

РЕГУЛЮВАННЯ СТОКУ І РЕЖИМ ПЕРЕКАТІВ

§ 18. Основні зміни в режимі ріки при регулюванні стоку

Регулювання стоку вносить в загальний режим річкового потоку певні зміни, які не можуть не відбитися й на режимі перекатів, зокрема на ході їх судноплавних глибин. Характер і величина цих змін залежить від застосовуваного способу регулювання стоку, від ступеня зарегулювання останнього, від графіка роботи водосховищ тощо.

Звичайно, регулювання стоку відбувається через затримання у водосховищах води в ті періоди, коли вона збігає річкою у зайвій кількості, і використання цих запасів води для збільшення стоку у періоди мілководдя. Такі варіанти регулювання стоку, що дають зменшення витрат під час високої води і збільшення за цей рахунок витрат під час низької води, — можуть бути здійснені у різний спосіб.

1) Найбільш поширений спосіб — це збудування водосховищ у руслі ріки (зокрема на верхових дільницях) та на її притоках і попуски в межинь із цих водосховищ накопиченої в них весняної (або й осінньої паводкової) води. Такий спосіб був застосований, наприклад, на Верхній Волзі (водосховища біля самого витоку ріки), на Сухоні і Шекні (з використанням озер), на Мсті і Тверці (спільне водосховище на вододілі), на Верхній Міссісіпі (з використанням озер), на Везері і Одері, на багатьох наших сплавних ріках та ін.

2) Можливий також інший варіант розташування водосховищ для зберігання весняної води, а саме у заплаві середньої течії даної річки, побіч русла, яке залишається вільним. Весняні води затримуються у природних заплавних низинах, вихід із яких до річища досить легко перекрити греблею. Обсяг такого природного резервуара можна збільшити за допомогою обвалування. Такий резервуар можна використати і для нівелювання меженних паводкових хвиль, якщо застосувати перекачування води, як це запроваджували на р. Ельбі біля Пірни (рис. 15) в інтересах судноплавства¹⁾.

При такому способі регулювання стоку, на відміну від попереднього весняний пік горизонтів води в пунктах, які лежать нижче створу водосховища, не знижується, лише спад весняної води йде швидше.

¹⁾ Sorger, Die Arbeiten der Wasserbauverwaltung des Landes Sachsen im Jahre 1933, Die Bautechnik, 1934, № 1 ss. 5—6.

3) Можна відзначити також, що до перерозподілу сумарного стоку, в бік нівелювання сезонних коливань його, ведуть різноманітні заходи в басейні ріки для масової затримки збігання весняних вод. Всі ці заходи, сприяючи фільтрації снігової води в ґрунт, збільшують підземне живлення ріки, що особливо важливо для межені. Сюди треба віднести і лісонасадження, роль якого в цьому [відношенні спеціально підкреслена в по-



Рис. 15.

станові ЦВК і РНК СРСР від 2 липня 1936 р. „Про утворення Головного управління лісоохорони і лісонасаджень при РНК СРСР і про виділення вод охоронної зони“¹⁾). Сюди належать і заходи для затримання снігу і снігової води на полях, що в широкому масштабі (присипання попелом тощо) починають практикувати колгоспи, і обвалування по горизонталям, яке саме з цього погляду пропагував, наприклад, Г. Б. Красін на I всесоюзній гідротехнічній нараді 1929 р.²⁾ і т. п.

До цієї групи заходів прилучається накопичення запасів весняних вод з використанням їх для посилення меженого стоку ріки шляхом не поверхневих попусків в русло ріки, а збільшення її підземного живлення, роль якого в межінь дуже зростає. Цей спосіб в останні роки почали практикувати для збагачення підземних потоків — джерел водопостачання. Такі водосховища будують в місцевостях з водопроникними ґрунтами і розраховують на лише тимчасовий магазинаж води, поки вона не інфільтрує в ґрунт і не збагатить запасів підземних вод³⁾.

Крім цих трьох груп способів регулювання стоку, які базуються на більш-менш далекосяжному перерозподілі наявних водних ресурсів басейну даної ріки, але залишають при цьому незмінною в основі їх сумарну величину (якщо не рахуватися з збільшенням втрат на випаровування тощо), — можливі і інші варіанти, які передбачають або віддавання частини стоку (звичайно весняного) до інших басейнів, або одержання звідти (звичайно в періоди маловідддя) додаткової кількості води.

При таких варіантах для ріки, яка одержує додаткове водопостачання в межінь з іншого басейну, залишається без зміни

¹⁾ Постанова ця починається так: „Ураховуючи особливе значення лісів у справі регулювання водного режиму рік і забезпечення їх від зміління“...

²⁾ Труды I всесоюзного гидротехнического совещания, М., Гостехиздат сс. 105—107.

³⁾ Див., наприклад, опис таких влаштувань для поліпшення водопостачання Лос Анжелоса (США) в Journal of The American Water-Work Association, 1934, IV.

весняний режим стоку, а для ріки, яка віддає свою весняну воду (в більшій або меншій частині) до іншого басейну, залишається без зміни, якщо не зважати на дещо інші умови ґрунтового живлення, меженний режим. Ось кілька прикладів. У проєкті з'єднання Дона з Волгою намічено перекидання частини весняного стоку Дона (в середньому біля 12 млрд. м³) через Волго-Донський канал у Волгу для поповнення Каспійського моря¹⁾. Технічна схема реконструкції Волги, складена Гідроелектропроєктом, передбачала також перекидання до Волги вод північних рік (Сухони, Онеги, Вичегди, Печори)²⁾.

Схема реконструкції р. Оки, розроблена інж. Гавриловим, передбачає перекидання частини весняного стоку Оки у Північний Донець³⁾.

Характер весняного і меженного режиму ріки, стік якої регулюється, залежить, як це видно з вищенаведених даних, перш за все від самого варіанту регулювання стоку. Велике значення має і ступінь зарегулювання стоку, який визначається ємністю водосховищ та їх розташуванням. Чим більший ступінь зарегулювання, тим більш зміни як у проходженні весняного паводка, так і в меженному режимі. Так, наприклад, запаси води у водосховищах Верхньої Волги, про які ми вже згадували в § 1, могли забезпечити попусками води транзитну глибину до Рибінська лише в 85 см, та й те не протягом усієї навігації. Збільшення ж об'єму цих водосховищ на 1 млрд. м³ дало б змогу підтримувати протягом усієї навігації глибину 105 см⁴⁾.

Нарешті, досить значну роль відіграє графік роботи водосховищ, тобто періоди та інтенсивність їх наповнення та спорожнення, а також пов'язання їх роботи між собою, — все це на основі добре організованих гідрометричних спостережень та прогнозів. До цієї сторони справи ми ще повернемося (див. § 23).

Стік Десни, Ками, Дона, Оки, значною мірою Волги, і т. д. проєктується на ближчий час регулювати за допомогою водосховищ, що мають бути розташовані у руслі (зокрема на верхових ділянках) цих рік та їх приток. При цьому варіанті регулювання у побутовий режим ріки будуть внесені такі основні зміни: 1) зменшиться висота весняного піка, зрізаного водосховищами; 2) уповільниться весняне піднесення води в ріці (а в маловодні роки — й спадання); 3) підвищиться, завдяки попускам води із водосховищ, висота меженних рівнів; 4) меженні рівні підтримуватимуться, приблизно, стабільними; 5) зменшиться, мабуть, висота й осіннього паводка; 6) крім цих змін у ході рівнів, відбудеться прояснення води, що проходитиме через

1) Схема реконструкції Волги, Гідроелектропроєкт, М. 1934, с. 56.

2) Там же, с. 122.

3) В. М. Гаврилов, В. И. Лавров, Окско-Донская глубоководная магистраль, М. 1934, с. 10.

4) И. В. Бушмакин, Исследования для устройства дополн. водоснабж. Волги, ч. III, 1904, с. 285.

водосховища, бо в останніх відкладається частина наносів. Буде змінений, напевно, й зимовий режим ріки, але цей період регулювання стоку недосить покищо розроблений у водогосподарських схемах реконструкції; чимало неясного ще є й у зимовому режимі перекатів. Тому питання про нього доведеться покищо лишити відкритим. Деякі міркування з погляду інтересів судноплавства щодо напряму регулювання зимового стоку ми подамо в § 23.

Щодо характеру змін у весняному режимі ріки можна розрізнити два основних випадки: I — зміни у висоті і темпах весняного паводка настільки малі, що можна ігнорувати вплив цього на режим перекатів; II — весняний режим стоку значно змінюється, з цим не можна не рахуватися, оцінюючи стан судноплавних глибин на перекатах. Ми розглядатимемо другий випадок, як більш загальний і до того ж більш актуальний в наші часи.

Роль прояснення частини паводкових вод (тих, що проходять через отвори гребель водосховищ в умовах підпору), а також попускових — не треба перебільшувати.

Формування дна перекаату безпосередньо визначається режимом донних і придонних наносів. Ці категорії наносів є результатом, поперше, місцевих розмивів русла (особливо це стосується піщаних русел) і переміщення потоком розмитого ґрунту; подруге, вони утворюються за рахунок випадання з товщі річкового потоку більших, важчих часток ґрунту, які перебували до того у зваженому стані. Саме ж насичення потоку цими зваженими наносами іде в основному¹⁾ за рахунок змивання сніговими та дощовими водами ґрунту з площі водозбору, зокрема з ярів, балок, тальвегів.

Перше джерело живлення ріки донними та придонними наносами (місцеві розмиви) діятиме в умовах протікання руслом проясненої води з такою самою силою, як і в звичайних умовах, а може навіть і з більшою.

Друге ж джерело, навпаки, діятиме з меншою силою, бо транзитні донні наноси з верхових (вище водосховищ) діляниць ріки будуть затримані у водосховищі. З другого боку, нижче водосховища набуде меншої інтенсивності, мабуть, також випадання наносів з товщі потоку, тобто перехід їх із зважених у донні. Є вказівки на те, що кількість зважених наносів, яку може нести потік, зв'язана з його гідравлічною характеристикою, і що при надто великому („надсильному“ для потоку) надходженні наносів вони швидше випадають із води (а з другого боку — при зростанні мутності потоку меншає його розмивна сила) і, навпаки, при малій мутності води, що матиме місце нижче водосховища, випадають повільніше²⁾.

1) Поповнення річкового потоку зваженими наносами відбувається частково також під час місцевих розмивів русла за рахунок дрібніших часток ґрунту.

2) Навколо цього питання — про наявність властивого певному станowi потоку ступеня мутності — давно точиться дискусія (див., напр., Гукер, Взвешивание твердых тел текучей водой — переклад у ж. „Русское судоходство“,

Нарешті треба враховувати, що після збудування водосховища з'являється нове, третє, джерело наносів: більш-менш значні розмиви русла нижнього б'єфу в наслідок звільнення великих запасів потенціальної енергії при переливанні води з верхнього до нижнього б'єфу. Правда, це джерело, в міру розмивання нижнього б'єфу і утворення там природного водобійного колодязя, поступово загасатиме, але в перші роки воно матиме серйозне значення.

Отже, прояснення води у водосховищах не тільки не матиме серйозного значення для режиму перекатів, але найшвидше не приведе й до помітного зменшення мутності річкового потоку на основному його протязі.

Виходить, що для режиму перекатів головними в регулюванні стоку треба вважати зміни в режимі витрат води, з похідними вже від цього змінами режиму рівнів, швидкостей течії, наносів тощо.

Маючи на увазі варіант розташування регуляційних водосховищ у руслі ріки та на її притоках ми й розглядаємо далі, як впливають на хід судноплавних глибин:

- а) різний характер окремих фаз весняної поводи,
- б) стояння підвищених меженних рівнів,
- в) зниження меженних та осінніх паводків,
- г) особливості зимового режиму витрат.

Розглядові цьому, що його ми ведемо переважно на основі матеріалів про природний режим Дніпра, Десни і частково інших рік, з притягненням скудних даних практики регулювання стоку, — передує коротка характеристика деяких важливих особливостей річного режиму перекатів у рівнинних ріках з піщаним ложем.

§ 19. Деякі основні особливості режиму перекатів рівнинних рік з піщаним ложем

В. М. Лохтін в своїй, ми б сказали класичній, праці: „О механізмі речного русла“ (Казань, 1895) вперше чітко поставив питання про класифікацію рік за ознакою сталості русла, запропонувавши як показник цієї сталості співвідношення між величиною подовжнього спаду і величиною зерен наносів. Обраховувавши величину цього показника для 10 рік, Лохтін розташував їх у такому порядку наростання сталості русла: Вісла, Зах. Буг, Піна, Прип'ять, Дніпро, Дон, Волга, Німан, Зах. Двіна, Дністро. Середнє місце тут займають ріки невеликого подовжнього похилу і порівнюючи стабільного русла.

М. А. Велканов, розвиваючи цю пропозицію Лохтіна, запропонував (1909, №№ 1, 3, 5). Не зупиняючися на ній, відзначимо лише, що, на нашу думку, одною з причин її тривалості є те, що (почасти через складність річкової гідраліки) окремі явища в житті річки розглядалися ізольовано одне від одного, а не в їх взаємодії. Зокрема розглядалося роботу потоку по перенесенню зважених часток ізольовано від роботи по перенесенню донних наносів, що не дозволяло поєднати часто протилежні за своїм характером емпіричні матеріали.

рпонував „поділяти всі ріки за ступенем їх сталості на чотири основні категорії:

1. Ріки, в яких паводок змінює не лише глибини русла, але часто й самий обрис русла, утворюючи прориви по новим напрямкам; відклади продуктів розмивання утворюють такі нарощення, які меженний потік іноді може подолати лише розробляючи нове русло. Це — ріки найменшої сталості, ріки гірського характеру, але в легкорозмивних ґрунтах. Приклад — пониззя деяких кавказьких рік.

2. Ріки, в яких розмивання і відкладення змінюють лише обрис ізобат русла, саме ж русло (не рахуючи повільного переміщення берегової лінії, розвинення меандр і т. д.) в плані залишається відносно незмінюваним; але поглиблення і нарощування ріка провадить безладно, то в тих, то в цих місцях, і перекати змінюють своє розташування і обриси рік у рік. Це — рівнинні ріки малої сталості. Приклад — р. Вісла.

3. Ріки, в яких поглиблення і нарощування періодично здійснюються на тих самих місцях, при чому величина весняного нарощування перекатів приблизно дорівнює величині його меженого поглиблення. Перекати тому мають постійний характер, і їх обриси зазнають лише періодичних коливань біля деякого середнього значення. Приклад — р. Волга.

4. Ріки, що протікають у відносно нерозмивних ґрунтах з незначною кількістю наносів і слабким волочінням по дну. Це — ріки найбільшої сталості. Сюди належать ріки в скелястих ґрунтах, а також почасти рівнинні ріки, що протікають у великозернистому галечному ґрунті. Приклад останніх — Єнісей, Томь та ін.“

„Не важко бачити — додає Великанов, — що наведені категорії рік розглянуто в порядку поступового підвищення „коефіцієнта сталості“ Лохтіна. Не зайве підкреслити, що ці категорії не є суворо розмежовані, а переходять одна в одну безперервно. Так, наприклад, ріки II, III категорії з нерухомими перекатами мають проміжні ступені у вигляді рік з перекатами, що пересуваються вниз, при чому швидкість пересування перекатів може бути для одних рік близькою до нуля, для інших досягати кількох сот метрів за рік (р. Мерведе — 300 м за рік, Верхній Рейн — 500 м за рік і т. д.)“¹⁾.

Ми в своєму викладі маємо на увазі II і III категорії. Правда, ріки, що їх можна віднести до цієї групи, досить різноманітні. Але, поперше, в цій різноманітності все ж таки можна знайти деякі істотні спільні риси; подруге, основні водні артерії Європейської частини СРСР взагалі важко на всьому (навіть лише судноплавному) їх протязі віднести цілком до одної якоїсь категорії, бо й щодо характеру ґрунтів, і щодо величини подовж-

¹⁾ М. А. Великанов, Гидрология суши. Энергоиздат, М.—Л. 1932, сс. 186—187.

нього спаду окремі ділянки їх досить різноманітні¹⁾, і, потрете, такі ріки, як Дніпро, Десна, Дон в своїх основних частинах попадають у цю класифікаційну схему якраз між II та III категорією.

Вивчення режиму перекатів рік II та III категорій має для нас найбільший практичний і теоретичний інтерес. Практичний — тому, що до цієї групи належать важливіші наші водні артерії: Волга, Дніпро, Дон і т. д. Теоретичний — тому, що умови цих рік найбільш сприятливі для вивчення тих дуже складних процесів взаємодії потоку з його ложем, вивчення яких треба вважати найслабкішим місцем річкової гідравліки. В ріках IV категорії, де співвідношення між опором русла і силами потоку значно вище, переформування русла йде надто повільно, що утруднює його дослідження. В ріках I категорії, яскравим прикладом яких є Аму-Дар'я, опір русла дуже малий, порівнюючи з потужністю потоку, і переформування русла відбувається так швидко, що на протязі однієї навігації напрям і характер фарватеру може змінюватися цілком по кілька разів.

Не зважаючи на всю важливість питання і на давню освоеність саме рік II і III категорій, — режим їх перекатів вивчено досі зовсім недостатньо. Особливо скудні наші знання про річний цикл змін дна перекаату, при чому якраз найважливіший в житті перекаату період — зимово-весняний — майже не висвітлений.

Дніпро щодо цього перебуває ще в гіршому стані, ніж, скажімо, Дон або Волга. На Дону в 1928—1929 роках Волго-Доном було організовано цілорічні спостереження на 11 перекатах, частково опубліковані в відомій роботі Б. В. Полякова „Гідрологія басейна р. Дона“. Хоч ці спостереження охоплюють (і то не по всіх перекатах повністю) всього 2 роки, до того ж з майже однаковими гідрографами, проте вони залишаються покищо найфундаментальнішими в цій галузі й будуть нами широко використані в дальшому викладі. По Волзі, якщо не згадувати вже про старі часи Лохтіна, Клейбера і Макарова, ми маємо тривалі роботи інженерно-гідрологічної станції Гідролого-гідротехнічного інституту НКШ²⁾, яка після реорганізації продовжувала роботу в складі Волзької філії Центрального н. д. інституту водного транспорту. Проте цими роботами при всій їх цінності охоплено лише літньо-осінній період. За останні роки на волзьких перекатах проведено і вже частково опубліковано³⁾ спостереження протягом цілого року.

По Дніпру ж, об'єднуючи цією назвою всю Дніпровську систему, ми досі мали лише дуже вузькі за своєю програмою й до того ж не видруковані в головній своїй частині спостереження С. О. Вислоцького на перекааті Сенниця (Верхній Дніпро

¹⁾ Цим, насамперед, очевидно, і пояснюються часті протиріччя в оцінці характеру мінливості русла окремих рік або великих їх відрізків.

²⁾ Гидробатометрические и гидрометрич. исследования на рр. Оке и Волге в 1919, 1923 и 1926 гг. М. 1930. Исследования ниж-гидрол. станции. М. 1930.

³⁾ Б. В. Поляков, Изменения режима наносов и перекаатов р. Волги в связи с постройкой плотин, Изв. НИИ Гидротехники Главэнерго, № 9, Л. 1933.

біля Жлобіно) в 1897 році¹⁾. Деякі дані було зібрано Дніпр. філією Центр. н. д. Інституту водного транспорту в процесі спостережень С. М. Плеханова на перекаті Глібовка, вище гирла Десни. Але через ліквідацію філії ці спостереження припинено і наслідки їх залишилися в архіві.

Вперше систематичні, протягом всієї навігації, з частковим заходом і в зимовий період, дослідження перекатів Дніпра й Десни було поставлено нами в Інституті водного господарства в 1934—1935 рр. для Укрдніпроводу (згодом реорганізованого в Укргідроелектропроект), який потім і сам почав аналогічні, на жаль досі не опубліковані, спостереження в одному пункті на Дніпрі. В ті ж роки розпочало систематичне вивчення кількох перекатів і Дніпровське управління річкового пароплавства, але, крім одного, всі ці перекати знаходилися в зоні виклинювання підпору Запорізької греблі, тобто в цілком своєрідних, відмінних від природного режиму ріки, умовах.

За браком даних, уявлення про річний режим дна перекатів мають, звичайно, досить схематичний характер. Приймається, що навесні йде нарощення дна, влітку розмивання, восени — знову намивання і взимку, під кригою — розмивання. Є, проте, вказівки й на окремі протилежні випадки. В дальших параграфх зроблена спроба в міру наявного фактичного матеріалу уточнити й конкретизувати цю схему в деяких її частинах.

Покищо відзначимо, поперше, як безперечно встановлене, що дно більшості перекатів розглядуваних категорій рік зазнає на протязі року значних переформовань. Для Дніпра ми ще не маємо прямих даних про амплітуду зміни протягом року позначки дна фарватеру на перекатах. Для Дона ж вона за дослідженням Волго-Дона складало від 65 до 290 см, а в середньому для 11 перекатів — 144 см. Для одного перекату на шлюзовій ділянці Дона намив за період зима — весна досяг навіть 300 см²⁾. Значно більші, але сумнівні цифри називають для Волги³⁾.

Подруге, треба попередити проти того, щоб нарисованій вище в грубих рисах схемі чергувань протягом року нарощення та розмивання дна перекату надавався, як правило, характер замкнутої циклічності з періодом в 1 рік. Таке припущення, наприклад, робить М. О. Богословський, узагальнюючи без достатніх підстав для рік „з легкорухомим ложем“ явища, спостережені на кількох досить стабільних перекатах Дона і до того ж усього за пару років, дуже подібних за характером гідрографа. М. О. Богословський вважає „характерним для багатьох перекатів Волги, Дона та інших рік“ „замкнений контур“

¹⁾ С. А. Вислоцкий, О зависимости между колебаниями уровня воды в реке и колебаниями дна реки, Труды VII съезда русских деятелей по вод. путям, МПС, СПб, 1900.

²⁾ Б. В. Поляков, Гидрология бассейна реки Дона, сс. 134—149, 158.

³⁾ Б. В. Поляков, Изменения режима наносов и перекатов р. Волги в связи с постройкой плотин, с. 147.

кривої залежності між глибинами і горизонтами¹⁾). Тим часом у дійсності переформування перекатів часто йде більш складним порядком і кожний новий рік для перекату не буде повторенням попереднього навіть у тому гіпотетичному випадку, коли б з гідрологічного боку вони були тотожні. При цьому різниця у характері кривої залежності між глибинами і горизонтами за різні роки може бути досить великою, у всякому разі настільки, що замість замкненого контуру вийде спіраль або ряд петель.

На цьому другому зауваженні треба зупинитися, бо воно стосується надзвичайно важливої, характерної риси режиму перекатів, особливо таких рік, як Дніпро нижче гирла Сожа, що течуть, розгалужуючись на рукави по заплаві, в ґрунтах, які порівнюючи легко піддаються розмиванню. В таких умовах кожна весняна повідь, збільшуючи в десятки разів живу силу річкового потоку, вносить великі зміни в усю його конфігурацію, поглиблюючи одні рукави, заглушуючи інші, перерозподіляючи між ними витрату води й наносів і т. д.

Рух пісків та утворюваних ними підводних та надводних мілин (заструг, осередків, перекатів тощо) також дуже змінює режим судноплавних глибин. В результаті, кожної нової навігації ми спостерігаємо картину значних змін у характері перекатів та в їх глибині, порівнюючи з тим же періодом попередньої навігації. „Особливо важливу, переважну роль у формуванні річкового русла — писав М. І. Максимович — відіграє весняний паводок. Під час короткого весняного повновілля витрата води в ріці збільшується проти меженого періоду в багато десятків разів. Одночасно зростає жива сила потоку, збільшується кількість наносів, які тягне вода, змінюється поверхневий похил“. „Майже на протязі 0,75 своєї довжини, особливо в середній і нижній частинах течії, Дніпро має широку весняну заплаву (що досягає кількох верст, а місцями навіть більше 10 верст), яка дозволяє весняній воді привільно гуляти від одного краю річкової долини до другого. За таких умов великі весняні паводки швидко і різко вирішують долю окремих рукавів і цілих островів, розмиваючи і перероблюючи їх до невпізнаності“²⁾.

На Дніпрі нижче гирла Сожа ми маємо безліч прикладів не тільки різкого переформування перекатів, але й цілковитої зміни траси суднового ходу, повного відмирання колись могутніх, потужних рукавів, утворення нових перекатів тощо. Таке мандрування фарватеру, наприклад, дає історія дослідженої нами дільниці Мньов — Комарин.

Пошлемося також на історію завмирання такого колись потужного рукава, як „Ревун“ на дільниці Дніпра між Черкасам і Градиськом. Ця дільниця взагалі постійно являє собою дуже

1) М. А. Богословский, Регулирование стока судоходных рек, Труды Горьковского Института инженеров водного транспорта, т. I, сс. 133—134.

2) Н. И. Максимович, Днепр и его бассейны, К. 1931, с. 198.

складну картину частого переміщення фарватеру з одного рукава в другий.

На непостійність залежності між рівнями й глибинами одного й того ж перекату в різні роки вказує і Б. В. Поляков¹⁾, який вважає, проте, можливою причиною цього відмінність окремих років за стоком і випускає з уваги більш значну роль переформування русла весняною повіддю.

Розглянута вище характерна риса режиму річкового русла й його невід'ємної частини — перекатів має свій відбиток у двох особливостях розвитку перекатів, особливостях, які дуже важливі для всього аналізу питання судноплавних глибин при регулюванні стоку.

Особливість полягає в тому, що при переході від одної навігації до другої перекати, стосовно до судноплавних глибин на них, змінюються, як правило, по-різному. В жодну навігацію не буває суцільного погіршення (з погляду судноплавних глибин) або поліпшення всіх перекатів, порівнюючи з тим самим періодом (і при тому ж рівні води) попередньої навігації, а спостерігається дуже різнобарвна картина поліпшення (до того в різній мірі) одних, погіршення других і приблизної стабільності третіх.

Наприклад, І. О. Розов при складанні проекту корінного поліпшення Дніпра від м. Градиська до Катеринослава (тепер Дніпропетровська) характеризує 1910 рік як „особливо сприятливий для судноплавства“, а 1904 — як „несприятливий“. Між тим, якщо порівняти наведені самим же Розовим відомості про стан глибин в ці роки при одному й тому ж рівні води, то побачимо, що з 16 груп перекатів в 1910 році лише 9 мали більшу глибину, ніж у 1904, 3 мали таку саму глибину, а 4 — навіть меншу²⁾.

Ця нерівномірність розвитку перекатів від одної навігації до другої знаходить свій вираз зокрема в тому, що на кожній ділянці ріки „нормуючим“ (тобто тим, що міліє раніш за інші) є майже кожної навігації інший перекат. Ось кілька прикладів для Дніпра з зазначенням, на якому перекаці і при якій витраті води з'являлася вперше одна і та ж обрана нами глибина 1,7 м в різні роки:

Рік	Н о р м у ю ч и й п е р е к а т			
	Дільниця Черкаси—Воронівка	Витрата води м ³ /сек	Дільниця Гирло Сожа — Гирло Прип'яті	Витрата води м ³ /сек
1925	„Тарасівка“	1309	„Комарин“	470
1927	„Сагуни I“	2090	„Мньов“	715
1929	„ТарасівкаГор.“	1711	„Брагинка“	938
1930	„Худяки I“	1060	„	487
1931	„Боровиця V“	1343	„Радуль“	800

¹⁾ Стаття в „Изв. НИИ Гидротехники“, № 9, за 1933 р, с. 152.

²⁾ К проекту корінного уділишення р. Дніпра от г. Градижска до Екатеринослава, Тр. совещания КОПС'а в 1911 г., сс. 419—420.

Аналогічне явище, як цілком звичайне, відзначається іншими досліджувачами для Волги, Дона і т. д.

М. А. Богуславський в статті „Заметка о речных перекатах“ наводить такі два приклади: 1) на дільниці Оки від Рязані до гирла в навігацію 1879 р. найменшу глибину (60 см) мав перекат В. Елатомський, в навігацію ж 1880 р. при горизонті води лише на 10 см вище торішньої межні В. Елатомський перекат мав глибину 150 см, а глибоководний минулого року перекат Муромський мав 60 см; 2) на дільниці Волги від гирла Оки до гирла Ками в межні 1883 р. нормував глибину Кушніковський перекат, а Сосуніхінський мав у липні—серпні 180—210 см глибини, в межні же 1884 р., при стоянні води на 1—1,2 м вище торішнього, глибина Сосуніхінського перекату була всього 150 см, а Кушніковський був глибоким ¹⁾).

Трохи згодом, узагальнюючи ці й аналогічні їм матеріали, той же М. А. Богуславський в промові 1. II 1899 р. на засіданні товариства судноплавства казав: „Волзькі перекати, як і взагалі перекати всіх рік з піщаним дном, перебувають завжди в надто несталому стані, але не всі вони однаково утруднені і утрудненість кожного з них, так би мовити, непостійна: певного року один перекат важчий за інші, у наступні роки він поліпшується сам собою,—зате інші перекати, що були в попередні роки не утруднені, погіршуються, є, нарешті, такі, що рік-у-рік бувають більше або менше утруднені для судноплавства, хоч і не кожного року протягом однакового часу“ ²⁾).

Л. Г. Квцинський так характеризував багаторічний режим перекатів Верхньої Волги від гирла Шексни до гирла Оки, де налічувалось 60 перекатів: „Перекати майже постійні за місцем їх розташування, але стан їх часто змінюється, рельєф дна їх і обрис берегів, оскільки можна судити за наявними даними, змінюється значно. Найменша глибина їх фарватеру теж помітно змінюється, залежачи, крім вищеуказаних змін, ще від стану вод даного року. З цих причин перекати являють в різні роки не однакові утруднення для судноплавства і можна напевно сказати, що в одну навігацію кількість утруднених місць ніколи не досягає половини загальної їх кількості. Деякий виняток становлять приблизно 10 перекатів, які, хоч не однаковою мірою, але майже щорічно стають на перешкоді для судноплавства, проте обриси їх берегів та дна і глибина теж змінюються постійно“ ³⁾).

На перехід перекатів „самих собою“, „завдяки звичайній на

1) Ж. „Инженер“, СПб, 1884, т. IV, кн. 12, сс. 419—420.

2) Труды Комиссии о мерах улучшения водных путей России, в. 3, СПб. 1899, с. 11.

3) Л. И. Квцинский, Подвижные плотины, Изв. Собрания инженеров п. с., т. II, в. I, СПб 1885, сс. 61—62.

Волзі видозміні в розташуванні кіс і обрису берегів, в кращий стан" — указував і В. М. Лохтін¹⁾.

В. А. Макаров, відстоюючи доцільність заводити „технічні списки дільниць рік, а не перекатів чи утруднених місць“, мотивував це тим, що „Дуже небагато на ріках з рухомим руслом можна нарахувати таких місць, які являли б собою постійні перекази і постійне утруднення для судноплавства“²⁾.

В. Г. Клейбер відзначив ще яскравіші випадки раптового, стрибком погіршення переказів Волги, в наслідок чого „найменша глибина виявляється нерідко на такому переказі, який протягом попередніх навігацій був глибший за інші“³⁾.

Цим і подібним досить категоричним свідченням щодо багаторічного режиму переказів Волги певною мірою суперечить заява М. Жуковського про „відносну постійність утрудненості різних переказів в межах кількох навігацій“ і про те, що „помітно змінюється при проходженні кожного весняного паводка топографія лише деяких переказів“⁴⁾.

Ця „особлива думка“ Жуковського, якщо вона не є, просто, наслідком обмеженості матеріалів (щодо кількості років і переказів), які були в розпорядженні її автора, може бути пояснена більшою стабільністю переказів верхових дільниць рік, як це, скажімо, ми встановили під час натурних досліджень для переказу „Баня“, розташованого у верхів'ї Десни.

Для характеристики багаторічного режиму переказів з піщаним руслом наведемо ще витяг з описання С. О. Поповим дільниці Німана нижче Ковно (тепер — Каунас): „Дуже часто перевали перетворюються на перекази⁵⁾ й навпаки, отже точно розділити їх не можна. Як і на інших ріках з піщаним ложем, не всі перекази, розташовані на цій дільниці, постійно утруднюють судноплавство, але кожної навігації лише деякі з них мають глибину, недостатню для судноплавства“⁶⁾.

До таких же висновків приводить і розгляд матеріалів натурних спостережень на Дону, які проте дуже з цього питання обмежені, бо з чотирьох переказів, на яких спостереження провадилися два роки (1928 — 1929), один знаходиться на шлюзованій дільниці, а один — в зоні значних згонів і наго-

1) В. М. Лохтін, О землечерпательных работах на р. Волге, VI съезд рус. деят. по вод. путям, СПб. 1899, с. 5.

2) В. А. Макаров, Организация технического надзора, Труды III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. 1, с. 34.

3) В. Г. Клейбер, О предсказании ожидаемой глубины переказов на р. Волге. — Труды III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. 1, с. 769.

4) Н. Жуковский, О деятельности изыскательской партии верхнего плеса р. Волги, Сб. Казанского округа п. с., вып. 1, Казань 1910, с. 172.

5) С. О. Попов називає, як це часто роблять водники, перевалом глибокий переказ, хоч по суті перевал є поняття зовсім іншого порядку, ніж переказ, і характеризує, власне кажучи, не певне морфологічне утворення в руслі, а перехід фарватеру від одного берега до другого.

6) С. А. Попов, О выправительных работах на р. Немане, — Труды II съезда инженеров-гидротехников в 1893 г., СПб 1893, с. 119.

нів морськими вітрами. Для решти двох перекатів маємо таку картину щодо величини витрати ($m^3/сек$), яка гарантує глибину 3,2 м¹):

Переказ	Рік	
	1928	1929
Кумовський	1100	1200
Нагавський	1130	1180

Про ці особливості режиму переказів ми судимо, звичайно, за матеріалами обзначувальних промірів. Те, що ці дані мають певні хиби й що користування ними може привести до помилок, як розглянуто в розділі I, тут не має істотного значення, бо ми спостерігаємо настільки значні зміни глибин переказів за зимово-весняний період, що вони не можуть бути пояснені ніякими хибами вихідних матеріалів. До того ж, коли якийсь переказ різко погіршується й стає нормуючим, то на ньому звичайно звужують фарватер і тим штучно збільшують судноплавну глибину. Отже у таких випадках, які ми зараз розглядаємо, промірні відомості бакенників можуть лише послабити картину погіршення переказу, порівнюючи з попереднім роком та з іншими переказами, а не штучно її утворити. Крім того, висновок про нерівномірність впливу поводи на різні перекази цілком стверджують, хоч і на меншій кількості об'єктів, плани переказів, зроблені під час високої води днопоглибними вишуківими партіями часто ще до початку промірів. Треба лише відзначити той мінус обставлювальних промірів, що вони починаються вже значно пізніше проходження весняного піка і тому без спеціальних натуральних спостережень не можна встановити точно, коли саме виникають ці різкі зміни в режимі переказів — на підйомі чи на спаді весняної поводи. Матеріали Волго—Дона також не містять потрібних для цього відомостей, бо на Нагавському переказі Дона різке підвищення позначки дна переказу у 1929 році проти 1928 відбулося не весною, а зимою (що взагалі лишається незрозумілим), і лише на одному Кумовському переказі одержано в 1929 р. збільшення нарощення дна під час підймання і на початку спадання весняної води, але цього одного випадку ще замало для певних висновків.

Друга особливість розвитку переказів, яка приєднується до попередньої, полягає в тому, що нерівномірністю розвитку вони відзначаються також на протязі навігації: з спаданням рівнів від весни до осені глибини окремих переказів спадають різними темпами. В наслідок цього, переказ, який нормував глибину на плесі при одній витраті (рівні), з зменшенням

¹) Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, с. 169.

останньої поступається цією роллю іншому. Дуже яскраво це явище можна спостерігати на Десні, навіть на дільницях з досить стабільним руслом. Ось приклад для дільниці її від гирла р. Неруси до гирла Судості (для кожного нормуючого перекаату зазначено величину витрати, при якій була відповідна глибина):

Глибина Рік	Проектна	Витрата м ³ /сек.	Менше на 20 см	Витрата м ³ /сек.	Менше на 40 см	Витрата м ³ /сек.
1931	„Ховін“	253	„Званий“ „Судость“	174	„Мурав'ї“	165
1932	„Плісовий“	280	„Бистрик“	190	„Неруса“	156

Аналогічну картину дали й досліджувані нами на Дніпрі в натурі перекаати „Мньов II“, „Комарин I“ і „Комарин III“. При витраті 830 м³/сек весною 1934 р. вони йшли за порядком глибин так:

- I „Комарин III“
- II „Комарин I“
- III „Мньов II“.

При витраті ж 330 м³/сек місця змінилися:

- I „Мньов II“
- II „Комарин III“
- III „Комарин I“

Підкреслена друга своєрідність ходу глибин теж не є специфічною особливістю перекаатів Дніпра або Десни. Її відзначали для Волги, її можна встановити за матеріалами Волго-Дона і для Дона.

