

551.48  
К-70

КАДЕМІЯ НАУК УРСР  
ПРАЦІ ІНСТИТУТУ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ВИП. 15

551.48  
К-70

А. К. КОРЧАГІН

СУДНОПЛАВНІ ГЛИБИНИ РІК  
ПРИ  
РЕГУЛЮВАННІ СТОКУ



ИДАВНИЦТВО АКАДЕМІЇ НАУК УРСР  
КИЇВ -- 1938

8130

## Помічені помилки

Стор.	Рядок	Надруковано	Треба
189	2 зверху	$Q_n = f_m Q_b$	$Q_n = f_m Q_b$
.	5 "	$k = \frac{Q_n}{Q_b} = f_m$	$k = \frac{Q_n}{Q_b} = f_m$

А. К. КОРЧАГІН

551.48  
K-70

СУДНОПЛАВНІ ГЛИБИНИ РІК  
ПРИ РЕГУЛЮВАННІ СТОКУ



✓  
с/а  
✓  
✓  
проверено  
1966 г.

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

Н. 123  
К - 40

Відповідальний редактор *М. М. Уласович*

2130

УДК 62-72  
1951

Літредактор *Л. Й. Соколовський*

Коректор *А. Л. Юнаков*

Техкерівник *С. Ф. Ліпов*

## ВСТУП

### § 1. Регулювання стоку, як засіб збільшення судноплавних глибин на ріках

Ми знаємо чотири основні засоби збільшення судноплавних глибин: механічне днопоглиблення, виправлення, шлюзування, регулювання стоку. Їх застосовували з давніх часів і самостійно, кожний зокрема, і, найчастіше, в різних їх комбінаціях один з одним. Лише один з цих засобів — регулювання за допомогою водосховищ стоку транспортних рік — залишався протягом багатьох років напівзабутим.

Він був відомий з давніх давен. Принаймні, у Франції ще в XIII ст. можна було знайти приклади штучного постачання в ріки води, накопиченої у водосховищах. Вже в 1624 р. на цій базі існувало організоване судноплавство на р. Рони. В Німеччині цим засобом користувалися з 1390 р.<sup>1)</sup>

Але, не зважаючи на таку історичну зрілість цього засобу збільшення судноплавних глибин, він далеко не набув такого поширення, як інші три. В Росії, наприклад, він був застосований лише в двох випадках: в першій половині XVIII ст. — для рік Мсти та Тверци і через сто років — в середині XIX ст. — для Верхньої Волги. Корисний об'єм водосховищ в першому випадку складав біля 180 млн. м<sup>3</sup>, в другому — 370 млн. м<sup>3</sup><sup>2)</sup>. Дуже небагато прикладів водосховищ, збудованих з такою метою, давала нам досі й закордонна практика. За період до імперіалістичної війни у найбільш широкому масштабі регулювання стоку для поліпшення умов судноплавства було застосоване в Сполучених Штатах Америки на верхній Міссісіпі, де використання великих озер дозволило влаштувати кілька во доймащ, сумарним корисним об'ємом біля 2 млрд. м<sup>3</sup>.

Безпосередньою перешкодою для більш широкого регулювання стоку в інтересах судноплавства була потреба в дуже великих водосховищах, особливо для значних своєю водоснабженістю рік. Перешкода ця була надто важкою не лише чере-

1) Труды II съезда русских деятелей по водяным путям в 1895 г., ч. I, с. 208

2) Докладніше про роботу цих водосховищ див. И. В. Бушмакин, Исследования для устройства дополнительного водоснажения р. Волги, ч. I, СПб, 1902, чч. II и III, СПб, 1904, а також Труды II съезда русских деятелей по водяным путям в 1895 г., ч. I, сс. 186—290.

технічні труднощі, але й через соціально-економічні. Треба було подолати суперечності між інтересами різних груп буржуазії, а особливо буржуазії й землевласників. Ці суперечності, всю гальмуючу силу яких ми можемо побачити, вивчаючи, наприклад, передісторію Дніпрельстану, довгий час настільки тяжили навіть над технічною думкою (не кажучи вже про практику), що основа технічного прогресу у справі регулювання стоку транспортних рік — перехід до великих масштабів цих заходів — вважався, просто, не реальним. Так, відомий німецький гідротехнік Зонне (середина минулого віку) за словами В. Е. Тимонова (Труды II съезда русских деятелей по водяным путям в 1895 г., ч. I, с. 208) розцінював цей засіб як такий, що відживає свій вік і повинен швидко зникнути, залишившись лише ланкою в історичному розвитку транспортної гідротехніки. Б. М. Кандіба навіть зовсім недавно приходив до висновку, що „спосіб додаткового живлення рік можна застосовувати лише для порівнюючи малих рік, або ж тільки для верхів'їв більш значних рік“<sup>1)</sup>. Не бачив перспектив і К. А. Акулов: „легкозастосовність і корисні результати цього способу далеко не виправдали надій, що на нього покладалися“<sup>2)</sup>.

Така оцінка (краще сказати — недооцінка) регулювання стоку, як засобу збільшення судноплавних глибин, відбилася і на тій увазі, яку приділялося цьому засобові в транспортній літературі. Він висвітлювався більш-менш докладно, але в специфічній постановці, лише щодо меліорації лісосплавних річок. Розробки ж таких питань для великих судноплавних рік не велось і навіть в новішому (вид. 1935 р.) курсі внутрішніх водних шляхів Г. А. Козлова (ч. III) збільшенню судноплавних глибин за допомогою регулювання стоку відведено всього дві сторінки (232—234).

Тим часом за останні роки цей засіб з новою силою притягає до себе увагу. Відзначимо низку запроєктованих або вже початих будівництвом водосховищ такого призначення в Сполучених Штатах Америки і зокрема водосховище Форт Пекк на р. Міссурі ємністю біля 22 км<sup>3</sup> води і площею дзеркала 980 км<sup>2</sup><sup>3)</sup>. Аналогічні, але в значно меншому масштабі, роботи проведено й в Німеччині.

Таке відродження цього старовинного засобу поліпшення умов судноплавства пояснюється перш за все тим, що його застосування дозволяє розв'язувати не лише вузькотранспортні завдання, але й питання гідроенергетики, боротьби з поводями, іригації, риборозведення і т. д. Якщо регулювання стоку великих судноплавних рік в наслідок такої багатобічної ефективності починає в окремих випадках пробивати собі шлях через

<sup>1)</sup> Б. Н. Кандіба, Регулирование рек, Л., 1927, с. 298.

<sup>2)</sup> К. А. Акулов и Г. А. Козлов, Курс внутренних водных сообщений, т. II, с. 329.

<sup>3)</sup> Fort Reck Dam, ENR., 1934 29.XI, Vol. 113, № 22, pp. 694—5.

глибокі соціальні перешкоди капіталістичної системи, то ще більші його перспективи в умовах соціалістичного будівництва. У нас в СРСР знищено всі соціально-економічні і правові перешкоди до могутнього, за єдиним планом, розвитку всіх виробничих сил і одним із керівних принципів планового ведення водного господарства стала вимога комплексного використання водних ресурсів. Питання регулювання стоку займають зараз центральне місце в роботі наших водного господарських організацій.

В процесі інтенсивної розробки перебуває низка проектів регулювання стоку. Серед них є не тільки такі, що мають на меті приведення у судноплавний стан чималої кількості малих рік Союзу РСР, але й такі, що спрямовані на реконструкцію найпотужніших водних шляхів, як Волга, Дніпро, Дон, Кубань і т. д. Не маючи можливості в рамках даної роботи докладно висвітлювати зміст цих проектів, наведемо лише декілька цифр для характеристики того масштабу, в якому накреслюється провести регулювання стоку.

Схема реконструкції Волги, розроблена Гідроелектропроект-ом, передбачає на першому етапі забезпечити в межінь додаткову подачу води із серій водосховищ до 18 км<sup>3</sup>, а на другому етапі до 50 км<sup>3</sup><sup>1</sup>). Реконструкція Дона і з'єднання його з Волгою базується на грандіозному водосховищі біля Калача загальною ємністю 36 км<sup>3</sup>, площею водного дзеркала понад 2500 км<sup>2</sup> і корисною віддачею понад 18 км<sup>3</sup> води<sup>2</sup>).

Якщо в паралель цим цифрам пригадати найвище досягнення старих часів — сумарний корисний об'єм водосховищ на Міссісіпі в 2,4 км<sup>3</sup> води, — то ми наочно побачимо ту велику дистанцію, яка відділяє період, коли цьому засобові збільшення судноплавних глибин пророкували забуття, від наших часів його відродження.

Ми привертаємо увагу до цих числових показників тому, що саме перехід до регулювання стоку в таких масштабах зробив цей засіб збільшення судноплавних глибин достатньо ефективним і для великих рік.

