наносов типичных перекатов для установления величины критической для них скорости;

6) изучение в лабораторных условиях влияния на устойчивость прорези регулируемых повышенных горизонтов.

К этому перечню основных вопросов дальнейшего исследования (в разрезе данной темы) необходимо прибавить такую кардинальную проблему, как лабораторная и опытная проверка основных положений гидролого-механической системы, без чего нельзя будет провести реконструкции дноуглубления при режиме частично зарегулированного стока.

*А. Корчагин*

## ЗМІСТ

Передмова . . . . .	5
---------------------	---

### Розділ I

О. І. Лосієвський. Основні фактори, що визначають режим перекатів і роль їх в умовах частково зарегульованого стоку . . . . .	7
§ 1. Постановка питання . . . . .	7
§ 2. Паводки і попуски . . . . .	11
§ 3. Наноси і їх роль у формуванні перекату . . . . .	14
§ 4. Внутрішні течії і залежність їх від горизонту води . . . . .	25
§ 5. Розподіл швидкостей на валу перекату і в плесі . . . . .	29
§ 6. Днопоглибний проріз і особливості його роботи при попускових горизонтах . . . . .	31
§ 7. Загальні висновки . . . . .	35

### Розділ II

О. М. Толмацький. Трасування прорізів при побутовому режимі стоку . . . . .	40
§ 1. Принцип мінімальної затрати енергії потоку . . . . .	40
§ 2. Принцип максимального використання природно-формуєчої роботи потоку . . . . .	42
§ 3. Донні і поперечні течії як основа трасування . . . . .	44
§ 4. Трасування прорізів при межених горизонтах . . . . .	47
§ 5. Трасування прорізів при високих горизонтах . . . . .	53

### Розділ III

В. М. Гусєв. Основні принципи трасування днопоглибних прорізів в умовах зарегульованого стоку . . . . .	57
§ 1. Виявлення тривалості періоду підготовчих робіт . . . . .	57
§ 2. Трасування прорізів в умовах зарегульованого стоку . . . . .	60
§ 3. Загальні пропозиції по трасуванню . . . . .	65
§ 4. Висновки . . . . .	70

### Розділ IV

О. М. Толмацький. Стійкість днопоглибних прорізів на Дніпрі та Десні . . . . .	73
§ 1. Навігаційна стійкість днопоглибних прорізів . . . . .	73
§ 2. Міжнавігаційна стійкість днопоглибних прорізів . . . . .	82
§ 3. Вплив режиму рівнів на обсяг і результати механічного днопоглиблення . . . . .	8
§ 4. Висновки про стійкість прорізів у побутових умовах стоку . . . . .	93

Розділ V

А. К. Корчагін. Повторність днопоглиблення в умовах частково зарегульованого стоку . . . . .	96
§ 1. Повторність і система трасування . . . . .	96
§ 2. Показники побутової повторності . . . . .	98
§ 3. Поправки на умови частково регульованого стоку . . . . .	104
§ 4. Завдання дальших досліджень . . . . .	111
Резюме . . . . .	114



3

Ціна 4 крб. 50 коп.

---

**ПРИЙМАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ І ПЕРЕДПЛАТИ**  
на всі видання Академії Наук УРСР провадиться в секторі  
поширення Видавництва Академії Наук УРСР

Київ, вул. Чудновського, 2

**ПРОДАЖ ВИДАНЬ**

у науковій книгарні Академії Наук УРСР  
Київ, вул. Леніна, 12 і по всіх книгарнях Книгокультторгу,  
Книгоцентра ОГІЗ-а та Книгозбуту ОНТИ

---

Друкарня-літографія Академії Наук УРСР у Києві