Так, В. Г. Клейбер в доповіді на III з'їзді діячів по водних шляхах „О предсказаниях ожидаемой глубины перекаатов на р. Волге“ (с. 769) звертав увагу на те, що „протягом навігації найменшу глибину має то один, то другий перекаат“. Те ж відзначив для перекаатів Волги М. А. Богуславський: „розмивання дна на одному перекааті йде більш діяльно, на інших повільніше“¹⁾.

Якщо придивитись до наведених Б. В. Поляковим²⁾ кривих зв'язку глибин з витратами води кількох докладно вивчених у натурі перекаатів Дона, то ми побачимо взаємне перетинання між собою кривих для окремих перекаатів, різний нахил їх до координатних осей. А це й свідчить про різні темпи падіння глибин на цих перекаатах.

На жаль характеристика цього явища базується переважно

¹⁾ Н. А. Богуславский, Труды Комиссии о мерах улучшения водных путей России, в. III, СПб 1899, с. 12.

²⁾ Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, 1930, с. 170.

на зв'язку між відомостями бакенників про глибини і відомостями сусідніх водпостів про горизонти води, або на порівнянні планів, заснятих при різних горизонтах води і зведених до одного нормального горизонту відповідно до показань тех сусідніх водпостів. Тому не можна встановити, в якій мірі ці „коливання відносної глибини перекатів протягом навігації“ викликані нерівномірністю зміни дна фарватеру на перекатах, а в якій мірі — нерівномірним ходом рівнів у наслідок перерозподілу подовжнього спаду, або й відомими нам з розділу I хибамі промірних відомостей бакенників. В опублікованих матеріалах Волго-Дона (Б. В. Поляков, „Гидрология бассейна р. Дона“) немає всіх даних для розв'язання цього питання, тому воно потребує спеціального дослідження, як це вже відзначено з іншого приводу в § 9.

Зауважимо нарешті, що відзначені особливості природного режиму перекатів виявляються тим сильніше, чим менший ступінь сталості ріки, і отже для рік II категорії мають більше значення, ніж для рік III категорії.

§ 20. Судноплавні глибини на перекатах у період весняної повіді

Весняна повідь, відповідно до трьох основних її стадій, — підймання, гребінь (пік) і спадання води — характеризується перш за все темпом та тривалістю наростання витрат (підймання рівнів), висотою гребеня, темпом та тривалістю зменшення витрат (спадання рівнів).

Розглянемо, як змінюється позначка дна перекату на різних стадіях повіді залежно від їх характеристики¹⁾.

А. Підймання рівнів

Наші натурні спостереження, на жаль, покищо залишили цей період майже не висвітленим, бо ми мали змогу провести під час весняного підймання рівнів всього дві серії промірів глибин в 1935 р. на перекаті „Баня“ і отже одержали характеристику тільки одного інтервалу підйому і на одному (до того ж досить стабільному) перекаті. Ці спостереження вказали на підвищення дна перекату при наростанні високих рівнів.

Проміри бакенників починаються за дуже рідкими випадками таких маловодних років, як 1925 на Дніпрі, — лише після проходження весняного піка, та й мало придатні вони (див. розділ I),

¹⁾ Безперечно характер цих змін залежить від типу перекату. Але з причин, указаних в пп. „в“ і „г“ § 2, нам доводиться в цій роботі розглядати режим перекатів на основі сумарних даних для всієї їх маси, а не для окремих типів груп.

як матеріал для аналізу режиму перекатів. Отже, для Дніпра режим дна перекатів у період наростання весняної повіді залишається нез'ясованим.

Досліджувачі Волги, Дона в більшості сходяться на тому, що в цей період відбувається нарощування дна перекатів. Зокрема це встановлює Б. В. Поляков на підставі натурального вичення перекатів Дона¹).

Питання про залежність цього наростання дна від інтенсивності підйому рівнів залишається відкритим. М. А. Великанов, правда, вважає, що „чим різкіший паводок, чим крутіший його підйом, тим більші за інших рівних умов зважуючі сили потоку... тим більша деформація русла, яка залежить від перекидання твердих мас з одного місця на друге вниз за водою², з плесів на перекати³). Але жодних натурних даних для ствердження цього положення не наводиться.

Б. Весняний гребінь

Той же Б. В. Поляков на підставі матеріалів по Дону вважає, що величина наміву дна перекату у період весняного підймання тим більша, чим вищий гребінь повіді⁴).

З цим категоричним висновком ми ніяк не можемо погодитися і вважаємо, що він зроблений на підставі недостатніх матеріалів спостережень—усього двох перекатів⁴) за 2 роки з дуже незначною різницею у висоті весняної повіді.

За відсутністю інших, крім донських кількарічних спостережень режиму перекатів за весь період наростання повіді, ми обгрунтовуємо це своє заперечення тим безсумнівним фактом (див. § 19), що під час весняної повіді перекати змінюються дуже нерівномірно. Звідси ми робимо висновок, що в той час як в одного перекату вища повідь може викликати більше нарощування дна, ніж повідь нижча, у другого вона викличе таке саме, у третього — навпаки, навіть зменшене нарощення і т. д. Правда, наявні докази нерівномірності впливу весняної повіді на переформування перекатів стосуються періоду не самого максимуму повіді, а вже спадання її. Але процеси переформування дна на наших рівнинних ріках не розвиваються такими темпами, щоб за 10—15 днів від проходження гребеня високих вод і до початку промірів глибин (бакенниками та вишуковими партіями), на яких ми базуємо свої висновки щодо впливу повіді на перекат, — змінити в корені всю картину глибин, надавши їй зовсім іншого характеру. Ця картина, безперечно, може за цей час

1) Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, 1930, с. 172.

2) М. А. Великанов, Гидрология суши, 1932, с. 185.

3) Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, с. 172.

4) До того ж на одному з цих двох перекатів—Ногавському—високий гребінь, як вже вище відзначено, утворився чомусь ще зимою.

спадання води бути дещо послаблена, або навпаки — зроблена ще більш яскравою, але в основному, — ми вважаємо це припущення досить солідним, — вона залишається.

Повертаючись до заперечуваного нами висновку Б. В. Полякова, зазначимо, що своїм запереченням ми зовсім не збираємося цілком відкидати думку про наявність зв'язку між висотою поводи й нарощуванням перекатів. Таку думку, як ми побачимо далі, поділяли всі видатні наші робітники по водяних шляхах. Ми тільки відкидаємо правомірність надання цьому зв'язкові надто простої форми. Якщо розглянути вплив поводи на окремі переكاتи, то перед нами постане дуже складне (особливо на Дніпрі, меншою мірою на Волзі і, мабуть, на Дону) сплетіння різноманітних і часто протилежних наслідків. У цій різноманітності можна, проте, виділити певні основні тенденції, якщо розглядати не окремі переكاتи, а всю сукупність їх на значній ділянці ріки і при цьому порівнювати роки, які значно різняться висотою весняної поводи. Для років, близьких за висотою гребеня, інші фактори переформування русла — особливості льодового режиму, характер наростання поводи тощо, — можуть перекрити роль висоти гребеня.

Таке порівняння за ряд років проведено нами для п'яти ділянок Дніпра і двох ділянок Десни.

У додаткові № 3 наведено характеристику гідрометеорологічного режиму оброблених нами років. Головну увагу приділено періодові зими — весни, як вирішному в житті русла. З цієї ж причини до характеристики кожного року введено відомості, про попередню осінь і початок зими, що припадає на останні місяці попереднього року. Період же після весняного спаду, як менш для нас цікавий, розглянуто під загальною рубрикою „межінь“, хоч цей термін тут і не зовсім підходить. Попередня осінь характеризується за опадами. Зима — за її тривалістю, кількістю снігу та товщиною криги, ходом рівнів. Весна — за швидкістю танення снігу та кількістю опадів, за тривалістю льодоходу, висотою гребеня, темпами спадання води. Межінь — за ходом рівнів.

Саме порівняння окремих років поміж собою проведено двома шляхами: I) за величиною витрати води, при якій на перекаці була під час весняного спадання глибина 1,7 м; II) за висотою рівня води, при якій була ця глибина.

I. Величину витрати води ми брали з таблиць зв'язку глибин і витрат, складених для розрахунку судноплавних глибин Дніпра й Десни (див. § 30, де докладно описано порядок складання цих таблиць). Для кожного перекаці (або групи перекатів, які об'єднувалися одним промірним постом), що мав відомості про глибину, відзначалося порядок сприятливості років, починаючи з року, коли глибина 1,7 м на Дніпрі і 1,2 м на Десні була при найменшій витраті води, й, кінчаючи роком, коли ця глибина була при найбільшій витраті. Після цієї підготовчої операції

підраховувалося по кожній дільниці ріки (про розбивку на ці дільниці див. в § 30) кількість перекатів, для яких той чи інший рік був найсприятливішим. Ці підрахунки мали такі особливості по окремих дільницях:

а) Дільниця Дніпра гирло Березини — гирло Сожа¹⁾. Через крайню недостатність відомостей за 1925 р., не можна провести зіставлення всіх п'яти років по всіх перекатах. Тому порівняння ми провели за два етапи: спочатку за всі 5 років по тих перекатах, де є відомості за 1925 р., потім за 4 роки по решті. Матеріали по першій групі перекатів показують, що глибині 1,7 м найменші витрати води відповідають в 1925 р., потім йдуть 1930 і 1927 рр., далі 1929 і гірш за всі 1931 рік. Матеріали по решті груп перекатів за 4 роки вказують як найбільш сприятливий рік 1930, за ним — 1927 і найгірші — 1931 і 1929 рр.

б) Дільниця Дніпра гирло Сожа — гирло Прип'яті. Оскільки за більшу частину років відомості про глибини є лише по групах перекатів, ми й за ті роки, де були більш детальні відомості, вводили до розгляду по кожній групі лише витрату нормуючого перекаату, одержуючи таким чином можливість зіставити всі роки. Найбільш сприятливим виявився рік 1925, за ним — 1930, далі — 1931 і 1927, гірш за всі — 1929.

в) Дільниця Дніпра гирло Прип'яті — гирло Десни. Через відсутність відомостей по більшості перекатів за 1927 р., порівнюємо лише 4 роки, розглядаючи, як і по попередній дільниці, групи перекатів. Найбільш сприятливим виявився 1930, за ним 1925 і 1931, найгіршим — 1929 р.

г) Дільниця Дніпра гирло Десни — гирло Сули. При порівнянні матеріалів по групі перекатів за всі 5 років виявляється, що значно кращим за інші був 1925 р., за ним 1930 р., найгіршим — 1931, проміжне й майже рівне положення посідають 1927 і 1929 рр.

д) Дільниця Дніпра гирло Сули — гирло Самари. Розглядаючи аналогічно попередньому групі перекатів, одержуємо найкращі результати для 1925 і 1929 рр., за ними йдуть майже поруч 1930 і 1927 рр. і лише трохи гіршим виявляється 1931 р.

е) Десна²⁾. На обох розглядуваних дільницях (Новгород-Сіверський — гирло Сейма і гирло Сейма — гирло) трохи сприятливішим, порівнюючи з 1931 р., виявився 1932 рік.

Зведемо одержані дані в таблицю, розміщуючи роки, починаючи з більш сприятливого й кінчаючи найгіршим щодо потреби в воді для досягнення глибини 1,7 м.

¹⁾ Дільниці Дніпра вище гирла Березини ми виключили з цього розгляду, бо для них вихідні дані про зв'язок глибин та витрат не можна вважати досить надійними (див. розділи I і II).

²⁾ З тих же причин, що й по Дніпру (див. попередню примітку), ми не розглядали дільниць вище Новгород-Сіверського.

Дільниця	Роки в порядку сприятливості				
	I	II	III	IV	V
Д н і п р о					
Гирло Березини — гирло Сожа	1925	1930	1927	$\frac{1929}{1931}$	
Гирло Сожа — гирло Прип'яті	1925	1930	$\frac{1927}{1931}$		1929
Гирло Прип'яті — гирло Десни	1930	1925	1931	1929	
Гирло Десни — гирло Сули	1925	1930	$\frac{1927}{199}$		1931
Гирло Сули — гирло Самари	$\frac{1925}{1929}$		$\frac{1930}{1927}$		1931
Д е с н а					
	1932	1931			

При деякій строкатості одержаних наслідків ця таблиця вказує на такі безперечні факти:

1) на Дніпрі глибина 1,7 м утворювалася при найменшій витраті в 1925 р., а слідом за ним в 1930 р. Виняток являє лише дільниця Дніпра гирло Сули — гирло Самари, де 1929 р. має, приблизно, такі ж показники, як і 1925 р., а 1930 зрівнюється з 1927 р.; 2) найгірше становище на перекатах Дніпра й Десни (обміління вже при великих витратах) було в 1931 р., лише на перекатах від гирла Сожа до гирла Десни 1929 р. показав себе трохи гіршим; 3) проміжне становище по всіх дільницях Дніпра посідає 1927 р.; 4) на Десні 1932 р. був сприятливішим ніж 1931.

До цього треба додати, що всі ці висновки стосуються лише більшості перекатів, а не всіх, і що та чи інша меншість їх завжди являла приклади протилежного характеру і були, скажімо, перекати, для яких 1931 р., або 1929 був сприятливішим проти 1925 або 1930.

Якщо ми тепер звернемося до характеристики розглянутих років за висотою весняного гребеня, то побачимо (див. табл. 33), що найсприятливі для глибин перекатів на Дніпрі 1925 і 1930 рр. були якраз роками з найменшою висотою гребеня весняної повіді; 1929 і 1931 (особливо останній) були роками з найвищою повіддю, а 1927 рік займав середнє місце. На Десні ж повідь 1931 р. була вища, але незначно проти 1932 р. Отже цілком стверджується виставлене нами вище положення про сприятливість років з низькою весняною повіддю для глибин сукупності перекатів цілої річкової дільниці, при можливості протилежних наслідків для окремих перекатів.

Висота весняного гребеня (см)

Місце в одпоста	Рік	1925	1930	1927	1929	1931
Дніпро						
Річиця		292	305	393	425	566
Лоев		282	318	491	672	808
Домантово		196	259	421	489	588
Київ		203	334	500	658	852
Лощманська Кзм'янка		9	97	209	395	678
		1932	1931			
Десна						
Новгород-Сіверський		495	646	—	—	—
Вишеньки		628	735	—	—	—
Чернігів		783	862	—	—	—

В додаток до цього загального висновку треба зробити такі три зауваження:

1) Іноді бувало дуже важко встановити, який саме рік на тій чи іншій ділянці сприятливіший для судноплавних глибин перекатів. В умовах нерівномірності впливу весняної поводи на окремі перекати траплялося, що один з двох порівнюваних років був сприятливішим для одної половини перекатів, а другий — для другої. Доводилося брати до уваги не лише те, для скількох перекатів рік був сприятливішим, але — й наскільки він був таким для них.

2) Ввесь розгляд ми провели для глибини 1,7 м на Дніпрі і 1,2 м на Десні. Це були найбільші з глибин, для яких ми обрахували величину витрати. Якщо б ми виходили з розгляду становища при менших глибинах, тобто відходили далі від моменту піка поводи, то картина змінювалась би: підсилювалися б фактори, зв'язані з режимом спадання води, а основний досліджуваний нами фактор — висота піка — відступав би. Для повноти аналізу ми повторили його й для менших глибин (1,5, 1,3 м на Дніпрі, 1,0 і 1,8 м на Десні). Виявилось, що основний висновок про сприятливість 1925 і 1930 років, порівнюючи з 1929 і 1931, цілком залишається в силі. З'являються лише деякі нюанси. Наприклад, на ділянці Дніпра гирло Березини — гирло Сожа найгіршим став 1929 рік, а 1931 виявився проти нього трохи сприятливішим.

3) Іноді не можна пояснити стан глибин весною того чи іншого року його гідрологічними або навіть гідрометеорологічними умовами. Сюди належать такі випадки, як: а) покращання стану глибин на перекатах дільниці Дніпра гирло Сожа — гирло Прип'яті в 1931 р., порівнюючи до 1929 р., тоді як слід було чекати зворотного, бо 1931 рік відзначався вищим весняним піком при майже тотальному 1929-му рокові спаданні і майже таких самих весняних опадах; б) поліпшення глибин на дільниці гирло Прип'яті — гирло Десни в 1930 р., порівнюючи з однотиповим з ним 1925 роком; в) більша сприятливість на дільниці Дніпра гирло Сули — гирло Самари 1929 року, який відзначався високою повіддю порівнюючи з 1930 роком.

Доводиться відносити такі особливості окремих років за рахунок: або а) впливу торішнього механічного днопоглиблення (якщо є значна різниця в його інтенсивності за окремі роки), або б) не удовлених нашим аналізом деталей у характері гідрографа, або в) і це, мабуть, найчастіше, корінних змін у режимі русла, що їх вносить весняна повідь, або, нарешті, г) неточності вихідних даних.

Перша причина могла мати місце в перших двох наведених вище „аномальних“ випадках, бо на Дніпрі від гирла Сожа до гирла Прип'яті обсяг днопоглибних робіт різко збільшено саме в 1930 році¹⁾, а від гирла Прип'яті до гирла Десни — у 1929 році.

Друга причина могла мати місце у третьому випадку, якщо сприятливий вплив загальмованості спаду 1929 р. в період масового з'явлення на перекатах глибини 1,7 м перекрив у порівнянні з 1930 р. зворотний вплив високої поводи. Коли це було б саме так, то виходило б, що іноді темпи спадання (роль яких ми зараз розглянемо) мають більше значення, ніж висота піка.

Нарешті, може діяти іноді, на нашу думку, як виняток, і третя причина: висока повідь приводить до такого переформування русла, яке пов'язане з поглибленням більшості перекатів. На можливість і такого випадку вказує наведений К. К. Ушинським приклад „надзвичайної сприятливості“ для глибин на перекатах Середнього Дніпра 1900 року, який відзначався високим піком, при звичайному спаданні й низькій межні²⁾.

II. Другий обраний нами для визначення ролі висоти весняного піка шлях — за зв'язком у різні роки між глибинами й рівнями — привів в основному до тих самих наслідків, що й попередній. Для окремих дільниць ми одержали деякі відхилення від розподілу років за їх сприятливістю, зафіксованого в табл. 32. Ці

¹⁾ Див. „Транзитне днопоглиблення на Дніпрі та Десні“ Зб. під ред. А. К. Корчагіна, Акад. Наук, К. 1937, с. 78.

²⁾ Труды VIII съезда рус. деят. по вод. путям в 1901 г., Журнали заседаний с. 222.

відхилення, проте, не змінили підсумкової характеристики окремих років. Тому ми не подаємо всіх відповідних матеріалів і обмежуємося наведенням лише наслідків обробки по Десні від гирла Судості до гирла, де було використано криві зв'язку рівнів і глибин на весняному спаді. Користування ними послаблювало вплив випадкових помилок у промірних відомостях, оскільки такі точки залишалися поза кривими. Проробка цих кривих зв'язку була проведена для 1931 і 1932 рр. у двох варіантах: 1) знаходження рівня води, при якому на перекаті була глибина 1,2 м; 2) знаходження глибини, що була на перекаті при проектному рівні, за який було прийнято 60 см біля Новгород-Сіверського, 150 см біля Чернігова і відповідні величини для решти вод-постів.

Вважаючи поліпшенням перекаату, коли глибина 1,2 м була при нижчому рівні, або коли при тому ж рівні була більша глибина, і зіставляючи наслідки за обидва оброблені роки, ми одержали таку картину:

Таблиця 34

Характеристика стану на перекатах весною 1932 р.	При глибині 1, 2 м		При проектному рівні	
	кільк. перек.	0/0	кільк. перек.	0/0
1. Покращав порівнюючи з 1931 р. . .	26	41	27	43
2. Погіршав	22	35	14	22
3. Залишився приблизно без зміни . .	15	24	22	35
Разом	63	100	63	100

Як бачимо, знайдена вище І шляхом характеристика 1932 р., як дещо більш сприятливого для перекаатів на Десні, залишилася в силі.

Закінчуючи цей розгляд ролі висоти весняної поводи, відзначаємо, що основне положення про сприятливий вплив зниження гребеня останньої, виведене нами з розгляду зв'язку між глибинами перекаатів Дніпра й Десни, — з одного боку, і витратами та рівнями води — з другого, стверджується й іншими досліджувачами як для Дніпра, так і для Волги, Дона.

Так, наприклад, у згаданій недавно доповіді І. О. Розова 1910 рік на Дніпрі характеризується як особливо сприятливий для судноплавства насамперед тому, що „весняні води були невисокі, завдяки чому ріка не була надмірно засмічена наносами¹⁾”.

У проєкті Волго-Донської водної магістралі²⁾ зафіксовано, що „особливо помітно занесення перекаатів залежить від висоти

1) И. А. Розов, К проекту коренного улучшения р. Днепра, Тр. совещ. КОПС'а в 1911 г., с. 419.

2) Вып. 1. Реки Волга и Дон и выбор места их соединения, сс. 45—50.

й характеру спадання весняних вод. Очевидно, в наслідок дуже високих весняних горизонтів, які спостерігались в 1926 і 1927 рр., і високих осінніх паводків, за ці роки стан перекатів нижнього плеса Волги значно погіршав⁴.

Треба підкреслити, що велике значення для ступеня переформування русла під час весняного паводка має крім висоти паводка також його тривалість.

М. А. Великанов, розглядаючи механізм дії паводка в серпентинному руслі, приходять до висновку, що „розмивання плесів і нарощування перекатів відбувається тим інтенсивніше, чим коротший паводок відносно своєї висоти. Теоретичний мінімум деформації буде при нескінченно великій довжині паводка, тобто при усталеному русі потоку“¹⁾.

Нам міркування М. А. Великанова здаються трохи абстрактними. Поперше, під час весняного паводка крім серпентин меженого русла значний вплив на режим потоку має конфігурація заплави; подруге, весною наноси поступають не лише від розмивання берегів, але й з усього водозбору; потретье, треба розглядати не вплив паводка самого по собі, а — наслідки його деформаційної роботи для меженого періоду.

Очевидно, що і в питанні про роль тривалості весняного паводка немає ще ясності.

В. Весняне спадання

Значення цього періоду для режиму перекатів також залишається ще значною мірою неясним. Розгляньмо дві сторони цього питання:

1) як впливає інтенсивність спадання на хід судноплавних глибин;

2) в якому напрямі йде переформування дна фарватеру на переказі під час весняного спадання.

Роль інтенсивності спадання. Для з'ясування цього питання нами опрацьовано відомості про рівні води та глибини на переказах Дніпра в 1929—1931 рр. та Десни в 1931 і 1932 рр. На Дніпрі розглянуто дільниці нижче гирла Сожа, на Десні — нижче гирла Судості, бо відомості по решті дільниць не забезпечували належної точності аналізу. У кожному році й для кожної дільниці обрано період спадання приблизно на 0,5—1,5 м вище середньонизького навігаційного горизонту.

Для дат початку й кінця цього періоду виписано величину глибин на переказах (за винятком при цьому тих переказів, на яких вже були цього року днопоглибні роботи) з відомостей обзначувальних промірів. Потім по кожній дільниці виведено середнє (на 1 переказ) зменшення глибини за досліджуваний період. Виконано це окремо для двох груп переказів:

1) М. А. Великанов, Гидрология суши, 1932, с. 186.

тих, що мали відомості за кожний рік (їх названо „наскрізними“), й для усіх перекатів даної дільниці. Такий розподіл проведено з метою з'ясувати поведінку при різному характерові спадання як одних і тих же перекатів, так і цілих річкових дільниць (незалежно від того, які саме перекати промірялися даного року). В наслідок обробки всіх цих матеріалів складено таблиці такого змісту (див. додаток № 4).

1. Межі дільниці.
2. Розрахунковий рівневий водпост.
- 3 і 4. Межі розглянутого інтервалу спадання.
5. Тривалість цього інтервалу (в днях).
6. Амплітуда рівнів a_n на протязі інтервалу (в см).
7. Інтенсивність спадання (6:5), тобто середня добова амплітуда рівнів (см/доба).
8. Кількість „наскрізних“ перекатів.
9. Середнє зменшення глибини на них сер. a_p (в см).
10. Різниця між амплітудами глибин і горизонтів води сер. $a_p - a_n = \text{сер. } d$ (в см).
- 11, 12 і 13 — Аналогічні пунктам 8, 9, 10 відомості для всіх перекатів дільниці.

Крім того в цих таблицях уміщено (14 і 15) відомості про добову амплітуду рівнів на початку й наприкінці взятого інтервалу спадання, що дозволяє судити про величину можливої помилки у висновках в разі запізнення промірів або через неточність поправки на добігання (пор. § 9).

Зупинимося трохи на змісті величини сер. d .

Відповідно до означень § 3, вона дає середню (для розглянутих перекатів) зміну позначки дна за розрахунковий період, але неточно: вона зв'язана з величиною фактичної зміни позначки дна сер. D рівнянням

$$\text{сер. } D = \text{сер. } d + \text{сер. } x_n - \text{сер. } x_p \quad (66)$$

Сер. x_p в період спадання горизонтів буває від'ємною і — в розглядуваний період весняного спадання (II половина його) — порівнюючи незначною величиною. Величина сер. x_n для значної кількості перекатів і водпостів буде близькою до нуля, додатною або від'ємною (див. §§ 6 і 16). Отже можна чекати, що сер. d в нашому випадку буде лише трохи менше, ніж сер. D . Нагадаємо також, що додатні значення одержуються при наливі дна, а від'ємні — при розмиві.

Як і слід було чекати, „наскрізні“ перекати відзначилися більшою загалом величиною сер. d , порівнюючи з виведеною для всіх перекатів дільниці, і більшими коливаннями її по роках. Перша особливість пояснюється тим, що „наскрізними“ були здебільшого гірші перекати, які дуже міліли в кожний з розглянутих років. Друга особливість цілком впливає із сказаного в § 19 про нерівномірність розвитку окремих перекатів.

Для дальшого аналізу візьмемо дані лише по дільницях в цілому, бо вони краще характеризують загальний стан судно-млавних глибин даної весни.

В табл. 35 і 36 зведено основні показники виконаної по дільницях проробки: величину інтенсивності спадання і сер. *d*.

Таблиця 35

Водпост	1 29 р.			1930 р.			1931 р.		
	Інтенс. спад.	Кільк. перек.	Сер. <i>d</i> см	Інтенс. спад.	Кільк. перек.	Сер. <i>d</i> см	Інтенс. спад.	Кільк. перек.	Сер. <i>d</i> см
Домантово	4,1	5	+5	—	—	—	3,4	5	— 6
Глібовка	—	—	—	3,2	10	+6	3,3	21	+11
Київ	—	—	—	4,1	4	—15	3,7	6	— 3
Вігачів	3,6	10	+3	3,7	3	— 9	3,5	14	+ 6
Канів	—	—	—	3,4	12	+ 1	4,0	9	+ 5
Черкаси	5,3	10	+12	3,4	8	+13	—	—	—
Кременчук	1,6	10	—13	3,6	26	—10	2,8	15	—19
Деріївка	—	—	—	3,2	14	— 4	3,3	16	—13
Верхньодніпровськ	—	—	—	3,4	11	—10	3,7	8	— 2
Лоцманська Кам'янка	—	—	—	2,3	7	+13	2,5	10	+19
В середн. по всіх перекатах за винятком останньої дільниці		35	—1		95	— 3		104	0

Примітки: 1) Верхові дільниці виключені через велику добову амплітуду рівнів, що могло значно зменшити точність підрахунків.

2) Остання дільниця прив'язана до водпоста „Лоцманська Кам'янка“, який відрізняється дуже малою амплітудою рівнів, що може привести до значної додатної величини сер. x_n .

Таблиця 36

Водпост	1931 р.			1932 р.		
	Інтенс. спад.	Кільк. перек.	Сер. <i>d</i> см	Інтенс. спад.	Кільк. перек.	Сер. <i>d</i> см
Н.-Сіверський	9,1	10	— 31	5,0	4	— 9
Макошино	1,8	28	—15	1,7	19	— 21
Вишеньки	1,5	17	—18	1,4	16	— 8
Чернігів	2,5	9	—20	2,0	7	—13
Моровськ	2,3	8	—24	1,7	5	—33
В середньому по всіх перекатах		72	—20		51	—16

Розгляд цих таблиць не дає ніяких вказівок на наявність будьякої залежності між величиною сер. *d* і інтенсивністю спадання. Ми маємо, наприклад, випадки, коли при однаковій інтенсивності спадання сер. *d* змінюється по роках в досить широких межах (Вігачівська, Черкаська, Деріївська дільниці Дніпра, Вишеньська дільниця Десни). Меншій інтенсивності спадання

відповідає в одних випадках (Черкаська дільниця Дніпра, Чернігівська дільниця Десни) така сама величина сер. d ; в других випадках (Домантовська і Верхнедніпровська дільниці Дніпра, Морівська дільниця Десни) — зменшення сер. d , тобто збільшення „розмиву“; у третіх (Київська дільниця Дніпра, Н.-Сіверського, Чернігівська дільниця Десни) — збільшення сер. d , тобто зменшення „розмиву“.

Це примушує зробити такі припущення: а) або залежність, що ми її шукаємо, прихована неточністю використаних матеріалів, тобто величина сер. d не може служити основою проведеного аналізу; б) або ця залежність у розглядуваній нами фазі весняного спадання вже затушковується іншими факторами; в) або що вона взагалі значно складніша. Вибір між цими трьома поясненнями або прийняття тої чи іншої комбінації їх можна зробити лише на основі широких натурних спостережень. Зазначимо лише, що на користь третьому припущенню говорять проведені О. І. Лосієвським лабораторні дослідження режиму перекатів, які показали, що розмивання перекатів під час весняного спадання відбувається лише в тому випадку, коли зменшення швидкостей випереджає зниження рівнів¹⁾. Якщо погодитися з цим зробленим у лабораторії висновком, то вийде, що сама по собі інтенсивність спадання ще не визначає режиму перекатів.

У всякому разі, відкинути думку про важливу роль інтенсивності весняного спадання ми вважаємо за неможливе, бо є багато прямих, хоч не завжди досить чітко висловлених тверджень про сприятливість повільного спадання для розмивання наносів, відкладених повіддю, на перекатах Дніпра, Волги, Дона²⁾.

Так, І. О. Розов другою причиною вже згаданої нами вище особливої сприятливості 1910 року для судноплавства на середньому Дніпрі — вважав те, що „убування води йшло поступово, що дало можливість течії розробити ходи через перекази³⁾“.

В проекті Волго-Донської водної магістралі прийнято, що „на характер змивання переказу впливає тривалість спадання весняної води: чим триваліше спадання, тим сильніше розмивання ложа переказів“⁴⁾.

О. Ф. Романов серед причин сприятливості для судноплавства хода глибин в навігацію 1911 р. на Середній Волзі виділяв те, що „порівнюючи невисокий підйом весняних вод супроводжувався рідким, виключним явищем: спадання води йшло дуже повільно, і в ті дні, коли звичайно убування на постах вимі-

1) А. И. Лосиевский, Лабораторное исследование процессов образования переказов, ЦНИВТ, М. 1934, сс. 57, 68.

2) Нечіткість ця виявляється або у відсутності точного зазначення, який саме етап спадання мають на увазі, або в оцінці стану глибин, а не дна.

3) И. А. Розов, К проекту коренного удлучшения р. Днепра, Труды совещания КОПС'а в 1911 г., с 419.

4) Реки Волга и Дон и выбор места их соединения Ростов — Дон, с. 179.

рюється за добу цілими чвертями аршина, величина цього убування в 1911 р. коливалась з невеликими відступами біля 4—6 вершків за добу¹⁾.

В. М. Лохтін узагальнив ці факти („О механизме речного русла“, 1895, с. 70):

„Відомий, наприклад, той факт, що коли вода в ріці спадає швидко й сильно, то перекати бувають особливо утруднені і, навпаки, повільне спадання рівня сприяє кращому для судноплавства розташуванню наносів“.

Режим дна перекату. Чимало ще неясностей існує в питанні про те, як саме йде переформування дна перекатів у період весняного спадання на різних його етапах.

„Звичайно говорять, що... під час спадання вода ріже перекат“, — так підсумовував Б. В. Поляков звичайні уявлення про цей період, підкреслюючи їх надмірну схематичність²⁾. Правда, уважливі спостерігачі вже не раз наводили приклади зворотних явищ — намівив під час спадання. Ось, наприклад, М. О. Антонов указував, що „загальне правило, що в міру убування води перекати розмиваються, має винятки, які особливо часто зустрічаються: а) при довгих прямих ходах, б) коли безпосередньо вище даного ходу в межінь відбувається розмивання берегів або піщаних кіс, в) при кривих ходах, що мають перегин, тобто різні знаки кривизни“³⁾. Але, як видно з контексту (згадування про межінь), ці зауваження стосуються вже прикінцевого етапу весняного спадання.

Деякі вказівки на те, що робиться з дном перекату на попередньому етапі весняного спадання, можуть дати наведені у таблицях 35 і 36 величини сер. d . Ураховуючи зроблені в розділі III вказівки на відхилення цієї величини від величини сер. D , яка є точним показником напрямку (намівання чи розмивання) та інтенсивності зміни позначки дна фарватеру, — ми мусимо раніше, ніж аналізувати дані табл. 35 і 36, а також таблиці додатків №№ 4 і 5, які для них були основою, зробити два такі зауваження:

І. Величина сер. d в цей період весняного спадання найшвидше⁴⁾ буде трохи меншою, ніж сер. D , тобто потрібна буде додатна поправка, щоб одержати точну величину зміни позначки дна перекату. Тому додатні значення сер. d свідчитимуть майже⁴⁾ напевно про намів, тим часом як від'ємні значення можуть про

1) А. Ф. Романов, Отчет по землечерпательным работам на Средней Волге в навигацию 1911 г., Сб. Казанского окр. п. с., в. XVIII, 1912, с. 23.

2) Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, 1930 г., с. 116.

3) Н. А. Антонов, Типичные явления, относящиеся к устойчивости прорезей, с. 88.

4) Все ж таки не виключені зовсім випадки, коли сер. x_n буде від'ємною і більшою ніж сер. x_p величиною і отже поправка (сер. x_n — сер. x_p) буде теж від'ємною. Щоб зменшити можливість таких випадків, ми й виключили під час виведення сер. d для всіх перекатів дані по дільниці Лоцманської Кам'янки, де водпост відзначається дуже малою амплітудою горизонтів води.

розмив ще й не свідчити, бо після введення поправки можуть стати додатними.

II. На більшості дільниць Десни кінець періоду весняного спадання, що ми його розглядаємо, позначився у 1931 та 1932 рр. обмінням (до глибини 60—90 см) багатьох перекатів. Це, очевидно, привело до значного звуження фарватеру, чим ми і пояснюємо особливо значні тут від'ємні значення сер. d . Аналогічне явище можна відзначити також в 1931 р. на Кременчуцькій дільниці, яка мала найбільшу по всьому Дніпру від'ємну величину сер. d .

Після цих зауважень ми можемо зробити такі висновки з даних табл. 35 і 36.

а) Величина сер. d має чималу амплітуду як для окремих дільниць по роках (від +6 до -9 см для Вітачівської дільниці Дніпра, від -9 до -31 см для Новг.-Сіверської дільниці Десни, так і для окремих років по дільницях (від +19 до -19 см для 1931 року). Це може пояснюватися як різноманітністю дійсних процесів на перекатах, так і різноманітністю значень x_p і x_n , які характеризують точність відображення цих процесів величиною сер. d .

б) В середньому виводі для сотні перекатів Дніпра від Лоева до Дніпродзержинська, які охоплені табл. 35, сер. d має за роки 1929—1931 настільки невеличкі від'ємні значення (від 0 до -3 см), що їх — при самому обережному застосуванні і зауваження — можна прийняти за вираз нарощування „дна“ значної кількості перекатів на розглядуваному етапі весняного спадання. Найбільшою мірою це нарощування мало місце, крім виключеної нами Лоцмансько-Кам'янської дільниці, на Глібовській і Черкаській дільницях Дніпра.

Для 50—70 перекатів Десни нижче гирла Судості сер. d мало в 1931—1932 рр. значно більші від'ємні значення (-16 і -20 см), що, проте, все ж таки не є ще доказом значно більшого розмиву „дна“, бо тут (див. II попереднє зауваження) величина x_p була особливо значною.

Треба мати на увазі, що в обробку для складання табл. 35 і 36 попали далеко не всі перекати: відсутні відомості, з одного боку, про перекати, на яких уже провадилися за даної навігації днопоглибні роботи, а з другого боку, про перекати, на яких у той період не було промірів глибин. Перша група перекатів — це найбільш важкі, друга — найбільш легкі для судноплавства. Отже, є певні підстави сказати, що відсутність їх у нашій розробці взаємно урівноважується, і розглянута — середня — група перекатів є досить типовою.

Отже, хоч і складним шляхом зважувань і застережень, ми одержали з розгляду масових матеріалів про глибини ті ж вказівки на часті випадки нарощування дна перекатів, які нам дали для такої ж фази (середні рівні, в меженних бровках) весняного спадання наші натурні спостереження.