Не слід, проте, надто поширено розуміти таку позитивну оцінку регулювання стоку. Мова зовсім не йде про витиснення останнім інших засобів збільшення судноплавних глибин. В цьому відношенні регулювання стоку може мати самостійне значення лише як виняток, в окремих випадках малих рік з великим вантажообігом, тобто з невеликими вимогами до водного шляху. Як правило ж, найкращі наслідки на судноплавних ріках можна одержати, комбінуючи регулювання стоку або з днопоглибними, або з виправними роботами, або з тими і другими разом, або, нарешті, з шлюзуванням. Якщо говорити

<sup>1</sup>) Ризенкампф Г. К., Техническая схема реконструкции Волги. Сб. „Проблемы Волго-Каспия“, т. I, Акад. Наук СССР, Л. 1934, сс. 47—52.

<sup>2</sup>) Схема реконструкции Волги, Гидроэлектротпроект, М. 1934, с. 56.



про ріку, що залишається у вільному стані, тобто не шлюзується, — а саме цей випадок ми розглядаємо в нашій роботі, — то комбінувати регулювання стоку з іншими роботами треба перш за все для боротьби з перекатами, які лімітують транзитну, наскрізну глибину всього водного шляху.

Треба підкреслити, що спільне застосування цих кількох заходів дасть ефект значно більший, ніж сума ефектів кожного заходу, взятого окремо, поскільки змінений режим стоку створює, порівнюючи з природним, більш сприятливі умови для роботи і виправних споруд, і днопоглибних прорізів<sup>1)</sup>. Комбіноване застосування різних засобів реконструкції водного шляху дозволяє також, звичайно, одержати потрібні глибини з меншими капіталовкладеннями. Для ілюстрації цього положення цікаво навести висновок, до якого прийшов Гідроелектропроект, розробляючи варіанти реконструкції Волги для досягнення глибини 5 м:

„Жоден із методів реконструкції Волзького шляху (землечерпання, шлюзування, регулювання стоку), взятий у чистому вигляді, не зможе дати економічно прийнятне повне розв'язання поставленого завдання.

Спроба розв'язати задачу досягнення п'ятиметрових глибин самим землечерпанням приводить до практично нерозв'язного завдання, через необхідність зосереджувати величезну кількість землечерпальних снарядів на обмеженому фронті робіт. Для ілюстрації можна вказати, що для досягнення глибини в 5 м щорічно доведеться вичерпувати не менше 130 млн. м<sup>3</sup> з караваном близько 350 машин. Цифри є покищо дуже орієнтовними.

Спроба розв'язати це ж завдання шляхом перетворення Волги в ряд підпертих греблями б'єфів приводить до необхідності утворити на ній сім високонапірних гребель (Ярославль, Балахна, Кріуші, Самара, Камишин, Сталінград, Чорний Яр) загальною вартістю порядку 10—11 млрд. крб., з яких не менше 2,2 млрд. крб. коштуватимуть самі шлюзи.

І, нарешті, досягнення глибин, що наближаються до п'ятиметрових, шляхом лише регулювання стоку потребує утворення водосховищ ємністю порядку 97 млрд. м<sup>3</sup>, вартістю порядку 10 млрд. крб. Цифри покищо лише орієнтовні. Тому задовільного розв'язання треба шукати у вдалому комбінуванні всіх трьох способів<sup>2)</sup>.

Отже, регулювання стоку не треба розглядати як „конкурента“ іншим засобам реконструкції наших водних магістралей, але як їх союзника. Союзник цей, крім уже наведених вище, має ще одну — і на цьому ми закінчуємо нашу коротку його характеристику — важливу рису. Заходи по регулюванню стоку стають

<sup>1)</sup> Див. про це: Транзитне днопоглиблення на Дніпрі й Десні\* під ред. А. К. Корчагіна, Акад. Наук УРСР, Київ, 1937.

<sup>2)</sup> Г. К. Ризенкампф, Техническая схема реконструкции Волги. Сб. „Проблемы Волго-Каспия“, т. I, Акад. Наук СССР, 1934, сс. 47—48.

органічною частиною загальної схеми максимальної реконструкції, а не залишаються тимчасовими заходами, не корисними для майбутнього вивершення цієї схеми, подібно до виправлення русла та днопоглиблення.

Цей момент треба особливо підкреслити, бо він дозволяє виконувати грандіозні за своїм розмахом схеми радикальної реконструкції наших основних водних артерій, відомі під назвою „Великої Волги“, „Великого Дніпра“<sup>1)</sup>, поступово, будуючи одне водосховище за другим в порядку їх актуальності і ефективності, досягаючи поступового поліпшення умов судноплавства.

Необхідно одночасно підкреслити і ті ускладнення, з якими зв'язано утворення водосховищ великої ємності, потрібної для істотного поліпшення умов судноплавства великих рік. Поперше, потрібні великі капіталовкладення і досить тривалий термін для збудування, а іноді (при багаторічному регулюванні стоку) і для заповнення водою водосховищ. Подруге, будівництво високонапірних гребель у звичайних наших геологічних умовах є дуже складним завданням. Потретьє, утворення потужних водосховищ зв'язане з затопленням великих площ і з підтопленням, зокрема — заболочуванням, прибережних територій<sup>2)</sup>. Ці народногосподарські втрати при великих водосховищах звичайно настільки істотні, що транспортні вигоди не можуть їх перекрити. Тому ефективність регулювання стоку в значних масштабах визначається, як правило, перш за все розв'язанням енергетичних задач.

У тих випадках, коли енергетичний ефект достатньо високий (одержання чималої кількості дешевої енергії поблизу районів значної енергоемності), буває доцільним йти і на чималі затоплення. Наприклад, намічене для найближчих 9 років будівництво Куйбишевського гідровузла зв'язане з затопленням півмільйона гектарів землі і переселенням 150 тис. населення, при чому загальні втрати від затоплення обчислено більше, ніж у півмільярда карбованців.

З другого боку, там, де енергетичний ефект утворених водосховищ невеликий, будування їх буває недоцільним навіть при менших затопленнях. Так, саме мала енергетична цінність була одною з основних причин, з яких експертиза Держплану СРСР наприкінці 1936 р. відхилила так званий „попусковий варіант“ реконструкції Дніпра, розроблений Укргідроелектропроектком.

<sup>1)</sup> В широких колах нефахівців часто розуміють під цими популярними назвами всілякі взагалі заходи по реконструкції цих рік. Між тим терміни „Велика Волга“, „Великий Дніпро“ дано лише певним схемам реконструкції, а саме тим, які передбачали наскрізне шлюзування з перетворенням ріки в ланцюг великих, озероподібних б'єсів (порівн. „Схема реконструкції Волги“, Гидроэлектропроект, М. 1934, сс. 5, 18—20). В такому точному розумінні вживаємо ці терміни й ми.

<sup>2)</sup> Може, правда, мати місце і зворотнє явище — знищення заболоченості в наслідок покриття боліт шаром води достатньої товщини. Так, наприклад, передбачається ліквідація заболоченої заплави біля Казані після підвищення тут горизонту води Волги на 2 м підпором Куйбишевської греблі.

Цей варіант, що передбачав як першу ланку реконструкції Дніпра спорудження водосховищ у верхів'ях Дніпра та його приток, давав при порівнюванні малоємних водосховищах, до того ж не завжди правильно розташованих, дуже незначну виробку електроенергії на гідростанціях біля самих водосховищ. До того ж він не забезпечував потрібного підвищення енерговіддачі Запорізької ГЕС ім. Леніна, був малоефективний і в транспортному відношенні.

Між тим в інших умовах, наприклад, для Камі, Оки (мабуть — Десни), спорудження водосховищ у верхів'ях рік в районах великої енергоемності виявляється дуже вдалим, при чому в транспортному відношенні такі водосховища мають певні плюси: а) залишають основну частину ріки вільною від такої перешкоди для транзитного руху суден, якою все ж таки є кожний шлюз, а в той же час збільшують судноплавні глибини додатковим водопостачанням у межинь та загальним поліпшенням режиму ріки; б) здійснюють радикальну реконструкцію найважчих для судноплавства верхових дільниць ріки; в) полегшують переходи через водорозділи до суміжних річкових басейнів.

## § 2. Завдання даної роботи і шляхи їх розв'язання

Під час складання проектів регулювання стоку таких великих рік, як Волга, Дніпро, Дон, виникло чимало нових, досі в літературі зовсім невисвітлених питань. Для реконструкції цих рік, як в о д н и х ш л я х і в, найважливішим є питання про судноплавні глибини вільної (тобто нешлюзованої) ріки при новому режимі стоку. Цьому питанню й присвячена наша робота.

Судноплавною ми називаємо глибину, яка на даний момент забезпечена в межах всієї заданої ширини суднового ходу. Лімітують судноплавну глибину перекати — ці найбільш мілководні місця фарватеру. Отже наше завдання сходить кінець-кінцем до розрахунку судноплавних глибин на перекатах.

Основна тема нашої роботи розбивається, таким чином, на дві частини: I — встановити, як може вплинути регулювання стоку на судноплавні глибини перекатів; II — подати, виходячи з цього, метод розрахунку цих глибин.