Виходить нібито різка суперечність між загальним уявленням про розмивання перекатів під час спадання (намивання — лише як виняток) і нашими висновками про намивання на значній їх кількості, якщо не на більшості. Ця суперечність зникне, коли точно встановити: 1) про який саме етап спадання йде мова; 2) для якої ширини фарватеру це розмивання встановлюється.

1) Етап спадання. На перекатах „Комарин I“, „Комарин III“ і „Баня“ — в 1934 і 1935 рр. нами зафіксовано весною також і розмивання, але при нижчих рівнях.

Спостереження на перекатах Дона, що їх поставило в 1928—1929 рр. Управління будівництвом Волго-Донського каналу, теж показує, що на різних етапах весняного спадання дно фарватеру на перекатах веде себе по-різному: відбувається то нарощення, то поглиблення. При цьому розмивання переважає, приблизно, наприкінці першої половини спадання (коли проміри бакенників, звичайно, ще не починаються) і значно пізніше, вже при більш низьких рівнях переходу в межінь¹⁾.

До цього останнього етапу і стосуються звичайні висловлювання про розмивання під час спадання. Чимало авторів це відзначає цілком чітко, говорячи про розмивання „після спадання“²⁾, „в межінь“³⁾. Інші (здаємо І. О. Розова, М. О. Антонова) говорять досить розпливчато про убування і спадання води взагалі, через що могло скластися враження про згадану різку суперечність.

2) Ширина розмиву. Наші висновки про намив або розмив стосуються постійної за шириною смуги фарватеру. Звуження цієї смуги, яке звичайно робиться на водяних шляхах при убуванні води, вже само по собі може створити враження розмиву на того, хто користуватиметься для визначення цього промірними відомостями бакенників. Але крім того на певних етапах спадання корито багатьох перекатів дійсно промивається, але цей промив обмежується вузькою видолинкою, за межами якої дно фарватеру або залишається стабільним, або навіть нарощується. Це встановлено і нами під час польових робіт на перекатах біля Комарина, і, наприклад, для Дона Р. Ф. Реевським, який зазначав, що „при зниженні горизонту перекасти розмивалися, але по смузї незначної ширини“⁴⁾.

Нарешті, наші спостереження 1935 р. показали, що поглиблення фарватеру на перекасті може бути наслідком, власне кажучи, не суцільного розмивання дна, як ми називаємо всяке

1) Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, 1930, Графіки на сс. 134—147.

2) В. М. Лохтин, О механизме речного русла, 1895, сс. 39, 43, 69 та ін.

3) В. М. Гусев, Прорезь и сваяка грунта при землечерпании, Гострансиздат, М. 1933, с. 71 і т. д.

4) Р. Ф. Реевский, О судоходных качествах р. Дона, Тр. I съезда инж. гидротехников в 1892 г., с. 195.

поглиблення, — а деякого нівелювання дна, зрізування окремих нерівностей і заповнення западин. Мабуть, аналогічні випадки мав на увазі В. М. Лохтін, коли, в наведеній вище цитаті, він казав про більш сприятливе для судноплавства „розташування наносів“.

У світлі всіх цих роз'яснень не тільки усуватиметься нібито суперечність між голосом практики і нашими висновками, але й стає ясным, що під час весняного спадання на перекатах відбуваються щодо зміни позначки дна фарватеру більш складні процеси, ніж їх визначає формулювання: „при спаданні вода ріже перекат“ — і що, хоч в цілому за період весняного спадання дно основної маси перекатів і розмивається, але на певних етапах весняного спадання досить часто може бути й нарощування дна. Для Дніпра таким етапом виявився інтервал горизонтів, приблизно на 50—100—150 см вище середньо-низьких. З цього можна зробити важливий для проектування висновок при досить високий коефіцієнт корисної дії попуску на Дніпрі в цих межах.

§ 21. Режим глибин під час стояння рівнів

Питання про режим судноплавних глибин на перекатах в період тривалого стояння підвищених (тої висоти, яка буде забезпечуватися попусками) рівнів є основним для оцінки ефективності регулювання стоку. Воно є також і найскладнішим, бо випадки тривалої стабільності таких горизонтів надзвичайно рідкі й підшукування в природних умовах аналогій цьому періоду зарегульованого стоку дуже утруднюється. Тим часом для аналогії треба використати:

1) саме тривалі стояння рівнів, бо за короткий терміц можуть ще не виявитися і в дійсності, і в показаннях бакенників зміни в режимі перекатів;

2) стояння горизонтів — саме порядку попускових, бо згідно з теоретичними і лабораторними дослідженнями¹⁾ для кожної ділянки річища існує критичний горизонт, вище якого розмивання фарватеру змінюється наміванням або — рідше — намівання розмиванням.

Критичний горизонт. З огляду на істотну важливість для нашої теми висунутого й обгрунтованого О. І. Лосієвським поняття про критичний горизонт, висвітливо питання про нього дещо детальніше. Перш за все відмітимо, що, як це впливає з самої суті явища (зміна внутрішніх течій потоку при певному співвідношенні його глибини й швидкості течії), значення цього критичного горизонту повинні бути специфічні для кожного перекату і — в умовах значних щорічних переформувань річища — для кожного року. Далі вкажемо, що, як видно, критичні гори-

¹⁾ А. И. Лосиевский, Лабораторное исследование процессов образования перекатов, 1934, с. 56.

зонти для більшості перекатів повинні бути значно вищі проти меженних, отже вищі й проти стабільних зарегульованих горизонтів, які, при тому ступені зарегулювання стоку, який проектується для наших великих рік, не набагато перевищуватимуть середні межні. Нарешті, підкреслимо, що при переході через критичний горизонт відбувається самоврегулювання потоку, тобто послаблення тих факторів, які привели до зміни розмивання русла намиванням, і, отже, намивання тривалим не буде, припиниться після обміління річища до деяких меж¹⁾ (див. про них нижче).

Саме знаходження висоти критичного горизонту для окремих перекатів може бути проведено лише шляхом натурних спостережень. Цей висновок виходить з таких міркувань:

1) Для складного сполучення різних факторів, які визначають режим перекатів в природі, не можна розраховувати на придатність аналітичних залежностей, виведених з лабораторних дослідів на схематизованих моделях. Лабораторні досліди можуть дати лише наближене уявлення про порядок величин, з якими нам доведеться зустрітись в природі. Так, наприклад, О. І. Лосієвський з своїх дослідів приходив до такого рівняння, яке визначає співвідношення при критичному горизонті між глибиною й середньою швидкістю в річкових потоках з максимальною глибиною до 16 м²⁾:

$$(v + 0,1)P = 1,6, \quad (67)$$

де v — середня швидкість в м/сек;
 P — глибина в м.

Лосієвський не дає прямих вказівок на те, яку глибину він тут має на увазі (можливо тому, що при прямокутній формі лабораторного лотка це питання не мало значення). У всякому разі орієнтовність нашого порівняння дозволяє розглядати її як судноплавну глибину, тим більше, що остання за нашими натурними спостереженнями мало відрізняється і від максимальної, і від середньої на гребені перекаату.

За цим рівнянням (67) О. І. Лосієвського можна, знаючи проектну глибину і горизонт води на перекааті, визначити відповідну їм середню швидкість течії. Але для знаходження проектного горизонту за заданою глибиною (чи навпаки) потрібні натурні спостереження (див. про це далі в § 25). Крім того, обчислення за формулою (67) треба взагалі вважати за досить умовні, бо в природі явище критичних горизонтів буде, очевидно, багато складнішим. Наші, наприклад, спостереження 1934 р. на

1) „Транзитне днопоглиблення на Дніпрі і Десні“, Зб. під ред. А. К. Корчагіна, К. 1937, с. 27.

2) А. И. Лосиевский, Лабораторное исследование процессов образования перекаатов, с. 56.

перекаті „Баня“ дали вказівки на велику роль у цьому відношенні бокових проток, що викликають перерозподіл течій в головному річці.

2) Дуже ненадійно знаходити висоту критичного горизонту за відомостями бакенників. Правда, при стоянні горизонтів, особливо підвищених і в період весняного спадання (тобто до втручання механічного днопоглиблення), викривлення уявлення про стан дна через змінність ширини фарватеру й не повинно бути великим. Проте, в умовах короткочасності таких „площадок“ рівнів незначними будуть також і можливі обміління та розмиви суднового ходу. В результаті, величини, які підлягають аналізу, виявляються одного порядку з можливими хибамі вихідного матеріалу, як це зауважено вже в § 16.

Зважаючи на це, ми відмовляємося від визначення висоти критичного горизонту за відомостями бакенників і обмежуємося загальним розглядом ходу глибин в періоди стояння рівнів. Для цього з відомостей про горизонти води вибрано всі випадки стояння їх в період весняного спадання, а оскільки таких виявилось дуже мало, то й в літньо-осінній. При цьому більша частина „площадок“ не відзначалася достатньою „рівністю“, і в їх межах відбувалося звичайно або невелике підіймання, або спадання, яке, правда, не перевищувало 17 см від рівня меж „площадки“. Потім з відомостей про глибини на перекатах узято дані про глибину окремих перекатів на початку й наприкінці „площадки“ рівнів, при чому, щоб послабити роль місцевих спадів, початок і кінець „площадки“ бралось трохи відступивши у середину її. Перекати, де були днопоглибні роботи, до відомості не включались.

Відомості глибини окремих перекатів на межах „площадок“ складено по дільницях відповідно до розбивки, наведеної в § 13. Для кожної дільниці підраховано середню на один перекат зміну глибини за період стояння рівнів, при чому, аналогічно вказаному в попередньому параграфі, ці підрахунки зроблено як для всіх перекатів, так і окремо для „наскрізних“.

На підставі цих подільничних відомостей складено по Дніпру й Десні зведені відомості, які містять такі дані (див. додатки №№ 6 і 7):

1. Рік.
2. Межі дільниці.
3. Назва водпоста.
- 4 і 5. Хід рівнів до й після стояння їх (підіймання чи спадання).
6. Висота горизонту на початку „площадки“.
7. Різниця горизонтів на межах „площадки“ (вона лише в кількох випадках складала 2—4 см, а переважно дорівнювала 0—1 см).
8. Кількість перекатів „наскрізних“.
9. Середня зміна глибини на один „наскрізний“ перекат.
10. Кількість усіх перекатів дільниці.
11. Середня зміна глибини на один перекат дільниці.

Крім того, наведено для меж „площадки“ величину добової ампліту дирівнів, яка лише в окремих випадках досягала 4—6 см, що могло б дати помилку в 3—4 см, як правило ж вона була всього 1—3 см, тобто її можна було зовсім ігнорувати. Тому не урахувався і час пробігу, який для досліджуваних перекатів не виходив за межі одної доби.

Перш ніж перейти до розгляду одержаних даних, відмітимо, що хід глибин на „наскрізних“ перекатах виявився за дуже небагатьма винятками (головно на Н.-Сіверській дільниці) майже тотожним ходові глибин на відповідній дільниці в цілому. Тому в дальшому ми обмежимося дослідженням впливу „площадок“ на всі перекати дільниці, зводячи основні показники в табл. 27 і 38.

Таблиця 37

Дата „площадки“	Гориз. по- чатку „площадки“	Сер. зміна глиб. 1 пе- рекату	Кількість перекатів	Дата „площадки“	Гориз. по- чатку „площадки“	Сер. зміна глиб. 1 пе- рекату	Кількість перекатів
Дніпро				Водпост *Вітачів*			
Водпост „Лоев“				VIII . . . 1927	81	— 8	6
X 1927	142	7	9	VII . . . 1929	81	— 6	11
VII 1929	82	—6	10	VII . . . 1930	28	— 5	14
X 1929	55	—2	10	VIII—IX 1931	42	— 5	25
IX 1930	107	11	5				
VI—VII . . 1931	87	—7	5	Водпост „Канів“			
X 1931	117	1	5	VII . . . 1929	134	—13	8
				IX . . . 1929	59	—10	8
Водпост „Навози“				VII . . . 1930	71	— 5	18
X 1927	150	6	7	VIII—IX 1931	59	— 8	22
X—XI . . . 1927	133	—8	7				
VII 1929	87	1	10	Водпост „Черкаси“			
X 1929	58	—2	10	VIII . . . 1927	98	— 7	14
X 1930	94	—9	4	X . . . 1927	79	13	14
IX 1930	107	8	4	IX . . . 1929	32	1	16
				X . . . 1929	31	1	16
Водпост „Домантово“				VII . . . 1931	33	— 5	18
VII 1930	41	—5	12	IX—X . 1930	54	7	18
VIII—IX . 1931	38	—3	11	VIII—IX 1931	34	1	32
Водпост „Глібовка“				Водпост „Кременчук“			
VII 1930	44	—8	22	IX . . . 1929	79	9	21
VIII 1931	48	—9	19	X . . . 1929	80	2	21
				VII . . . 1930	76	— 8	18
Водпост „Київ“				VII . . . 1930	77	6	18
VIII 1927	107	—11	5	IX—X . 1930	100	5	19
VII 1929	108	—16	5	X . . . 1930	99	0	19
VII 1930	48	—2	3	VIII—IX 1931	114	— 6	21
VIII—IX . 1931	60	—6	8				

Дата „площадки“	Гориз. по- чатку „площадки“	Сер. зміна глибини 1 перекату	Кількість перекатів	Дата „площадки“	Гориз. по- чатку „площадки“	Сер. зміна глибини 1 перекату	Кількість перекатів
Водпост „Редути“				Десна			
X . . . 1929	—34	—14	5	Водпост			
VII—VIII 1930	—30	—13	4	„Н.-Сіверський“			
IX—X . 1930	—7	5	4	VIII . . . 1931	27	1	14
Водпост				X . . . 1931	54	2	14
„Деріївка“				IX . . . 1931	29	—2	14
VIII . . . 1927	134	—16	6	IX . . . 1932	31	3	9
IX—X . 1927	102	—2	6	VI . . . 1932	120	—9	4
X . . . 1927	108	13	6	Водпост			
IX—X . 1929	60	1	17	„Вишеньки“			
VII—VIII 1930	81	—11	11	VIII . . . 1931	23	1	14
IX—X . 1930	97	9	11	X . . . 1931	53	2	13
VIII—IX 1931	91	2	6	VII . . . 1932	171	9	7
Водпост				IX . . . 1932	31	—1	11
„Верхне- дніпровськ“				Водпост			
X—XI . 1927	121	—3	12	„Макошино“			
IX—X . 1927	102	—4	11	VIII . . . 1931	42	4	16
IX . . . 1929	73	—12	16	IX . . . 1931	46	3	16
X . . . 1929	72	—1	15	IX—X . 1932	40	11	10
VII—VIII 1930	77	—15	9	VI—VII 1932	175	—12	9
IX—X . 1930	91	4	9	Водпост			
VIII—IX 1931	83	3	10	„Чернівів“			
Водпост				VIII—IX 1931	106	6	13
„Лощманська Кам’янка“				IX . . . 1931	105	2	13
VIII—IX 1927	—54	—1	4	VII . . . 1932	254	1	6
X—XI . 1927	—55	—3	4	IX—X . 1932	109	16	6
X . . . 1929	—89	5	4	Водпост			
X . . . 1930	—66	2	7	„Моровськ“			
VII—VIII 1930	—83	—3	7	VIII—IX 1931	55	9	7
VIII—IX 1931	—81	—8	12	IX . . . 1931	56	—2	7
Середнє по всіх перекатах . . .		2		VII—VIII 1932	188	—3	5
				IX—X . 1932	72	—1	5
				Середнє по всіх перекатах . . .		2	

Розгляд табл. 37 і 38 приводить до таких висновків:

а) Нема достатніх вказівок на залежність знака зміни глибини від висоти „площадки“: в різні роки й на різних ділянках збільшення чи зменшення глибини відбувалося при стоянній горизонтів різної висоти (напр., обміління Вітачівської ділянки в 1929 р. при горизонті 81 см, а в 1930 р. — при горизонті 28 см, — поглиблення Вишеньської ділянки в 1931 р. при гори-

зонті 53 см, а в 1932 р. — при 171 см) і, навпаки, горизонти однакової висоти давали то налив, то розлив (напр., Кременчуцька дільниця в 1930 р. при горизонтах 76 і 77 см, Деріївська дільниця в 1927 р. при горизонтах 102 і 108 см, Морівська дільниця при горизонтах 55 і 56 см і т. д.).

б) Багато помітніший вплив особливостей окремих дільниць: на одних — при різних горизонтах площадок переважає збільшення глибин (Черкаська, Кременчуцька, Вишенська, Чернігівська), на других — зменшення (Домантовська, Глібовська, Київська, Вітачівська, Канівська), решта дає строкату картину.

в) Максимальне збільшення середньої глибини дільниці складало 13 см на Дніпрі (Черкаська і Деріївська дільниці в жовтні 1927 р.) і 16 см на Десні (Чернігівська дільниця у вересні — жовтні 1932 р.); максимальне зменшення 16 см на Дніпрі (Деріївська дільниця у серпні 1927 р.) і 12 см на Десні (Макошинська дільниця — в червні — липні 1932 р.). Отже відхилення глибин в той чи інший бік, приблизно, однакові, що відбивається і на величині середньої зваженої для всіх розглянутих випадків зміни глибини: для Дніпра — 2 см і для Десни 2 см.

г) Строкатість одержаної картини залежить певно й від „роботи“ бакенників, і від різноманітності досліджених площадок, які охоплювали невеликі спадання й підймання, і від умов різних періодів навігації, з яких вибиралися „площадки“ (весна, літо, осінь).

д) Безперечно, велику роль грає „походження“ „площадки“. Якщо вона утворена місцевим зливовим стоком, то це приведе до більш чи менш значної засміченості перекатів наносами, особливо при великій кількості ярів у берегах.

Щодо цього попускові „площадки“ при інших однакових умовах будуть безумовно сприятливішими, ніж природні „площадки“ тієї ж висоти.

е) Не може не мати значення й висота горизонтів, особливо в тих випадках, де при великій воді значно збільшуються швидкості течії і розлив піщаних берегів, як, наприклад, на Макошинській дільниці Десни і в середній течії Дніпра.

Літературні вказівки. З огляду на особливу важливість для проектів регулювання стоку питання про „поведінку“ перекатів у період стояння підвищених горизонтів, наведемо думки інших дослідників проблеми глибин на перекатах.

И. В. Бушмакін, доповідаючи про водосховища на Волзі, влаштовані для штучного водопостачання верхів'їв останньої, сповістив, що попуск води „шаром до 0,20 саж., який не виходить з меженних берегів, на береги помітно не впливає. Так само, через незначність додаткового шару води, вплив його на підвищення дна перекатів диференціальний (тобто мізерний. — А. К.) і не помітний“¹⁾.

¹⁾ И. В. Бушмакин, О водохранилищах на р. Волге, Труды II съезда рус. деят. по вод. путям, ч. I, с. 204.

Е. Вількен у доповіді на тому ж з'їзді: „Дополнительное питание рек, как начало их систематического улучшения“ пропонував поширити успішний досвід верхневолзьких попусків на інші ріки, вважаючи, що коли „підтримувати цей (судноплавний) горизонт, то й глибина буде на всіх перекатах або принаймні на більшій частині їх така, яка зараз спостерігається при високій воді природній“¹⁾.

В. Малінін у дальшій доповіді на тому ж з'їзді: „Об искусственном обводнении Волги,“ захищаючи думку про додаткове водопостачання для Середньої Волги, резонно вказував тим, хто боявся підсиленого за попусків розмивання берегів і засмічування перекатів: якщо руйнуючий вплив на береги весняних вод за тисячоріччя не привів ріки до непридатного стану, то „тим менше підстав побоюватися за псування русла, коли під час межені витрата води тимчасово збільшиться на величину, мізерну порівнюючи з тим, що несе ріка весною або навіть у сильній літній паводок“²⁾.

Й. В. Бушмакін повідомляв у своєму звіті таке про дослідження дії попусків на Верхній Волзі: „якщо підтримування встановленого в 1889 р. повного судноплавного рівня і необхідне в першу половину навігації, поки піски, які легли весною, не розмиті до звичайної норми, то в другій її половині плавба з таким же успіхом може відбуватися (і фактично відбувалася — А. К.) при рівні, нижчому за попередній на 4 сотки“³⁾.

У цьому ж звіті (с. 236) Й. В. Бушмакін, аналізуючи більш сприятливий стан судноплавних глибин в період стояння одного й того ж попускового горизонту в 1901 р., порівнюючи з 1897 р., пояснює це затримкою в 1901 р. весняного спадання в районі на 1 м вище попускового горизонту з сповільненням потім зниженням до цього останнього.

Такий же сприятливий для глибин на перекатах вплив сповільнення весняного спадання й затримки його на горизонтах 0,9—1,3 м вище нульового відзначав В. М. Лохтін для 1898 р. на Середній Волзі й мотивував це тим, що якраз при цих горизонтах „відповідно до рельєфу піщаних кіс на перекатах течія води повинна бути особливо діяльна щодо розмивання фарватеру в межennomу напрямку“⁴⁾. Правда, докази цієї сприятливості, які ґрунтуються на промірах бакенників, дещо сумнівні, але саме мотивування причин сприятливості варте уваги, оскільки воно дається глибоким знавцем режиму річкового русла.

1) Труды II съезда, сс. 241, 242.

2) Там же, с. 285.

3) И. В. Бушмакин, Исследования для устройства дополнительного водоснабжения р. Волги, Отчет, чч. II і III, с. 281.

4) В. М. Лохтин, О землечерпательных работах на р. Волге, VI съезд рус. деят. по вод. путям, с. 8.

О. І. Лосієвський в наслідок теоретичного дослідження вважає, що „інтенсивне переформування русла відповідно до підвищених швидкостей стійкого попускового горизонту води без перечно повинне привести до збільшення глибин“¹⁾.

Все сказане дозволяє прийти до висновку про можливість у розрахунках судноплавних глибин при регулюванні стоку виходити з того їх становища, яке фіксується до початкової стадії попусків в період весняного спадання. При цьому не виключено поліпшення цього становища в дальший період стабільних горизонтів.

Розгляд ефекту регулювання стоку, проведений під час проектування Волго-Донської водної магістралі, привів проєктантів до аналогічних висновків.

§ 22. Деякі питання меженного і зимового режиму перекатів

Зупинимось ще на таких трьох питаннях режиму перекатів, розв'язання яких потрібне для висвітлення умов і наслідків регулювання стоку:

1) Як інтенсивно йде розмивання фарватеру при меженному зниженні рівнів води.

2) Як змінюється дно фарватеру на перекаті при літніх та осінніх паводках.

3) Як поведуть себе перекати взимку, під кригою.

Розв'язання першого питання дало б нам матеріали для оцінки „корисної дії“ попусків, тобто дозволило б урахувати, яка частка попускового шару води дасть безпосереднє збільшення глибин, а яка компенсуватиме затриманий процес меженного розмивання перекатів.

Розмивання дна фарватеру на перекатах при меженному зниженні рівнів, на нашу думку, є реальним фактом, хоч це загальне правило й має чимало винятків (згадаємо перелік частини їх Антоновим). Відзначаючи цей факт, ми в той же час повинні щодо величини цього розмиву повторити в основному всі зауваження, зроблені в § 24 з приводу перебільшення, в звичайних уявленнях, розмиву наприкінці весняного спадання.

Оскільки на більшій частині перекатів у нижній частині спадання рівнів йде розмивання дна фарватеру, коефіцієнт „корисної дії“ попусків буде менший за одиницю. Але для дальшого уточнення його величини ми ще не маємо даних.

Промірні відомості бакенників не можуть служити для цієї мети, бо величина x_p в межівь досить значна. Нехтування цією величиною привело б до значного перебільшення розмиву. Крім того, в цей період природний режим перекатів порушується масовим механічним днопоглибленням, що не дозволяє

¹⁾ „Транзитне днопоглиблення на Дніпрі та Десні“, Зб. під ред. А. К. Корчагіна, К. 1937, с. 24.

з'ясувати хід глибин якраз найбільш важких для судноплавства перекатів.

Наші натурні спостереження 1934—1935 рр. меженного режиму лише одного перекату („Бані“) безперечно зовсім недостатні для будьяких узагальнень, тим більше, що якраз вони вказали на залежність інтенсивності меженного розмиву також від обставин попереднього весняного режиму, який може бути в корені відмінним для окремих перекатів¹⁾.

Графіки коливання позначки горизонту води й дна на перекатах Дона, досліджених в 1928—1929 рр. Управлінням будівництва Волго-Донської магістралі, дають картину порівнюючи невеликого розмивання дна в період зниження меженних горизонтів від 1—1,5 м до нуля над середньо-низьким; виняток становить один Підтиховський перекат. Величину коефіцієнта *V* можна прийняти для цих перекатів близькою до 0,8.

Але не слід вважати, що коефіцієнт корисної дії попуску мав би таку величину протягом усієї межени. Не виключена можливість, що розмивання відбуватиметься і при стоянні підвищеного попусками стабільного горизонту.

Одною з характерних рис меженного режиму ріки при регулюванні стоку за допомогою водосховищ в басейні даної ріки буде крім підвищення рівнів також їх певна стабілізація, зниження паводкових горбів. В ряді випадків може знизитися також висота й осіннього паводка.

У зв'язку з цим має значний практичний інтерес питання про те, як відбуваються паводки тої чи іншої висоти на режимі перекатів.

Обробка польових матеріалів по перекату „Баня“ вказала на дуже незначну зміну фарватеру при невисоких літніх паводках, що давали підвищення рівня води на 30—40 см, і на значне намівання фарватеру в наслідок високого літнього паводка 1934 р., який підвищив рівні на 140—150 см.

Осінні паводки, простежені нами, правда, тільки до горизонту 125 см, дали незначне нарощування дна.

Проведена К. О. Архіповим обробка даних за 20 років по 26 волзьких (між гирлами Оки і Ками) перекатах з метою виявити вплив на них літніх паводків не може допомогти нам у з'ясуванні цього питання. І не тільки тому, що в основі цієї обробки лежить зв'язок між глибинами, що їх проміряли бакенники, і горизонтами води на водомірних постах, — але й тому, що Архіпов вивчав лише фазу підймання паводкової хвилі, а не весь цикл²⁾. В матеріалах Волго-Дона ми теж не зможемо знайти відповіді на цікаве зараз для нас питання, бо на Дону,

1) Тому ми утримуємося від визнання за характерну рису меженного режиму перекатів тої спостережень на „Бані“ факт, що позначка дна фарватеру в межінь для даного рівня приблизно стабільна по роках.

2) К. А. Ар х и н о в, Влияние паводков и высоких вод на состояние перекатов.

який взагалі відзначається рівною меженню, за роки спостережень не було будьяких помітних паводків.

Правда, в „Матеріалах правительственной експертизы“ (т. I, с. 262) наводиться досить категоричний висновок Управління будівництва Волго-Донської водної магістралі щодо ролі межених паводків: „меженні паводки, як загальне правило, викликають нарощення дна перекату; при наступному спаданні паводка дно не встигає відповідно розмиватися, і стан перекату загалом погіршується“. Але це твердження базується на аналізі відомостей бакенників (які згодом дезавувувало і саме Управління) і тому не може вважатися достатньо обґрунтованим.

Доведеться таким чином обмежитися наведенням тої оцінки впливу літньо-осінніх паводків на стан перекатів, яку дають в літературі інженери-практики.

„Пошкодження“ перекатів Дніпра літніми паводками спеціально відзначав інж. П. Попов у своїй доповідній записці Київській окрузі шляхів¹⁾.

Чимало є літературних свідчень про занесення паводками перекатів Волги.

О. Ф. Романов так характеризує наслідки межених паводків: „Помічено, що нестійкі тимчасові паводки, що тривають 10—20 днів, згодом дуже несприятливо позначаються на стані перекатів. Вода, що піднялася на 1 $\frac{1}{2}$ —2 аршини, змінює течію, яка вже уляглася в кориті переката, заливає піски і заносить перекати“²⁾.

Іншого разу той же автор дає оцінку тривалого осіннього паводка як такого, що має „дуже несприятливий вплив на стан перекатів“ і вказує, що „відсутність в 1910 році осіннього паводка дозволяла вважати, що в зимній час не відбулося засмічення перекатів“³⁾.

Загальний висновок, який можна зробити з наведених матеріалів, не зважаючи на деякі суперечності в них щодо оцінки ролі висоти і тривалості літньо-осінніх паводків, зводиться до безперечного визнання їх шкідливості для стану глибин. Основна причина — порушення усталеного режиму потоку⁴⁾, зокрема підсилене живлення його наносами з площі водозбору і від місцевого розмивання.

1) Труды совещания КОПС'а в декабре 1912 г. по важнейшим вопросам дноуглубления, К. 1913, с. 172.

2) А. Ф. Романов, Отчет по землечерпательным работам на Средней Волге в навигацию 1910 г., Сб. Казанского ОПС'а, в. VI, с. 9.

3) А. Ф. Романов, Отчет по землечерпательным работам на Средней Волге в навигацию 1911 г., Сб. Казанского ОПС'а, в. XVIII, сс. 25, 22.

4) Цікаво з цього погляду навести оцінку впливу паводка на мутність води (Турчинович, Улучшение качества воды, М.-Л. 1935, с. 111): „якщо потік не змінює своєї глибини і швидкості, то всі частки, які можуть бути винесені, уносяться, і на дні та біля берегів встановлюється певна рівновага і вода в дальшому залишається чистою. Цим пояснюється чистота рік у зимовий час. Якщо, навпаки, швидкість течії і глибина потоку, а іводі й напрям його течії змінюються, вода мутніє, як це й буває під час паводка“.

Зимовий режим перекатів залишається до цього часу найменш висвітленим через відсутність тут лабораторних спостережень і надзвичайну скудність польових. В матеріалах Волго-Дона зимовий режим висвітлено лише для трьох перекатів (для Кумовського за 1928 і 1929 рр. і для Кудиновського та Ногавського за 1929 рік), для решти охоплено було спостереженнями тільки 1—2 зимових місяці.

Між тим є низка вказівок на значну роль льодоставного періоду у житті перекатів. Зокрема, багато фактів указують на інтенсивне розмивання перекатів під кригою, особливо при низькому її стоянні.

М. Я. Арондар, характеризуючи навігацію 1912 р. на Дніпрі, відзначає в числі основних причин її сприятливості для судноплавства такі умови попередньої зими: „1) Льодостав 1911 р. настав при дуже низькому горизонті води, який протримався при незначних коливаннях майже всю зиму. Отже, через відсутність осіннього паводка, в зимовий час не було засмічення перекатів; 2) дуже ранній льодостав при значній товщині льоду, що досягала 1,5 арш., стиснувши живий переріз ріки протягом 4,5 місяців, безперечно вплинув на розмивання перекатів“¹⁾.

Аналогічне явище констатував В. О. Чаплигін для Оки²⁾.

Не раз відзначали поглиблення перекатів під кригою і для Волги: „зимою, як помічено, від замерзання ріки всі перекати поглиблюються, у наслідок того, що лід намерзає, і чим товщий лід, тим нижче стає русло, і чим суворіша буває зима, тим поглиблення буває більше“ — відзначав В. А. Макаров³⁾.

О. Ф. Романов, характеризуючи сприятливість для судноплавства навігації 1911 р. на Середній Волзі, писав: „були всі підстави чекати, що за зиму стан перекатів поліпшиться: дуже сувора зима 1910—1911 року сприяла утворенню на річці міцного льодового покриву, що доходив місяцями до двох аршин; таке значне стиснення живого перерізу ріки на мілких перекатах безперечно повинне було супроводитись збільшенням одної з функцій витрати води в ріці—швидкості, і, як неминучим наслідком цього, промиванням русла“⁴⁾.

На промивання волзьких перекатів зимою вказував і В. Г. Клейбер в доповіді з'їздові судноплавних діячів 1903 р. в Нижньому-Новгороді (тепер—Горький)⁵⁾.

¹⁾ Н. Я. Арондар, Годовой отчет по землечерпанию на Среднем Днепре в навигацию 1912 г., Отчет о деятельности округа за 1912 г., КОПС, К. 1914, ч. III, с. 2.

²⁾ В. А. Чаплигин, О работах на р. Оке, Труды I съезда инж. гидротехников в 1892 г., с. 598.

³⁾ В. А. Макаров, О зависимости между стоянием горизонта и глубиной перекатов, Труды I съезда инж. гидротехников в 1892 г., с. 596.

⁴⁾ А. Ф. Романов, Отчет по землечерпательным работам на Средней Волге в навигацию 1911 г., Сб. Казанского ОПС'а, в. XVIII, 1912, с. 22.

⁵⁾ Див. звіт про з'їзд в ж. „Русское судоходство“, 1910, № 11.

Б. В. Поляков після проведення натурних спостережень на кількох перекатах Дона теж прийшов до висновку про те, що „найбільше зниження гребеня перекаату відбувається зимою під льодом“¹⁾. Але в наведених ним матеріалах зустрічається і випадок значного нарощування гребеня перекаату в період льодоставу: Нагавський III перекаат у березні 1929 р.²⁾.

Наявні щодо зимового режиму перекаатів матеріали зовсім не дають відповіді на таке питання, як зв'язок між зимовим і весняним переформуваннями дна перекаату. Тим часом було б важливо знати, наскільки стійким є розмив перекаата за період льодоставу, чи має ступінь цього розмиву якийсь вплив на висоту дна перекаату після проходження весняного паводка, чи ефект останнього цілком перекиває те, що було до нього.

§ 23. Головні висновки

Підсумовуючи проведений у цьому розділі розгляд умов і наслідків регулювання стоку рівнинних рік з піщаним руслом, яке порівнюючи легко піддається переформуванню потоком, в зв'язку з режимом їх перекаатів, — ми можемо зробити такі головні висновки:

1) Перекаати рівнинних рік з піщаним руслом розвиваються дуже нерівномірно як на протязі однієї навігації, так особливо у багаторічній перспективі, при чому в останньому випадку ця нерівномірність розвитку, — внаслідок різких переформувань річища весняною повіддю, — набуває часто стрибкоподібного характеру. В результаті, протягом жодної навігації не буває суцільного погіршення чи поліпшення всіх перекаатів, порівнюючи з іншими навігаціями, а є суперечливі тенденції поліпшення одних і погіршення інших перекаатів, з перевагою тої чи іншої тенденції, чи їх урівноваженням.

Ці основні тенденції в загальній складній картині можна виявити лише розглядаючи стан сукупності (а не окремих) перекаатів на значній ділянці ріки.

2) І нашою власною проробкою по Дніпру й Десні, і іншими спостереженнями по Дніпру, Волзі, Дону встановлено, що одним з основних гідрологічних факторів, які визначають стан судноплавних глибин на весняному спаді, є висота весняної повіді, і що зниження її приводить, — при інших рівних умовах, — до поліпшення судноплавних глибин.

Відповідно до попереднього висновку, це поліпшення треба розуміти як поліпшення стану не на кожному окремому перекааті, а на всій річковій ділянці в цілому.

3) Нами встановлено у погодженні з натурними спостереженнями на Дону, що звичайні уявлення про загальне розми-

1) Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, сс. 134, 165.

2) Там же, с. 146.

вання перекатів під час весняного спадання схематичні й перебільшені. Насправді різним етапам весняного спадання відповідають різні процеси на перекатах. Звичайні висловлювання стосуються (хоч це часто не застерігають) лише останнього етапу, коли дійсно відбувається розмивання. Але й тут розміри його перебільшують, бо порівнюють глибину фарватеру більшої і меншої ширини, теж цього не застерігаючи.

Для передостаннього етапу весняного спаду (незабаром після входу в меженне річище) нами констатовано значну імовірність нарощення дна фарватеру на значній кількості перекатів Дніпра.

4) Стояння підвищених горизонтів води у меженний, або точніше — у літньо-осінній період, яке забезпечуватимуть під час регулювання стоку попуски води з водосховищ, треба вважати при висоті їх біля 1,0—1,5 м над середньо-меженим горизонтом сприятливим для судноплавних глибин фактором, що приведе до розмиву перекатів. В усякому разі можна прийняти, що під час такого стояння рівнів попередні глибини на перекатах, як правило, не знизяться.

Для випадків значної висоти цих рівневих „площадок“ є вказівки на можливість масового погіршення перекатів, але це, покищо менш актуальне, питання достатньо ще не опрацьовано.

5) Стабільність межених горизонтів, забезпечувана регулюванням стоку, теж буде сприяти підтриманню судноплавних глибин, бо літні та осінні паводки ведуть до підвищення дна перекатів і тим більшого, чим вищий їх (паводків) гребінь.

Звідси впливає низка вимог, які повинні бути враховані як при проектуванні, так і при експлуатації регуляційних водосховищ: а) рівномірніше розташовувати останні в басейні ріки, стік якої регулюється, щоб полегшити нівелювання межених рівнів; б) докладно опрацювати питання експлуатації водосховищ, зокрема розробити зручний метод розрахунку руху паводкових і попускових вод; в) забезпечити рівномірне надходження у безпаводкові періоди попусків з різних водосховищ; г) добре налагодити диспетчерську службу при управлінні водосховищами, забезпечивши для неї подачу довготермінових прогнозів рівнів і т. д.

6) Низка питань режиму регулювання стоку залишаються ще неясними, — головно через слабку вивченість режиму перекатів. Так, не з'ясована роль темпів весняного підймання рівнів та темпів їх спадання; вимагає опрацювання питання про „критичний горизонт“ та про інтенсивність меженого розмиву перекатів; досить темним залишається льодовий режим перекатів. Потребу докладного вивчення останнього при різних горизонтах як початку льодоставу, так і всієї зими треба особливо підкреслити. З цим зв'язана можливість ще далі підсилити ефект регулювання стоку шляхом: поперше, підтримання в період замерзання ріки оптимального для розмивання перекатів горизонту; подруге, найбільш сприятливого для режиму перекатів

регулювання самого зимового стоку, яке однаково треба провадити в інтересах гідроелектричних установок.

В процесі цих досліджень треба встановити не лише оптимальні величини зазначених горизонтів, але й можливість підсилити їх вплив за допомогою загат та напівзагат, зроблених способом виморожування.

7) Якщо навіть не враховувати тих нових перспектив впливу на переказ з метою збільшення судноплавних глибин, які відкриває можливість регулювати зимовий стік, то й тоді судноплавний ефект регулювання стоку русловими водосховищами не обмежиться додатковим водопостачанням у межінь (попуски). Він буде значно глибший і ширший (зниження весняного піка, нівеляція літньо-осінніх паводків), особливо при збільшенні коефіцієнта зарегулювання.

Зупинимося трохи на цьому питанні про сумарну оцінку режиму русла в умовах зарегулюваного стоку.

Загальна сприятливість регулювання стоку для стабілізації і поліпшення режиму переказів прийнята була як безперечне і при розробках варіантів регулювання стоку Дона, Волги. Так, у вип. I проекту Волго-Донської водної магістралі записано: „Безперечно, що при регулюванні стоку кількість переказів і наносів значно зменшиться і русло набуде дещо сталішої форми“. „Якщо шляхом регулювання стоку зменшити висоту весняного паводка і збільшити час розмивання переказів, то ми значною мірою зменшимо об'єм експлуатаційного землеробства“¹⁾.

Аналогічне твердження знаходимо у Б. В. Полякова: „Регулювання стоку у верхів'ях Дона... спричиниться до зрізування весняних паводків і збільшення додаткового живлення в межінь, тим самим дещо зменшить розмивання заплави й берегів, а також наливання переказів у період проходження весняних вод і збільшить роль межених витрат у розмиванні переказів, тобто матиме наслідком більшу сталість русла“²⁾.

Навіть доповідач урядової експертизи проекту Волга-Дона 1927—28 р. К. А. Акулов, який вважав регулювання стоку „способом мало розповсюдженим, недостатньо вивченим і не гарантуючим наперед заданих глибин“³⁾, — мусив відзначити такі сприятливі результати зменшення висоти весняного паводка і збільшення меженої витрати, як: „а) зменшення висоти і подовження періоду весняного спадання, що дасть більш одноманітний режим переказів, менш залежний від характеру паводка, але зате і менші весняні глибини проти попереднього

¹⁾ Реки Волга и Дон и выбор места их соединения, Ростов-на-Дону, 1929, сс. 178—179.

²⁾ Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, 1930, с. 118.

³⁾ Материалы правительственной экспертизы, т. I, М. 1930, с. 251. Пор. також цитату з курсу К. А. Акулова, наведену в § 1.

природного режиму; б) деяке збільшення загальної глибини і більш інтенсивне меженне розмивання гребенів перекатів¹⁾.

Ступінь сприятливості регулювання стоку для режиму перекатів визначається, як видно з усіх наведених даних, насамперед зменшенням річної амплітуди горизонтів (витрат) води. Цей висновок цілком пов'язується з результатами вивчення природного режиму рік. „На всіх типових дільницях рік перекатного характеру — підбиває М. М. Жуковський ітоги дослідження волзьких та окських перекатів — робота вод різних рівнів підйому перебуває ніби у взаємному антагонізмі, загострення якого звичайно супроводжується погіршенням судноплавного стану місцевої частини русла, а послаблення — його поліпшенням“²⁾.

Звідси випливає, поперше, потреба урахувати при проектуванні всі ці фактори поліпшення умов судноплавства, а по-друге, те, що досить поширений термін „попусковий варіант“ реконструкції явно не відбиває усієї сукупності реконструктивних факторів і його треба замінити терміном „регулювання стоку“.

1) Материали правительственной экспертизы, т. I, М. 1930, с. 249.

2) Исследования инженерно-гидрологической станции, VI сборник Гидролого-гидротехн. ин-та, М. 1930, с. 72.

РОЗДІЛ V

РОЗРАХУНОК СУДНОПЛАВНИХ ГЛИБИН НА ПЕРЕКАТАХ В УМОВАХ ЧАСТКОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ СТОКУ

§ 24. Постановка питання

Попередній виклад дає нам повну змогу встановити обсяг і межі вимог, що їх треба пред'явити до методу розрахунку судноплавних глибин, одержуваних на перекатах таких рік, як Волга, Дніпро, Десна, Дон, при регулюванні їх стоку. Разом з тим, у поданих вже матеріалах ми знайдемо і критерій для оцінки різних методів цього розрахунку, і основу для розробки найдоцільнішого методу.

Перш за все зупинимося на питанні про межі вимог і з'ясуємо, в якому розумінні можна говорити про розрахунок майбутніх глибин на перекатах.

Відповідно до положень § 19 про нерівномірність розвитку перекатів, ми мусимо одразу ж визнати за неможливе встановити заздалегідь, яка саме глибина буде на тому чи іншому перекаті в умовах регульованого стоку. При сучасному рівні наших знань законів розвитку перекатів ми в більшості випадків неспроможні передбачити для рік з мінливим річищем глибину окремих перекатів навіть на наступну навігацію. Отже, ми аж ніяк не можемо вживати термін „розрахунок глибин“ в розумінні визначення майбутніх глибин конкретних перекатів.

Про який же тоді „розрахунок“ глибин перекатів може йти мова? Щоб дати відповідь на це, пригадаємо перше з основних положень § 23 про те, що у строкатій картині нерівномірного розвитку окремих перекатів можна виявити певні закономірності, якщо розглядати не кожний перекат окремо, а всю їх сукупність на чималій ділянці ріки. Ось ця особливість річкового режиму і робить можливим провадити розрахунок майбутніх судноплавних глибин, надаючи одноразово цьому розрахункові певну своєрідність: обрахована картина глибин фарватеру буде найбільш імовірною, але лише щодо загального стану майбутніх глибин цілої річкової ділянці, тобто щодо кількості на ній перекатів тої чи іншої міри глибоководності; мабуть, навіть, щодо сумарної трудності їх і за глибиною, і за довжиною. Щодо розташування цих перекатів вздовж ділянці, тобто щодо точного визначення майбутнього подовжнього профіля дна ріки по фарватеру, — то тут прогнозу дати ми не

можемо, і знайдені нами глибини будуть насправді зовсім не на тих сучасних перекатах, від яких ми йдемо у своїх розрахунках. Винятком, хіба, можуть бути окремі стабільні переكاتи, типу, скажімо, дослідженої нами „Бані“. Отже виходить, що ми можемо розв'язати наше завдання лише алгебрично — в абстрактних одиницях, а не арифметично — в конкретних.

Переходимо до обсягу вимог, яким повинен відповідати розрахунковий метод.

Найбільший корисний ефект від регулювання стоку суднопластво одержить в результаті підвищення межених витрат, а з ними рівнів і глибин. Звідси, перша вимога — дати можливість ураховувати вплив підвищення межених горизонтів води до різної висоти.

В §§ 18 і 20 з'ясовано, що другим корисним для стану глибин на перекатах наслідком регулювання стоку буде зниження висоти весняної поводи. Звідси, друга вимога до розрахункового методу — ураховувати вплив на величину судноплавних глибин зниження висоти весняної поводи.

Нарешті, не зважаючи на зроблені щойно категоричні заперечення можливості визначати майбутню глибину конкретних перекатів, ми мусимо виставити як третю вимогу — дати можливість розраховувати глибину кожного окремого перекаату.

Ця вимога впливає з потреби: а) визначати, на яких перекатах глибина буде менша за проектну, і де, отже, доведеться допомагати засобами механічного днопоглиблення (а то й виправлення), та обраховувати обсяг цих днопоглибних робіт. б) провадити варіантні підрахунки для знаходження оптимального сполучення регулювання стоку з механічним днопоглибленням (а можливо і з виправленням, і шлюзуванням). Вести розрахунок за глибиною лише нормуючих перекатів можна було б тільки тоді, коли заходи щодо збільшення судноплавних глибин обмежувались би регулюванням стоку. Але це явно недоцільно для наших судноплавних рік із значною різноманітністю глибин на перекатах, бо механічне поглиблення окремих „пікових“ перекатів може дати таке збільшення транзитної глибини, яке при одному лише регулюванні стоку вимагало б надмірно великого обсягу водосховищ. Так, наприклад, за нашими схематичними підрахунками 1933 р. для досягнення на Середньому Дніпрі глибини 1,7 м, потрібно було б забезпечити регулюванням стоку постійну витрату води під час межених біля Києва кругло $2000 \text{ м}^3/\text{сек}$, тим часом як при допомозі механічного днопоглиблення в об'ємі порядку сучасного побутового досить було б вдвоє меншої витрати — $1000\text{—}1100 \text{ м}^3/\text{сек}^1$. Аналогічні цифри відносно Волги вже наводилися в § 1.

Отже вимога визначати глибину кожного перекаату впливає

1) А. К. Корчагин, Техническая схема повышения судоходных глубин на Днепре. Рукопись, Укринпрод, К. 1933.

із безперечної доцільності при поліпшенні судноплавних рік застосовувати регулювання стоку комбіновано з іншими заходами. Ставлячи цю вимогу, ми, проте, після зроблених на початку цього параграфу попереджень, розглядатимемо визначення глибин окремих перекатів лише як підсобну операцію для встановлення обсягу днопоглибних робіт, а не як прогноз стану цих перекатів під час регулювання стоку.

Завдання встановити розрахунковий метод, який відповідав би зазначеним вище трьом вимогам, ускладнюється не тільки самим характером тих об'єктів (перекати в ріках з мінливим піщаним руслом), до яких цей метод треба застосовувати, але й новизною самого цього питання.

До цього часу розрахунки судноплавних глибин провадилися лише для річищ, що їх виправляли штучними спорудами, або для каналів. Для рік же, що несуть воду в своєму природному руслі, таких розрахунків не робилося.

Навіть при складанні Й. В. Бушмакіним проекту збільшення додаткового водопостачання Верхньої Волги для визначення потрібного обсягу водосховищ обмежилися такими міркуваннями. За основу було взято найбільш мілководний Гулінський перекат, який під час стояння підтримуваного попусками судноплавного горизонту мав глибину на 36 см меншу проектної в 107 см. Як завдання збільшення додаткового водопостачання й прийнято підвищення глибини Гулінського перекату на ці 36 см. „Зв'язок між глибинами (за відомостями бакенника — А. К.) на Гулінській міліні та стоянням рівня води на ближчому водомірному посту біля м. Угліч міг бути виражений відношенням 14,6 : 25; звідси виходить, що для збільшення глибини міліни на 0,17 саж. (36 см) треба було підняти рівень води на посту на 0,293 саж. (63 см)“. Але остаточно Й. В. Бушмакін прийняв потрібне підвищення рівня води біля Угліча в 36 см, розраховуючи на допомогу виправних споруд у поглибленні перекату¹⁾.

Деякі спрощені гідравлічні розрахунки впливу регулювання стоку провадилися лише для сплавних річок²⁾. Крім того, різні гідравлічні методи розрахунку були запропоновані під час останніх проектувань по Дніпру, Волзі. З розгляду гідравлічних методів ми й почнемо.

§ 25. Гідравлічні методи розрахунку

Відомі в гідравліці методи розрахунку судноплавних глибин ріки, виправленої штучними спорудами, основані на певних

1) И. В. Бушмакин, Исследования для устройства дополнительного водоснабжения р. Волги, ч. III, сс. 284—285.

2) Див., напр.: В. Г. Самсоненко и С. В. Титов, Регулирование стока плавных рек водохранилищами, М. 1933, сс. 72—77; Д. Г. Смарагдов, Водохранилища на сплавных реках, 1932, сс. 26—30; Малявкин А. Н., Проектирование регул. сооруж. на сплавных реках, 1934, сс. 25, 35.

припущеннях щодо форми поперечного перерізу виправленого русла (парабола, трапеція тощо). Ці припущення дозволяли радикально спростити залежність між окремими елементами живого перерізу потоку, розглядуваного як такий, що знаходиться в стані рівномірного руху¹⁾.

Не зупиняючися зараз на розгляді запропонованих формул різних авторів, підкреслимо, що навіть для зазначеного випадку виправленого спорудами русла „чисто теоретичний шлях — за оцінкою О. Франціуса — не веде до достатнього успіху, бо в теоретичні формули введено так багато припущень і спрощень (почасти через недостатність спостережень), що виведені формули не мають майже нічого спільного з дійсністю“²⁾.

Ще менш надійним, ще більш далеким від дійсності було б застосування гідравлічних методів розрахунку у нашому значно складнішому випадку не виправлених, природних русел великих рівнинних рік, що протікають у піщаному ложі з численними розгалуженнями на рукави, з островами та мілинами тощо. Хоч за останні роки ми й спостерігаємо чимале просування вперед гідравліки річкових потоків³⁾, проте наші успіхи як у вивченні річкових потоків, так і в розробці їх теорії ще зовсім недостатні для розв'язання багатьох практичних завдань і зокрема того, що стоїть зараз перед нами.

Перша, основна перешкода для застосування в цьому випадку гідравлічного методу розрахунку — це недостатність наших знань щодо режиму донних наносів, це — невміння наше визначати їх відкладення та розмивання. Запропонований недавно М. М. Бернадським, але не опублікований ним оригінальний метод розрахунку деформації річища шляхом поступових наближень дозволяє знайти (за термінологією автора — „спроєкувати“) можливі розмиви — намиви. Це є, безперечно, значний крок уперед. Проте і цей метод, не кажучи вже про наявність спірних положень і відсутність достатньої перевірки на практиці, вимагає таких вихідних матеріалів (величина поперечного похилу поверхні води тощо), для одержання яких потрібні спеціальні польові вишуки. А це робить такий метод неприйнятним для масових розрахунків, що з ними треба мати справу в проектах регулювання стоку судноплавних рік. Ця перешкода застосуванню гідравлічних методів розрахунку для визначення глибин на перекатах

1) Див., наприклад, Б. А. Бахметев, О равномерном движении жидкости, 1931, сс. 176—182; Б. Н. Кандиба, Регулирование рек. 1927, сс. 96—107; Ак у л о в, Брилинг, Марцелли, Курс внутренних водных сообщений, т. I, 1927, сс. 350—352.

2) О. Франциус, Гидротехнические сооружения, ч. I, 1929, с. 133.

3) Назвемо, наприклад, такі праці, як Н. М. Бернадский, Речная гидравлика. Ее теория и методология, т. I, 1933; М. А. Великанов, Динамика русловых потоков, ч. I, 1936; Гончаров, О взвешивании наносов, 1933; А. И. Лосиевский, Лабораторное исследование процессов образования перекатов, 1934; Поперечная циркуляция в открытом потоке, под ред. М. В. Потапова, 1936.

втратила б своє значення в таких трьох випадках: а) коли річище стабільне; б) коли відомий рельєф його в ті моменти, для яких нам треба провадити розрахунок; в) коли змінами в рельєфі від часу існуючих зніманих до розрахункових моментів можна нехтувати. Першого випадку ми в даній роботі не розглядаємо, бо він на ріках II і III категорії має місце порівнюючи рідко. Другий — теж може зустрітися на практиці лише як виняток. Отже, щоб обминути першу перешкоду для масового застосування гідравлічних методів розрахунку судноплавних глибин, нам довелось би поступитися точністю результатів, ігноруючи значною мірою процеси намивання — розмивання, які тим часом бувають часто досить інтенсивними.

Але й після цієї поступки залишається чимало перешкод, оскільки бракуватиме й інших важливих відомостей, потрібних для гідравлічних розрахунків, який би ми метод їх не обрали.

Метод розрахунку нормальних профілів, що ми про нього згадували на початку параграфа, треба одразу відкинути, бо для природного, не виправленого річища він себе зовсім не виправдує.

Можна, далі, обрати або метод розрахунку наповнення окремих конкретних (взятих з натури) поперечних профілів, або, більш складний, метод визначення подовжньої вільної поверхні ріки з переходом уже потім до поперечних профілів.

Перший метод полягає в тому, що для взятого на перекаті поперечного профіля річища визначається висота рівня води (тобто наповнення профіля водою), при якій цей профіль може пропустити ту або іншу проектну (при регулюванні стоку) межену витрату води. До визначеного таким способом живого перерізу ріки на перекаті вписується габарит суднового ходу заданої ширини і таким чином знаходиться судноплавна глибина. Наповнення профіля визначається (підбиранням) за однією з формул для руху води в річищах: Шезі, Германека, Матакієвича тощо. Як відомо, в ці формули, крім площі живого перерізу, обов'язково входять величини підводного радіуса і подовжнього похилу поверхні води, а у найбільш вживану формулу Шезі, крім того, — величина шорсткості змоченої поверхні річища. Виходить, що для розрахунку за цим методом треба мати мінімально такі дані: а) поперечний профіль річища в наймілкішому місці перекату, б) величину подовжнього похилу води на перекаті; в) величину проектною витрати води в судноплавному руслі.

Визначення вільної поверхні ріки провадиться шляхом розбивки ріки на окремі дільниці (звичайно, по кілька кілометрів), приблизно однорідні щодо шорсткості, витрати води, поперечних профілів, подовжнього похилу і т. д. В межах кожної дільниці лінія вільної поверхні приймається за пряму. Основними вихідними даними при розрахунку за цим методом є подовжні профілі ріки (бажано при кількох характерних гори-

зонтах води), поперечні профілі, криві витрат води, коефіцієнт шорсткості русла тощо. Можна обійтися і частиною цих даних, але на шкоду точності результатів.

В основному, при обох методах потрібні однотипні вихідні матеріали безпосередніх натурних спостережень: подовжні і поперечні профілі, розподіл витрат води, коефіцієнти шорсткості.

Поперечні профілі й величину подовжнього похилу можна одержати з даних суцільного знімання ріки. Треба, проте, підкреслити низку серйозних недоліків цих матеріалів з погляду вимог розрахунку судноплавних глибин на перекатах. Поперше, профілі стосувалися б не тільки різних періодів року, але й різних років, бо наскрізні знімання наших великих рік займають багато часу (останнє знімання Дніпра провадилось протягом чотирьох років, з 1930 по 1933), і плани таких зніманий являють собою механічне (віднесенням їх до єдиного штучно обрахованого горизонту) з'єднання різночасних картин окремих діляниць. Користуючись побудованими по таких планах профілями, ми до помилок в наслідок нехтування розмивів — намивів русла на протязі навігації (уникнути цих помилок, як зазначено вище, при гідравлічному методі розрахунку покищо не можна) додали б ще грубіші помилки в наслідок ігнорування міжнавігаційних переформувань русла. Подруге, подовжній похил нівелюється, як правило, при найнижчому горизонті за період знімання, тобто у більшості випадків ні при горизонті знімання даного перекату, ні, тим більше, при проектному (для умов регулювання стоку) горизонті. Тим часом величина подовжнього похилу на перекаті дуже залежить від висоти рівня води. Наші спостереження 1934—1935 рр. дали такі межі коливання величини подовжнього похилу при амплітуді рівнів за період спостережень в 2 м: на деснянському перекаті „Баня“ — від 0,00002 до 0,00013, а на дніпровському перекаті „Мньов II“ — від 0,00009 до 0,00032.

Спостереження Дніпровської філії Центр. н.-д. Інституту водного транспорту на Глібовському III перекаті Дніпра біля гирла Тетерева дали (згідно з нашими обробками) таку картину зміни величини подовжнього спаду:

Д а т а	Горизонт води над „0“ спостереж. (см)	Величина под. спаду
8. VI 1932	160	0,00004
22. X 1932	44	0,00002
4. VI 1933	243	0,00009

Спостереження Управління будівництвом Волго-Донської подної магістралі на перекатах Дона в 1928—1929 рр. дали такі величини¹⁾:

Назва перекаату	Кумовський		П'ятиповський			Підтиховський			Кудиновський		
	33	31	32	29	28	31	29	28	23	19	18
Гор. води (м)	33	31	32	29	28	31	29	28	23	19	18
Вел. под. спаду (в стотисячних)	6	20	7	14	11	2	8	15	9	21	28

Отже, не маючи даних про величину подовжнього похилу в період проходження рікою проектних витрат води (а без спеціального нівелювання таких даних ми не матимемо) і користуючися наявними матеріалами, — ми припустили б ще більшу похибку і ще більше погіршили б наслідки розрахунку.

До цих двох нових перешкод у застосуванні гідравлічного методу розрахунку судноплавних глибин приєднується — на ділянках, де ріка розбивається на кілька рукавів (а більшість перекатів Дніпра й Десни розташовані якраз у таких місцях), — відсутність даних про те, яка частина проектноі витрати води піде судноплавним рукавом.

Не наводячи інших, другорядних перешкод (напр., трудність встановлення того, який напрямок поперечного профіля буде нормальним до стрижня потоку на перекаті при проектній витраті), ми вже на підставі наведеного можемо констатувати, що у більшості випадків метод гідравлічних розрахунків не може забезпечити виконання навіть першої зимоги, виставленої нами в § 24 до розрахункового методу — дати можливість урахувувати вплив підвищення межених горизонтів води до різної висоти. Другої вимоги він не може задовольнити зовсім, бо ті зміни, які відбуваються на перекатах під час весняної поводи, покищо не піддаються гідравлічному розрахунку.

Третя вимога — можливість проведення розрахунків для кожного окремого перекаату — у принципі здійснена, але практично, як ми бачили вище, цьому у переважній більшості випадків стає на перешкоді брак потрібних вихідних матеріалів.

Отже, ці два гідравлічних методи розрахунку судноплавних глибин треба визнати для нашої мети загалом непридатними.

Тотожної оцінки зазнав би, очевидно, і всякій інший теоретично-гідравлічний метод, бо в основі його однаково лежали б ті ж вихідні матеріали, дефектність або відсутність яких тільки що примусили нас відкинути всі розглянуті гідравлічні методи.

¹⁾ Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, сс. 135—141.

Можна було б, правда, спробувати обійтися без цих вихідних матеріалів. Якщо б було зроблено для даного перекату хоч би один замір витрати води Q_1 і відповідної їй судноплавної глибини P_1 , то можна було б за аналогією з цими даними, прийнявши певну гіпотезу зв'язку між глибинами й витратами, визначити інші пари взаємно зв'язаних величин Q і P . За таку відправну гіпотезу могло б послужити прийняття певної правильної форми поперечного профіля русла на перекаті, або прийняття пропорціональності судноплавних глибин середнім глибинам живого перерізу.

Найближче до дійсності (але все ж таки, як побачимо, далеко від неї) було б прийняти поперечний профіль на перекаті або прямокутним — коробчастим, або параболічним (квадратна парабола з вертикальною віссю посередині русла). У першому випадку

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^{2/3} \quad (68)$$

У другому:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^{2/5} \quad (69)$$

Нарешті, якщо прийняти $\frac{P_1}{P_2} = \frac{\text{сер. } P_1}{\text{сер. } P_2}$, то, наприклад, за формулою Германека можна одержати таке рівняння:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^{4/7} \quad (70)$$

Одразу треба зауважити, що всі ці рівняння одержано внаслідок прийняття постійності при різних витратах величини подовжнього спаду і шорсткості русла, що вже одне може привести до значних помилок (див. нижче). Крім того результати розрахунку за цими рівняннями досить розходяться між собою і досить далекі від дійсного стану на перекаті.

Зіставимо, наскільки за цими рівняннями і за даними польових досліджень підвищиться судноплавна глибина перекату, якщо збільшити витрату води на 50%:

Вихідні дані	Підвищення глибини у %
Рівняння (68)	31
„ (69)	18
„ (70)	16

Вихідні дані

Підвищення
глибини у %

Перекач „Мньов II“ . при $Q_1 = 400$ м ³ /сек. і $Q_2 = 600$ м ³ /сек.	26
„Комарин I“ „ „ 400 „ і „ 600 „	90
„Комарин II“ „ „ 400 „ і „ 600 „	44
„Баня“ . . „ „ 50 „ і „ 75 „	86
„ „ . . „ „ 70 „ і „ 105 „	44
„ Ногавський 1) „ „ 700 „ і „ 1050 „	50
„ „ „ „ 1000 „ і „ 1500 „	28
„ Н. Чебачий 2) „ „ 700 „ і „ 1050 „	60
„ „ „ „ 1000 „ і „ 1500 „	45

Як бачимо, за формулами одержано значення, що дуже (навіть у 5—6 разів) розходяться з натурними даними. Такі значні розходження³⁾ можна було б усунути, лише підбравши спеціальні рівняння для даної ріки (або навіть — певної її ділянки, певної групи перекатів), щоб відбити особливості її режиму — характер русла, зміну подовжного спаду тощо.

Таку спробу зробив О. І. Лосієвський, який дав рівняння⁴⁾:

$$\frac{P_1}{P_2} = 1,2 \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^{1/2} \quad (71)$$

Для розглянутого вище випадку одержуємо за цим рівнянням прирощення глибин в 47%⁰, що значно ближче сходиться з даними натурних спостережень.

М. О. Богословський у недавно початій друком роботі про регулювання стоку судноплавних рік вважає за можливе застосувати для „швидких, принаймні хоч грубо-ескізних, розрахунків регулювання стоку“ гідравлічний розрахунок русла, поперечний профіль якого прийнято параболічним⁵⁾. Він вважає

1) Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, с. 169.

2) Теж, с. 170.

3) Цікаво відзначити, що всі формули зменшують, і в більшості випадків досить значно, ефект додаткового водопостачання ріки. Не дивно, що користуючись основним рівнянням (69) Б. Н. Кандіба прийшов до висновку про неможливість застосувати попуски для поліпшення судноплавних умов великих рік (Б. Н. Кандіба, Регулирование рек, с. 298).

4) Транзитне днопоглиблення на Дніпрі та Десні, під ред. А. К. Корчагіна, сс. 37-38.

5) М. А. Богословский, Регулирование стока судоходных рек, Тр. Горьк. инст. т. I, с. 148.

точність такого методу достатньою для грубо-ескізних розрахунків, бо оцінює максимум в 10—25% можливу, в результаті неправильної оцінки величини подовжнього спаду, помилку у визначенні величини витрати води¹⁾. Але ці цифри треба визнати зменшеними, поперше, тому, що оцінка величини подовжнього спаду з такою точністю (25—50%), як це прийняв М. О. Богословський, часто не може бути зроблена без спеціальних досліджень. З вищенаведених цифр видно, що коливання величини подовжнього спаду вимірюються сотнями процентів. І не випадково у наведеному автором прикладі розрахунку для одної ділянки Дона величина можливої помилки встановлена в 41%²⁾. Подруге, треба ще рахуватися з помилкою у визначенні величини шорсткості русла, про що М. О. Богословський лише згадує, не оцінюючи в цифрах. Очевидно, що точність визначення за цим способом величини витрати води, потрібної для досягнення певних глибин, без спеціальних польових досліджень буде явно недостатньою, вимірюючись десятками процентів. Для окремих перекатів Дона підрахунки за цим методом давали розходження з натурою навіть у 100%³⁾, що неприпустимо і при ескізних підрахунках.

Аналогічну негативну оцінку теоретичного визначення за формулами гідравліки зв'язку між витратами води й глибинами на перекатах дав і колектив проєктантів Волго-Дона: „Всякі теоретичні підрахунки, які базуються на застосуванні формул з рядом практичних, що змінюються в значних межах, коефіцієнтів, дають до деякої міри довільне розв'язання“⁴⁾. Проєктанти спеціально підкреслили, що „неточність визначення похилу на перекаті досягає величезних розмірів“ і визнали, що „найбільш правильно визначати цю (між горизонтом або витратою води і глибинами. — А. К.) залежність все ж таки на основі дійсних спостережень в природі“⁵⁾.

Аналогічну оцінку теоретичних розрахунків для нашого випадку і надання переваги безпосереднім гідравлічним роботам ми можемо знайти і в працях, присвячених регулюванню стоку лісосплавних рік⁶⁾.

Якщо все ж таки в окремих випадках розрахунку судноплавних глибин не було б іншого виходу, як звернутися до гідравлічного методу, то найкраще було б застосувати його у вигляді визначення вільної поверхні, як більш точного з приступних нам. Крім того треба було б обмежити його застосування, припускаючи це лише при ескізних підрахунках (тобто,

1) М. А. Богословский, Регулирование стока судоходных рек, Тр. Горьк. инст., т. I, с. 153.

2) Там же, с. 155.

3) Там же, с. 150.

4) Реки Волга и Дон и выбор места их соединения, Проект Волго-Донской водной магистрали, в. I, 1929, с. 179.

5) Там же, с. 180.

6) Див., наприклад, В. Г. Самсоненко и С. В. Титов, Регулирование стока сплавных рек водохранилищами, М. 1933, с. 73.

коли дозволяється менша точність) і для дільниць з однорукавним і порівнюючи стабільним руслом. Так, наприклад, при складанні робочої гіпотези регулювання стоку Дніпра було зроблено Укргідроелектропроект для верхових дільниць, де, через ненадійність промірних відомостей і малу кількість водомірних постів, не можна було застосувати запропонований нами і вжитий для інших дільниць розрахунковий метод більшої точності (див. § 26 і далі).

§ 26. Метод, запропонований автором

У попередньому викладі показано ті обставини, з яких треба виходити, розв'язуючи питання про метод розрахунку судноплавних глибин: а) складність режиму перекатів, нерівномірність і в той же час взаємозв'язаність їх розвитку; б) недостатня вивченість перекатів взагалі і дніпровських особливо; в) відставання теорії річкового потоку, що дозволяє користуватися гідравлічними методами розрахунку лише в простіших випадках; г) відсутність і для таких випадків потрібних вихідних даних щодо елементів потоку на перекатах; це ще більше вимагає відмовитись від гідравлічних методів розрахунку, якщо немає змоги провести спеціальні натурні дослідження, щоб одержати потрібні дані.

За таких умов залишається єдиний шлях — шлях встановлення емпіричного зв'язку поміж рівнями (витратами) ріки біля водпостів і глибинами на перекатах, що їх заміряють бакенники. Цей шлях і використано автором у запропонованому ним і розробленому за дорученням Укрдпроводу навесні 1933 р.¹⁾, а потім у 1934 — 1935 рр. перевіреному й уточненому методі розрахунку за аналогією з природним весняним спаданням.

Суть цього методу полягає в тому, що береться в природних умовах ріки такий момент весняного спадання води, коли рікою проходить витрата, рівна проектній меженній, тобто тій, що передбачається при регулюванні стоку. Для цього моменту визначаються по всіх перекатах фактичні глибини, які й приймаються за відшукувані проектні. Це, безперечно, не означає, що саме такі глибини будуть на цих перекатах в період регулювання стоку. Одержана картина глибин фарватеру, як це доводилося нами у § 24, є найбільш імовірна лише щодо сукупного стану глибин цілої річкової дільниці.

Обмежуючися при розрахунках тим моментом весняного спадання, коли витрати (горизонти) води на кожній дільниці дорівнюють проектним, ми тим самим приймаємо, що при стабілізації цієї витрати (цього горизонту), — як це матиме

¹⁾ А. К. Корчагин, Техническая схема повышения судоходных глубин на Днепре путем регулирования стока верховыми водохранилищами, Рукопись, К. 1933.

місце при регулюванні стоку завдяки попускам, — глибини не зменшаться. Правомірність (навіть, здається, з певною дозою обережності) такого припущення обгрунтовано вище в § 21.

Як бачимо, наш метод задовольняє дві (I і III) з трьох виставлених в § 24 вимог, дозволяючи визначати глибину кожного окремого перекату (в усякому разі з числа тих, які даного року створювали хоч найменшу перешкоду судноплавству й тому ввійшли в число обставлюваних і промірюваних) і урахувувати вплив меженого підвищення рівня. А щоб задовольнити останню, II, вимогу, треба для розрахунків обирати весняне спадання того року, повідь якого за своїм характером і особливо за висотою піка найближче нагадує повідь в умовах регулювання стоку. В залежності від завдань проектування можна орієнтуватися чи на середньо-багаторічну (за висотою) зарегульовану повідь чи на найвищу і т. д. Якщо вимагається особлива обережність у розрахунках, можна вести їх за весняним спаданням року з максимальною повіддю. Це, згідно § 20, дасть найбільші запаси в підрахунках.

Іноді ставиться ще четверта вимога: при виборі розрахункового року урахувувати також інтенсивність торішнього механічного днопоглиблення, — з тих міркувань, що вплив останнього позначається на режимі перекатів наступної навігації. Ми вважаємо це питання покищо дискусійним, але, на жаль, не мали змоги ґрунтовно перевірити його на дніпровських матеріалах через відсутність останнього часу хоч би одної пари років з однаковим зимово-весняним режимом і значною різницею в інтенсивності днопоглибних робіт. Ті непевні вказівки на роль цієї різниці, які ми наводили в § 20, не можна вважати достатніми. До того ж у протигагу ним ми маємо такі факти, як приблизна стабільність по роках сумарної кубатури днопоглибних робіт на Дніпрі, на Волзі і така ж стабільність кількості перекатів, що поглиблюються щорічно машинами, при зміні лише об'єктів днопоглиблення, які оновлюються щорічно приблизно на 50^{0/0}¹⁾.

Зазначимо, що коли б нам був відомий зимовий режим при регулюванні стоку, то ми за розрахунковий приймали б рік, що наближається до проектного і в цьому відношенні.

При складанні технічних проектів вихідні дані для розрахунку за нашим методом можна одержати: 1) щодо глибин на перекатах — або з днопоглибних та інших планів відповідних років, якщо вони засняті при проектних чи близьких до них горизонтах весняного спадання, або з спеціальних при цих горизонтах знімачь; 2) щодо витрат води — або з відомостей „виративних“ водомірних постів, або шляхом спеціальних гідрометричних досліджень на всіх чи більшості утруднених перекатів.

1) Див. з цього приводу іншу нашу роботу: „Транзитне днопоглиблення на Дніпрі та Десні“, під ред. А. К. Корчагіна, К. 1937, розд. V.

При ескізних же підрахунках вихідними даними за нашим методом служать відомості Служби обстанова фарватеру про глибини перекатів та відомості Гідрометслужби про горизонти та витрати води біля водостів, тобто такі дані, які є не тільки для Дніпра, Десни, Волги, Дона, але й для кожної освоєної ріки¹⁾. Це треба визнати теж одною з позитивних властивостей методу.

Ці вихідні матеріали, від якості яких залежить точність розрахунків, мають, як це вже значною мірою показано в I-III розділах, певні хиби. Тому, розглянувши у дальших параграфах техніку застосування нашого методу, ми зупинимося окремо ще й на питанні про його точність. Але спочатку висвітлимо причини вибору саме періоду весняного спадання, як основи для встановлення зв'язку між витратою (горизонтом) води і глибиною на перекаці.

Встановлювати цей зв'язок і звідси визначати проектні глибини можна, взагалі кажучи, лише або для періоду весняного спадання, або для періоду осіннього підймання води, бо меженні паводки на наших рівнинних ріках тільки в окремих, рідких випадках дають піднесення горизонтів того ж порядку, що й запроєктоване при регулюванні стоку.

Зупиняючися саме на періоді весняного спадання, ми виходили перш за все з таких елементарних, але вирішних міркувань:

а) якщо відповідно підібрати за його гідрологічним режимом розрахунковий рік (так ми називаємо рік, обраний для розрахунків за ним проектних глибин), то він буде подібний проектному до тої стадії весняного спадання, коли витрати зрівнюються з проектними меженими і коли почнеться розходження між цими двома режимами: в природних умовах відбуватиметься дальше зниження горизонтів (витрат), а в проектних (при регулюванні стоку) це зниження буде паралізовано попусками, які забезпечать стабілізацію досягнутих горизонтів на протязі всієї межені. Отже, саме в період природного весняного спадання існує й на певній його стадії, яку ми й обираємо за основу розрахунків, втрачається можливість провадити аналогію в стані глибин природних і проектних (правомірність цієї аналогії обґрунтовано в § 21);

б) в межень перекаці, а з ними й вся ріка, зазнають чималих змін під впливом механічного днопоглиблення і в результаті на осінь виходять із порушенням проти природного режимом;

в) у період весняного спадання ми завжди маємо такий момент, коли горизонти (витрати) бувають порядку проектних (попускових у межень); надзвичайно рідко трапляються такі

¹⁾ Випадків повної відсутності цих даних, тобто розрахунку глибин при регулюванні стоку ще не освоєних річок, ми, як це оговорено у „Вступі“, не розглядаємо.