В дослідженні та розв'язанні всього завдання ми базуємося в основному на матеріалах Дніпра (від Орші до Лоцманської Кам'янки) та Десни (від Брянська до гирла), опрацюванням яких нам довелося займатися з 1933 р. за дорученням зпочатку Українського Державного Інституту водного проектування (Укрдіпрвод), а потім Української флії Гідроелектропроекту (Укргідроелектропроект). Але разом з тим нами широко використані дані Волги, Дона та ін. рік, що дозволяє — в умовах цілковитої погодженості між собою всіх згаданих вихідних даних — вважати, що висновки нашого аналізу, і зокрема запропонований нами метод розрахунку судноплавних глибин, мають більш загальне

значення, виходять за межі Дніпровського басейну і стосуються взагалі таких наших рівнинних рік з руслом із легкорухомих ґрунтів, як Волга, Дніпро, Дон, Десна, Сож і т. д. В основному ми маємо на меті випадок рік уже освоєних, тобто таких, де існують регулярні проміри глибин на перекатах.

Виконання поставленого завдання утруднювалося такими обставинами:

а) досвіду регулювання стоку великих рік майже немає, тому доводиться про режим перекатів в нових умовах судити, виходячи з їх сучасного, природного режиму з поправкою на основні особливості зарегульованого стоку;

б) режим перекатів вивчено досі зовсім недостатньо взагалі, а особливо для періодів зими й весни; теорія перекатів перебуває ще в зародковому стані;

в) кожний перекат має своє обличчя, своєрідність якого визначається складною комбінацією місцевих топографічних, гідрологічних, геологічних та ін. факторів, до того ж змінних (часто штучно, через втручання гідротехніки) у часі; в класифікації перекатів ми робимо лише перші кроки: не тільки нема розбивки перекатів наших рік по типових групах, але ще не вироблено загальноприйнятої класифікаційної схеми;

г) із попереднього впливає необхідність при сучасному стані базувати аналіз на розгляді всіх, або, принаймні, більшості перекатів. Це дає величезну кількість об'єктів. Так, сама Волга (без приток) має 313 перекатів на 3000 км шляху. Дніпро від Орші до Дніпропетровська з такими притоками, як Десна, і Сож, на двох з половиною тисячах кілометрів шляху має біля 1000 перекатів;

д) основний масовий матеріал про глибини на перекатах, яким є відомості служб обстанова Держпароплавств, має (докладно про це сказано далі) великі хиби.

В умовах Дніпра до цього приєднуються такі додаткові труднощі:

а) всі матеріали технічної звітності Дніпровського басейну перебувають у дуже кепському стані, а технічні архіви до 1925 р. (по днопоглибним роботам навіть до 1929 р.) зовсім знищені; при значному погіршенні роботи служби шляху з 1930 р. (час злиття Управління водшляхів з Держпароплавством), — що лише тепер ліквідується, — ці прогалини дуже звужують і знецінюють документальну базу дослідження;

б) суцільні знімання Дніпра й Десни ще не закінчено обробкою, від попереднього ж знімання нас відділяє 40-річний період, протягом якого ріка в багатьох місцях зовсім змінилася;

в) на відміну від інших рік (Волги й, особливо, Дона) спостережень режиму перекатів на Дніпрі провадилося дуже мало й до того ж за програмами, зовсім недостатніми для з'ясування питань, що нас цікавлять.

Ураховуючи такі складні умови, ми підійшли до розв'язання поставленого завдання з різних боків, використавши для цього такі шляхи:

I. Переведення власних (в Інституті водного господарства) натурних спостережень режиму кількох перекатів Дніпра й перекату „Баня“ Десни біля Новгород-Сіверського.

II. Виявлення й аналіз залежностей поміж рівнями води та глибинами на перекатах Дніпра<sup>1)</sup> (від Орші до Лоцманської Кам'янки) та Десни (від Брянська до гирла).

III. Проробку літературних матеріалів про режим перекатів інших рік.

IV. Теоретичні міркування щодо режиму перекатів та щодо зміни цього режиму в наслідок регулювання стоку.

В основу цієї роботи покладено планову тему, яку автор у 1934—1935 рр. розробляв в Інституті водного господарства. Але розширення і узагальнення попередніх розробок, а також цілком нове літературне оформлення автор виконав у 1936—1937 рр. поза планом, порядком громадського зобов'язання, як учасник організованого науковим інж.-технічним товариством водного транспорту всесоюзного змагання ім. XX річниці Жовтневої революції на кращу наукову роботу.

<sup>1)</sup> При цьому ми додержувалися такого поділу Дніпра на основні ділянки: Верхній Дніпро — вище Києва (точніше вище гирла Десни); Середній Дніпро — від Києва до Лоцманської Кам'янки (гирло Самари), або — після збудування Дніпрогесу — до Дніпродзержинська; порожиста частина, а після збудування Дніпрогесу: озеро Леніна — від Лоцманської Кам'янки (або точніше — від Дніпродзержинська) до Запоріжжя; Нижній Дніпро — від Запоріжжя до гирла.

## РОЗДІЛ I

### ОЦІНКА ВІДОМОСТЕЙ СЛУЖБИ ОБСТАНОВИ ПРО ГЛИБИНИ ПЕРЕКАТІВ

#### § 3. Джерела відомостей про режим перекатів і деякі методи їх використання в даній роботі

*Джерела даних про режим перекатів.* Можна назвати такі 5 основних першоджерел фактичного натурального (тобто такого, що його не можуть замінити ні лабораторні, ні теоретичні дослідження, які, навпаки, самі на ньому базуються) матеріалу про режим перекатів:

1) Спеціальні натурні спостереження, які дають найбільш докладні дані, але, на жаль, дуже рідко провадяться.

2) Суцільні (наскрізні або по окремих дільницях) знімання рік, які, проте, провадяться дуже рідко — приблизно через 20 років — і тому можуть служити лише для самих загальних висновків.

3) Знімання планів перекатів, що їх провадять вишукові партії для цілей днооглиблення; але ці знімання проводяться за спрощеною програмою, як правило, без нівелювання рівня води, звичайно, лише 1—2 рази за навігацію й то далеко не на кожному перекаті.

4) Зведення служби шляху (група обстанова) Управління річкового пароплавства про щоденні глибини перекатів.

5) Досвід безпосередніх практичних робітників-водників, який, проте, в частині, що стосується низових робітників, досі не піддавався систематичному вивченню й опрацюванню й лише дуже незначно відбився у працях окремих працівників по водних шляхах.

Безперечно, дуже корисні й літературні джерела, зокрема відомчі видання, в яких наводяться, аналізуються й узагальнюються фактичні матеріали про режим перекатів, річкових русел та в цілому річкового потоку, органічною частиною якого є перекати.

*Обсяг використання окремих джерел.* По Дніпру й Десні ми користувалися як всіма цими першоджерелами (хоч не в однаковій мірі кожним), так і літературними даними; по інших ріках ми мали в своєму розпорядженні лише останні. Дані спеціальних натурних спостережень, що ми їх проводили по

Дніпру й Десні, широко використані на протязі всієї роботи й зокрема в IV розділі<sup>1)</sup>.

Із матеріалів суцільних знімачь рік ми взяли лише деякі дані при вивченні історії тих перекатів, що на них ми вели польові роботи, та при встановленні місць розташування окремих перекатів Дніпра та Десни. Основні особливості цих матеріалів, дефекти, що перешкоджають їх використанню для характеристики режиму перекатів, побіжно висвітлено в § 25.

Плани вишукових партій транзитного днопоглиблення придалися нам як матеріал по історії досліджуваних в натурі перекатів, а також для корегування зведень групи обстанови, зокрема для перевірки, коли в цьому виникав сумнів, тотожності однойменних перекатів із зведень по Дніпру й Десні за різні роки. За останні 2—3 роки, коли Дніпровське управління річкового пароплавання почало практикувати прив'язування робочих горизонтів цих планів до реперів з абсолютною позначкою, вони набули значно більшої цінності й заслуговують на спеціальне вивчення, яке ми ставимо своїм ближчим завданням.

Зведення групи обстанови про глибину перекатів, яка є основним для судноплавання підсумовуючим показником стану останніх, опрацьовано нами якнайширше, бо це є єдине джерело масових (і щодо об'єктів, і щодо тривалості) відомостей про перекати. На жаль і самі ці зведення, і покладені в основу їх промірні дані бакенників мають дуже серйозні хиби, які досить утруднюють, а іноді роблять цілком неможливим їх використання для цілей наукової проробки, для вивчення режиму перекатів, навіть для проектування. Щоб встановити межі й умови цього використання, ми приділили оцінці названих відомостей про глибини перекатів чимало місця (див. §§ 4—7).

Досвід практиків-водників, крім того, який вже відбився у літературних матеріалах, ми використали зовсім недостатньо, особливо щодо низових робітників, зокрема бакенників і старшин обстанови. З цього багатющого джерела даних про режим перекатів ми взяли дуже мало, обмежившись бесідами з поодинокими працівниками. А дати воно може багато. Ще такий глибокий дослідник режиму рік, як автор не застарілої за 40 років книги „О механизме речного русла“, В. М. Лохтін, звертав увагу в одній із своїх журнальних статей „на чудові спостереження сплавників барок на наших сплавних ріках, які створили цілу практичну теорію властивостей руху паводка“ і закликав „не хтувати досвідом практиків під час вивчення річкового потоку“<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Повністю ці спостереження буде висвітлено в окремій роботі.