виняткові роки, як 1933 на Дніпрі й Десні, коли витрати через сильні дощі не знизилися до цих величин; осіннє ж підіймання води часто не досягає проектних горизонтів. Звідси виходить, що коли б ми, ігноруючи вищенаведені мотиви, зупинили б свій вибір на періоді осіннього підіймання, то довелось б або відмовлятися від використання матеріалів за окремі роки, звужуючи тим базу для вибору розрахункового року чи років¹⁾, або все ж таки переходити в таких випадках до розрахунків за весняним спаданням, тобто одержувати непорівнювані дані.

Переведений в розділах I—III розгляд вихідних матеріалів указав на додаткові переваги весняного спадання, особливо в тій його середній частині, коли на перекатах з'являються цікаві для нас глибини: а) проміри глибин бакенниками більш точні при обмілнні перекатів з наближенням до нормованої глибини, яке має місце на спаді, ніж під час перебування води з віддаленням від нормованих глибин, та ще в кінці навігації, перед зняттям обзначки, як це має місце на осінньому підйомі; б) в другій половині весняного спадання зменшуються обумовлені рідким ланцюгом водпостів помилки від недоврахування місцевого стоку й від розходжень в термінах добігання.

Крім того, визначаючи величину глибини на перекаті в період весняного спадання, ми одержимо деякий запас в розрахунках у наслідок як деякого зменшення бакенником глибин в цей період (див. § 5), так і неврахування нами різниці у величині витрати води ранком і в час промірів (див. § 9). Навпаки, якби ми перейшли до визначення зв'язку в період осіннього підіймання, то, як правило, перебільшили б величину ймовірних глибин, бо переважна більшість перекатів, пройшовши період самоочищення при низьких рівнях межені, виходить восени з більшими глибинами, ніж було при тих же горизонтах (витратах) води на весняному спаді. Ця оцінка стверджується спостереженнями і на Волзі²⁾, і на деснянському перекаті „Баня“. Вона була нами перевірена для перекатів Десни в 1931 і 1932 рр. по графікам зв'язку глибин з рівнями. Виявилось, що з 84 розглянутих перекатів на ділянці Брянськ — гирло більші глибини мали:

в 1931 р. на спаді	24,	на підйомі	40
в 1932 р. „ „	19,	„ „	38

На решті ж перекатів спад і підйом дали практично однакові глибини (розходження ± 5 — 10 см).

Розрахунок судноплавних глибин за нашим методом можна вести, виходячи із зв'язку глибин у період весняного спадання або з витратами води, або з її горизонтами. Але, звичайно, зручніше виходити із зв'язку з витратами, бо водогосподарчі

¹⁾ Як ми покажемо далі, для встановлення обсягу днопоглиблення надійніше вести розрахунок паралельно за кількома роками.

²⁾ Реки Волга й Дон и выбор места их соединения, с. 182; Б. В. Поляков, Изменения режима наносов и т. д., с. 152.

розрахунки роботи водосховищ та регулювання ними стоку ріки ведуться саме щодо витрат води. Першою даною нам для характеристики майбутнього режиму ріки величиною буде саме проектна величина витрати води в окремі періоди. Правда, така характеристика часто не може бути достатньо детальною (отже — і точною), бо кількість пунктів вздовж ріки, для яких визначається величина витрати води, звичайно, невелика: вона залежить від кількості водомірних постів, що мають криву витрат (такі пости будемо називати „витратовими“ на відзнаку від звичайних „рівневих“ водпостів). Це зауваження стосується також визначення в природних умовах весняного спадання моменту, що відповідає проектному меженному станові. Але все ж таки переваги від оперування такою величиною, як витрата води, досить значні і шлях уточнення розрахунків лежить не у заміні зв'язку глибин з витратами зв'язком їх з рівнями води, а у належному використанні „витратових“ водпостів та збільшенні їх кількості.

Шлях встановлення емпіричного зв'язку між горизонтом води біля водпоста і глибиною на переказі, що ми його використали для розробки методу розрахунку глибин при регулюванні стоку, намічався вже у наведених на с. 173 міркуваннях Бушмакіна щодо висоти горизонту, потрібної для досягнення проектноі глибини. Вказівки на доцільність цього ж шляху є і в матеріалах Управління будівництва Волго-Дона, зокрема, в книзі Б. Полякова „Гидрология бассейна р. Дон“. Проте, належного розвитку і оформлення у вигляді розробленого розрахункового методу ці ідеї не одержали, що пояснюється найшвидше відсутністю до самого останнього часу гострої потреби в такому методі.

Відмітимо, що вказаний емпіричний зв'язок був недавно (згодом після нас) використаний В. М. Гусевим для розрахунку судноплавних глибин в проекті регулювання стоку Волги. Проте, оскільки можна судити з опису цих проробок (стаття В. Мілославського в № 12 ж. „Водный Транспорт“ за 1935 р.), розрахунковий метод було намічено лише в загальних рисах і без урахування другої з виставлених нами в § 24 вимог до такого методу. Емпіричний зв'язок глибин переказів за даними бакенників і горизонтів води біля водпостів використано В. М. Гусевим, а за ним і В. Мілославським головним чином для аналізу режиму переказів у період попусків. При цьому згадані автори повсім не урахувували досліджених нами в I—III розділах особливостей вихідних матеріалів аналізу і тому до їх висновків треба підходити з особливою обережністю.

§ 27. Розрахункова витрата води

Основою розрахунку за нашим методом судноплавних глибин в умовах регульованого стоку є встановлення зв'язку між

витратами води і глибинами на перекатах у певний момент весняного спадання. Але величина проектних і побутових витрат води відома нам, особливо при ескізних підрахунках, лише для створів „витратових“ водпостів, а не для перекатів.

Правда, величини витрати води на створі водпоста і на перекаті зв'язані між собою певною залежністю. Остання порівнюючи проста для перекатів, які розташовані на одноруслових, безрукавних дільницях ріки, і досить складна для перекатів кількаркавних дільниць.

У I випадку співвідношення між величиною витрати води біля водпоста і на перекаті обумовлюється питомою вагою у розрахунковий період місцевого стоку на відрізу ріки між цими двома пунктами. Звідси одержуємо величину коефіцієнта k для переходу від величини витрати біля водпоста до величини витрати на перекаті

$$k = \frac{Q_n}{Q_s} = \frac{F_n M_n}{F_s M_s}, \quad (72)$$

де:

Q_n — витрата води на перекаті в $м^3/сек$;
 F_n — площа водозбору створа перекату в $км^2$;
 M_n — модуль стоку з цієї площі в $м^3/сек$ з $1 км^2$;
 Q_s, F_s, M_s — ті ж величини для створа водпоста.

Для періоду весняного спадання, покладеного нами в основу підрахунків, можна у порядку першого наближення прийняти рівність модулів стоку:

$$M_n = M_s \quad (73)$$

і вважати співвідношення витрат рівним співвідношенню водозбірних площ¹⁾:

$$k = \frac{F_n}{F_s} \quad (74)$$

У II випадку можна визначити цей перехідний коефіцієнт лише шляхом проведення на кожному окремому перекаті спостережень за розподілом сумарної витрати між судноплавним та рештою рукавів²⁾. Завдання можна спростити і у випадку кількаркавного русла, якщо, відмовившись від відшукування витрати на самому перекаті, визначити лише сумарну витрату

¹⁾ На доцільність такого спрощення вказує, наприклад, А. В. Огієвський: „Перенесення окремих витрат (з одного пункту в інший. — А. К.) багатьох випадках практики простіше і точніше виконувати, вводячи у витрати що переносяться, корективи на співвідношення відповідних площ басейну“. „приймавши рівність модулів стоку“); А. В. Огієвський, О соответственных уровнях и их использовании, сс. 219 — 220.

²⁾ Є спроби підійти до розв'язання цього питання і шляхом теоретичних розрахунків (П. А. Войнович, К вопросу о распределении расхода по разветвлениям открытого русла, Изв. НИИ Гидротехники Главэнерго, № 5, Л. 1932). Але й для одержання таких приблизних розв'язань потрібні натурні дані.

ріки на створі перекату. Тоді ми прийдемо до першого з розглянутих випадків, де цілком досить вводити поправковий коефіцієнт за співвідношенням водозбірних площ.

Коли б гідрологічні умови межені зарегульованого стоку були б цілком тотожні гідрологічним умовам аналогічного (щодо величини витрати біля водпоста) моменту весняного спадання розрахункового року, то можна було б, виходячи з наведених міркувань, обійтися без даних про витрати води на перекатах і провадити розрахунок судноплавних глибин на підставі зв'язку між величиною їх на перекаті і величиною витрати води біля водомірного поста. Коротше кажучи, ми встановлювали б, які глибини були на перекатах в моменти, відповідні (тобто з поправкою на добігання) проходженню біля водпоста проектної витрати. При цьому, навіть, можна було б, вводячи перехідні коефіцієнти, перейти від витрати біля водпоста до витрати на створі кожного перекату.

Але припущена нами досить повна аналогія певного моменту побутового весняного спадання і межені регульованого стоку має місце лише для початкового періоду попусків (точніше кажучи — для моменту початку їх). Далі ж, в міру зростання питомої ваги попускової води в сумарній стабільній витраті регульованої межені, ця аналогія починає порушуватися, і все більше починають виявлятися моменти принципової різниці між цими двома періодами щодо наростання вздовж ріки витрат води.

Тому треба одразу ж застерегти проти перенесення визначеного в умовах побутового режиму стоку співвідношення витрат води біля водпоста і на створі перекату, незалежно від точності його визначення, на межинь зарегульованого стоку. При цьому ми маємо на увазі не зміну умов трансформації паводка в наслідок переформування русла, як до моменту реконструкції ріки, так і після реконструкції під впливом регулювання стоку. Обставина, що до неї ми зараз привертаємо увагу, зберігає силу і для цілком стабільного русла, бо вона залежить від особливостей регульованого стоку самого по собі.

Розглянемо різницю в процесі формування розрахункової (побутової в період весняного спадання) і проектної (в межинь при попусках) витрати.

При побутовому режимі зміна витрати води вздовж ріки визначається в основному зміною площі водозбору і модуля стоку. При попусковому ж меженному режимі така залежність порушується, бо значне зменшення модуля побутового стоку в межинь, порівнюючи з періодом весняного спадання, штучно компенсується попуском з водосховища. Хоч попуск цей можна розглядати, як транзитну витрату, яка додається до транзитної побутової витрати межені, проте умови наростання сумарної витрати вздовж ріки стають ґрунтовно іншими, як це наочно показує рис. 16.

Появу попускової витрати можна дорівняти приростові водозбірних площ всіх пунктів, які лежать нижче водосховища, на певну величину, яка дорівнює в кожний даний момент відношенню попускової витрати до модуля меженного стоку. Такий приріст на одну й ту ж величину водозбірних площ всіх пунктів річкової ділянки безперечно порушує співвідношення між витратами води біля водпоста і на переказі, яке було при тій же величині витрати біля водпоста в період весняного спадання.

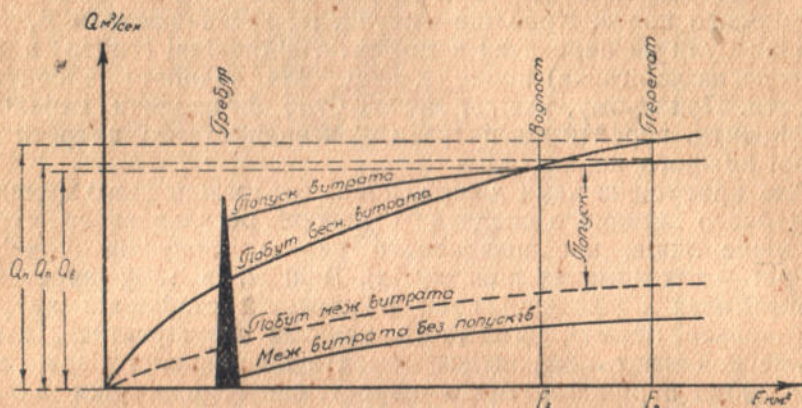


Рис. 16

Крім цієї основної у цьому відношенні особливості регульованого стоку, треба відмітити ще одну, яка також впливає на зміну при попусках перехідного коефіцієнта від витрати води біля водпоста до витрати на переказі. Ми маємо на увазі зміну співвідношення водозбірних площ цих двох пунктів у наслідок виключення з нормального поверхневого живлення ріки водозбірних площ водосховищ.

Проаналізуємо вплив обох зазначених особливостей регульованого стоку на співвідношення між витратами води біля водпоста і на переказі.

Введемо такі позначення [додатково до позначень рівняння (72)]:

Q'_n — витрата води на переказі в період попусків;

$f = \frac{F_n}{F_s}$ — співвідношення водозбірних площ п/к і в/п;

$m = \frac{M_n}{M_s}$ — для періоду побутового весняного спадання;

$m' = \frac{M'_n}{M_s}$ " " — побутової межені;

c — частка попускової витрати у сумарній проектній витраті;

$k' = \frac{Q'_n}{Q_s}$ — відношення при попусках витрати на переказі до

витрати біля водпоста.

Тоді в побутових умовах:

$$Q_n = f_m Q_s \quad (75)$$

і відношення витрати на перекаті до витрати біля водпоста виразиться:

$$k = \frac{Q_n}{Q_s} = f_m \quad (76)$$

В умовах же попусків витраті Q_s біля водпоста відповідає тиме на перекаті не Q_n , а інша величина Q'_n , яку визначимо в такий спосіб.

Щоб використати старе співвідношення між величинами водозбірних площ перекату і водпоста і уникнути завдяки цьому введення у розрахунок співвідношення модулів весняного і меженного стоку, розчленуємо сумарну при попусках меженну витрату на дві частини: I—побутова меженна витрата і II—попускова. Отже ми умовно вважатимемо попуском не всю величину витрати води, що випускається з водосховища, а лише ту її частину, яка перевищує побутову меженну витрату на створі водосховища (див. рис. 16).

При такому визначенні попуску ми можемо ігнорувати під час розрахунку і другу зазначену вище особливість режиму регульованого стоку. Якщо у побутових умовах площа водозбору водпоста дорівнює F_s , то водозбірна площа створа переката складає fF_s . В умовах регулювання стоку, коли треба виключити водозбірну площу водосховищ вище цього створа F_0 , ми одержимо нове співвідношення площ:

$$f' = \frac{fF_s - F_0}{F_s - F_0} \quad (77)$$

Введення цього співвідношення у розрахунок k' чимало ускладнило б остаточне рівняння (79), чого ми уникаємо описаним вище способом.

З двох виділених нами частин меженної витрати при попусках: I—наростає вздовж ріки пропорціонально зміні фактичних модулів побутового меженного стоку і фактичних водозбірних площ; II—залишається незмінною на протязі дільниці ріки¹⁾. Такий метод розглядація дає нам можливість, користуючись одержаними вже залежностями і вводячи лише один новий коефіцієнт c , частку попуску в сумарній проектній витраті біля водпоста, визначити в досить простій формі нове співвідношення в умовах регулювання стоку між витратою на перекаті і біля водпоста. Складаємо рівняння для визначення витрати на перекаті під час попусків:

$$Q'_n = fm'(1 - c) Q_s + cQ_s \quad (78)$$

¹⁾ Ми розглядаємо період усталеного руху попуску і нехтуємо втратами попуску в межах окремої розрахункової дільниці ріки. Крім того приймаємо, що в межах останньої додаткові попуски не надходять.

де перший член виражає змінну вздовж дільниці ріки частину меженної витрати, а другий — попускову витрату води, і знаходимо

$$k' = \frac{Q'_n}{Q_s} = fm' (1 - c) + c \quad (79)$$

Вирази для k і k' , отже і їх співвідношення можна спростити, якщо прийняти, що різниця в модулях стоку для створів водпоста і перекату настільки незначна, що коефіцієнти m та m' можна прийняти рівними одиниці:

$$m = m' = 1 \quad (80)$$

Неточність, що виникає у наслідок цього припущення, поперше, буде в більшості випадків у межах загальної точності всіх розрахунків: при малій різниці в модулях і невеликій питомій вазі площ місцевого стоку останній — особливо у вихідний для наших розрахунків період весняного спадання, а також і в найбільш цікавий для зіставлення період найнижчої межні — незначно впливає на зміну модуль транзитного стоку. Подруге, тимчасові, від злив, аномалії у співвідношенні модулів двох суміжних пунктів можуть грати істотну роль (див. § 11) лише у верхів'ях рік, де всі наші розрахунки взагалі менш надійні, як не забезпечені належними вихідними матеріалами.

При зробленому припущенні (80) вирази (76) і (79) наберуть такого вигляду:

$$k = f \quad (76')$$

$$k' = f (1 - c) + c \quad (79')$$

Останній вираз зведемо до більш зручного для аналізу вигляду:

$$k' = f + c (1 - f) \quad (79'')$$

Цей перехідний для попускового періоду коефіцієнт k' може бути й менше й більше перехідного коефіцієнта k для побутового режиму.

Частка попуску в сумарній меженній витраті при регулюванні стоку завжди лежить в межах

$$0 \leq c \leq 1 \quad (81)$$

Нулю вона дорівнюватиме в момент початку попусків, а також в моменти припинення попусків або через спорожнення водосховищ, або через високі побутові горизонти води. Максимального значення (гранично: $+1$) вона досягатиме найпосушливішої межні в кульмінаційний момент попусків. В нормальний рік c поступово зростатиме від моменту початку попусків до середини межні.

Співвідношення площ водозбору f є додатною величиною, яка для перекатів, розташованих вище водпоста, менше одиниці, а для розташованих нижче — більше одиниці. Отже

$$(1 - f) > 0 \text{ — для верхових перекатів}$$

$$(1 - f) < 0 \text{ — для низових перекатів}$$

В результаті виходить, що

$k' > k$ для верхових перекатів

$k' < k$ для низових перекатів

Звідси одержуємо, що в період попусків, при зробленому припущенні (80), на верхових (відносно водпоста) перекатах буде більша витрата води, ніж це дає співвідношення витрат перекату і водпоста за період побутового весняного спадання; на низових перекатах — менша.

З цього аналізу співвідношення величин k' і k (див. також рис. 16) можна зробити такі висновки: 1) глибину перекатів, які розташовані вище „витратового“ водпоста, треба визначати в момент, відповідний проходженню біля водпоста не проектної витрати, а меншої в $S = \frac{k}{k'}$ раз; 2) стан верхових перекатів буде в міру збільшення питомої ваги попуску кращати, порівнюючи з тим, що одержано розрахунком за аналогією з весняним спаданням, і це слід урахувувати, організуючи днопоглибні роботи в умовах регулювання стоку.

Величина S , яка дорівнює

$$S = \frac{k}{k'} = \frac{f + c(1-f)}{f} = 1 + c \frac{1-f}{f}, \quad (82)$$

буде максимальною, тобто даватиме найнесприятливіший випадок для розрахунку, поперше, в моменти досягнення на даній річковій ділянці величиною c максимуму ¹⁾, подруге, для перекатів найбільш віддалених униз за течією від водпоста, тобто з найбільшим значенням f .

§ 28. Техніка розрахунку за нашим методом

Порядок розрахунку судноплавних глибин за нашим методом, безперечно, залежить від умов проектування і взагалі в своїх деталях може варіювати. Можливі два основних випадки:

I — Дано: характер зарегульованого стоку і зокрема, точно чи приблизно, величину проектної меженної витрати.

Треба знайти: меженні глибини на перекатах і потім встановити, який обсяг днопоглибних чи виправних робіт (а іноді й шлюзування) потрібний, щоб забезпечити ту чи іншу проектну транзитну глибину.

II — Дано: проектну транзитну глибину, що її треба забезпечити регулюванням стоку вкупі з іншими засобами збільшення судноплавних глибин.

¹⁾ Вдоль ріки максимальною величиною c визначатимуться верхові ділянки.

Треба знайти: величину меженної витрати, потрібної для забезпечення цієї проектної глибини при умові допомоги — в різній мірі — днопоглибними та виправними роботами на більш важких перекатах, а іноді, навіть, шлюзуванням окремих дільниць.

Як видно із самої характеристики цих двох випадків, вони мають багато спільного і мусять бути дуже схожими щодо техніки розрахунку. Тому ми обмежимося докладним розглядом лише 1 випадку і до того ж — на стадії ескізних розрахунків, які де в чому навіть складніші проти технічних.

При регулюванні стоку, аналогічно тому, що ми маємо в природних умовах, але з іншою закономірністю, у наростанні витрати води в ріці від верховин до гирла відбуватимуться стрибки. Вони припадатимуть на місця впадіння приток, особливо великих, і зокрема тих, де розташовані регуляційні водосховища. Тому всі розрахунки треба провадити по окремих річкових дільницях.

Розбивка ріки на ці характерні за режимом і розміром стоку дільниці, ми їх називатимемо надалі „розрахунковими“¹⁾, провадиться відповідно до кількості наявних „витратових“ водомірних постів так, щоб кожний такий водпост найкраще характеризував стік всієї дільниці. Для цього за межі дільниць обираються переважно гирла значних приток. В окремих випадках, користуючись даними про стік цих приток, доцільно будувати теоретичні криві (або таблиці) витрат для „рівневих“ водпостів на тих значно відмінних за своїм режимом стоку від сусідніх дільницях, де немає „витратового“ водпоста. Приклади такого штучного збільшення кількості „витратових“ водпостів під час розрахунків для Дніпра та Десни див. у § 30.

Не зупиняючись на проведенні водногосподарських розрахунків, приймемо, що місця розташування водосховищ і ті зміни, які вносяться останніми в режим ріки, вже відомі хоч би орієнтовно для кількох (принаймні трьох) варіацій проектної витрати. Ці зміни на початковій стадії проектування можуть бути характеризовані приблизно величиною зниження весняної поводи та величиною меженної витрати на створах „витратових“ водпостів²⁾.

Знаючи характер зарегульованого стоку, треба відповідно до нього, за вказівками § 26, обрати розрахунковий рік для кожного варіанту регулювання стоку (при порівнюючи незначних варіаціях у зміні весняного режиму можна брати один рік для розрахунку по всіх варіантах) із числа років, за які є найбільш надійні відомості про глибини на перекатах та про ви-

1) Всі величини і дані, що передбачаються в умовах регулювання стоку, ми називатимемо проектними; всі ж величини й дані природного режиму, які використовуються для розрахунку проектних глибин, називатимемо розрахунковими.

2) На заключній стадії проектування обов'язково треба мати для цих створів гідрографи зарегульованого стоку в окремі характерні гідрологічні роки.

трати води біля водпоствів. Взагалі кажучи, розрахунковий рік треба було б обирати для кожної дільниці окремо, але практично, в межах точності самого його підбору, доводиться зупинитися на одному й тому ж розрахунковому році для кількох сусідніх дільниць. В усякому разі необхідно уникати часті зміни розрахункових років вздовж ріки, бо це може привести до штучного розірвання органічного зв'язку між ходом глибин на окремих її відрізках. Цей зв'язок втрачається або значно послаблюється лише в місцях впадіння великих приток, місцях різких змін у геологічній будові долини тощо. До таких місць і слід, в разі потреби, пристосовувати перехід від одного розрахункового року до другого.

Після того, як ріка розбита на розрахункові дільниці і для кожної з них встановлена величина проектної витрати, визначення величини судноплавних глибин на перекатах ведеться у такій послідовності, по кожному варіанту регулювання стоку окремо:

а) Для кожного розрахункового „витратового“ водпоста визначається максимальна¹⁾ величина c — частка попускової витрати у сумарній меженній витраті періоду попусків.

б) Для кожного низового (відносно розрахункового водпоста) перекату обчислюється величина коефіцієнтів k і k' згідно з рівняннями:

$$k = fm \quad (76)$$

$$k' = fm' (1 - c) + c \quad (79)$$

або у спрощеному вигляді:

$$k = f \quad (76')$$

$$k' = f + c(1 - f) \quad (79')$$

і встановлюється величина поправкового коефіцієнта $S = \frac{k}{k'}$ до проектної витрати Q_a .

в) За кривою витрат кожного розрахункового водпоста визначається горизонт води, який відповідає проектній витраті на створі цього поста, а потім із відомостей про горизонти води біля цього поста за розрахунковий рік встановлюється дата, коли ця витрата проходила в період весняного спадання²⁾. При цьому для низових перекатів проектна витрата береться з поправковим коефіцієнтом $S = \frac{k}{k'}$. В залежності від потрібної точності розрахунку можна нехтувати величиною S , якщо вона близька до одиниці (скажімо: вище 0,95).

1) В залежності від вимог проектування і потрібної, забезпеченості судноплавних глибин величина c може визначатися для року того чи іншого ступеня маловодності межні.

2) Якщо є таблиці витрат за розрахунковий рік, то дату проходження проектної витрати визначається безпосередньо із цих таблиць.

г) У визначену дату вноситься поправка на термін пробігу води між перекатом і водпостом.

д) Нарешті, з відомості про судноплавні глибини перекатів береться для кожного перекату глибина, що була на визначену й виправлену дату.

Одержувані в процесі розрахунку величини зводяться в таблиці, а остаточні результати можна оформити й графічно. Досить наочний щодо розташування вздовж ріки перекатів різної глибоководності — є графік, аналогічний наведеному у § 30 (рис. 17). По горизонтальному напрямку відкладаються в порядку їх кілометражу місця розташування перекатів вздовж ріки, а на вертикалях із цих точок відкладається у певному масштабі глибина перекатів при проектній витраті.

Визначення об'єму днопоглибних робіт. Обираючи певні градації проектної глибини, можна виділити перекати, на яких регулювання стоку не забезпечує цієї глибини і де, отже, потрібні днопоглибні роботи або інші додаткові заходи крім регулювання стоку.

Орієнтовне визначення потрібного об'єму днопоглибних робіт може бути виконане під час варіантних підрахунків ескізного проектування в такий спосіб.

Таблиці обчислених судноплавних глибин дадуть величину потрібного зрізування перекату по висоті, як різницю між проектною глибиною і табличною з додаванням встановленого запасу. Ширина прорізу задається відповідно до вимог судноплавства (ширина буксирних возів, інтенсивність руху тощо). Довжину l можна взяти з плану перекату. Обчислюючи площу виїмки ґрунту на гребені перекату ω і приймаючи для спрощення, що площа виїмки змінюється вздовж прорізу за законом трикутника, зможемо знайти об'єм виїмки на перекаті¹⁾:

$$W = \frac{\omega l}{2} m^3 \quad (83)$$

Надійність одержаної в такий спосіб кубатури виїмки ґрунту по всій ділянці треба перевірити, повторивши розрахунок судноплавних глибин і об'єму днопоглибних робіт ще для 1—2 років, близьких за режимом стоку до проектного. Переведені нами орієнтовні підрахунки показали, що об'єм днопоглибних робіт на Дніпрі, обчислений за аналогією з 1931 р., роком з історично високим весняним паводком, тобто з дуже не вигідною картиною глибин, — виявився більшим проти інших років.

При значному об'ємі днопоглибних робіт в окремих пунк-

¹⁾ Для технічного проекту такий спосіб підрахунку об'єму днопоглибних робіт надто грубий. Доведеться перейти до нанесення прорізів безпосередньо на плани, до того ж засняті при проектних горизонтах, і підрахувати об'єм робіт за поперечними профілями виїмки.

Щодо підрахунків об'єму днопоглибних робіт див. також М. А. Богословский, Регулирование стока судоходных рек, сс. 136—147.

тах, особливо якщо такі важкі переكاتи розташовані групою, може стати доцільним застосування виправних робіт¹⁾.

Нарешті, на дільницях, де і кількість переكاتів з недостатніми глибинами, і об'єм потрібних на них днопоглибних робіт будуть особливо великі, може стати доцільним і шлюзування.

В результаті всіх цих розрахунків будуть одержані для кожного варіанту величини проектної витрати:

а) величина сумарної кубатури днопоглибних робіт, а звідси і їх вартість на кожній річковій дільниці;

б) вартість виправних робіт або шлюзування по окремим дільницям;

в) вартість регулювання стоку.

Обчислюючи сумарну вартість досягнення проектної глибини при різних варіантах регулювання стоку і виражаючи наслідки обчислення в графічній формі, у вигляді кривих залежності будівельної та експлуатаційної вартості від величини проектної витрати, можна встановити оптимальний варіант. При цьому порівнянні доведеться урахувати також той народногосподарський ефект, який одержується від регулювання стоку за межами річкового транспорту (вирівнення роботи гідроелектричних і збільшення їх енерговіддачі у маловодні періоди року, зменшення розміру і тривалості поводей і т. д.).

Точність розрахунків. Викладений метод розрахунку судноплавних глибин міг би вважатися достатньо точним не лише для варіантних розрахунків під час ескізного проектування, але й для складання технічного проекту, коли б не відомі дефекти промірних відомостей бакенників. Перш за все, ми маємо на увазі невизначеність тої ширини суднового ходу, до якої стосуються показувані ними глибини. Оскільки при проектуванні доводиться виходити з однакової для всієї дільниці ширини фарватеру, постає питання про потребу корегувати показання бакенників. Це корегування можна виконати в рамках пропонованого методу різними способами. Або шляхом визначення на всіх перекатах ширини обставлюваного суднового ходу в момент проходження на весняному спаді проектної витрати і внесення потім відповідних поправок в проміри глибин, щоб перейти до проектної ширини. Або, просто, шляхом виконання бакенниками в зазначений період додаткових промірів у межах проектної ширини фарватеру. Нарешті, і це буде найбільш точно, можна замінити проміри бакенників проведенням спеціального знімання всіх мілководних переكاتів, знімання, пристосованого до того ж чи близького до нього моменту.

Заміна відомостей бакенників матеріалами спеціальних спостережень за глибиною переكاتів у розрахунковий момент вес-

¹⁾ Для дільниць ріки, які раніше не експлуатувалися зовсім або були відкриті лише для весняного судноплавства чи для руху маломірних суден, можуть виявитися потрібними спеціальні виправні роботи для спрямлення суднового ходу, пом'якшення поворотів тощо.

няного спадання підвищить точність розрахунків також і тим, що усуне властиві промірним відомостям бакенників помилки, „запаси“ тощо.

Відзначимо, що при проектуванні значного підвищення межених горизонтів розрахунок за даними бакенників може дати глибину з чималим запасом, оскільки в розрахункові моменти високих горизонтів побутового весняного спадання ширина обставлюваного бакенниками суднового ходу може бути більша проти проектної.

Підкреслимо значну простоту виконання розрахунків за нашим методом, що особливо важливо під час дослідження великої кількості варіантів та в умовах величезної кількості перекатів, глибину яких треба визначати. Досить указати, що для складання в семи варіантах технічної схеми підвищення судноплавних глибин Дніпра, Десни, Сожа і Березини на базі регулювання стоку, з обчисленням також об'ємів днопоглибних і виправних робіт—нам потрібен був всього 1 місяць роботи 10 інженерно-технічних робітників.

§ 29. Додаткові зауваження

Розглянемо кілька окремих питань, зв'язаних з проектуванням судноплавних глибин при регулюванні стоку і зокрема з комбінованим застосуванням регулювання стоку і виправних та днопоглибних робіт.

Осереднення даних про глибини за ряд років. Треба застерегти проти розрахунку судноплавних глибин окремих перекатів за осередненими для ряду років даними про залежність між глибиною на перекаті і витратою води. За умов нерівномірності в часі зміни глибин перекатів такий шлях може привести до таких же невірних висновків, як, наприклад, оцінка сприятливості навігації, виходячи з висоти середньо-навігаційних горизонтів води.

Пояснимо сказане таким схематичним прикладом. Розіб'ємо всі перекати якоїсь річкової ділянки на 3 групи: I—ті, що поліпшилися, порівнюючи з попередньою навігацією, II—ті, що погіршилися, III—ті, що залишилися без зміни. Припустимо, що проектна глибина на перекатах цих трьох груп забезпечувалася при проходженні такої витрати води ($m^3/сек.$)

Група	I навігація	II навігація	В середньому
I	1200	800	1000
II	800	1200	1000
III	1000	1000	1000

Тоді в середньому за 2 роки висновку вийде, що на всіх перекатах дільниці при проектній витраті $1000 \text{ м}^3/\text{сек.}$ буде забезпечена проектна глибина і в днопоглибленні потреби не буде. Тим часом, у дійсності кожної навігації на певній групі перекатів слід було б застосовувати механічне днопоглиблення.

Додамо конкретний приклад. Візьмемо дуже утруднену дільницю Середнього Дніпра від Боровиці до Вербочок. Середня за 4 роки (1927, 1929, 1930, 1931) величина витрати води, при якій під час весняного спадання була глибина 1,7 м, для всіх 32 перекатів дільниці виявилася менше $1000 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Тим часом кожного окремого року були перекази, на яких глибина 1,7 м була при витраті води $1000 \text{ м}^3/\text{сек.}$ і більше (до $1500 \text{ м}^3/\text{сек.}$) Таких переказів було:

в 1927 — 5

в 1929 — 5

в 1930 — 2

в 1931 — 8

Отже, користуючись осередненими даними, ми одержали б картину зв'язку між витратами води і глибинами значно сприятливішу, ніж це мало місце у дійсності, навіть у 1930 році, який виділяється дуже низькою весняною повіддю.

Закриття рукавів. Заходом, що може значно підсилити ефект попусків, треба вважати закриття побічних, несудноплавних рукавів. Такий захід, подібно до механічного днопоглиблення, має і самостійне значення для поліпшення фарватеру. Це поліпшення визначається не лише збільшенням кількості води, що протікає судноплавним рукавом¹⁾, але й виправленням русла, припиненням блукання фарватеру по рукавах, а мабуть і знищенням багатьох переказів, які часто розташовуються біля витоків та гирл рукавів.

Питання про судноплавний ефект закриття рукавів мало вивчено і в теорії, і на практиці. Це стосується і величини підвищення глибин рукава, в якому зосереджується витрата води. Фактично це — те ж саме питання про зв'язок в аналітичній формі між судноплавною глибиною і витратою води, яке ми вже розглядали в § 25. Всі існуючі формули основані на прийнятті певної пропорціональності між середньою і судноплавною глибинами, чого в дійсності звичайно не буває²⁾. Спо-

¹⁾ В цьому відношенні закриття побічних рукавів аналогічне попускові.

²⁾ Так, наприклад, наші спостереження 1935 р. на переказі „Баня“ дали таке співвідношення:

Гориз. води см	Судноплавна глибина у $\frac{0}{10}\%$ до середньої
55	135
89	113
115	114
187	124

стережень же у природі за ефектом закриття несудноплавних, побічних рукавів звичайно не ведеться.

Величина частини сумарної витрати, що відвертається побічними рукавами, досягає на Дніпрі і Десні значних розмірів. Наші спостереження 1934—1935 рр. виявили, що ця частина складає на Дніпрі біля Комарина 10—30%, на Десні біля Новгород-Сіверського 20—35%. Такий процент можна вважати звичайним на Дніпрі і Десні, але в окремих випадках він може значно підвищуватися і, наприклад, рукав Бистрик на Десні несе до 50% сумарної витрати ріки в межінь. Частка рукава значно змінюється на протязі навігації, а також і по роках, особливо, коли відбувається процес переміщення основної маси потоку в новий рукав¹⁾.

При всій перспективі значного в ряді випадків збільшення витрати води в судноплавному рукаві, завдяки закриттю рукавів побічних, — до цього заходу треба підходити обережно. Зосередження витрати води супроводжуватиметься, поперше, також збільшенням витрати наносів, подруге, підвищенням швидкостей течії, підсиленням місцевих розмивів і іноді більш інтенсивним занесенням перекатів²⁾. Взагалі русло розмиватиметься не тільки вглиб, але і вширину. Формули ж гідравліки всіх цих обставин не враховують.

Ми вважаємо, що, при сучасному рівні наших знань щодо річкового потоку, точніше визначати збільшення глибин в результаті зосередження витрати в одному руслі для кожного окремого випадку за емпіричним зв'язком між величиною витрати води і глибиною на перекаті.

Тому основною передумовою розрахунків ефективності закриття рукава мусить бути вимірювання в природі розподілу між рукавами сумарного рідкого і твердого стоку в різні періоди і одночасне визначення для відповідних перекатів зв'язку між глибинами і витратами води в головному руслі. При наявності відомостей про розподіл витрати води поміж рукавами можна, — скориставшись з них та взявши відповідну ним характеристику

На перекаті ж Комарин I була в 1934 р зовсім інша картина:

57	107
232	61

Треба нагадати, що величина судноплавної глибини, отже і співвідношення між нею і середньою глибиною залежить ще від обраної ширини фарватеру.

¹⁾ Наприклад, відмирання біля м. Богун протоку „Ревун“ і поглиблення протоку „Біла голова“ після 1931 р.

²⁾ Під час обговорення в 1916 р. (на нараді при Управлінні водшляхів по розробці плану водного будівництва під головуванням Цюнглінського) питання про поліпшення дільниці Дніпра Київ—Градизьк Соколов і Клейбер заперечували проти загального закриття рукавів, вважаючи, що воно, викликавши збільшення швидкості течії в головному руслі і підсилення розмиву берегів, матиме наслідком своїм більш енергійне утворення наносів і засипання днопоглибних прорізів.

зв'язку глибин і витрат за матеріалами бакенника і водпоста, — спростити розв'язання завдання, втративши, проте, на точності. Досить близькі до дійсності результати може, як видно, дати наближене рівняння О. І. Лосієвського (див. § 25), особливо, коли уточнити коефіцієнти його для конкретних умов даної річкової дільниці¹⁾.

Днопоглибні роботи. Ряд моментів щодо проектування днопоглибних робіт для умов регулювання стоку висвітлено в роботі „Транзитне днопоглиблення на Дніпрі та Десні в умовах природного і частково зарегульованого стоку“. Акад. Наук УРСР, К. 1937. Тому обмежимося тут підкресленням таких трьох основних моментів, що впливають із зазначеної проробки: 1) при визначенні числа днопоглибних машин, потрібних для виконання обчисленого об'єму виїмки ґрунту, треба урахувати скорочення періоду виконання прорізів в наслідок наближення у бік весни моменту проектних підвищених (стабілізованих попусками) горизонтів; 2) можна розраховувати на більшу стійкість прорізів на протязі навігації, тобто на менший процент ремонту їх, бо цьому сприятиме стабілізація межених горизонтів; 3) стане потрібним перехід у трасуванні прорізів до більш пологих напрямів, що, правда, буде пов'язано з збільшенням кубатури виїмки ґрунту, але забезпечить більшу навігаційну стійкість прорізів, а можливо підвищить їх стійкість і в міжнавігаційний та взагалі зимово-весняний період.

§ 30. Схема розрахунку для Дніпра і Десни (Приклад).

Наведемо для ілюстрації схему ескізного розрахунку судноплавних глибин Дніпра і Десни в умовах часткового регулювання стоку²⁾.

Завдання розрахунку — встановити, яке сполучення регулювання стоку з днопоглибними роботами найбільш ефективно забезпечить транзитну глибину 1,7 м на Дніпрі від Орші до Дніпродзержинська (де виключається підпір Запорізької

¹⁾ Так, за повідомленням О. І. Лосієвського, проведена під його керівництвом дипломантом Гідрометеорологічного інституту Федоровим обробка матеріалів по Волзі вище і нижче впадіння Оки дала таку залежність:

$$\Delta P = 3,8 \Delta Q^{0,5}, \quad (84)$$

де: ΔP — збільшення глибини на перекатах р. Волги нижче гирла Оки;
 ΔQ — збільшення витрати води.

²⁾ В основі цього прикладу лежать розрахунки, виконані нами для Укрдипроводу весною 1933 р. і уточнені в 1934 р. для наступника цієї організації — Укргідроелектропроекту. Як уже зазначено (с. 8), недавня експертиза в Держплані СРСР розробок Укргідроелектропроекту щодо реконструкції Дніпра внесла в них дуже серйозні зміни, які приведуть до переробки всього варіанту першої черги реконструкції, в тому числі і схеми регулювання стоку, яку забраковано. Оскільки ця переробка ще не проведена, ми за відсутністю інших цифр наводимо тут деякі дані наших старих розрахунків, розглядаючи їх лише як ілюстративний матеріал і подаючи у схематичній формі.

греблі Дніпрогесу) і 1,2 м на Десні від Брянська до гирла.

При такому завданні порядок розрахунку буде дещо інший, ніж це наведено в § 28.

Розрахункові роки. При виборі розрахункових років в розглядуваному випадку треба зважати перш за все на те, що проектний режим зарегульованого стоку ще зовсім невідомий і лише підлягає визначенню в процесі розрахунків. Тому розрахунок доводиться вести шляхом поступових наближень і для I етапу брати кілька розрахункових років з різним характером весняного гідрографа, з тим щоб на II етапі остаточно вибрати рік або роки, близькі за своїм весняним режимом до проектного. Крім того доводиться зважати на обмеженість наявних матеріалів про глибини на перекатах Дніпра та Десни (див. § 4).

Виходячи з усіх цих обставин, ми беремо для Дніпра нижче гирла Березини роки 1925, 1927, 1929, 1930 і 1931; для Дніпра вище гирла Березини: 1928, 1929, 1930, 1931 і 1932; для Десни: 1931 і 1932.

Із цих років 1925 і 1930 є роки з дуже низькою весняною повіддю, що згідно з матеріалами § 20 створює сприятливий стан глибин перекатів на весняному спаді; 1929 і 1931 рр. відзначаються дуже високою весняною повіддю і, отже, є антиподами попередніх років; 1927 рік займає в цьому відношенні проміжне, середнє місце між названими вище двома парами років.

Для верхових дільниць Дніпра через відсутність відомостей про глибини перекатів за 1925 і 1927 рр. довелося замінити останні роками 1928 і 1932, які за висотою весняного піка і характером весняного спадання, займають проміжнє місце між 1927 і 1931 рр.

Для Десни взято 1931 і 1932 рр. (хоч вони дуже подібні один до одного за характером весняного паводка), як єдині роки, за які є відомості про глибини на окремих перекатах. 1933 рік не включаємо в проробку через надзвичайну неповноту відомостей про глибини і їх значну неточність в умовах виключно високого стояння горизонтів.

Розрахункові дільниці. Весь протяг Дніпра та Десни, що є об'єктом проектування, розбиваємо згідно з викладеними в § 12 принципами на розрахункові дільниці відповідно до кількості „витратових“ водпостів. Число останніх, з огляду на явну їх недостатність, штучно збільшуємо, будуючи фіктивні криві витрат для таких водпостів:

а) Лоев — шляхом зведення до гирла Сожа, де стоїть Лоев, витрат, з одного боку, Дніпра біля Річиці, а з другого — Сожа біля Гомеля.

б) Домантово — шляхом зведення до гирла Прип'яті витрат Дніпра біля Лоєва і Прип'яті біля Мозиря.

в) Фіктивний водпост вище гирла Сейма — шляхом зведення до цього пункту витрат Десни біля Чернігова і Сейма біля Мутіно.

Доводиться відмовитися від спроби побудувати таку ж криву витрат для Дніпра вище гирла Березини на основі витрат Дніпра біля Річиці і Березини біля Шацілок. Перш за все, ці дані дуже погано погоджуються з показаннями ближчого водпоста в Нижній Олбі, а крім того по Шацілкам немає відомостей про витрати якраз для найбільш цікавих нам періодів весняного спадання.

Залишаємо невикористаною криву витрат Дніпра біля Кременчука, бо: 1) вона побудована за гідрометричними даними, починаючи з 1931 р. і поширення її на попередні роки могло б, в умовах значної тут мінливості русла, призвести до чималих помилок; 2) її можна замінити, без особливої шкоди для точності, кривою витрат біля Лоцманської Кам'янки.

В результаті, кількість „витратових“ водпостів (дійсних і фіктивних) збільшилася до 7 по Дніпру і 3 по Десні.

В табл. 39 наведено основні дані про розрахункові дільниці, прив'язані до цих „витратових“ водпостів.

Таблиця 39

Розподіл „витратових“ водпостів в межах водозбору

Водпост	Відстань від гирла км	Макс. добіг. до перекату в добах	Площа водозб. в тис. км ²			Макс. різниця I і II в % до I	Межі дільниці
			I. Вод. поста	II-а. початку дільн.	II-б. кінця дільн.		
р. Дніпро							
Орша	1729	3	17,4	17,4	19,4	11	Орша — гирло Ліхві гирло Ліхві — гирло Березини
Рогачов	1450	3	22,8	20,0	31,7	39	
Річиця	1295	2	55	55	57	4	гирло Березини — гирло Сожа
Лоев	1205	3	98	98	100	2	гирло Сожа — гирло Прип'яті
Домантово	1065	2	220	219	239	9	гирло Прип'яті — гирло Десни
Київ	955	5	327	326	375	15	гирло Десни — гирло Сули
Лоцманська Кам'янка	433	3	459	380	459	21	гирло Сули — гирло Самари
р. Десна							
Брянськ	824	2	13,8	13,8	21,7	57	Брянськ — гирло Не- руси
Вище гирла Сейма	363	7	42	27,2	42	35	гирло Неруси — гирло Сейма
Чернігів	205	4	81	69	87	15	гирло Сейма — гирло

Табл. 39 свідчить про дуже велику питому вагу водозбірних площ місцевого стоку для ряду водпостів, особливо на Десні. Такий стан, обумовлений недостатньою кількістю витратових водпостів, може, при ймовірності значних коливань у співвідношенні модулів місцевого та транзитного стоку, давати велику різницю у співвідношенні витрат води біля водпоста і на віддаленому від останнього перекаті¹⁾.

Поправки на „добігання“. Оскільки віддалі між водпостами і багатьма перекастами одержано по кожній дільниці досить значні — більше півдобового пробігу води, доведеться вводити поправки на „добігання“. Поправки ці визначено шляхом обробки даних за 15 років про пересування западин та гребенів літньо-осінніх паводків.

При термінах пробігу до 0,5 доби поправки на „добігання“ не вводимо, для „пробігу“ від 0,5 до 1,5 доби поправку приймаємо рівною 1 добі і т. д. Розбивка всіх дільниць на піддільниці з зазначеним прийнятої для кожної з останніх величини „добігання“ подана в табл. 40.

Таблиці зв'язку глибин і витрат води. Для кожного з розрахункових років визначаємо зв'язок між глибиною на всіх перекастах і витратою води біля розрахункового водпоста. Маючи на увазі потребу варіантних обчислень для встановлення оптимальної комбінації регулювання стоку і днопоглибних робіт, — визначення цього зв'язку ведемо для трьох градацій глибин:

1,7 м	}	по Дніпру	1,2 м	}	по Десні
1,5 м		1,0 м			
1,3 м		0,8 м			

Як показали наші спробні обчислення, провадячи лінійну інтерполяцію глибини в цих інтервалах, можна для проміжних значень витрати води знайти величину глибини з точністю до ± 5 см, що цілком забезпечує вимогу ескізного проектування²⁾.

Для складання таблиць зв'язку витрат води і глибин виконуємо послідовно такі попередні операції (для кожного з розрахункових років):

¹⁾ Зауважимо, що надалі при розрахунках глибин для Дніпра і Десни це негативне явище буде значною мірою усунуто, бо можна буде, оброблюючи відомості про глибини за останні роки, користуватися кривими витрат, побудованими за ці ж роки для низки нових пунктів: Канів, Кременчук і Верхньодніпровськ — на Дніпрі, Новгород-Сіверський, Разьоти — на Десні. Тоді незадовільний щодо кількості „витратових“ водпостів стан залишиться лише на Верхньому (вище гирла Березини) Дніпрі та Верхній (вище гирла Неруси) Десні, де брак „витратових“ водпостів почувається й досі.

²⁾ Треба лише мати на увазі, що на Дніпрі, нижче гирла Прип'яті, бакенник при глибині 1,5, а особливо 1,3 м вже значно звужує судновий хід. Отже, витрата води, потрібна для забезпечення глибин 1,5 і 1,3 м при нормальній ширині суднового ходу, буде більша, ніж це виходить за відомостями бакенників. Аналогічне зауваження треба зробити щодо глибин 1,0 і 0,8 м на Десні нижче Чернігова.

Розбивка Дніпра та Десни на ділянки та підділянки для виявлення зв'язку глибин з витратами

Межі ділянки	Назва розрахунков. водпоста	Добігання в добах		Крайні перекати підділянки
		Для перекатів вище водпоста	Для перекатів нижче водпоста	
А. р. Дніпро				
1. Орша—гирло Ліхви	Орша		0 1 2 3	Орша — Межнік Богушівка — Могильов Буйніч — Ворколабів Грак — Бруси
2. Гирло Ліхви — гирло Березини	Рогачов	3 2 1 0	0 1 2 3	Седічі — Ст. Бихів Симонівка — Лазаревичі Шапчиці — Гадиловичі Зборово — Ровець Жлобин — Затон Половичне — Губяцький Кордон Н. Олба — Золотий Ріг
3. Гирло Березини — гирло Сожа . . .	Річиця	0	0 1 2	Берегова Слобода — Олександрівка Борова — Казимірівка Переділка — Мочули
4. Гирло Сожа — гирло Прип'яті . .	Лоев		0 1 2 3	Лоев I — Радуль III Новосілки — Копачов Йолча — Н. Жари Сінне — Россоха
5. Гирло Прип'яті — гирло Десни	Домантово		0 1 2	Гирло Прип'яті — Окуніново III Пічки — Баскаков Ліс Сваром'є — Гирло Десни I
6. Гирло Десни — гирло Сули	Київ		0 1 2 3 4 5	Гирло Десни II — Вишеньки II Козин I — Підсинна Забора Трактомирів — Нехаїв II Тубельці I — Худяки IV Сягуни I — Залізнобаський III Старолиповське I — Старолиповське V
7. Гирло Сули — гирло Самари . . .	Лоцманська Кам'янка	3 2 1 0		Крилов I — Лобачово II Келеберда I — Крива Забора Кромарів — Корчовате Тритузане I — Дніпропетровськ

Межі ділянки	Назва розрахунков. водпоста	Добігання в добах		Крайні переكاتи підділянки
		Для переكاتів вище водпоста	Для переكاتів нижче водпоста	
Б. Десна				
1. Брянськ — гирло Неруси	Брянськ		0 1 2	Брянськ — Полужжя Козлов — Рясне Ути — Єгоров
2. Гирло Неруси — гирло Сейма	Фіктивний водпост вище гирла Сейма	7 6 5 4 3 2 1 0		Неруси — Хонін Соляний — Білі Березки Званий — Очкіно Маєвський — Литвінець Баня — Мертвиця Дубрівка — Лужок Вишеньки — Зметньов III Купичі — гирло Сейма (вище нової Простки)
3. Гирло Сейма — Гирло	Чернігів	3 2 1 0	0 1 2 3 4	Гирло Сейма (вище Лабази) — Макошино II Куковичі — Довгашин Заводчин — Брусилів Кисилівка — Шестовиця Очеретниця — Максим Соколівка I — Пселово Остер I — Літки III Свиноїди — Соплі

а) Випишуємо з відомості промірних відомостей бакенника для кожного переكاتу дату потрібної нам глибини. У разі відсутності в відомостях такої глибини в період весняного спадання беремо дати обох суміжних (меншого і більшого) значень. Якщо потрібна глибина трималася кілька днів, то випишуємо першу дату, як більш надійну. Якщо до з'явлення потрібної глибини вже цієї навігації відбувалися на розглядуваному переكاتі днопоглибні роботи, то такі глибини в розрахунок не вводимо. Випадки, коли переكات не промірювався через значну глибину на ньому, відзначаємо у таблиці.

б) Вводимо у написані дати поправку на „добігання“ (див. вище).

в) Для кожної виправленої в такий спосіб дати знаходимо з відомості витрат відповідного (розрахункового для ділянки) водомірного поста величину витрати води.

У тих випадках, коли потрібної глибини під час весняного спадання бакенники не зареєстрували, і коли, отже, вписано дати суміжних глибин, виконуємо ще одну операцію: інтерполювання витрат для визначення величини витрати, яка відповідає потрібній нам глибині.

г) Величини цих витрат води, — витрат, проходженню яких повз розрахунковий водпост в період весняного спадання води відповідає на перекаті та чи інша градація глибини, — зводимо у таблиці. Корегування, відповідно до вказівок § 27, цих величин витрат для перекатів, розташованих нижче водпоста, на цьому етапі розрахунку ще не робимо, бо невідомий ще характер регулювання стоку і отже невідома величина c (частка попуску в сумарній витраті).

Графіки зв'язку витрат і глибин. Для зручності і наочності дальших розрахунків виражаємо графічно знайдений зв'язок між глибинами на перекатах і витратами біля розрахункових водомірних постів у період весняного спадання. Графіки ці будуємо за зразком рис. 17. Вони являють собою спрямлену лінію фарватеру з нанесеними на неї в кілометровому порядку перекатами, водпостами та гирлами приток. Для кожного перекату відкладаємо перпендикулярно фарватерній лінії в певному масштабі величину витрат біля розрахункового водпоста, яка відповідає тій чи іншій градації глибини. На першому етапі розрахунку досить викреслити такий графік для двох років: з найгіршим і з найкращим станом глибин. Можна тут, навіть, обійтись зовсім без викреслювання графіків, користуючись безпосередньо таблицями зв'язку витрат та глибин.

Проектна витрата і об'єм попусків. Задаємося в кількох варіантах величиною проектної в межінь витрати, виходячи з потреби забезпечити на більшості перекатів проектну глибину без допомоги механічного днопоглиблення. Графічно цю величину знаходимо, проводячи на графіках типу рис. 17 горизонтальну лінію такої висоти, щоб вона проходила вище вертикалей більшості перекатів. Перетинання цієї лінії з вертикалями дає величину глибини, відповідну прийнятому варіанту проектної витрати.

Так, згідно з рис. 17, проектній витраті $400 \text{ м}^3/\text{сек.}$ біля водпоста відповідає: глибина $1,7 \text{ м}$ на перекаті № 1, більша $1,7 \text{ м}$ — на перекатах № 2, 3 і 5; $1,35 \text{ м}$ — на перекаті № 7 і $1,5 \text{ м}$ — на перекаті № 8. Витраті ж $550 \text{ м}^3/\text{сек.}$ відповідає глибина $1,4 \text{ м}$ на перекаті № 7 і глибини більш $1,7 \text{ м}$ на решті перекатів.

Для кожного наміченого варіанту величини проектної витрати визначаємо орієнтовно потрібний сумарний об'єм попусків. Будуємо для кожного розрахункового водпоста гідрограф навігаційного періоду року з певною (залежно від вимог проек-

тування) забезпеченістю меженного стоку. Проводячи на цих графіках горизонтальні лінії, які за висотою відповідають наміченим варіантам проектної витрати, одержуємо, планіметриванням площі між цією горизонтальною лінією і лінією гідро-

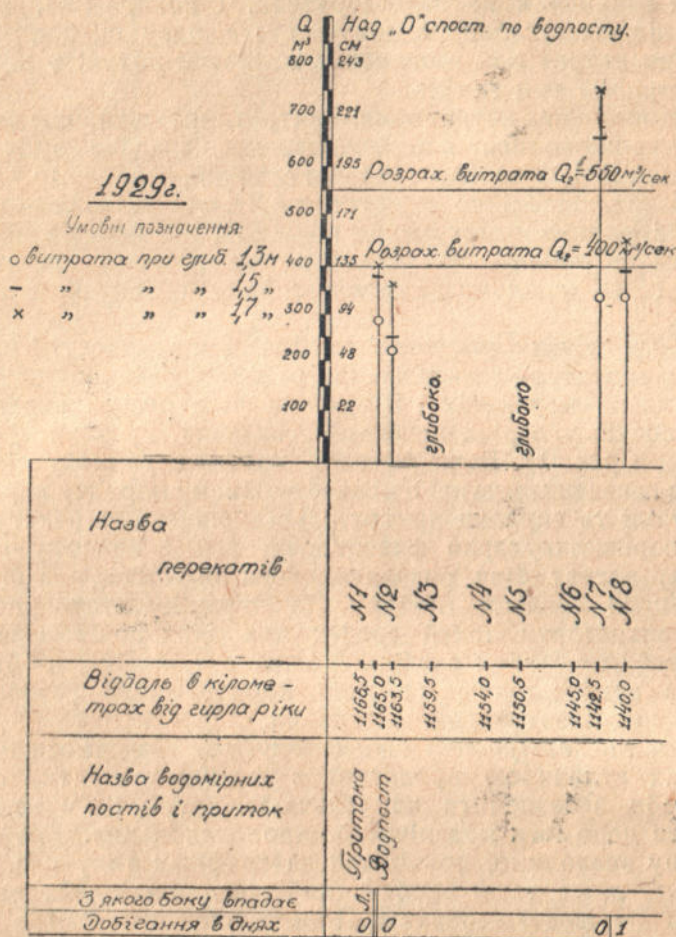


Рис. 17

графа, об'єм додаткового меженного живлення ріки, потрібний для забезпечення наміченої витрати¹⁾).

¹⁾ Коли б був відомий сумарний навігаційний об'єм попусків O м³ на основних створах розрахункових водостів, то за допомогою названих гідрографів можна було б аналогічним способом визначити проектну межену витрату біля водпоста Q_v . Для цього слід було б для кожного розрахункового водпоста обчислити середню межену побутову витрату Q_m для періоду попусків, задавшись його тривалістю $t_{сек}$. Далі, для того ж періоду t визначити середню

Далі шляхом водного господарських розрахунків на основі топографічних, геологічних і гідрологічних матеріалів знаходимо розміщення і об'єм водосховищ, які повинні дати цей об'єм попуску. Тепер одержуємо можливість визначити порядком першого наближення режим зарегульованого стоку на створі кожного розрахункового водпоста.

Корегування витрат. Переходячи до другого етапу (другого наближення) розрахунку, обчислюємо за формулами § 27 величину переходових коефіцієнтів k і k' відповідно до частки попуску c в сумарній меженній витраті періода регулювання стоку¹⁾. Знаючи k і k' , знаходимо величину поправкового коефіцієнта S , множенням на який треба корегувати величину витрати води для перекатів, розташованих нижче водпоста:

$$S = \frac{k}{k'} = 1 + c \frac{1-f}{f} \quad (82)$$

Всі величини, потрібні для знаходження S , включаючи для повноти картини значення коефіцієнтів і для перекатів, розташованих вгору від водпоста, зводимо в табл. 41.

Дані цієї таблиці показують, що величину поправкового коефіцієнта S при ескізних розрахунках слід було б урахувати лише на двох дільницях Дніпра: Оршанській та Рогачовській та одній дільниці Десни — Брянській. Але для цих дільниць якраз недоцільно провадити розрахунок глибин за матеріалами бакенників через їх ненадійність. Для решти ж дільниць можна відмовитись від корегування витрат для низових перекатів (до того ж лише кількох на кожній дільниці), бо помилка від цього складатиме лише $1 \div 7\%$. Відзначимо, що, з другого боку, запас у величині витрат для верхових перекатів низки дільниць буде чималим: від 10 до 24% .

Визначення об'єму днопоглибних робіт. Прокорегувавши помноженням на S величини витрат, що відповідають розрахунковим глибинам перекатів, розташованих нижче водпостів, і склавши нові таблиці зв'язку витрат і глибин, — будемо нові графіки типу рис. 17. Ці графіки можна скласти тепер лише для тих років, які ми обираємо за розрахункові, тобто або тільки для року найбільш подібного за весняним режимом до проектного (це буде 1927 р. на Дніпрі і 1932 — на Десні), або також для року з найгіршим станом глибин в період весняного спа-

величину можливого попуску $Q_n = \frac{O}{t} \text{ м}^3/\text{сек.}$, а звідти і середню величину проектної меженної витрати $Q_s = Q_m + Q_n$.

Проведена на гідрографі горизонталь Q_s відріже якийсь інший інтервал гідрографа t' . Повторивши обчислення для цього нового періоду, ми скоро визначимо Q_n і Q_s з достатньою точністю.

¹⁾ При значній різниці величини цієї долі c для різних варіантів регулювання стоку, обчислення k і k' треба провадити для кожного варіанту окремо. Ми обмежуємося цими обчисленнями лише для середнього варіанту.

Водпост	$k = f$		$(1 - f)$		c	$c(1 - f)$		$k' = k + c(1 - f)$		$S = \frac{k}{k'}$	
	верх.	низ.	верх.	низ.		верх.	низ.	верх.	низ.	верх.	низ.
р. Дніпро											
Орша . . .	1,0	1,11	0	-0,11	0,8	0	-0,09	1,0	1,02	1,0	1,09
Рогачов . .	0,88	1,39	0,12	-0,39	0,8	0,1	-0,31	0,98	1,08	0,90	1,29
Річиця . .	1,0	1,04	0	-0,04	0,7	0	-0,03	1,0	1,01	1,0	1,03
Лоев . . .	1,0	1,02	0	-0,02	0,7	0	-0,01	1,0	1,01	1,0	1,01
Домантово .	1,0	1,09	0	-0,09	0,7	0	-0,06	1,0	1,03	1,0	1,06
Київ . . .	1,0	1,15	0	-0,15	0,6	0	-0,09	1,0	1,08	1,0	1,07
Лецманська Кам'янка	0,83	1,00	0,17	0	0,6	0,1	0	0,93	1,0	0,89	1,0
р. Десна											
Брянськ . .	1,0	1,57	0	-0,57	0,7	0	-0,4	1,0	1,17	1,0	1,34
Вище гирла Сейма . .	0,65	1,0	0,35	0	0,6	0,21	0	0,86	1,0	0,76	1,0
Чернігів . .	0,85	1,07	0,15	-0,07	0,6	0,09	-0,04	0,94	1,03	0,90	1,04

дання (на Дніпрі й Десні це буде 1931 р.), щоб із обережності проконтролювати розрахунки об'єму днопоглибних робіт, зроблені за першим роком.

Проводячи на цих графіках горизонтальні лінії проектних витрат, уточнюємо величину глибин на всіх перекатах при різних варіантах проектної витрати. Після цього визначаємо об'єм днопоглибних робіт, як це вказано в § 29.

Вибір варіанту. Тепер для кожного варіанту проектної витрати маємо, з одного боку — розташування і розміри потрібних водосховищ, а також характер зарегульованого стоку, а з другого — об'єм днопоглибних робіт. На підставі цього обчислюємо будівельну і експлуатаційну вартість кожного варіанту. Зростанню тої складної вартості, яка залежить від характеру регулювання стоку, відповідає при інших рівних умовах зменшення складової, що визначається об'ємом днопоглибних робіт. При певному сполученні обох засобів одержимо мінімум вартості. Але для остаточного вибору варіанту треба врахувати ще всі додаткові (крім транспортних) народногосподарські плюси та мінуси кожного варіанту, які часто можуть бути вирішними.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

§ 31. Головні висновки для проектування та дослідження

В своїй роботі ми поставили перед собою два завдання: 1) з'ясувати, як відбивається на величині судноплавних глибин перекатів наших рівнинних рік з піщаним ложем режим частково зарегульованого стоку, і 2) дати достатньо точний і простий для проєктантів метод розрахунку цих глибин. Розв'язуючи обидва завдання, ми змушені були багато місця приділити питанням: а) зв'язку між горизонтом (витратою) води і глибиною на переказі; б) надійності вихідних матеріалів, які ми маємо для виявлення цього зв'язку; в) можливості використати цей зв'язок як для вивчення режиму переказів, так і для розрахунку судноплавних глибин.

Розгляд цих питань диктувався не тільки тим, що вони служили базою для розв'язування безпосередніх завдань нашої роботи, але й тим, що вивчення режиму переказів і днопоглибних прорізів на них на основі згаданого зв'язку практикувалося й практикується переважно без достатньо критичного ставлення до вихідних матеріалів, зокрема—до промірних бакенницьких відомостей. Зважаючи на це, ми розглянули особливості зв'язку між глибинами на переказах за відомостями бакенників і горизонтами води за показаннями водостів нормальної водомірної мережі з більшою повнотою, ніж це було потрібно для досягнення прямої мети роботи.

Підводячи основні підсумки всього попереднього викладу, виділімо як ті висновки, що ми їх повинні зробити для практичних цілей проектування реконструкції рік на базі регулювання стоку, так і ті питання режиму переказів, відносно яких ще далеко немає достатньої ясності і які підлягають дальшому дослідженню.

Цей останній момент слід особливо підкреслити, бо недостатня вивченість режиму переказів, наявність багатьох „темних місць“ не тільки вносить неточність—іноді значну—в окремі наші припущення, але й позбавляє нас можливості знайти найбільш доцільні шляхи активного втручання в „життя“ переказів з метою їх подолання, як перешкоди для судноплавства.

1) Першим нашим висновком і буде констатація зовсім незадовільного загального стану з вивченням режиму переказів. Матеріали безпосередніх натурних спостережень за режимом

перекатів ще надзвичайно скудні. Лабораторні дослідження в цій галузі провадяться в дуже недостатніх масштабах. Теорія перекатів, як і взагалі динаміки річища, що розвивається, перебуває досі в зародковому стані, невідомий ще самий механізм руху наносів¹⁾. Можна взагалі відзначити, що увага до цих питань режиму річкового русла довго була значно послаблена. Лише за самий останній час, після періоду тривалістю 40 років, тобто після кінця XIX сторіччя, який висунув таку плеяду видатних дослідників рік, як Жірдон, Фарг, Меллер, Лохтін, Лелявський, ми маємо знову чимале просування вперед у цій найскладнішій галузі гідраліки (роботи Бернадського, Великанова, Гончарова, Лосієвського, Потапова та ін.). Проте це просування ще зовсім недостатнє для створення теорії перекатів, і тому у розв'язанні багатьох практичних питань щодо режиму перекатів доводиться користуватися чисто емпіричним матеріалом.

2) В умовах обмеженості спеціальних натурних досліджень перекатів основним таким емпіричним матеріалом для оцінки режиму перекатів залишаються щоденні відомості бакенників про глибину перекатів. Головний метод використання цих відомостей для названої мети — це спільний розгляд ходу глибин на перекатах і ходу горизонтів (витрат) води. Найкраще, найзручніше і наочніше вести цей аналіз, або визначаючи різницю амплітуди глибин і горизонтів води, або зіставляючи стан глибин при одних і тих самих горизонтах (витратах) води.

При цьому треба ясно уявляти особливості цих вихідних для визначення режиму перекатів матеріалів, щоб не переоцінити тих можливостей, які дає їх аналіз, і не зробити серйозних помилок.

Проведене нами дослідження цього питання показало, що відомості бакенників про глибини на перекатах дуже малою мірою можна використати для наукової проробки питань режиму останніх. Причина цього не стільки в окремих неточностях, помилках і т. п. хибах подаваних бакенниками відомостей, скільки в змінності на протязі навігації ширини обставлюваного суднового ходу, що є корінною особливістю обзначувальних промірів і отже не може бути усунено.

Додаткові порушення точності аналізу виникають у наслідок зв'язування відомостей про хід глибин перекаату з відомостями про хід рівнів води на водпосту, який розташований не на перекаці.

3) Докладний розгляд питання про точність визначення режиму перекатів шляхом аналізу зв'язку глибин перекатів за відомостями бакенників і горизонтів води на сусідніх водпостах привів нас до висновку про певну недоцільність застосовувати цей аналіз до вивчення режиму окремих перекатів. В цьому

¹⁾ Див. М. А. Великанов, Динамика русловых потоков, ч. I, 1936, сс. 4, 9.

випадку похибка у визначенні зміни позначки дна перекату може бути дуже великою — порядку десятків сантиметрів.

Встановлено, що зменшити величину цієї похибки можна лише оперуючи осередненими даними по значній кількості перекатів і водпостів, бо тоді різноманітні, різного знака часткові похибки, зв'язані з особливостями вихідних матеріалів, значною мірою взаємно зрівноважуються. Але неточність визначення зміни позначки дна перекату, що є наслідком змінності ширини фарватеру, залишається. В результаті, навіть осереднені для великих груп перекатів висновки даватимуть в період спадання води перебільшення розмиву перекатів, а в період підймання — перебільшення наміву.

Лише в деяких випадках можна розраховувати на зведення до мінімуму і цієї похибки. Це, насамперед, аналіз періоду стояння рівня води і, меншою вже мірою, період перед кінцем весняного спадання, а також випадок порівняння стану глибин при одному і тому ж горизонті одної і тої ж фази гідрографа за різні роки.

4) Проведений з цими застереженнями аналіз зв'язку між глибинами на перекатах Дніпра і горизонтами, а також витратами води на водпостах дозволив оцінити вплив регулювання стоку на стан судноплавних глибин Дніпра і аналогічних рівнинних рік з піщаним ложем (Волга, Дон, Десна і т. д.).

Встановлено, що одним із головних факторів, які визначають стан судноплавних глибин в період весняного спадання, є висота весняного піка і що зниження останнього приводить до покращання загальної картини судноплавних глибин на перекатах ріки. Деякий позитивний вплив у цьому відношенні може мати і зменшення кількості наносів в потоці за рахунок затримки і відкладення їх у регуляційних водосховищах. Сприятливою для режиму перекатів і днопоглибних прорізів на них треба вважати і стабілізацію меженних горизонтів за умов регулювання стоку. Значний ефект підвищення меженних горизонтів додатковим постачанням води із водосховищ дещо знижується через зменшення або припинення саморозмиву перекатів, що має місце при низькій воді. Є навіть вказівки на можливість при певній висоті зарегульованих меженних горизонтів зміни розмивання порекатів на їх занесення.

З цієї характеристики впливу регулювання стоку на стан судноплавних глибин виходить між іншим, що невірно називати цей спосіб поліпшення судноплавних рік „попусковим“, бо така назва відбивала б лише частину того ефекту, з яким треба рахуватися, оцінюючи стан глибин в нових умовах.

5) Зважаючи на значну сприятливість для режиму перекатів і для прорізів стабілізації меженних горизонтів води, тобто і величій паводкових хвиль, бажано: а) більш рівномірно розміщати водосховища в басейні ріки, стік якої регулюється, щоб полегшити вирівнювання меженних горизонтів; б) докладно роз-

робити питання експлуатації водосховищ, зокрема організації диспетчерської служби на базі графіків руху попусків і прогнозу горизонтів води.

б) При виборі методу розрахунків судноплавних глибин для умов регульованого стоку треба перш за все урахувувати такі три основні вимоги до нього: а) дати можливість урахувувати вплив підвищення межених горизонтів води до різної висоти; б) урахувувати вплив на величину судноплавних глибин зниження висоти весняної повіді; в) дати можливість розрахувувати глибину кожного окремого перекату.

Цю останню вимогу не треба розуміти як можливість взагалі визначити для кожного перекату майбутню, в період проєктного режиму, глибину його. Такий прогноз треба визнати неможливим. Мова йде лише про визначення найбільш імовірної картини глибин на сукупності перекатів цілої річкової дільниці, тобто щодо кількості на ній перекатів того чи іншого ступеня мілководності; конкретні ж перекати з відповідною глибиною будуть в нових умовах, безперечно, іншими.

7) Гідравлічні методи розрахунку, при сучасному стані гідравліки річкового потоку з руслом, що розмивається, при недостатності емпіричних даних про його стан і режим, не можуть задовольнити всіх цих вимог. Цими методами доцільно користуватися лише для річкових дільниць з стабільним руслом.

Для розрахунку ж глибин рік з піщаним руслом при регулюванні їх стоку залишається єдиний шлях — шлях встановлення емпіричного зв'язку між судноплавними глибинами на перекатах і горизонтами (або витратами) на водпостах. Цей шлях і використано автором у запропонованому ним методі розрахунку за аналогією з побутовим весняним спаданням.

8) При застосуванні цього методу треба зважати на одну важливу особливість режиму перекатів рівнинних рік з піщаним руслом, а саме — нерівномірність розвитку різних перекатів як при переході від одного року до другого (особливо під впливом весняної повіді), так і в межах однієї навігації. Нерівномірність ця виявляється перш за все в тому, що жодної навігації не буває суцільного погіршення або поліпшення всіх перекатів ріки, порівнюючи з аналогічним моментом попередньої навігації, а спостерігається дуже строката картина поліпшення одних, погіршення других і стабільності третіх.

Така різнозначність розвитку різних перекатів, відзначена для Волги, Дона і показана нами для Дніпра і Десни, примушує відкинути можливість користуватися осередненими за ряд років характеристиками зв'язку глибин і горизонтів (або витрат) і робити обов'язковим класти в основу розрахунку стан судноплавних глибин конкретного року, який наближається своїм зимово-весняним режимом до обраного варіанту регульованого стоку.

Ця ж особливість робить неможливим передбачення глибин конкретних перекатів у майбутні навігації (див. п. 6).

9) Із завдань дальшого дослідження треба виділити вивчення зимового режиму перекатів, який залишається досі найменш ясным через відсутність тут лабораторних спостережень і крайню скудність польових. Детальне вивчення режиму перекатів під льодовим покривом при різних горизонтах води і різній товщині криги може озброїти нас дуже ефективним засобом впливу на переказ під час регулювання стоку як шляхом підтримування оптимального горизонту в період льодоставу, так і шляхом регулювання зимових витрат, яке було б найбільш сприятливе для режиму перекатів, для їх поглиблення. Дуже важливим тут є також питання про стійкість у період весняного паводка зимового поглиблення переказу. В процесі досліджень зимового режиму переказів слід вивчити стійкість під кригою днопоглиблених прорізів та можливість застосування для поглиблення переказу льодових загат та напівзагат з використанням ідеї регулювання поперечної циркуляції потоку.

10) В дослідженнях режиму переказів за безльодоставний період треба висвітлити такі окремі, але дуже важливі для проектування реконструкції водяних шляхів на базі регулювання стоку питання як: а) роль темпів весняного спадання в окремі періоди останнього, зв'язок між інтенсивністю убування весняної води і процесами розмивання — намівання dna переказу; б) висота критичного, переломного горизонту і основні фактори, які цю висоту визначають; в) ступінь саморозмивання переказів і збільшення судноплавних глибин при низьких горизонтах, а звідси величина коефіцієнта корисної дії попуску.