<sup>2)</sup> В. М. Лохтин, Несколько слов по поводу русского речного дела. Вестник путей сообщения, 1904, № 45, с. 707.

Здійснити це завдання в процесі даної роботи, коли ми були значною мірою зв'язані умовами виконання завдань проектної організації, ми не змогли. Воно залишається перед нами надалі.

Літературні джерела, зокрема вузько відомчі видання, опрацьовані нами, як про це свідчить вміщений наприкінці роботи перелік використаної літератури, що містить 113 назв, досить широко.

*Основний метод опрацювання даних про хід глибин.* Обробляючи одержані з різних джерел дані про глибини переказів, ми часто ставали на шлях встановлення зв'язку між рівнями (чи витратами) води та глибинами на переказі. Зведення групи обстанови ми обробляли майже виключно за цим методом, що дає змогу в досить наочній формі виявити, як змінюється висота „дна“ переказу в різні роки, різні періоди року залежно від гідрологічних умов. Термін „дно“ переказу тут і надалі, якщо немає спеціального застереження, ми вживаємо в такому розумінні: „дно“ або „судноплавне дно“ переказу, — це найвища точка його в межах фарватеру прийнятої ширини.

Розглядаючи характер зв'язку між рівнями та глибинами на переказі „Баня“ (див. рис. 1), ми знайшли можливим прийняти для періоду весняного спадання прямолінійний характер цієї залежності і виразили це в аналітичній формі рівнянням (1)<sup>1)</sup>

$$P = C + BH, \quad (1)$$

де:

$P$  — глибина на переказі в сантиметрах;

$H$  — рівень води в сантиметрах над „0“ спостережень;

$B$  і  $C$  — коефіцієнти.

Коефіцієнт  $B$ , який відбиває нахил цієї прямої до координатних осей (дорівнює тангенсу кута з віссю рівнів), може служити показником напрямку та інтенсивності зміни позначки дна переказу. Чисельно він визначається як відношення амплітуди глибин до амплітуди рівнів

$$B = \frac{P_1 - P_2}{H_1 - H_2}, \quad (2)$$

де:

$P_1$  і  $H_1$  — глибина і рівень на початку розглядуваного періоду;

$P_2$  і  $H_2$  — теж наприкінці цього періоду.

В період спадання води цей коефіцієнт буде при наростанні дна більший за одиницю, і тим більший, чим інтенсивніше йшло наростання), а при поглибленні дна — менший за одиницю (тим менший, чим інтенсивніше йшло поглиблення). В період підій-

<sup>1)</sup> Така форма рівняння дана була ще Макаровим (Тр. I съезда инж.-гидротехников в 1892 г., МПС, СПб).



манья води ми мали б зворотну картину: при наростанні дна  $B$  менше одиниці, а при поглибленні — більше одиниці. Очевидно, що при незмінній позначці дна в обох випадках  $B = 1$ .

Отже можемо скласти таку табличку:

Таблиця 1

Хід рівнів	Значення $B$ при:		
	Наростанні дна	Поглибленні дна	Стабільному дні
Спадання . . . . .	$> 1$	$< 1$	1
Підіймання . . . . .	$< 1$	$> 1$	1

В дійсності, навіть у період весняного спадання, а тим більше на протязі цілого року, зв'язок між горизонтами та глибинами на переказі має не прямиолінійний, а значно складніший характер. У графічному виразі це буде крива, яка лише

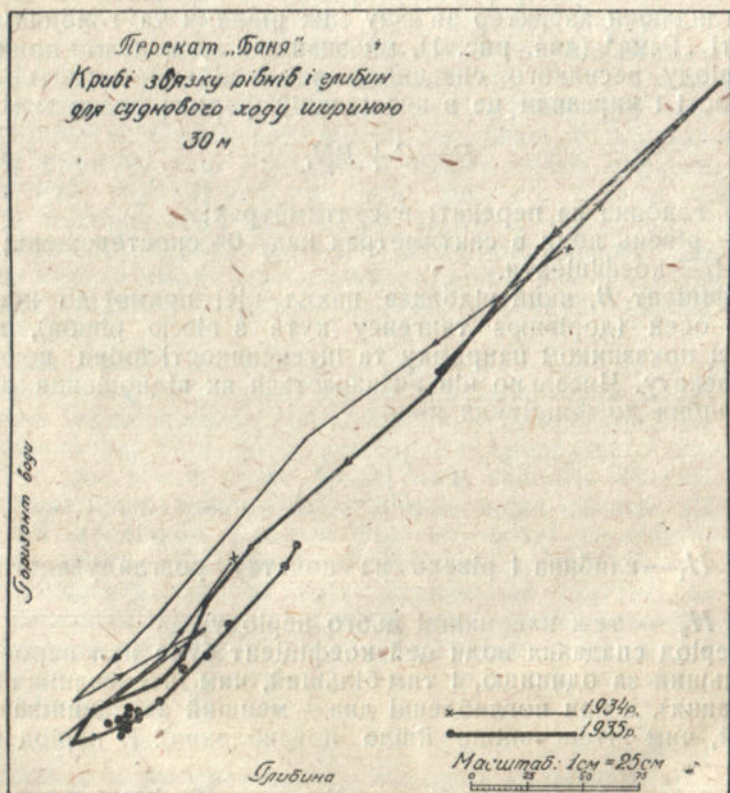


Рис. 1

при відсутності меженних паводків наближається — і то в межах одної навігації — до параболи, а в інших випадках буває зовсім заплутаною (див., наприклад, рис. 6—10). Але й тоді кривизна цієї лінії у кожній даній точці  $\frac{dP}{dH}$  зберігає свою роль показника зміни дна перекаату в розглядуваний момент. Якщо ж трохи спростити завдання і розглядати не окремі моменти в житті перекаату, а певні інтервали часу, то для них зв'язок між  $P$  і  $H$  можна значно спростити, замінивши окремі відрізки кривої прямими лініями.

У переважній більшості випадків можна, не виходячи за межі точності дальшого аналізу, прийняти прямолінійний зв'язок для цілого періоду весняного спадання, крім самої низової частини його, для середньої частини осіннього підймання. І, мабуть, для окремих половин великих меженних паводків. Тоді знову можна користуватися для характеристики всього цього інтервалу параметром  $B^1$ ), знаходячи його величину з рівнянням (2)

$$B = \frac{P_1 - P_2}{H_1 - H_2} \quad (2)$$

або, позначаючи амплітуду глибин через  $A_p$

$$P_1 - P_2 = A_p \quad (3)$$

і амплітуду рівнів через  $A_n$

$$H_1 - H_2 = A_n, \quad (4)$$

за рівнянням (2'):

$$B = \frac{A_p}{A_n} \quad (2')$$

Для нашого аналізу, проте, зручніше обрати за показник зміни позначки дна протягом певного часу не відношення амплітуд глибин і рівнів  $B$ , а їх різницю  $D$ :

$$D = A_p - A_n \quad (5)$$

Вона, як ми зараз побачимо, безпосередньо визначатиме величину розмиву чи наміву дна.

1) Власне кажучи,  $B$  може служити показником зміни позначки дна для відрізка часу будьякої тривалості, хоч би в межах цього відрізка зв'язок  $P$  і  $H$  був би скільки завгодно складний або, навіть, не був би нам відомий. Але тоді величина  $B$  характеризуватиме не процес певного напрямку (розмивання чи намівання), а рівнодіяну різноманітних процесів, які відбувалися протягом цього часу. Втрачає тоді  $B$  і своє реальне значення тангенса кута нахилу прямої зв'язку  $P$  і  $H$ , відповідаючи фіктивній прямій, що з'єднує кінці кривої за розглядуваний період.

Напишемо повністю рівняння (5), користуючися рівняннями (3) и (4),

$$D = P_1 - P_2 - (H_1 - H_2) \quad (5')$$

і перепишемо його так:

$$D = H_2 - P_2 - (H_1 - P_1) \quad (5'')$$

Права частина рівняння (5'') є, очевидно, не що інше, як різниця позначок дна наприкінці й на початку розглядуваного інтервалу часу, взятих відносно „0“ горизонтів (див. рис. 2):

$$D = y_2 - y_1 = Z \quad (6)$$

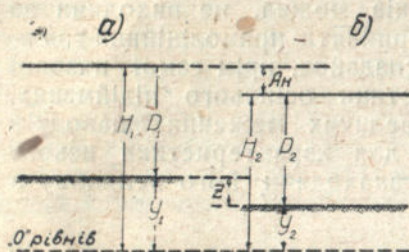


Рис. 2.

Отже, доведено, що різниця амплітуд  $D$  дорівнює різниці позначок дна, яка в свою чергу дає величину розмиву чи намиву останнього  $Z$  в тих самих одиницях довжини, в яких було взято  $P$  і  $H$  (тобто, звичайно, в сантиметрах).

Якщо наприкінці розглядуваного інтервалу часу позначка дна більша, ніж на початку (намив), то  $Z$ , а з ним і  $D$  будуть додатні. Якщо, навпаки, наприкінці розглядуваного інтервалу часу позначка дна менша (розмив), то  $Z$ , а з ним і  $D$  будуть від'ємні. Цілком очевидно, що при стабільному дні  $D = 0$ .

Все це стосується однаково періодів і спадання рівнів, і стояння, і підймання. Слід тільки пам'ятати, що при обраних нами позначеннях, в тих випадках, коли рівні чи глибини наприкінці досліджуваного інтервалу більші, ніж на початку, треба брати величину відповідної амплітуди з знаком мінус.

Складаємо табл. 2, відповідно табл. 1.

Таблиця 2

Значення $D$ при:		
Наростанні дна	Поглибленні дна	Стабільному дні
$> 0$	$< 0$	$0$

Підсумовуючи можемо відзначити, що хоч  $B$  і  $D$  можна використовувати на рівних умовах і в одних і тих же випадках, проте  $D$  має низку переваг:

1)  $D$  має дійсні значення і для періодів стояння рівнів, коли користуватися  $B$  не можна, бо він дає невизначеність  $\frac{0}{0}$  при стабільному дні, плюс безмежність при намиві, мінус безмежність при розмиві;

2)  $D$  дає величину розмиву чи намиву безпосередньо в сантиметрах, а в умовних коефіцієнтах, як  $B$ ;

3) Середню для групи перекатів величину розмиву — намиву нам дає середня арифметична  $D$  окремих перекатів; між тим для виведення середнього групового коефіцієнта  $B$  треба брати середню зважену з урахуванням величини  $A_n$  для кожного перекату;

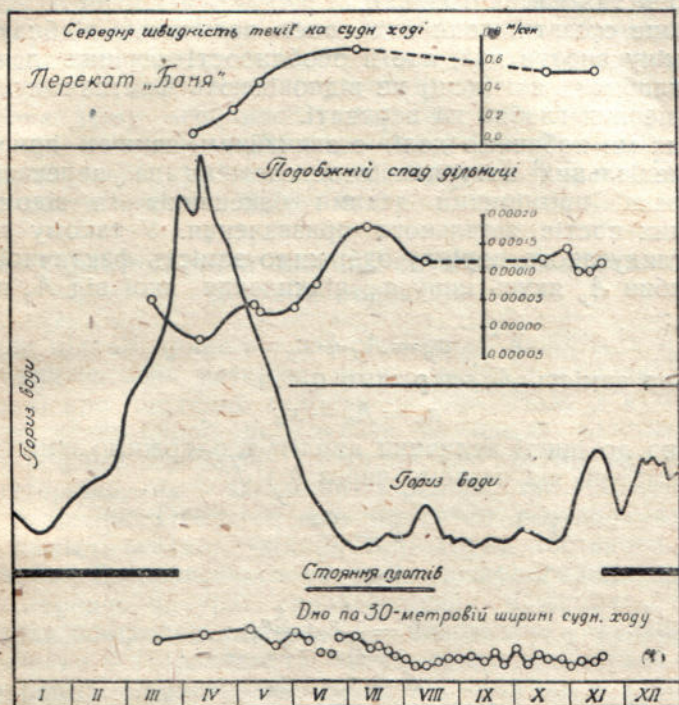


Рис. 3

4)  $D$  „реагує“ на розмив (чи намив) і в період спадання, і в період підймання рівнів однаково, а не по-різному, як  $B$ .

Зазначимо, що коли графічним виразом аналізу режиму дна перекату за величиною  $B$  є побудова в системі координат функції  $P=f(H)$ , то графічним виразом для аналізу за величиною  $D$  буде побудова хронограми позначки дна перекату синхронно з хронограмою рівнів шляхом відкладування вниз від кожної точки останньої відповідної величини глибини перекату (див. рис. 3).

Все сказане відносно вживання  $B$  і  $D$ , як показників розмиву — намиву дна перекату, безумовно справедливе лише тоді, коли рівні замірюються на самому перекаті в момент промірів глибин,



а останні беруться для постійної ширини фарватеру або в певних точках. Якщо ж цього нема, то характер зв'язку змінюється, а з ним змінюються величини  $B$  і  $D$ , які перестають служити надійними показниками зміни висоти дна (умовного „дна“ — якщо ми промірюємо мінімальну глибину фарватеру певної ширини, безвідносно до положення цієї судноплавної смуги в плані; або фактичного дна — якщо ми промірюємо глибину постійно в тих самих точках).

Точніше сказати, вони тоді своєю величиною відбивають не лише зміну висоти дна, але й особливості наявних даних про рівні й глибини, які (дані) не відповідають фактичному ходові рівнів і певних глибин на перекаці.

Це, як ми побачимо далі, є звичайним явищем при відсутності спеціальних натурних спостережень на перекаці і при користуванні промірними даними бакенників та відомостями водомірних постів загального призначення. У такому випадку для розглядуваного періоду одержимо замість фактичної амплітуди глибин  $A_p$  якусь іншу  $a_p$ , відхилення якої від  $A_p$  назвемо через  $x_p$ :

$$a_p = A_p + x_p \quad (7)$$

Аналогічно замість  $A_n$  одержимо  $a_n$ :

$$a_n = A_n + x_n \quad (8)$$

Відповідно до іншої величини амплітуд, одержимо замість  $B$  і  $D$  інші параметри, які назвемо через  $b$  і  $d$ :

$$b = \frac{a_p}{a_n} \quad (9)$$

або

$$b = \frac{A_p + x_p}{A_n + x_n} \quad (9')$$

$$d = a_p - a_n \quad (10)$$

або

$$d = D + x_p - x_n \quad (10')$$

В дальших параграфах ми спеціально зупинимося на характеристиці наявних даних про глибини й рівні, проведемо аналіз значень  $x_p$  і  $x_n$  і відхилень  $d$  від  $D$ . Побіжно, бо для нас це має менше практичне значення, дамо оцінку й параметру  $b$ .

*Інші форми опрацювання.* Крім тількищо розглянутих двох форм (за допомогою  $B$  і  $D$  чи  $b$  і  $d$ ), зв'язок між рівнями й глибинами служив нам для вивчення режиму перекаців ще у формі безпосереднього порівняння стану глибин групи перекаців при одному якомусь рівні в різні, віддалені один від одного періоди, або у формі порівняння стану рівнів, який відповідає якійсь одній глибині<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> З аналогічною метою можна використати і величини  $d$  і  $b$ , порівнюючи їх значення для різних років, або періодів одного року.

Іноді було дуже зручно при цьому дослідженні режиму перекатів замінювати рівні, за допомогою кривої витрат, витратами води (див. § 20).

На перший погляд може здатися, що порівняння стану глибини при одному й тому ж рівні є тотожне з аналізом за допомогою *D* у випадку стояння горизонтів. Це не зовсім так: в останньому випадку між розглядуваними моментами лежить період спокійних горизонтів і майже стабілізації русла; у першому ж випадку розглядувані моменти розділяються значним часом (іноді — роками), протягом якого може відбуватися значне перетворення річища, а хід горизонтів завжди має періоди різного знака. Тому особливості наявних вихідних даних відбиваються на точності такого аналізу в інший спосіб. Розгляд цього щодо даних про глибини проведено в § 7, а щодо даних про горизонти води — в §§ 8 і 9.

#### § 4. Характеристика зведень служби обстанови про глибини перекатів

Маючи цілком природно намір широко використати в своїй праці такий багатий матеріал, як зведення служби шляху (групи обстанови) про щоденні глибини на перекатах, і зважаючи на наявність низки спроб побудувати на цьому матеріалі певні гіпотези режиму перекатів<sup>1)</sup>, — ми піддамо докладному вивченню всі ці матеріали, як у загальній їх основі, так і зокрема щодо Дніпра й Десни. Перш за все критично розглянемо методи роботи і якість зведень (відомостей) групи обстанови Дніпродзвинського і Дніпровського управління річкового пароплавства<sup>2)</sup>.

Безпосередні натурні спостереження наші на перекатах, опитування робітників обстанови, — низових та управлінських, — ознайомлення з збиранням та оформленням відомостей про глибини, нарешті, користування цими відомостями в процесі проектування регулювання стоку, — привели нас до таких висновків відносно як стану промірних відомостей, так і самих промірів:

1) І в Д-ДУРП-і, і в ДУРП-і зовсім немає відомостей про глибини на перекатах Дніпра і його приток до 1925 р. За дальші ж роки повні відомості (без пропуску окремих дільниць і навігаційних місяців) збереглися для Дніпра вище Лоева лише з 1931 р., а для Дніпра нижче Лоева — з 1929 р. При цьому за 1933 р., який відзначився виключно багатоводною навігацією, відомості є по дуже невеликому числу перекатів і з пропуском цілих дільниць. По Десні — відомості глибин є в Києві тільки

1) В. А. Макаров, О зависимости между стоянием горизонтов и глубиной перекатов; К. А. Архипов, Влияние паводков и высоких вод на состояние перекатов і т. д.

2) Надалі будемо називати їх скорочено Д-ДУРП і ДУРП, застосовуючи ці назви і для попередніх років, хоч ці організації іменувалися тоді Управліннями ічкового транспорту, Управлінням держрідфлоту і т. д.