11) Оскільки перекази різного типу по-різному „реагують“ на ті чи інші особливості гідрологічного режиму ріки, дослідженням режиму переказів треба охопити різні їх типи. Тому, розробку схеми класифікації переказів наших основних рік треба вважати одним з актуальніших завдань. Перші пропозиції в цій справі зроблено І. Ф. Попковим (Техминимум обстановочного старшини, Гострансиздат, М. 1937, сс. 28—37). Проте на них не можна остаточно зупинитися¹⁾. Поперше, особливості окремих рік недосить цією схемою ураховані, і чимала кількість переказів Дніпра не вкладається в неї. Подруге, сама схема Попкова недосить витримана, не має єдиного принципу.

12) Нарешті, треба підкреслити, що виділені вище часткові питання режиму переказів, найбільш актуальні з погляду тих вимог, які ставить завдання регулювати стік судноплавних рік, треба розглядати лише як частину загальної проблеми динаміки потоку в руслі, що розмивається. Дуже важлива і теоретично, і

¹⁾ Над цим питанням в Ін-ті водного господарства вже кілька років працює О. М. Толмацький.

практично ця проблема, через надзвичайну складність її, не може бути розв'язана лише на базі натурних досліджень, хоч їх і треба ставити значно ширше, ніж це було досі, щоб відшукувати нехай локальні, неповні і приблизні відповіді на питання, які чекати не можуть, і разом з тим нагромаджувати матеріал для теоретичних узагальнень.

Але основною умовою успішної розробки динаміки потоків в руслі, що розвивається, треба вважати теоретичне і експериментальне дослідження, зосереджене спочатку на самому механізмі суперечливих процесів взаємодії русла і потоку, єдність яких і складає основу переформування русла і зокрема перекатів.

Невідкладність задоволення найістотніших потреб річкового транспорту в його сучасному стані і в перспективі соціалістичної реконструкції — буде постійним стимулом у цій важкій, але вдячній роботі.

Таблиця амплітуд гор. води (в см) на водпостах і переказах Дніпра
1934 рік

Назва переказного водпоста	Величина амплітуди горизонту води на переказі за період весняного спадання				Величина амплітуди горизонту води на переказі за кінець період осіннього паводка
	За весь розглянутий період	За окремі поступові частини його			
1 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Домантово“				
	326—80 246	326—205 121	205—145 60	145—80 65	146—81 65
Червоний Припічок	(219)	—	—	—	(49)
Окуніново	238	113	63	62	64
Пічки	226	113	55	58	61
Гайдамацький Острів	212	98	62	52	57
Середнє	225	108	60	57	61
2 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Глібовка“				
	298—84 214	298—195 103	195—147 48	147—84 63	147—83 64
Сухолуччя	209	78	60	71	65
Толокунь	185	61	47	77	66
Ясногородка	—	—	—	—	(64)
Сваром'є	191	62	54	75	74
Межигір'я	214	96	47	71	57
Старосілля	267	120	70	77	65
Вишгород	246	98	65	83	71
Середнє	219	86	57	76	66

Назва перекатного водпоста	Величина амплітуди горизонту води на перекаті за період весняного спадання					Величина амплітуди горизонту води на перекаті за кінець період осіннього паводка
	За весь розглянутий період	За окремі поступові частини його				
3 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Київ“					
	390—100 290	390—268 122	268—196 72	196—150 46	150—100 50	152—101 51
Наталка	296	121	76	46	53	51
Осокорки	294	120	76	43	55	49
Жуків Острів	—	—	—	—	—	(49)
Осетрова Лука	(217)	(100)	(32)	—	—	(44)
Середнє	295	121	76	45	54	50
4 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Вітачів“					
	310—92 218	310—206 104	206—147 59	147—92 55	149—94 55	
Вишеньки	—	—	—	—	—	(64)
Сальково	225	97	65	63	60	60
Святополков Стан	(218)	(102)	(65)	(81)	(59)	(59)
Трипілля	224	103	66	55	55	55
Стайки	246	119	69	58	57	57
Гребені	216	103	73	40	62	62
Ржищів	258	110	81	67	60	60
Вовче Горло	241	112	67	62	64	64
Ходорів	253	115	77	61	66	66
Трактомирів	(285)	(130)	(102)	(53)	(62)	(62)
Переяслав	262	126	79	57	60	60
Середнє	241	111	72	58	61	61
5 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Канів“					
	380—98 282	380—272 108	272—208 64	208—152 56	152—98 54	153—97 56
Григорівка	279	124	55	47	53	59
Бучаки	295	125	61	49	60	54
Селище	301	117	69	61	54	55

Назва перекатного водпоста	Величина амплітуди горизонту води на перекаті за період весняного спадання						Величина амплітуди горизонту води на перека за кінцев. період осіннього паводка
	За весь розглянутий період	За окремі поступові частини його					
5 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Канів“						
	380—98 282	380—272 108	272—208 64	208—152 56	152—98 54	153—97 56	
Руда	262	114	54	46	48	55	
Прохорівка	296	113	62	54	67	55	
Хрещатик	295	119	64	57	55	54	
Середнє	288	119	61	52	56	55	
6 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Черкаси“						
	310—50 260	310—200 110	200—145 55	145—99 46	99—50 49	100—50 50	
Нехаїв	283	130	57	58	38	50	
Сокірно I	306	128	62	69	47	48	
Мережик	(191)	(60)	(45)	(38)	(48)	(59)	
Дашківка	—	—	60	71	41	52	
Червона Слобода	256	95	58	57	46	44	
Налесні	220	102	43	43	32	45	
Середнє	266	114	56	60	41	48	
7 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Бужин“						
	364—138 226	364—254 110	254—202 52	202—163 39	163—138 25	163—138 25	
Ревун	217	111	45	37	24	27	
Біла Голова	227	103	48	37	39	24	
Боровиця	—	—	—	(38)	(34)	(28)	
Гречанка	227	108	40	40	39	27	
Чорна Річка	(240)	(103)	(42)	(28)	(67)	(24)	
Воронівка	261	107	63	43	48	33	
Коропово	242	103	51	37	51	31	
Стародиповський II	248	100	55	39	54	32	
Середнє	237	105	50	39	43	29	

Назва перекатного водпоста	Величина амплітуди горизонту води на перекаці за період весняного спадання					Величина амплітуди горизонту води на перекаці за кінцев. період осіннього паводка
	За весь розглянутий період	За окремі поступові частини його				
8 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Кременчук“					
	349—102 247	349—250 99	250—200 50	200—150 50	150—102 48	150—102 48
Старолиповське V	235	89	51	55	40	47
Табурище	240	104	48	49	39	41
Вербочки	236	114	45	45	32	41
Шеломаї	252	98	50	50	54	53
Середнє	241	101	49	50	41	46
9 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Деріївка“					
	353—109 244	353—252 101	252—200 52	200—149 51	149—109 40	150—110 40
Лобачово	—	—	52	47	43	42
Келеберда	251	106	54	50	41	38
Солошино	258	115	48	54	41	30
Мішурич Ріг	218	97	43	41	37	32
Середнє	242	106	50	48	41	36
10 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Верхньодніпровськ“					
	341—109 232	341—251 90	251—202 49	202—149 53	149—109 40	149—109 40
Переволочне	222	82	45	53	42	39
Крива Забора	226	86	46	55	39	43
Орлик	260	100	54	58	48	48
Шульговичі	—	—	—	—	—	(40)
Губинський	247	93	48	57	44	45
Паньковський	251	97	56	62	36	44
Аули	239	91	51	62	35	45
Середнє	241	92	50	58	41	44

1935 рік

Назва перекатного водпоста	Величина амплітуди горизонту води на перекаті за період весняного спадання					Величина амплітуди горизонту води на перекаті за кінець період осіннього паводка
	За весь розглянутий період	За окремі поступові частини його				
1 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Домантово“					
	325— ⁵⁰ 245	325—205 120	205—144 61	144—80 64		145—80 65
Червоний Припічок .	244	116	63	65		67
Окуніново	242	114	64	64		63
Пічки	224	109	54	61		60
Гайдамацький Острів	215	104	55	56		57
Середнє	231	111	59	62		62
2 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Глібовка“					
	298—84 214	298—196 102	196—148 48	148—84 64		146—83 63
Сухолуччя	211	100	47	64		71
Толокунь	205	100	42	63		68
Ясногородка	205	96	49	60		64
Сваром'є	241	119	55	67		83
Межигір'я	230	126	52	52		53
Старосілля	259	115	80	64		45
Вишгород	288	143	76	69		74
Середнє	234	114	57	63		65
3 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Київ“					
	390—101 289	390—266 124	266—196 70	196—149 47	149—101 48	151—101 50
Наталка	295	117	74	55	49	63
Осокорки	290	103	84	51	52	62
Жуків Острів	288	112	88	42	46	58
Осетрова Лука	—	—	71	49	45	55
Середнє	291	111	79	49	48	60

Назва перекатного водпоста	Величина амплітуди горизонту води на перекаті за період весняного спадання					Величина амплітуди горизонту води на перекаті за кінцев. період осіннього паводка
	За весь розглянутий період	За окремі поступові частини його				
4 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Вітачів“					
	308—93 215	308—206 102	206—149 57	149—93 56		143—87 56
Вишеньки	258	111	90	57		61
Сальково	222	89	71	62		54
Святополков Стан	204	71	76	57		67
Трипілля	236	104	77	55		66
Стайки	254	112	86	56		53
Гребені	258	109	86	63		52
Ржишів	278	116	96	66		64
Вовче Горло	276	120	87	69		57
Ходорів	241	88	87	66		61
Трактомирів	255	113	85	57		55
Переяслав	270	123	91	56		54
Середнє	250	105	85	60		59
5 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Канів“					
	380—98 282	380—269 111	269—205 64	205—153 52	153—98 55	153—98 55
Григорівка	285	108	65	58	54	63
Бучаки	284	112	62	55	55	60
Селище	295	119	67	58	51	60
Руда	291	119	57	53	62	65
Прохорівка	288	111	63	55	59	65
Хрещатик	271	106	58	53	54	61
Середнє	286	113	62	55	56	63
6 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Черкаси“					
	309—50 259	309—200 109	200—145 55	145—100 45	100—50 50	100—49 51
Нехаївка	289	139	58	44	48	49
Сокірно I	307	132	75	45	55	48
Мережик	290	128	70	47	45	56
Дахнівка	281	116	57	54	54	61
Червона С обода	—	—	52	44	48	48
Налесні	231	103	46	41	41	40
Середнє	280	124	60	46	49	50

Назва перекатного водпоста	Величина амплітуди горизонту води на перекаті за період вес яного спадання					Величина амплітуди горизонту води на перекаті за кінцев. період осіннього паводка
	За весь розглянутий період	За окремі поступові частини його				
7 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Бужин“					
	364—138 226	364—254 110	254—201 53	201—163 38	163—138 25	164—139 25
Ревун	227	92	53	47	35	26
Біла Голова	210	75	52	54	29	27
Боровиця	227	98	53	50	26	—
Гречанка	232	100	53	51	28	—
Чорна Річка	218	100	50	46	22	23
Воронівка	237	95	59	56	27	29
Коропово	241	93	58	60	30	31
Старолиповське II	257	104	59	60	34	39
Середнє	231	95	55	53	29	29
8 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Кременчук“					
	349—102 247	349—249 100	249—200 49	200—150 50	150—102 48	149—101 48
Старолиповське V	237	98	52	40	47	46
Табурище	235	102	52	39	42	43
Вербочки	243	107	44	39	53	57
Шеломаї	253	100	49	47	57	54
Середнє	242	102	49	41	50	50
9 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Деріївка“					
	352—110 242	352—255 97	255—201 54	201—150 51	150—110 40	149—110 39
Лобацово	260	114	51	53	42	42
Келеберда	247	102	51	51	43	39
Солошино	241	107	47	50	37	33
Мішурин Ріг	252	120	44	53	35	30
Середнє	250	111	48	52	39	36

Назва перекатного водпоста	Величина амплітуди горизонту води на перекаті за період весняного спадання					Величина амплітуди горизонту води на перекаті за кінцев. період осіннього паводка
	За весь розглянутий період	За окремі поступові частини його				
10 група	При амплітуді горизонту води по водпосту „Верхнедніпровськ“					
	342—109 233	342—249 93	249—199 50	199—138 51	148—109 39	149—110 39
Переволочне	219	83	47	50	39	36
Крива Забора	256	101	53	58	44	43
Орлик	259	100	56	58	45	47
Шульговичі	235	96	47	52	40	39
Губинський	244	99	46	54	45	43
Паньковський	243	99	48	54	42	42
Аули	225	89	43	55	83	39
Середнє	240	95	49	54	42	41

Таблиця амплітуд (в см) горизонтів води на водпостах і перекатах Волги в 1894 р.

П У Н К Т	Верстви від Н.-Новг.	С п а д а н н я			Підймання	
		3.VII— 15.VII	30.VII— 20.VIII		15.VII— 30.VII	20.VIII— 10.IX
Водпост Н.Новгород	0	40	81		60	154
Перекат Кстовський	19	45	124		85	213
Водпост Зименки . . .	28	55	104		60	204
		5.VII— 17.VII	31.VII— 20.VIII	22.IX— 11.X	17.VII— 31.VII	20.VIII— 22.IX
Водпост Василь- сурськ	154	77	102	187	70	322
Перекат Сумський .	176	64	85	170	45	296
" Коптарський . . .	234	83	94	—	57	322
Водпост Чебоксари	252	79	85	172	49	300
		8.VII— 17.VII	7.VIII— 22.VIII	24.IX— 12.X	17.VII— 2.VIII	22.VIII— 24.IX
Водпост Чебоксари	252	47	57	175	53	304
Перекат Чебоксар- ський	256	47	47	—	49	300
Перекат Ураковський	291	62	62	200	53	326
" Кушников- ський	297	—	68	194	—	347
Водпост Нова Де- ревня	297	68	72	192	60	349
		11.VII— 17.VII	3.VIII— 22.VIII	25.IX— 12.X	17.VII— 3.VIII	22.VIII— 17.IX
Водпост Нова Де- ревня	297	36	102	187	57	260
Перекат Анищенський	323	—	87	—	—	230
" Кабачищенсь- кий	348	—	90	—	—	226
" В. Васильєв- ський	354	40	100	179	51	226
Водпост Услоя	377	38	96	187	47	217
		14.VII— 28.VII	4.VIII— 24.VIII	25.IX— 13.X	28.VII— 4.VIII	24.VIII— 25.IX
Водпост Услоя . . .	377	13	94	194	40	324
Перекат Н. Шелан- говський	411	62	104	175	40	318
Перекат Лобишкин- ський	414	75	100	172	30	330
Перекат Красновидов- ський	429	100	124	115	28	294
Водпост Богородськ	453	126	124	109	30	277

Характеристика гідрометеорологічного режиму років, для яких вивчався режим переكاتів Дніпра і Десни

Рік	Минула осінь (за опадами)	Зима (льодостав)	Весна	Рівні межені
-----	---------------------------	------------------	-------	--------------

1. Дніпро вище гирла Березини (Орша, Рогачов)

1928	Суха	Довга (4 $\frac{1}{2}$ міс.), сувора, багато снігу; товстий (60—70 см) лід, при високих рівнях, що знижувалися до весни	Швидке танення; високий пік, сповільн. дощами спад	Вище середніх великі паводки
1929	Дошова	Тривала (4 міс.), сувора, багато снігу; товстий (60 см) лід, при високих рівнях	Короткий льодохід; дуже високий пік, дощів мало, швидкий спад	Низькі, спокійні
1930	Суха	Коротка (3 міс.), тонкий лід, при низьких рівнях	Повільне танення; дуже низький пік, багато дощів, повільн. спад, алеж в середині крутий	Низькі, з липня — паводки
1931	Дошова	Тривала (4 міс.), середні рівні	Дуже високий пік, швидкий спад	Низькі
1932	Норм.	Тривала (4 міс.), середні рівні	Високий тривалий пік, дощі на спад, які затягнули його до серпня	Низькі, тримались мало

2. Дніпро від гирла Березини до гирла Десни (Річиця, Лоев, Домантово)

1925	Суха	Дуже коротка (2 $\frac{1}{2}$ міс.); тонкий лід, при низьких рівнях	Дуже низький пік, сухо, холодно, сповільнений спад	Низькі, з значним липневим паводком, з серпня безперервний підйом
1927	Норм.	Коротка (3 міс.); середньої товщини лід, при підвищених рівнях	Середньо-високий пік, дощі, затяжний повільний спад	Високі, паводкові
1929	Дошова	Тривала (4 міс.); товстий (60 см) лід, при високих рівнях, що знизилися навесні	Високий пік, мало опадів, швидкий спад	Низькі
1930	Суха	Коротка (3 міс.), низькі рівні	Дуже низький пік, дощі, повільний спад	Дуже низький спад до липня, потім поводковий підйом

Рік	Минула осінь (за опадами)	Зима (льодостав)	Весна	Рівні межні
1931	Дошова	Тривала (4 міс.); високі рівні, що дуже знизилися на початку весни	Історично-високий пік, спад середньої інтенсивності	Аналогічні 1930 р.

3. Середній Дніпро (Київ, Лоцманська Кам'янка)

1925	Суха	Дуже коротка (2 міс.); тонкий лід, при дуже низьких рівнях	Історично низький пік, повільний спад (сухо, але холодно)	Дуже низькі
1927	Нижче норми	Коротка (2 $\frac{1}{2}$ міс.); високі рівні, які спадають на початку весни	Швидке танення, середній пік, дуже повільний спад	Нижче середніх, з невеликих паводками
1929	Дошова	Нормальна (3—3 $\frac{1}{2}$ міс.); середні рівні.	Високий пік; швидкий спад, проте дуже сповільн. при проєктних рівнях (особливо біля Лоцманської Кам'янки)	Низькі
1930	Норм.	Коротка (2 $\frac{1}{2}$ міс.), низькі рівні	Дуже низький пік, дощі, повільний спад	Низькі
1931	Дошова	Тривала (3—4 міс.), середні рівні, що дуже знизилися на початку весни	Швидке танення, історично високий пік, крутий спад	Середні, з липня безперервн. підйом до зими

4. Верхня Десна (Брянськ)

1931	Дошова	Тривала (4 міс.), рівні підвищені	Історично-високий пік, опади нормальні, швидкий спад	Середні
1932	Суха	Тривала (4 міс.), рівні середні	Високий пік, дощі, спад, на початку затриманий, далі крутий	Після паводків в червні — стання середньої висоти

5. Нижня Десна (Чернігів)

1931	Дошова	Тривала (4 міс.), середні рівні	Виключно високий пік, крутий спад, внизу сповільнений	Низькі, підйом з жовтня
1932	Норм.	Тривала (4 міс.), рівні вище середніх	Швидке танення, дуже високий пік, дощі, затримка спада в червні — липні	Середні, підйом з жовтня

Таблиця амплітуд горизонтів і глибин води на водпостах

Межі дільниці	Назва водпоста	Межі розглян. інтервалу		Тривалість інтерв. діб	Амплітуда рівнів см
		3	4		
1	2	3	4	5	6
1 9 2 9					
Лоев — Бабки	Лоев	17.VI	19.VI	2	27
Копачов — гирло Прип'яті	Навози	19.VI	28.VI	9	74
гирло Прип'яті — гирло Тетерева	Домантово	24.VI	9.VII	15	62
гирло Тетер. — гирло Десни	Глібовка	—	—	—	—
гирло Десни — Осетр. Лука	Київ	—	—	—	—
Козин — гирло Трубежа	Вітачів	25.VI	16.VII	21	76
гирло Трубежа — гирло Росі	Канів	—	—	—	—
гирло Росі — гирло Сули	Черкаси	25.VI	8.VII	13	70
гирло Сули — Крячки	Кременчук	4.VII	21.VIII	48	78
Лобачово — гирло Ворскли	Деріївка	—	—	—	—
гирло Ворскли — Романьково	В. Дніпр.	—	—	—	—
Дніпродзерж. — гирло Самари	Л. Кам'янка	—	—	—	—
1 9 3 0					
Лоев — Бабки	Лоев	—	—	—	—
Копачов — гирло Прип'яті	Навози	12.V	23.V	11	75
гирло Прип'яті — гирло Тетерева	Домантово	—	—	—	—
гирло Тетерева — гирло Десни	Глібовка	20.V	7.VI	18	58
гирло Десни — Осетр. Лука	Київ	19.V	13.VI	25	104
Козин — гирло Трубежа	Вітачів	19.V	13.VI	25	92
гирло Трубежа — гирло Росі	Канів	24.V	12.VI	19	65
гирло Росі — гирло Сули	Черкаси	14.V	4.VI	21	71
гирло Сули — Крячки	Кременчук	1.VI	21.VI	20	72
Лобачово — гирло Ворскли	Деріївка	1.VI	25.VI	24	78
гирло Ворскли — Романьково	В. Дніпр.	6.VI	24.VI	18	61
Дніпродзерж. — гирло Самара	Л. Кам'янка	8.VI	26.VI	18	41
1 9 3 1					
Лоев — Бабки	Лоев	9.VI	11.VI	2	32
Копачов — гирло Прип'яті	Навози	11.VI	15.VI	4	68
гирло Прип'яті — гирло Тетерева	Домантово	25.VI	14.VII	19	64
гирло Тетерева — гирло Десни	Глібовка	25.VI	15.VII	19	63
гирло Десни — Осетр. Лука	Київ	25.VI	22.VII	27	102
Козин — гирло Трубежа	Вітачів	25.VI	22.VII	27	95
гирло Трубежа — гирло Росі	Канів	29.VI	15.VII	16	64
гирло Росі — гирло Сули	Черкаси	—	—	—	—
гирло Сули — Крячки	Кременчук	1.VII	7.VIII	27	77
Лобачово — гирло Ворскли	Деріївка	6.VII	25.VII	19	63
гирло Ворскли — Романьково	В. Дніпр.	6.VII	23.VII	17	63
Дніпродзерж. — гирло Самари	Л. Кам'янка	8.VII	25.VII	17	42

і перекатах Дніпра в період весняного спадання

Інтенс. спад. см/доба	Наскрізнi перекати			Всi перекати			Добова ампліт. рівнів	
	Кіль- кість	Сер. ампл. глибини см	Сер. d см	Кіль- кість	Сер. ампл. глибини см	Сер. d см	на по- чатку ін- терв. см	напри- кінці ін- терв. см

р і к

13,5	6	25	-2	10	25	-2	14	8
8,2	5	56	-18	13	58	-16	20	2
4,1	4	70	8	5	67	5	4	2
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,6	3	87	11	10	79	3	2	2
—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,3	3	70	0	10	82	12	11	3
1,6	6	55	-23	10	65	-13	4	2
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

р і к

—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,8	5	70	-5	13	65	-10	9	3
—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	11	66	8	10	64	6	4	3
4,1	4	79	-15	—	—	—	8	4
3,7	3	83	-9	3	83	-9	4	2
3,4	7	68	3	12	66	1	3	4
3,4	3	88	17	8	84	13	4	5
3,6	7	63	-9	26	62	-10	4	2
3,2	12	75	-3	14	74	-4	3	4
3,4	6	58	-3	11	51	-10	3	2
2,3	5	65	24	7	54	13	4	2

р і к

16	6	31	-1	7	31	-1	28	12
17	5	40	-28	12	58	-10	16	6
3,4	4	56	-8	5	58	-6	0	4
3,3	11	75	12	21	74	11	2	3
3,7	3	108	6	6	99	-3	10	4
3,5	3	98	3	14	101	6	4	4
4	7	76	12	9	69	5	5	4
—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,8	8	51	-26	15	58	-19	4	2
3,3	11	52	-11	16	50	-13	3	4
3,7	6	66	3	8	61	-2	4	3
2,5	5	63	21	10	61	19	4	0

Зведена таблиця амплітуд горизонтів і глибин на водпостах і перекатах Десни в період весняного спадання води

Межі ділянки	Назва водпоста	Межі розглян. інтервалу	Тривалість інтерв. днів	Ампл. гориз. см	Інтенс. спадання см/доба	Наскрізьні переكاتи		Всі переكاتи				Добова ампл. гориз. см		
						Кількість	Сер. ампл. глин. см	Сер. д см	Кількість	Сер. ампл. глин. см	Сер. д см	На почат. інтервалу	Наприкінці	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 9 3 1 р і к														
гірло Судості — гірло Есьмані	Н.-Сіверський	5.VI	12.VI	7	64	9,1	2	73	9	10	33	—	31	4
гірло Есьмані — гірло Сейма	Макошино	29.VI	3.VIII	35	63	1,8	17	49	—	14	48	—	15	1
гірло Сейма — гірло Снови	Вишеньки	28.VI	2.VIII	35	53	1,5	14	35	—	20	35	—	18	1
гірло Снови — Ладінка	Чернігів	1.VII	5.VIII	35	89	2,5	6	66	—	23	69	—	20	2
Копачово — гірло Остра	Моровськ	2.VII	7.VIII	36	85	2,3	4	65	—	20	61	—	24	1
1 9 3 2 р і к														
гірло Судості — гірло Есьмані	Н.-Сіверський	2.VI	14.VI	12	61	5	2	80	—	19	52	—	9	2
гірло Есьмані — гірло Сейма	Макошино	1.VIII	16.IX	46	79	1,7	17	57	—	22	58	—	21	0
гірло Сейма — гірло Снови	Вишеньки	1.VIII	13.IX	43	60	1,4	14	52	—	8	52	—	8	1
гірло Снови — Ладінка	Чернігів	1.VIII	16.IX	46	90	2,0	6	78	—	12	77	—	13	1
Копачово — гірло Остра	Моровськ	2.VIII	17.IX	46	77	1,7	4	46	—	31	44	—	33	2

Відомість зміни глибини на перекатах Дніпра під час стояння горизонтів води

Рік	Межі ділянки	Назва водпоста	Хід гори-зону води		Висота гори-зону напочатку площі, м	Різниця рівнів на межі, м		Наскрізіні перекати		Всі пере-кати		Добова амплітуда горизонту	
			До площі, м	Після площі, м		Кієв, м	Зміна глибини, м	Кієв, м	Зміна глибини, м	На початку, м	Після площі, м	Парні, м	Кієв, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1927	Лоев — Бабки	Лоев	під.	спад.	142	-2	4	5	9	7	3	6	
1929	"	"	спад.	"	82	0	4	-10	10	-6	1	0	
1929	"	"	"	під.	55	0	4	-1	10	-2	1	1	
1930	"	"	під.	спад.	107	0	4	11	5	11	5	3	
1931	"	"	спад.	спад.	87	0	-	-	5	-7	0	2	
1931	"	"	під.	"	117	0	-	-	5	1	4	2	
1927	Колачов — гирло Прип'яті	Навози	під.	"	150	-1	3	8	7	6	3	5	
1927	"	"	спад.	під.	133	1	3	-7	7	-8	3	2	
1929	"	"	"	спад.	87	0	3	2	10	1	0	0	
1929	"	"	"	"	58	-4	3	0	10	-2	0	1	
1930	"	"	"	під.	94	0	3	-12	4	-9	0	6	
1930	"	"	під.	спад.	107	1	3	10	4	8	5	3	
1930	Гирло Прип'яті — гирло Тетерева	Домантово	спад.	під.	41	0	10	-8	12	-5	3	0	
1931	"	"	"	"	38	0	10	-2	11	-3	2	1	
1930	Гирло Тетерева — гирло Десни	Глібовка	"	"	44	0	14	-6	22	-8	1	2	
1931	"	"	"	"	48	0	14	-8	19	-9	1	2	
1927	Гирло Десни — Ос. Лука	Київ	"	"	107	0	3	-5	5	-11	4	1	
1929	"	"	"	"	108	-1	3	-17	5	-16	2	2	

Рік	Межі ділянки	Назва водпоста	Хід гори-зону води		Висота гори-зону напочатку площадки	Рівниця річки на межках площадки см	"Наскрізні" перекази		Всі перекази		Добова амплітуда горизонту	
			До площадки	Після площ.			Київ.	Зміна глибини см	Київ.	Зміна глибини см	На початку площ.	Наприкінці площ.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1930	Гирло Десни — Ос. Лука.	Київ	"	"	48	0	—	—	3	—	3	1
1931	"	"	"	"	60	0	—	—	8	—	3	1
1927	Козин — гирло Трубежа	Вітачів	"	"	81	0	—	—	6	—	2	2
1929	"	"	"	"	81	0	—	—	11	—	2	1
1930	"	"	"	"	28	0	9	—	14	—	2	4
1931	Козин — гирло Трубежа	"	"	"	42	0	8	—	25	—	1	1
1929	Гирло Трубежа — гирло Росі	Канів	"	"	134	0	—	—	8	—	0	1
1929	"	"	"	"	59	0	—	—	8	—	1	1
1930	Гирло Трубежа — гирло Росі	Канів	спад.	під.	71	1	12	—	18	—	3	1
1931	"	"	"	"	59	0	12	—	22	—	1	2
1927	Гирло Росі — гирло Сули	Черкаси	"	"	98	0	—	—	14	—	2	2
1927	"	"	"	"	79	0	—	—	14	—	1	1
1929	"	"	"	"	32	0	—	—	16	—	1	1
1929	"	"	"	"	31	0	—	—	16	—	1	1
1930	"	"	"	"	33	2	11	—	18	—	3	3
1930	"	"	під.	спад.	54	—	11	—	18	—	0	0
1931	"	"	спад.	під.	34	0	11	—	32	—	1	2
1929	Гирло Сули — гирло Пела	Кременчук	"	"	79	0	10	—	21	—	2	1
1929	"	"	"	"	80	0	10	—	21	—	1	1

1930	Гирло Сули — гирло Псла	Кременчук	"	під.	76	0	9	-10	18	-8	3	1
1930	"	"	"	спад.	77	0	9	3	18	6	2	1
1930	"	"	"	спад.	100	0	10	4	19	5	0	1
1930	"	"	"	"	99	0	10	0	19	0	0	1
1931	"	"	"	"	114	0	9	-13	21	6	0	1
1929	Гирло Псла — Крачки	Редуги	"	"	-34	0	4	-10	5	-14	1	2
1930	"	"	"	"	-30	0	4	-13	4	-13	2	2
1930	"	"	"	під.	-7	0	4	5	4	5	0	1
1927	Лобачово — гирло Борскли . . .	Дерівка	"	спад.	134	0	6	-16	6	-16	2	1
1927	"	"	"	спад.	102	-1	6	-2	6	-2	2	2
1927	"	"	"	під.	108	-1	6	12	6	13	2	2
1929	"	"	"	"	60	0	6	1	17	1	1	1
1930	"	"	"	спад.	81	0	-	-	11	-11	2	1
1930	"	"	"	під.	97	0	-	-	11	9	1	0
1931	"	"	"	спад.	91	0	-	-	6	2	2	0
1927	Гирло Борскли — Романьково . .	В. Дніпр.	"	"	121	0	10	-4	12	-3	1	3
1927	"	"	"	"	102	0	10	-6	11	-4	3	2
1929	"	"	"	"	73	0	10	-14	16	-12	2	2
1929	"	"	"	"	72	0	9	0	15	1	1	1
1930	"	"	"	"	77	0	-	-	9	-15	1	1
1930	"	"	"	під.	91	1	-	-	9	4	4	0
1931	"	"	"	спад.	83	0	-	-	10	3	5	1
1927	Дніпродзерж. — гирло Самари . .	Лоц. Кам'янка	"	під.	-54	0	-	-	4	-1	0	3
1927	"	"	"	спад.	-55	0	-	-	4	-3	0	1
1929	"	"	"	"	-89	0	-	-	4	5	0	1
1930	"	"	"	"	-66	0	7	2	7	2	1	1
1930	"	"	"	"	-83	0	7	-3	7	-3	1	0
1931	"	"	"	"	-81	-1	7	-4	12	-8	1	0

Відомість зміни глибин на перекатах Десни під час стояння горизонтів води

ік	Межі ділянки	Назва водпоста	Хід горизонту води		Висота горизонту на початку см	Прийст гор. наприкінці, по-шаки" см	"Наскрізіні" перекази		Всі перекази		Добова амплітуда гориз.	
			До "пло-шадки"	Після "плош."			Кіаьк.	Зміна глибини на 1 п'к.см	Кіаьк.	Зміна глибини на 1 п'к.см	Напочатку	Наприкінці
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1931	Гирло Судості—гирло Есьмані	Н. Сіверський	спад.	під.	27	1	3	12	14	1	1	1
1931	"	"	"	"	54	0	3	-13	14	2	0	5
1931	"	"	під.	спад.	29	-1	3	-5	14	-2	0	1
1932	"	"	спад.	під.	31	0	3	0	9	-3	0	2
1932	"	"	спад.	спад.	120	-2	3	-8	4	-9	0	3
1931	Гирло Есьмані—гирло Сейма	Вишеньки	спад.	під.	23	0	7	-1	14	1	2	1
1931	"	"	"	"	53	0	7	3	13	2	2	2
1932	"	"	"	спад.	171	-1	7	9	7	9	4	6
1932	"	"	"	під.	31	0	7	0	11	-1	1	0
1931	Гирло Сейма—гирло Снові	Макошино	"	"	42	0	9	4	16	4	1	1
1931	"	"	"	"	46	0	9	4	16	3	1	4
1932	"	"	"	"	40	0	9	7	10	11	0	0
1932	"	"	"	"	175	0	9	-12	9	-12	0	1
1931	Гирло Снові—Ладінка	Чернігів	"	"	106	0	6	12	13	6	1	1
1931	"	"	"	"	105	0	6	3	13	2	1	0
1932	"	"	"	"	254	0	6	16	6	16	1	1
1932	"	"	"	"	109	-1	6	12	7	16	2	4
1931	Копачово—гирло Остраі	Мороськ	"	"	55	-1	5	12	7	9	2	2
1931	"	"	"	"	56	0	5	1	7	-2	2	1
1932	"	"	"	"	188	0	5	-3	5	-3	0	2
1932	"	"	спад.	під.	72	-1	5	-2	5	-1	2	2

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулов К. А. и Козлов Г. А., Курс внутренних водных сообщений т. II, ГИЗ, Л. 1928.
2. Антонов Н. А., Типичные явления, относящиеся к устойчивости прорезей, Сб. „Волжское землечерпание и его достижения“, Цуводпуть, М. 1925.
3. Арондар Н. Я., Годовой отчет по землечерпанию на Среднем Днепре за навигацию 1912 г., Отчет о деятельности округа за 1912 г., КОПС, 1914.
4. Артемьевский А. П., Исследование весеннего половодья на р. Днепре у г. Киева, Отд. оттиск из сборника „Повідь 1931 р.“, К. 1932.
5. Архипов К. А., Влияние паводков и высоких вод на состояние перекатов.
6. Бахметев Б. А. О равномерном движении жидкости в каналах и трубах, Изд. 2-е, Кубуч, Л. 1931.
7. Бернадский Н. М., Речная гидравлика. Ее теория и методология, т. I. Общие формы речного течения, Энергоиздат, М.—Л. 1933.
8. Богословский М. А., Регулирование стока судоходных рек, Труды Горьковского института инженеров водного транспорта, т. I, Гострансиздат, М. 1935 (с. 121—158).
9. Богуславский Н. А., I. Заметка о речных перекатах, „Инженер“, СПБ. 1884, т. IV, кн. 12.
10. Богуславский Н. А., Речь. Тр. комиссии о мерах улучшения водных путей России, вып. 3, СПБ., 1899.
11. Бушмакин И. В., Исследования для устройства дополнительного водоснабжения р. Волги, Отчет, ч. I, СПБ. 1902; чч. II и III. СПБ, 1904.
12. Бушмакин И. В., О водохранилищах на р. Волге, Тр. II съезда русских деятелей по водяным путям в 1895 г., ч. I (186—213).
13. Валентини Ц., Гидрометрическая служба по предсказанию паводков и мелководья, Тр. XI международного судоходного конгресса. Доклады и сообщения иностранных членов конгресса по вопросам, касающимся I секции программы внутреннего судоходства, СПБ, 1909.
14. Великанов М. А., Гидрология суши, Энергоиздат, М.—Л., 1932.
15. Великанов М. А., Динамика русловых потоков, ч I, ОНТИ, М.—Л., 1936.
16. Вилькен Э., Дополнительное питание рек, как начало их систематического улучшения, Труды II съезда русских деятелей по водяным путям в 1895 г., ч. I, МПС, СПБ, 1895 (с. 214—264).
17. Вислоцкий С. А., О зависимости между колебаниями воды в реке и колебаниями дна реки, VII съезд рус. деят. по вод. путям, СПБ, 1900.
18. Войнович П. А., К вопросу о распределении расхода по разветвлениям открытого русла, Изв. НИИ Гидротехники Главэнерго, № 5, 1932.
19. „Волжское землечерпание и его достижения“, Сб. Цуводпуть, Л. 1925.
20. Гаврилов В. В., Лавров В. И., Окско-Донская водная магистраль, Госстройиздат, М.—Л. 1934.
21. Гидрометричний щорічник за 1927 р., Укрмет, К. 1928 р.
22. „ „ „ за 1928, Укрмет, К. 1929 р.
23. „ „ „ за 1929, Гімеком, К. 1931 р.
24. „ „ „ за 1930, Держсільгоспвидав, 1932.

25. Гидрометеорологичний щорічник за 1924-25 гідролог. рік, Укрмет, К. 1928.
26. " " " за 1925-26 " " 1929.
27. " " " за 1926-27 " " 1930.
28. " " " за 1927-28, Гімеком, 1931.
29. " " " за 1928-29. Держсільгоспвидав, К. 1932.
30. Гидробатометрические и гидрометрические исследования на р. р. Оке и Волге в 1919, 1923 и 1926 гг., III сборник Гидролого - гидротехнического института, Транспечать, НКПС, М. 1930.
31. Гончаров В. Н., О взвешивании наносов, Госстройиздат, Л. 1933.
32. Гукер, Взвешивание твердых тел текучей водой (переклад), ж. „Русское судоходство“, 1909, №№ 1, 3, 5; 1910, № 1.
33. Гусев В. Н., Прорезь и свалка грунта при землечерпании, Гострансиздат, М. 1933.
34. Декадные бюллетени Укрмета за 1930—1932 гг.
35. Ефимович П. А., Вопросы водохозяйственных расчетов в гидрологии, ОНТИ, М. — Л. 1936.
36. Жуковский Н., О деятельности изыскательской партии верхнего плеса р. Волги за время с 1902 по 1904 г. и о необходимости реорганизации работ партии, Сб. Казанского окр. п. с., вып. I, Казань 1910.
37. Sorger, Die Arbeiten des Wasserbauverwaltung des Landes Sachsen im Jahre 1933, Die Bautechnik, 1934, № 1, ss. 5-6.
38. Исследования инженерно-гидрологической станции, VI сборник, Гидролого-гидротехнического института, Транспечать, НКПС, М. 1930.
39. Кандиба Б. Н., Регулирование рек, Научно-мелиорат. институт, Л. 1927.
40. Квицинский Л. И., О предсказаниях колебаний уровня воды и глубины фарватера в реках, Тр. III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. I, МПС, СПб., 1896 (сс. 270 — 588).
41. Квицинский Л. И., Подвижные плотины, Изв. Собрания инженеров п. с., т. II, в. I, СПб. 1885.
42. Клейбер В. Г., Землечерпание и выправление как меры улучшения Волжского транзитного пути, VI съезд рус. деят. по вод. путям, СПб., 1899.
43. Клейбер В. Г., О некоторых вопросах улучшения волжского транзитного пути землечерпанием, Тр. Комиссии о мерах улучшения водных путей России, в. VIII, СПб. 1899.
44. Клейбер В. Г., О плане землечерпательных работ в транзитном русле р. Волги и т. д. (тезисы), Труды III съезда рус. деят. по вод. путям в 1898 г., ч. I (сс. 841 — 842).
45. Клейбер В. Г., О предсказаниях ожидаемой глубины перекатов на р. Волге, Труды III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. I, СПб., 1896 (сс. 710 — 836).
46. Козлов Г. А., Курс внутренних водных путей, т. II, Искусственные водные пути, ч. 3. Способы создания искусственных водных путей, 2-е изд., Гостехиздат, М. 1935.
47. Корчагин А. К., Техническая схема повышения судоходных глубин на Днепре (Орша — Днепропетровск), Березине (Свислочь — устье), Соже (Кричев — устье) и Десне (Трубчевск — устье) на базе регулирования стока верховыми водохранилищами, Рукопись, Укрग्रипровод, К. 1933.
48. Красин Г. Б., Производство опытов по исследованию обстоятельств стока поверхностных вод и влияния их на режим весенних паводковых и межениных вод в реках, оврагах и проч., Труды I всесоюзного гидротехнического совещания 19—25 мая 1929 г., Гостехиздат, М.
49. Левандовский Ф., Водный путь С.-Петербург — Херсон, ж. „Русское судоходство“, 1906, № 4.
50. Леляевский Н. С., Днепровский водный путь, Труды I съезда инженеров-гидротехников, МПС, 1892 (191 — 201).
51. Лосневский А. И., Лабораторное исследование процессов образования перекатов, ЦНИВТ, М. 1934.
52. Лохтин В., Несколько слов по поводу русского речного дела, Вестник Путей сообщения, 1904, № 45.

53. Лохтин В. М., О землечерпательных работах на р. Волге, VI съезд рус. деят. по вод. путям, СПб., 1899.
54. Лохтин В. М., О механизме речного русла, Казань, 1895.
55. Ludin A., Über den Begriff des bettbildenden Wasserstandes, Die Wasserwirtschaft, 1932, № 36.
56. Ляхницкий В. Е., Судходные реки и каналы Сев. Америки, Сб. „Волго-Донская магистраль и водное строительство Германии и Сев. Америки“, Труды правительственной экспертизы, в. I, Ростов-на-Дону 1929.
57. Малявкин А. Н., Проектирование регулирующих сооружений на сплавных реках, Гослестехиздат, Л. 1934.
58. Макаров В., Графический обзор судоходного состояния перекатов реки Волги между Рыбинском и Казанью за пятилетие 1886—1890 гг. (К вопросу о периодическом повышении и понижении дна перекатов р. Волги в зависимости от стояния меженного горизонта), Казань.
59. Макаров В. А., Об организации технического надзора и технической службы на реках, Тр. III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. I, МПС, СПб (сс. 14—165).
60. Макаров В. А., О зависимости между стоянием горизонтов и глубиной перекатов, Тр. I съезда инженеров-гидротехников, МПС, СПб, 1892.
61. Максимович Н. И., Днепр и его бассейн, К. 1901.
62. Калинин В., Об искусственном обводнении Волги, Труды II съезда рус. деят. по вод. путям в 1895 г., ч. I, МПС, СПб, 1895 (сс. 264—290).
63. Материалы правительственной экспертизы, т. I. Волго-Донская водная магистраль, М. 1930.
64. Милославский В., Путевые расчеты реки в свободном бытовом состоянии, ж. „Водный транспорт“, 1935, №№ 3 и 12.
65. Огиевский А. В., Гидрология (бассейн суходолу), ОНТВУ, Х.—К. 1933.
66. Огиевский А. В., Гидрометрия и производство гидрометрических работ, Энергоиздат, М.—Л. 1934.
67. Огиевский А. В., О соответственных уровнях и их использовании, Ж. Геофизики, 1932, № 2/4.
68. Огиевский А. В., Прогнозы для переходных и зимних периодов по речным зависимостям, Сб. „Основные итоги работ Службы гидрологических оповещений Днепростроя“, Гос. Научно-техн. изд. Украины, Х.—К. 1934.
69. Огиевский А. В., Режим стока Верхнего и Среднего Днепра, ОНТВУ, Х.—К. 1932.
70. Отчет о деятельности Округа за 1912 г., КОПС, К. 1914.
71. Перечень внутренних водных путей Европейской части СССР, НКПС, М. 1926.
72. Пирбудагов К. Д., Выправление рек, ч. II, Труды XIV съезда рус. деят. по вод. путям в 1902 г. (окрема брошура).
73. Показания водпостов I разряда на р. Волге 1876—1896 гг., Казань, ОПС, 1899.
74. Поляков Б. В., Гидрология бассейна р. Дона, Волго-Донская водная магистраль, Проект 1927—1928 г., вып. VIII, Ростов-на-Дону 1930.
75. Поляков Б. В., Изменения режима наносов и перекатов р. Волги в связи с постройкой плотин, Известия НИИ Гидротехники Главэнерго, № 9, Л. 1933.
76. Поляков Б. В., Исследование стока взвешенных и донных наносов, Гос. гидр. институт, Л. 1935.
77. Поперечная циркуляция в открытом потоке и ее гидротехнические применения, под ред. М. В. Потапова, Сельхозгиз, М. 1936.
78. Попов, Влияние речных песков на обмеление перекатов и борьба с этим явлением при помощи иловых рассадок, Труды XIV съезда рус. деят. по вод. путям, СПб, 1912.
79. Попов П., Краткие соображения по вопросам, подлежащим обсуждению..., Труды совещания Киевского округа путей сообщения в декабре 1912 г. по вопросам дноуглубления, К. 1913.
80. Попов С. А., О выправительных работах на р. Немане, Тр. II съезда инж.-гидротехников в 1893 г., МПС, СПб. 1893.

81. Раевский Н., Реконструкция р. Кубани, „Водный транспорт“, 1935, № 8 (с. 17—18).

82. Рахманов, О построении кривых свободной поверхности для естественных водооток, розділ IV книги М. Д. Чертоусов, Инженерная гидравлика, Кубуч, Л. 1934.

83. Реевский Р. Ф., О судоходных качествах р. Дона.—Тр. I съезда инженеров-гидротехников. МПС, 1892 (191—251).

84. Реки Волга и Дон и выбор места их соединения, Проект Волго-Донской водной магистрали, в. I, Ростов-на-Дону 1929.

85. Ризенкампф Г. К., Техническая схема реконструкции Волги, Сб. „Проблемы Волго-Каспия“ т. I, Акад. Наук СССР, Л. 1934.

86. Розов И. А., К проекту коренного улучшения р. Днепра от Градижска до Екатеринослава, Труды совещания КОПС'а в 1911 г., КОПС, К. 1911.

87. Романов А. Ф., Отчет по землечерпательным работам на Средней Волге в навигацию 1910 г., Сб. Казанского округа п. с., в. VI, Казань, 1911.

88. Романов А. Ф., Отчет по землечерпательным работам на Средней Волге в навигацию 1911 г., Сб. Казанского округа п. с., в. XVIII, 1912.

89. Рукосуев И., Лоция р. Днепра и его судоходных притоков, К. 1914.

90. Самсоненко В. Г. и Титов С. В., Регулирование стока сплавных рек водохранилищами, М. 1933.

91. Сведения об уровнях воды на внутренних водных путях России по наблюдениям на водпостах с 1891 по 1900 г., т. V, Бассейн Каспийского моря, МПС, СПБ, 1903.

92. Сведения о стояниях уровня воды на реках и озерах Европ. России по наблюдениям на 80 вод. постах, МПС, 1881.

93. Селезнев Н., Обзор землечерпания на верхнем плесе р. Волги в навигацию 1908 г., Сб. Казанского округа п. с., в. I, Казань, 1910.

94. Смарагдов Д. Г., Водохранилища на сплавных реках, Гос. НТИ, М. — Л. 1932.

95. Сухомел Г. Й., Нерівномірний рух течива в одкритих коритах з місцевими плавними відхилами від призматичної форми, Вісті НДІ води. господ. України, т. IV, част. I, К. 1931.

96. Схема реконструкции Волги, Гидроэлектропроект, М. 1934.

97. Тимонов В. Е., По вопросу о радикальном методе коренного улучшения судоходных условий больших рек, СПБ, 1898.

98. Тимчасова посадова інструкція для працівників обстановки, ДУРП, К. 1935.

99. Транзитне днопоглиблення на Дніпрі та Десні, під ред. А. К. Корчагіна, Праці Ін-ту води. господ., в. 10, Ак. Наук УРСР, К. 1937.

100. Труды комиссии о мерах улучшения водных путей России, в. III, СПБ, 1899.

101. Труды совещания КОПС'а в 1911 г., КОПС, К. 1911.

102. Труды I съезда инженеров-гидротехников в 1892 г., МПС, СПБ, 1892.

103. Труды II съезда русских деятелей по водяным путям в 1895 г., ч. I, СПБ, 1895.

104. Труды VI съезда рус. деят. по вод. путям в 1899 г., Журналы заседаний, МПС, СПБ, 1899.

105. Труды VII съезда рус. деят. по вод. путям в 1900 г., Журналы заседаний, МПС, СПБ, 1900.

106. Труды VIII съезда рус. деят. по вод. путям в 1901 г., Журналы заседаний, МПС, СПБ, 1901.

107. Труды XIV съезда рус. деят. по вод. путям в 1912 г., Журналы заседаний, МПС, СПБ, 1912.

108. Fort Peck Dam — An 84200000 Aid to Navigation on the Missouri River.—ENR, vol. 113, № 22, 1934, 29. XI (pp. 693 — 698).

109. Форхгеймер Ф., Гидравлика, ОНТИ, М — Л. 1935.

110. Франциус О., Гидротехнические сооружения, т. I, МАКИЗ, М. 1929.

111. Чаплыгин В. А., О работах на р. Оке, Труды I съезда инж.-гидротехников, МПС, 1892 (с. 191 — 201).

112. Щорічник гідрометричної служби НКЗС України, 1926.

113. Юргевич Л., Судоходный дорожник Днепра, КОПС, К. 1912.

СУДОХОДНЫЕ ГЛУБИНЫ РЕК ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ СТОКА

А. К. Корчагин

РЕЗЮМЕ

Работа эта направлена на разрешение двух основных задач: 1) выяснение того, как отразится на величине судоходных глубин наших равнинных рек с песчаным ложем режим частично зарегулированного стока; 2) нахождение достаточно точного и простого для проектантов метода расчета этих глубин.

В разрешении этих задач автор опирался прежде всего на материалы по Днепру и Десне, обработкой которых ему пришлось заниматься с 1933 г. по поручению Укргипротода, а затем — Укрэнергоэлектростроения. Вместе с тем в работе широко использованы материалы по Волге, Дону и другим рекам. Это позволяет, при достаточно полной согласованности между собою всех исходных данных, считать, что выводы автора, и в частности предложенный им метод расчета судоходных глубин на перекатах в условиях регулируемого стока, имеют более общее значение, выходят за пределы Днепровского бассейна и относятся вообще к таким нашим равнинным рекам с руслом из легко подвижных грунтов, как Волга, Днепр, Дон и т. д.

В виду сложности и совершенно недостаточной изученности режима перекатов автором, кроме исследования связи между уровнями и глубинами перекатов Днепра и Десны, кроме обработки литературных материалов о режиме перекатов других рек, использованы в работе материалы собственных (в Институте водного хозяйства) натуральных наблюдений 1934—1935 гг. на нескольких перекатах Днепра и Десны, а также данные лабораторных исследований А. И. Лосиевского и теоретические соображения разных авторов о режиме перекатов. При разрешении обеих основных задач данной работы много места уделено вопросам: а) связи между изменением горизонтов (расходов) воды в реке и глубиной перекатов; б) надежности исходных материалов, которыми мы располагаем для выявления и изучения характера этой связи; в) возможности использовать эту связь как для изучения режима перекатов, так и для расчета судоходных глубин.

Основными формами анализа этой связи автор считает следующие три:

I. по величине b — отношения амплитуды глубин к амплитуде уровней за рассматриваемый интервал времени

$$b = \frac{A_p}{A_n};$$

II. по величине d — разности тех же амплитуд

$$d = A_p - A_n;$$

III. путем сопоставления величины глубин при одном и том же уровне (или расходе) воды.

В качестве наиболее удобных в работе рекомендуются последние две формы.

Рассмотрение вопросов связи глубин и уровней диктовалось не только тем, что они служат базой для разрешения непосредственных задач резюмируемой работы, но и тем, что изучение режима перекатов и дноуглубительных на них прорезей неоднократно, как это показывают многочисленные приведенные в работе примеры, практиковалось на основе анализа указанной связи без достаточно критического отношения к исходным материалам, в частности — к промерным сведениям бакенщиков. Учитывая это, автор рассматривает самым подробным образом (с большей полнотой, чем это было необходимо для достижения прямой цели работы) особенности связи между глубиной на перекатах по сведениям бакенщиков и горизонтами воды по данным водпостов, расположенных не на перекатах.

Всестороннее и детальное исследование этого вопроса в I—III главах работы приводит автора прежде всего к выводу о том, что сведения бакенщиков о глубинах перекатов лишь в очень малой степени можно использовать для научной проработки проблемы режима последних. Причина этого не столько в отдельных неточностях, ошибках и т. п. недостатках сведений, подаваемых бакенщиками, сколько в переменности на протяжении навигации ширины обставляемого судового хода, каковая переменность является коренной особенностью обстановочных промеров и, следовательно, не может быть устранена.

Добавочные нарушения точности анализа возникают в результате „связывания“ сведений о ходе глубин переката со сведениями о ходе уровней воды на водпосту, который расположен не на перекате, и наблюдения на котором ведутся независимо от промеров глубин. Эти добавочные неточности обуславливаются: 1) несовпадением во времени промеров глубин бакенщиком и замеров уровней воды водомерным наблюдателем; 2) неточностью подлежащей в таком случае введению поправки на пробег воды между перекатом и водпостом; 3) разницей в ходе уровней воды, т. е. в величине амплитуд их колебания на водпосту и на перекате; 4) нарушением соответствия уровней воды в этих двух пунктах как на протяжении навигации, так и при переходе от одной навигации к другой.

В итоге автор констатирует бесполезность изучения режима отдельных перекатов путем анализа связи между ходом глубин перекатов по сведениям бакенщиков и ходом уровней на водомерных постах гидрометрической сети. В этом случае погрешность в определении колебаний отметки дна переката может быть очень большой: порядка десятков сантиметров и даже больше одного метра.

Проведенный в настоящей работе анализ данных о ходе уровней на временных водпостах, организованных в 1934 и 1935 гг. на 60 перекатах Днепра, позволяет заключить, что величину указанной выше погрешности можно уменьшить (главным образом за счет ее составляющей от особенностей данных об уровнях воды), оперируя осредненными данными по значительному количеству перекатов и водпостов. В таком случае разнообразные, различного знака частные погрешности, связанные с погрешностями исходных материалов, в большой степени взаимно уравниваются. Однако погрешность в определении изменения отметки дна, являющаяся результатом переменности ширины фарватера, обставляемого знаками, остается. В результате даже осредненные для больших групп перекатов выводы будут давать в период спада воды преувеличение размыва перекатов, а в период подъема — преувеличение намыва.

Автор подчеркивает, что на сведение к минимуму и этой погрешности можно рассчитывать лишь в некоторых случаях. Это, прежде всего, случай анализа материалов о ходе глубин за период стояния воды и, в меньшей уже степени, за период перед концом весеннего спада, а также случай сравнения состояния глубин при одном и том же горизонте (или расходе) воды одной и той же фазы гидрографа за разные годы.

В главе IV проведен, с учетом этих замечаний, анализ связи между глубинами на перекатах Днепра и горизонтами, а также расходами воды на водпостах, позволивший оценить влияние регулирования стока на состояние судоходных глубин Днепра и аналогичных равнинных рек с песчаным ложем (Волга, Дон, Десна и т. д.). Выводы этого анализа подкреплены сведениями из многочисленных литературных источников.

Установлено, что одним из основных факторов, определяющих состояние судоходных глубин в период весеннего спада к моменту начала попусков, является высота весеннего пика, и что снижение ее приводит к улучшению общей картины судоходных глубин на перекатах реки. Одновременно отвергнута мысль о возможности расценивать положительный эффект снижения весеннего пика упрощенно, относя его к каждому отдельному перекату. Многочисленные приводимые в работе примеры из наблюдений на Днестре, Волге, Дону, Немане, Десне показывают, что формирование перекатов в рассматриваемых категориях рек идет весьма неравномерно, иногда даже скачкообразно. Это относится к режиму перекатов как в течение

одной навигации, так в особенности в периоды перехода от одной навигации к другой (особенно под влиянием весеннего паводка). В результате ни в одну навигацию не бывает сплошного улучшения или ухудшения всех перекатов реки по сравнению с аналогичным моментом другой навигации, а наблюдается очень пестрая картина улучшения одних, ухудшения других и стабильности третьих. Поэтому о благоприятности или неблагоприятности (в отношении состояния судоходных глубин) той или иной особенности режима речного стока можно судить лишь по ее влиянию на совокупность всех перекатов, а не на каждый из них в отдельности.

Автор считает довольно ограниченным положительное влияние на состояние перекатов при регулировании стока уменьшения количества наносов за счет отложения их в регулиционных водохранилищах. С другой стороны, в работе подчеркивается и аргументируется благоприятность стабилизации меженных горизонтов путем регулирования расхода из водохранилищ для режима перекатов и сохранности дноуглубительных прорезей на них. В отношении повышения меженных горизонтов добавочным водоснабжением реки из водохранилищ указывается на снижение его эффекта из-за уменьшения или даже прекращения саморазмыва перекатов, происходящего при низкой воде. Приводятся указания на возможность, при известной высоте зарегулированных меженных горизонтов, даже смены размыва dna перекатов намывом.

Исходя из вышеуказанного благоприятного значения стабилизации меженных горизонтов воды, автор обращает внимание на желательность: а) более равномерно размещать водохранилища в бассейне реки, сток которой регулируется, б) подробно разработать вопросы эксплуатации водохранилищ, в частности организации диспетчерской службы на базе уточнения теории движения попусков и прогноза горизонтов воды.

К методу расчета судоходных глубин рек с частично регулируемым стоком автор предъявляет три такие требования: 1) дать возможность учитывать влияние повышения меженных горизонтов, 2) учитывать влияние на величину судоходных глубин снижения высоты весеннего паводка, 3) дать возможность рассчитывать глубину каждого отдельного переката. Это последнее требование не надо понимать как признание возможности вообще определять для каждого переката будущую глубину его. Такой прогноз нужно признать невозможным. Речь идет лишь об установлении наиболее вероятной картины глубин на совокупности перекатов целого речного участка, т. е. в отношении количества на ней перекатов с той или иной глубиной. Самые же эти глубины будут в новых условиях, конечно, не на тех конкретных перекатах, для которых они получились по расчету.

Рассмотрение гидравлических методов расчета позволяет

автору вывести заключение о невозможности удовлетворить с их помощью все перечисленные требования. Объясняется это отставанием в теоретической разработке вопросов динамики речного потока с размываемым руслом и недостаточностью эмпирических данных об его режиме. Применение гидравлических методов для расчета судоходных глубин целесообразно лишь для речных участков со стабильным руслом.

Для расчета же глубин рек с размываемым руслом остается единственный путь — путь установления эмпирической связи между судоходными глубинами на перекатах и горизонтами (или расходами) воды на водпостах. Этот путь и использован автором в предложенном им и разработанном для Укргипровода весной 1933 г. методе расчета по аналогии с бытовым весенним спадом.

Суть этого метода заключается в том, что берется в бытовых условиях реки такой момент весеннего спада воды, когда по реке проходит расход, равный проектному, т. е. предполагаемому в условиях регулирования стока. Для этого момента определяются по данным службы обстановки глубины на перекатах, которые и принимаются за искомые (в том смысле, как это указано выше при разъяснении третьего требования к расчетному методу). Год, по глубинам которого ведется расчет, подбирается с режимом весеннего стока, близким к проектному.

В V главе работы подробно излагается порядок расчетов по этому методу, отличающемуся значительной простотой и малой трудоемкостью, разбирается вопрос о его точности и возможностях ее повышения и приводится пример расчетов для Днепра и Десны. Особо исследуется вопрос о соотношении между расходами воды на водпосту, каковыми мы оперируем при этом расчете, и расходами воды на перекате в бытовых условиях и при попусках. Исследования показывают возможность значительной разницы в соотношении этих расходов, в результате чего на перекатах, расположенных вверх по течению от соответствующего водпоста, создастся при попусках более благоприятное положение, чем это дает расчет по аналогии с бытовым весенним спадом. Для перекатов же, расположенных вниз по течению от расчетного водпоста, при попусках будет ухудшенное положение. В работе даются соответствующие расчетные зависимости для учета этих изменений.

Подводя в „Заключении“ итоги своей проработки, автор особо выделяет вопросы дальнейшего исследования режима перекатов, недостаточная изученность которых не только вносит неточность, иногда значительную, в отдельные наши предположения, но и мешает нам найти наиболее целесообразные пути активного вмешательства в „жизнь“ перекатов с целью их преодоления как препятствия для судоходства.

THE NAVIGABLE DEPTHS OF RIVERS WITH CONTROLLED FLOW

A. K. Kortchagin

SUMMARY

The purpose of the present work was to solve two main problems: (1) to discover, how the régime of partially controlled flow affects the size of depths of our level-land rivers with sandy beds; (2) to find a method for the computation of these depths, which would be accurate and simple enough for the use of designers.

In solving these tasks the present writer relied chiefly on the data on the Dnieper and Desna Rivers, the working-out of which he had to deal with from 1933 on, under the auspices of the Ukrainian State Institute for Developing Water Constructions (Ukrqiprovod) and later, on behalf of Ukrhydroelectroproject. Along with this, he used in this study the materials on the Volga, the Don and other rivers. The whole—especially when taking into consideration the rather complete agreement of the initial data,—justifies one in saying that the conclusions of the writer and, in particular, the method, suggested by him for the computation of depths on sand bars are,—under the conditions of controlled flow—of more general significance. They are not limited to the Dnieper River basin, but embrace in general such of our level-land rivers with mobile beds as the Volga, the Dnieper, the Don and so on.

On account of the complexity of the régime of the sand bars and in view of the fact that this question has been studied altogether insufficiently, the writer investigated the connection between the levels and depths of the Dnieper and the Desna sand bars, and revised the literary data on the sand bar régime in other rivers. In addition to this, he has made use of his own field observations, gathered at the Institute for Water Economy at some sand bars of the Dnieper and Desna in 1934/35, as well as of the evidence of laboratory investigations by A. I. Losievsky and of the theoretical considerations of various authors on the régime of sand bars. In solving the two fundamental tasks of the given work, much space has been devoted to the problems: (a) on the relation between the changes in the levels (discharges) of the water in the rivers and the depth of sand bars, (b) on the reliability of the

initial materials which are at our disposal for studying and demonstrating the character of this relation; and (c) on the possibility of using this relation both for studying the sand bar régime and for the computation of depths.

The present writer believes that the following three forms are the main forms for an analysis of the aforesaid relation.

I. By the magnitude b of the ratio of the amplitude of depths to that of the levels for the interval of time under investigation

$$b = \frac{A_p}{A_n}$$

II. By the magnitude d , i. e., the difference of the same amplitudes

$$d = A_p - A_n$$

III. By the juxtaposition of the depth magnitudes at one and the same level (or discharge) of water.

The latter two forms are recommended as the most convenient for operation.

An examination of the questions on the connection of depths and levels was, first of all, dictated by the fact, that they serve as a basis for the immediate solving of the tasks of the work outlined above. Then, this was also suggested by the fact that—as it was shown by numerous instances in this work—a study of the régime of sand bars and of cuts in the latter by dredging was practised on the basis of an analysis of the above relation without sufficient criticism of the initial materials, in particular on the measurement data of the beacon attendants. With due regard to this, the present writer considered most in detail (with greater thoroughness than was necessary for achieving the direct object of this study) the peculiarities of the connection between the depths on the sand bars—according to the data of the beacon attendants—and the water levels of the water-measuring posts, which were not situated at the sand bars.

A close and detailed investigation of this question, is made in chapters I—III of the present work and, first of all, led the writer to the conclusion that the data, given by the beacon attendants as to the depths of sand bars can, to a very limited extent only, be made use of for the scientific development of the sand bar régime problem. The reason for this lies not so much in particular inaccuracies, errors and in such drawbacks of the data given by the beacon attendants as in the variability of the widths of the marked fairway during the course of navigation, which variability is the cardinal feature of the measurements, obtained by markings and cannot therefore be eliminated.

Additional inaccuracies in the analysis are due to connecting the data of the course of depths of the sand bars with those of

the course of the water levels at the water-measuring post, which is not located at the sand bar, and the observations on which are made irrespectively of the measurements of depths. These supplementary inaccuracies are conditioned: (1) by the fact that the measurements made by the beacon attendants do not synchronize with those made by the water-measuring observers; (2) by inaccuracies of the corrections, to be made in this case for the run of water between the sand bar and the water-measuring post; (3) by the differences in the course of the water levels, i. e. the magnitude of the amplitudes of their oscillations at the water-measuring post and at the sand bar; (4) by lack of agreement in the water levels in these two places both in the course of navigation and in the transition from one navigation to another.

In summarizing, the present writer stated the uselessness of studying the régime of individual sand bars by means of an analysis of the connection between the course of the depths of sand bars according to the data of beacon attendants and the course of levels at the water-measuring posts of the hydrometrical network. In this case the error in the determination of variations in the level of the bottom of the sand bar may be very high, viz. of the order of tens of cm. and even above one meter.

An analysis of the data referring to the course of levels at temporary water-measuring posts, which had been organized at 60 sand bars of the Dnieper in 1934 and 1935, showed that the magnitude of the aforesaid error can be decreased (chiefly at the expense of its component X_H which depends upon the peculiarities of the data bearing on the water levels), in operating with averaged data on a considerable number of sand bars and water-measuring posts. In this case diverse particular errors of various signs, connected with the errors of the primary data, are, to a great extent, mutually counterbalanced. There remains, however, the error in the determination of the change in the level of the bottom, which is the result of the changeability of the width of fairway, pointed out by markings. As a result the conclusions, even averaged for great sets of sand bars, will give an exaggeration of the scour in the period of water-level fall and an exaggeration of the fill in the period of water-level rise.

The writer lays special emphasis on the fact that reducing this error to a minimum may be expected only in some cases. These are: first of all the instance of an analysis of materials bearing on the course of depths for the period of standing water and then to a lesser extent—for the period before the end of vernal drop—as well as the instance of comparing the conditions of depths at one and the same level (or discharge) of water of one and the same phase of the hydrograph for different years.

In chapter IV the author presents—with due regard to these remarks—an analysis of the correlation of the depths on the sand bars, of the Dnieper with the water levels, as well as with

the water discharges at water-measuring posts, which fact has rendered possible a rating of the influence of regulated run-off upon the condition of navigable depths of the Dnieper and of analogous level-land rivers with sandy beds (the Volga, Don, Desna, etc.). The conclusions of this analysis were corroborated by numerous literary sources.

It has been established that one of the fundamental factors which determine the condition of depths in the period of vernal drop, by the moment of the beginning of pond draw-downs was the height of vernal peak and that a reduction of it led to an improvement of the general picture of the depths on the river-sand bars. At the same time, the author refutes the idea of rating the positive effect of the reduction of the vernal peak, in a simplified manner, in referring it to every individual sand bar. The numerous instances, included in this paper, from observations on the Dnieper, Volga, Don, Niemen and Desna show that the formation of sand bars in these categories of rivers proceeds very unequally, sometimes even by leaps and bounds. This refers to the régime of sandbars both in the course of one navigation and especially during the periods of transition from one navigation to another (particularly under the influence of vernal flood). As a consequence of this, there is no navigation period with improvement or deterioration of all the river sand bars throughout, as compared with a corresponding moment of another navigation period, but a very diverse picture of improvement of some, of deterioration of some others and of stability of the rest. One can, therefore, pass judgement on the advantage or the disadvantage of a given feature of the régime of river flow (in respect to the condition of the navigable depths) only from the sum total of all the sand bars and not from every one of them separately.

The writer believes the positive influence of a reduced amount of sediments because of their depositing in controlling water reservoirs, on the condition of sand bars to be rather limited. On the other hand, he urges the desirability of the stabilization of summer water levels by controlling the discharge of water from the reservoirs, for the régime of the sand bars and the preservation of the dredged cuts in the latter. In respect to raising the low-water levels by supplementary water supply to the river from the reservoirs a reduction of its effect is indicated which is due to the decrease or even to the cessation of the self-washout of sand bars, occurring in low water. Indications are given as to the possibility of substituting alluvium for the scour of the bottom of sandbanks—in the case of a certain height of the controlled low-water levels.

Because of the aforesaid favourable significance of the stabilization of low-water levels the writer directs attention to the desirability (a) of distributing the reservoirs more proportionally in the river-basin, whose run-off is being controlled; (b) of circumstantial development of the questions of operating water reservoirs, in

particular those of an organization of the dispatcher service on the basis of making more precise the theory of the movement of pond draw-downs and of the prognosis of water elevations.

The method of computation of depths of the rivers with partially controlled discharge has, in the writer's opinion, to meet the following three requirements: (1) to give the possibility of making due allowance for the heightening of low-water levels; (2) of taking into account the influence of the drop of the vernal flood upon the magnitude of depths; (3) to render it possible to compute the depth of every individual sand bar. The last requirement must not be taken as a recognition of the fact that it should be in general possible to determine for every sand bar its future depth. Such a prognosis is to be considered as impossible. One may speak only of the establishment of a most probable picture of the depths at a given set of sand bars in a whole river district, i. e. in relation to the amount of sand bars in the latter with any given depth. Of course, these very depths will be under novel conditions not in those real sand bars, for which they were obtained by the calculations.

A consideration of the hydraulic methods of computation rendered it possible to draw the conclusion that it had been impossible to meet by the aid of them all the above mentioned requirements. This is accounted for by the retardation of the dynamics of the river stream, with a bed being eroded, the empirical data about its régime being insufficient for this purpose. The application of hydraulic methods for a computation of the depths is expedient merely for river districts with stable beds.

For the computation of river depths with mobile bed, only one method remains, namely that of establishing an empirical relation between the depths in the sand bars and the levels (or discharges) of water at the water-measuring posts. This way was used by the writer in his method, analogous to the natural vernal drop-down, which had been worked out by the writer for Ukgiprovod in the spring of 1933 and made more precise in 1934.

The essence of this method resolves itself into the following. There is taken such a moment of the vernal water level drop, under natural conditions of the river, when along the river occurs a discharge equal to the designed one, i. e. to the assumed discharge under the conditions of controlled flow. For this moment are determined by the data of the service of marking the fairway the depths on the sand bars, which are taken as unknown quantities (along the lines, as indicated above in the elucidation of the third requirement according to the computation method). The year, along the depths of which a computation is made, is chosen with a régime of vernal flow, close to the designed one.

In chapter V of the paper there is a detailed description of the computation on this method, which is of considerable simplicity. Here, the questions of its precision and the possibility of increasing

the same is considered. An example of the calculations for the Dnieper and Desna is included. There is a special investigation on the question as to the ratio of the water discharge at the water-measuring posts, — which are manipulated in these computations, — to the water outflow on the sand bars under natural conditions and in the case of regulated flow. The investigations have shown the possibility of the occurrence of an appreciable difference in the ratio of these discharges. Hence in the case of regulated flow at sand bars located above the water-measuring post, a more propitious condition is created than that yielded by computation, analogous to the vernal drop. For sand bars situated below the water-measuring post, used for the computation, there will be, however, a deteriorated condition in the case of regulated flow. In this paper pertinent computational formulae are given for the calculation of these changes.

In the concluding portion of this paper the present writer, in summarizing his treatment of the subject, singles out questions of further investigation into the régime of sand bars. The inadequate study of the latter not only makes our assumptions inaccurate, sometimes to a considerable extent, but also prevents us from finding the most expedient ways for an active interference with the sand bars, with the object of overcoming them, as a hindrance to navigation.

p
b
d

c
ir
al
ac
m
d
b
p
a
o
at
th
C
th
la

de
to
T
ri
ré
hy
m

m
be
of
w
w
sp

T
na
di
ur
de
de
(a
th
al
a

is ol

З М І С Т

	Стор.
Вступ	3
§ 1. Регулювання стоку як засіб збільшення судноплавних глибин на ріках	3
§ 2. Завдання даної роботи і шляхи їх розв'язання	8
Розділ I. Оцінка відомостей служби обстанови про глибини перекатів	
§ 3. Джерела відомостей про режим перекатів і деякі методи їх виконання в даній роботі	11
§ 4. Характеристика зведень служби обстанови про глибини перекатів	19
§ 5. Характеристика промірів глибин бакенниками	23
§ 6. Вплив особливостей промірних відомостей бакенників на характер горизонтів (або витрат) і глибин	26
§ 7. Можливе використання зведень обставлюваних глибин	33
Розділ II. Утрудненість аналізу режиму перекатів при відсутності на них водпостів	
§ 8. Особливості користування відомостями звичайних водпостів про горизонти води	39
§ 9. Ускладнення, зв'язані з величиною добової амплітуди горизонтів води	43
§ 10. Хід рівнів на водпосту й на перекаті	55
§ 11. Порушення однозначності зв'язку відповідних рівнів	77
§ 12. Способи „прив'язування“ перекатів до водпоста	93
§ 13. Водпости Дніпра й Десни	100
Розділ III. Основні сумарні зауваження щодо зв'язку між горизонтами води і глибинами на перекатах	
§ 14. Питома вага окремих помилок	106
§ 15. Літературні дані	112
§ 16. Можливе використання зв'язку між глибинами, за відомостями бакенників, і горизонтами води на звичайних водпостах	118
§ 17. Горизонт води, як фактор визначення глибини перекату	120
Розділ IV. Регулювання стоку і режим перекатів	
§ 18. Основні зміни в режимі ріки при регулюванні стоку	127
§ 19. Деякі основні особливості режиму перекатів рівнинних рік з піщаним режимом	131
§ 20. Судноплавні глибини на перекатах у період весняної повіді	141
§ 21. Режим глибин під час стояння рівнів	156
§ 22. Деякі питання меженого і зимового режиму перекатів	163
§ 23. Головні висновки	167
Розділ V. Розрахунок судноплавних глибин на перекатах в умовах часткового регулювання стоку	
§ 24. Постановка питання	171
§ 25. Гідравлічні методи розрахунку	173

- § 26. Метод, запропонований автором
§ 27. Розрахункова витрата води
§ 28. Техніка розрахунку за нашим методом
§ 29. Додаткові зауваження
§ 30. Схема розрахунку для Дніпра і Десни (приклад)

Заключення

- § 31. Головні висновки для проектування та дослідження

Додатки

Література

Резюме

Summary



250