за 1929, 1931 (від Трубчевська) і частково 1932 роки, але й вони, як зазначено далі в п. 3, являють собою узагальнені зведення, непридатні для нашої роботи.

2) Відомості про глибини ніколи не охоплюють усього періоду навігації, бо проміри починаються лише після проходу піка весняних вод (винятки бувають лише в роки дуже низької поводи, як, наприклад, в 1925 р., коли на деяких дільницях Дніпра провадилися проміри і на початку весняного підймання води). Регулярний контроль глибини провадиться з моменту появи на перекаці встановленої для кожної дільниці мінімальної вивіскової (тобто показуваної, „вивішуваної“ особливими знаками на сигнальній щоглі біля перекаці) глибини:

На Дніпрі вище гирла Прип'яті . . . . .	2,0 м
„ „ від гирла Прип'яті до Києва . . . . .	2,5 „
„ „ нижче Києва . . . . .	3,0 „
На Десні . . . . .	2,5 „

Припиняються проміри або при закритті навігації (тобто, звичайно, перед кригоплавом), або ще раніше, — якщо при осінньому підйманні води глибини перевищать указані межі. Проте, і за цей період бувають значні прогалини на окремих дільницях з мало інтенсивним судноплавством, які під час мілководдя для руху закриваються і обстановка знімається. До таких дільниць належать: а) верхів'я Дніпра — вище гирла Березини, в попередні роки — навіть вище Лоева, б) верхів'я Десни — вище Новгород-Сіверського.

Відомості щодо верхів'їв Десни взагалі дуже неповні і неточні, бо глибина на Десні до 1930 р. взагалі не нормувалася, а з 1930 р. нормується лише на дільниці Чернігів — гирло. Тому, кошти на обстанову тут відпускалися невеликі, і постові диспансії мали дуже великий протяг. Особливо кепсько надходили відомості з дільниці вище Трубчевська, де до мілководдя глибини мірялися 3—4 рази на місяць. Мілководдя ж, із зняттям обстанови, наставало щорічно, за винятком 1933 р. Крім того і якість відомостей на цій дільниці була невисока через її віддаленість від Чернігова, відсутність телефонного зв'язку й утрудненість контролю.

3) В дуже багатьох випадках ці відомості дають мінімальну глибину не окремого перекаці, а цілої групи їх. Це стосується: а) як правило, всіх відомостей по Дніпру вище Лоева, б) більшості відомостей про дільницю Дніпра Лоев — г. Прип'яті за роки до 1931, а частково й до 1934, в) більшості відомостей про дільницю Дніпра г. Прип'яті — Дніпропетровськ до 1927 р., г) всіх відомостей по Десні до 1934 р. включно. Причина цього явища — в обмеженості тих вимог, які ставилися групі обстанови з боку служби експлуатації, що цікавилася тільки найменшою глибиною дільниці. У наслідок, постові сторожі (звичайно їх називають бакенниками) подавали відомості тільки про перекаці, який нормував у звітний день глибину на їх діль-

ниці. Але й після того, як було введено подання ними в дальшу інстанцію обстанови — технічну дільницю — відомостей по всіх перекатах (на Десні введено з 1928), ці інстанції (за вказані вище роки) заносили до відомостей, які надсилалися ДУРП-у, лише глибину перекаату, найбільш у даний день мілководного з обслуговуваних постом обстанови, відносячи цю глибину до поста в цілому, тобто навіть не вказуючи назви нормуючого перекаату. Пости, які обслуговують від 1 до 6 перекаатів, часто мали назву однакову з якимсь із цих перекаатів, що вносило ще більшу плутанину в відомості. Оскільки ж часто в межах однієї і тієї ж навігації (а то й місяця), не кажучи вже про різні роки, нормували глибину постової дільниці різні перекаати, то одержувалися відомості збірні, цілком непридатні для вивчення режиму окремих перекаатів.

У переважній більшості наведених випадків це становище неоправдане, бо вихідних для складання цих збірних відомостей матеріалів нема: або тому, що їх не зберігали бакенники, або через знищення у ланках обстанови, які стоять вище<sup>1)</sup>. Так, по Десні, де до липня 1930 р. не робилося зведень одержаного з постів матеріалу, не можна відновити відомостей про глибини окремих перекаатів з 1928 р. до липня 1930 р.. Тільки для дільниці від Брянська до Остра за другу половину 1930 р., за 1931 і 1932 р.р. пощастило знайти в Чернігові ці первісні відомості та й то неповні (за 1933 р. в Чернігові є лише уривчасті відомості, бо через високу воду глибини промірялися дуже рідко; є також у Києві докладні відомості про глибини від гирла Десни до Остра за 1934 р.

В решті випадків доводиться задовольнятися схарактеризованими на початку матеріалами, які є в Д-ДУРП-і і ДУРП-і.

Кількість обставлюваних перекаатів знаходить свій вираз на цей час у таких, примірно, цифрах<sup>2)</sup>:

Дніпро. Орша — гирло Березини . . . . .	90	Десна. Брянськ — Трубчевськ . . . . .	40
гирло Березини — гирло Сожа . . . . .	30	Трубчевськ — Н. Сіверський . . . . .	40
гирло Сожа — гирло Прип'яті . . . . .	60	Н. Сіверський — гирло Сейма . . . . .	60
гирло Прип'яті — гирло Десни . . . . .	60	гирло Сейма — Чернігів . . . . .	40
гирло Десни — гирло Сули . . . . .	150	Чернігів — гирло Остра . . . . .	30
гирло Сули — Лоцм. Кам'янка . . . . .	90	гирло Остра — гирло . . . . .	40
		Разом . . . . .	250
Разом . . . . .	480		

<sup>1)</sup> По Десні, наприклад, всі відомості про глибини збиралися дільничною конторою в Чернігові і вже звіди в опрацьованому вигляді йшли до Києва. До 1930 р. бланки відомостей друкувалися тут на цигарковому папері, що й призвело до знищення більшої частини їх.

<sup>2)</sup> Кількість перекаатів у невеликих межах міняється щорічно, в наслідок постійного переформування русла Дніпра (особливо), й Десни, що викликає перенесення суднових ходів у нових напрямках (див. п. 4). Крім того, для Верхнього Дніпра й Десни кількість перекаатів ще точно не встановлена.



4) Велика плутанина відбувається й досі з назвами перекатів. На Дніпрі вище гирла Сожа (тобто в Д-ДУРПі), а особливо вище гирла Березини досі взагалі немає диференціації перекатів, і під однією назвою ховаються, як правило, декілька перекатів, які не мають кожного своєї назви. Іноді таким безіменним перекатам постові сторожі дають від себе назви, й тоді в зведеннях про глибини з'являються перекати — Таршев, Прихаб, Папенка і т. д., відносно яких сама група обстанови Д-ДУРП-у могла нам відповісти лише, що „вони, очевидно, іменуються за назвами урочища“. Відомості про глибини і в цьому випадку, як і в випадках п. 3, стосуються не до окремих перекатів, а до груп їх.

На Дніпрі вниз від гирла Сожа кожний перекат (винятки дуже рідкі) має свою назву. На жаль, проте, і тут не завжди під однією і тією ж назвою ховається ідентичний перекат: а) дуже часто один і той же перекат називається різними робітниками по-різному і, навпаки, однією назвою називаються суміжні перекати; не завжди забезпечено погодженість щодо найменування між працівниками обстанови, днопоглиблення й вишукових партій, що дуже утруднює зіставлення їх даних; б) при перенесенні суднового ходу в новому напрямку (під протилежний берег чи до іншого рукава) за новими перекатами зберігаються старі назви. Це практикується по сьогоднішній день (можна, наприклад, назвати такі однойменні перекати в різних рукавах, як Ясногородський II й III, Касперовичський I, Лесковатський I і т. д.).

В результаті, навіть такий впорядковувачий всю номенклатуру перекатів захід, як складення в 1934 р. службою шляху ДУРП-у схеми розташування перекатів від гирла Прип'яті до Дніпропетровська, що прикріпило кожному назву до певного місця на річці<sup>1)</sup>, — не забезпечує від появи під однією і тією ж назвою різних перекатів. В результаті відомості про глибини можуть і при повній диференціації перекатів бути „збірними“, хоч і в незрівняно меншій мірі, ніж це мало місце для відомостей по постах обстанови. Провести в таких відомостях межі між даними, які відносяться до різних перекатів, дуже важко (в чому ми безпосередньо пересвідчилися, виділяючи в процесі аналізу наших натурних спостережень відомості по лівому ходу на перекаті „Мньов II“), а для минулих років — практично неможливо.

З 1935 р. цю перешкоду використанню відомостей служби обстанови для вивчення режиму перекатів Середнього Дніпра, буде, мабуть, усунено, бо служба шляху ДУРП-у вводить обов'язкову для всіх постових сторожів фіксацію дат перенесення суднового ходу, прибуття й відходу днопоглибних машин, по-

<sup>1)</sup> Цю схему — в умовах значних переформувань річища Дніпра кожною повіддю — треба щорічно переглядати, як це й робилося до 1926 р.

садки суден на мілину та інших порушень нормального ходу глибин. Досі такі примітки у відомостях глибин бували лише в дуже рідких випадках, через що не можна було встановити, що викликало досить часті стрибки глибин — чи несподівані зміни в режимі перекачу, чи перенесення суднового ходу, чи, просто, помилка бакенника. Так, наприклад, у відомостях про глибини за вересень 1925 р. по дільниці Середнього Дніпра вище Кременчука є різкий розрив у глибинах між 18 і 19 числом. Звірка з звітами про роботу днопоглибних машин вказує як на причину цього на днопоглиблення, бо машина „Дн. 16“ саме 18/IX закінчила тут роботу. Цілком несподівано виявилось, що насправді тут мав місце курйозний випадок перенесення суднового ходу з тількищо розробленого Градизького рукава до Максимівського, більшу глибину якого в свій час прогавили робітники як обстанова так і днопоглиблення.

Чимала плутанина з назвами перекачів досі існує на Десні. Вище Трубчевська багато перекачів, аналогічно вказаному вище для Верхнього Дніпра, ще навіть не мають своїх назв і об'єднуються під назвою поста обстанова (Супонево, Добрунь). Але й на решті дільниць назви перекачів часто міняються, особливо при передачі їх з одного поста до другого. Так, наприклад, в 1934 р. при утворенні поста „Надиновка“ перекач Копачевський II перейменували в Надиновський I, Надиновський I в Надиновський II і т. д. Номенклатурну схему перекачів Десни ДУРП тільки збирається скласти, і то лише для низової дільниці, від гирла до Чернігова.

## § 5. Характеристика промірів глибин бакенниками

1) Тут, перш за все, необхідно відзначити, що, як це встановлено нашими натурними спостереженнями і стверджується всією практикою обставлення, бакенники часто дають глибину не на гребені перекачу, а по інших дільницях обставлюваної ними зони, бо мінімальну глибину суднового ходу можуть утворювати і звуження плесових лощин, і випадкові відклади пісків, і виходи каміння і т. д. Практичні цілі такий характер відомостей цілком задовольняє, бо відповідає на питання, яке безпосередньо цікавить практиків — про умови судноплавства. Але для аналізу режиму перекачу утворюється нове ускладнення.

2) Досить непевною і дуже суб'єктивною є сама величина глибини на перекачі, яка встановлюється бакенниками. Ця суб'єктивність має місце також щодо трасування фарватера: від наданого йому напрямку, особливо при колінкуватому судновому ході, деякою мірою залежить і встановлювана глибина останнього.

Але корінна причина — великий простір для бакенників у маневруванні шириною суднового ходу, в межах якої вони провадять проміри глибини. Наші безпосередні натурні спостере-

ження встановили, що на Десні біля Новгород-Сіверського обставлювана ширина фарватеру в 1934 р. коливалася від 40 м весною до 20 м в межінь. Для Дніпра біля Комарина ми одержали відповідно 90 і 20 м. Така амплітуда ширини фарватеру підтверджується й надісланими нам в 1934 р. довідками Д-ДУРП-у і ДУРП-у. Згідно з цими офіціальними документами:

а) На Дніпрі вище гирла Прип'яті „ширина обставлюваних суднових ходів не обмежується. У межінь при різкому обмілнні верхів'їв ширина суднового ходу може бути доведена до мінімальної, тобто до розміру ширини найбільших суден, які курсують на даному плесі“.

б) На Дніпрі нижче гирла Прип'яті та на Десні „ширина фарватеру при визначенні глибин на перекатах за відомостями, що надсилаються з постів обстанови“, змінюється на протязі навігації в 2—3 рази.

Приблизно такі ж межі змін ширини суднового ходу на Дніпрі дає і „Тимчасова інструкція для працівників обстанови, (вид. 1935 р., с. 18), де записано, що „ширина фарватеру на перекаті коливається від 36 до 150 м залежно від горизонту води і встановлюється розпорядженням начальника плеса“.

3) Під час високої води та взагалі при значній глибоководності перекату бакенники приділяють менше уваги промірам глибин, бо тоді й ширина фарватеру й глибина його цілком задовольняють вимоги судноплавства. Крім того, в цей період і саме промірювання глибин намьоткою дуже важко провести точно. В наслідок цього у високу воду бакенники іноді „вивішують“ на мачі глибину, яка значно менша наявної по всій ширині перекату. Так, план перекату „Мньов II“, знятий 4—5 червня 1932 р., дає глибину на 60 см більшу проти вивісочної.

Клейбер, наприклад, прямо вважав, що коли глибина перекату на аршин (71 см) і більше перевищує глибину самого мілководного перекату дільниці, то вона ненадійна <sup>1)</sup>.

4) До вказаних характерних особливостей відомостей бакенників про глибини, які впливають з поставленого перед ними завдання — забезпечити рух по річці, приєднується ряд другорядних: а) свідомі „запаси“ у показанні глибини — для страховки від усяких випадковостей; б) залишення „вивіски“ без зміни при коротких паводках, властивих верхів'ям Дніпра й Десни, і взагалі відставання з зміною „вивіски“ при інтенсивних спаданнях або підійманнях води; в) збереження знаків обстанови на старому судновому ході, не зважаючи на те, що відкрився новий глибший; г) різночасність, на протязі дня, виконання самих промірів і т. д.

<sup>1)</sup> Труды VI съезда русских деятелей по водяным путям. Журналы заседаний, СПб, 1899, с. 31.

Можливі, нарешті, помилки і навіть зловживання у вигляді подачі фіктивних відомостей, без промірювання глибини, що, проте, з кожним роком стає все рідкішим явищем, особливо на дільницях з нормованою глибиною, а тому й посиленням контролем.

Оцінка „сигнальної“ глибини в літературі. Доповнимо цю нашу характеристику вимірювань, проваджуваних бакенниками на Дніпрі й Десні, кількома посиланнями на літературні джерела:

а) „Найбільшу точність сигнальна глибина має при найбільш низьких стояннях горизонту, коли кожний зайвий вершок глибини має значення для судноплавства, найменша же точність сигнальної глибини буває при високих стояннях горизонту, коли буває важче за допомогою намьотки наплавом найти найменшу глибину на фарватері і коли це зовсім неістотно важливо для судноплавства, бо судна можуть вільно йти на великій осадці, не звертаючи уваги на вивіску на щоглах. Крім того, треба зауважити, що при високих водах траплялось і те, що на сигналах вивішувалась менша глибина по фарватеру, ніж вона була в натурі, щоб при неповному обставлянні судна, які випадково вийшли з меж фарватеру, не могли натрапити на підводні коси. Безперечно, який не є практичний такий захід, але для наукової мети найбільшим довір'ям повинні користуватися записи судноплавної глибини лише при низьких стояннях горизонту“ (В. А. Макаров, О зависимости между стоянием горизонта и глубиной перекатов, Тр. I съезда инж. гидротехников в 1892 г., с. 552—553. Також цитовано В. Г. Клейбером на VI з'їзді рос. діячів по вод. шляхам в 1899 р. в доповіді „Землечерпание и выправление как меры улучшения волжского транзитного пути.— Пояснения к чертежам“, с. 7).

б) „При низькому горизонті можливі більш ретельні проміри; звуженням ходу, тобто обставлянням лише найбільш глибоких частин його, нерідко можна збільшити на деяких перекатах показувану на сигнальній щоглі глибину проти тої, яку довелось б показати, коли б була залишена і при низькому горизонті та ж ширина ходу“ (В. Г. Клейбер, О предсказаниях ожидаемой глубины перекатов на р. Волге, Тр. III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. I, с. 771).

„У деяких випадках невірність показуваної глибини залежить просто від недбайливості постових робітників, які залишають, наприклад, іноді без зміни сигнали на щоглі під час прибування води“ (там же, с. 782—783).

„Глибина перекаату не є величиною, що піддається такому ж об'єктивному вимірюванню, як висота води на водомірному посту, і у визначення глибини перекаату входить до певної міри і суб'єктивна оцінка спостережника. Так, наприклад, на перекаті є смуга шириною в 30 саж. з глибиною не менше 8 чвертей. Перекатний старшина може знайти, що при такій малій ширині і деякій кривизні ходу можна показати на перекаті

тільки  $7\frac{1}{2}$  чвертей, між тим як інший показав би на його місці 8 чвертей" (там же, с. 783).

в) „Звуження ходової смуги буває прямо необхідним на тих перекатах, які в наслідок поглиблення інших перекатів опинилися в числі наймілководніших. Таким чином ми бачимо, що поглиблення землечерпанням найбільш мілких перекатів неминуче тягне за собою деяке збільшення показуваної глибини і на інших, не поглиблених землечерпанням перекатах. Але це поглиблення може бути лише позірним“ (Виступ В. Г. Клейбера 13. II на засіданні VI з'їзду рос. діячів по вод. шляхах. — Труды съезда. Журнали засідань, СПб, 1899, с. 29).

г) „Число бакенів бувало на деяких перекатах недостатнім, через що перекати, хоч і глибокі, але звивисті, не могли бути обставлені відповідно до дійсної глибини“ (П. Попов, Краткие соображения по вопросам, подлежащим обсуждению..., Тр. совещания Киевского округа п. с. в декабре 1912 г. по вопросам дноуглубления, К. 1913, с. 163).

д) На питанні про „запаси“ в даних бакенників спеціально зупинявся В. М. Лохтін у своєму виступі на VI з'їзді рос. діячів по водних шляхах (Тр. VI съезда рус. деят. по вод. путям. Журнали засідань, СПб, 1899, зас. 16. II, с. 20).

Закінчуючи цей короткий огляд літературних матеріалів щодо характеру промірів глибин бакенниками, зазначимо, що додаткові матеріали вже щодо впливу особливостей цих промірних даних на аналіз режиму перекатів будуть наведені в § 10.

## § 6. Вплив особливостей промірних відомостей бакенників на характер зв'язку горизонтів (або витрат) і глибин

Подана вище характеристика промірів глибин, що їх роблять на перекатах бакенники, а також наші натурні спостереження дозволяють встановити, як саме впливають особливості цих промірних даних на характер зв'язку горизонтів (або витрат) і глибин, і визначити, виходячи з цього, знак і порядок величини тих поправок, які треба внести до аналізу режиму перекату, проведеного на цій основі.

Відповідно до основного запровадженого нами методу використання останніх — аналізу зв'язку між глибинами й горизонтами води за певні відрізки часу — розглянемо перш за все значення  $x_p$  у рівнянні (10') на с. 18:

$$d = D + x_p - x_n \quad (10')$$

Нагадаємо, що величина  $x_p$  показує відхилення  $d$ , в наслідок особливостей даних бакенників про глибини, від  $D$ , яка дає точну величину розмиву чи намиву дна перекату. Зворотна величина ( $-x_p$ ) і буде відшукуваною поправкою до  $d$ . Із рівняння (7) маємо:

$$x_p = a_p - A_p, \quad (11)$$

де

$a_p$ —амплітуда глибини за розглядуваний відрізок часу за даними бакенника;

$A_p$ —те ж за точними промірами на постійній ширині фарватеру.

Отже, нам треба знайти, як відбиваються особливості промірних даних бакенників на величині амплітуди глибин за певний період, порівнюючи з величиною її при точних промірах на фарватері постійної ширини.

Якщо відкинути випадкові моменти, як, скажімо, недбайливість або несумлінність бакенників, то величина  $x_p$  залежить від таких трьох основних особливостей роботи останніх:

а) недостатня в певні періоди точність промірних даних,

б) неоднакове в різні періоди трасування фарватеру,

в) змінність ширини фарватеру.

Точність промірів є найменша — при високих рівнях (вірніше сказати — при значних глибинах) як навесні, так і восени; найбільша — при низьких рівнях, особливо на мілководних перекатах. Недостатня точність промірів при високих рівнях компенсується, звичайно, певними запасами у відомостях про глибини, що їх подає бакенник. За низької води, коли кожні 5 см грають роль для судноплавства, і коли стан на перекаті часто контролюється, — запаси сходять до нуля. Роль їх, як це цілком очевидно, аналогічна розширенню фарватеру; зменшення їх до нуля — звууженню. А поскільки обидва ці показники (запаси й ширина фарватера) досягають максимуму й мінімуму одночасно, то ми можемо розглядати роль першої особливості даних бакенника спільно з другою, більш важливою.

Те ж саме можна сказати й відносно трасування фарватеру. При високій воді бакенник не завжди обставляє найглибший шлях, а дає більш пряму трасу, втрачаючи трохи на глибині, бо вона на той час і так достатня для судноплавства. При низькій воді бакенник починає ускладнювати трасу й цим вигравати на глибині.

Щодо ширини фарватеру, то, звужуючи її в міру спадання рівнів, бакенники тим самим штучно „затримують“ падіння глибин, бо вужча смуга фарватеру, як правило, глибше ширшої і, лише як виняток (при плоскому кориті перекату), буває такої самої глибини. Уширюючи обставлявану смугу фарватеру при підйманні води, бакенники так само „затримують“ наростання глибин, порівнюючи з тим їх ходом, який має місце для фарватеру постійної ширини.

Звідси виходить, що і в період спадання, і в період підймання рівнів води в річці в наслідок усіх трьох розглянутих особливостей промірних даних бакенників  $a_p$  за абсолютною величиною буде менше, ніж  $A_p$ . Отже, в період спадання рівнів, коли, звичайно, амплітуди глибин — за нашими позначеннями § 3 — додатні,

$$x_p = a_p - A_p < 0,$$

а в період підймання рівнів, коли амплітуди глибин від'ємні,

$$x_p = a_p - A_p > 0.$$

Щоб виділити, яку роль, при аналізі режиму дна перекату по зв'язку рівнів і глибин, відіграє значення  $x_p$ , прийнемо у рівнянні (10)

$$x_n = 0,$$

тобто припустимо, що рівні заміряються на самому перекаті і в момент промірів глибин. Тоді

$$d = D + x_p \quad (12)$$

і, отже, в період спадання рівнів  $d$  буде менше ніж  $D$ , в період підймання — більше ніж  $D$ .

Виходить, що коли ми не виправимо показник  $d$ , одержаний у наслідок аналізу зв'язку глибин за даними бакенників і рівнів води на перекаті, на величину  $(-x_p)$  (а внесення такої поправки практично неможливо), — то:

1) Для періоду спадання води, у наслідок внесення величиною  $x_p$  фіктивного „розмиву“, матимемо: а) у випадку розмивання дна — перебільшення ступеня розмивання, б) у випадку намивання — зменшення його ступеня, аж до створення іноді враження розмивання.

2) Для періоду підймання рівнів, у наслідок внесення величиною  $x_p$  фіктивного „намиву“, матимемо: а) у випадку намивання дна — перебільшення ступеня намивання, б) у випадку розмивання — зменшення його ступеня, аж до створення іноді враження намивання.

У період стояння рівнів бакенники, звичайно, ширини фарватеру не змінюють; точність їх промірних даних теж залишається без зміни, а тому

$$x_p = 0,$$

Поправка не потрібна і  $d$  (при  $x_n = 0$ ) дорівнюватиме  $D$ . Але, коли б під час стояння рівнів відбувалося розмивання чи намивання дна, і бакенник на це реагував би розширенням суднового ходу при розмиванні й звуженням при намиванні, то в першому випадку мали б  $x_p > 0$ , а в другому  $x_p < 0$ . При відсутності поправки на величину  $(-x_p)$  ми одержали б у першому випадку зменшення ступеня розмивання, аж до створення враження стабільного дна, а в другому — зменшення ступеня намивання, також аж до створення враження стабільного дна.

Зведемо основні наслідки проведеного розгляду у таблицю (табл. 3).

Хід горизонтів	Стояння			Спадання			Підймання		
	Роз-мив	0	На-мив	Роз-мив	0	На-мив	Роз-мив	0	На-мив
Зміна дна									
Знак $x_p$	0 або +	0	0 або -	-	-	-	+	+	+
Співвідношення $d$ і $D$ при $x_n = 0$	$d = D$ або $d > D$	$d = D$	$d = D$ або $d < D$	$d < D$	$d < D$	$d < D$	$d > D$	$d > D$	$d > D$
При відсутності поправки на $-x_p$ $d$ покаже при $x_n = 0$ зміну дна так:	вірно або змен-шен. розм.	0	вірно або змен-шен. намив.	збіль-шен. розм.	роз-мив	роз-мив або змен-шен. намив.	намив або змен-шен. роз-мив.	намив	збіль-шен. намив

Підсумовуючи ми можемо констатувати, що особливості промірних даних бакенників в усі періоди і в усіх випадках, як правило, „наближають“ хід позначки дна перекату до ходу рівнів.

Тепер коротко зупинимся на тому, як відб'ються особливості промірних даних бакенників на величині параметра  $b$ .

Згідно з рівнянням (9')

$$b = \frac{A_p + x_p}{A_n + x_n} \quad (9')$$

У випадку, коли  $x_n = 0$ ,

$$b = \frac{A_p + x_p}{A_n} \quad (13)$$

або

$$b = B + \frac{x_p}{A_n} \quad (13')$$

В період спадання рівнів  $x_p$  — від'ємне,  $A_n$  — додатне, звідки

$$\frac{x_p}{A_n} < 0.$$

В період підймання рівнів  $x_p$  — додатне,  $A_n$  — від'ємне, звідки знову

$$\frac{x_p}{A_n} < 0.$$

Отже, в обидва ці періоди (при стоянні ж рівнів, як показано в § 3, користуватися параметром  $b$  не можна, бо він має недійсні значення):

$$b < B$$



Очевидно, що без внесення поправки ( $-x_p$ ) величина  $b$  так само неправильно сигналізуватиме нам про зміну позначки дна перекаату, як і  $d$ . При графічному відображенні зв'язку глибин і рівнів це відхилення  $b$  від  $B$  виявиться в періоди спадання й підймання води у більш крутому напрямку кривих (чи прямих) зв'язку, ніж це було б при побудові цих кривих на основі точних промірів фарватеру постійної ширини.

Досі ми розглядали лише знак  $x_p$  у різних випадках і зв'язані з цим питання. Щоб проілюструвати, яку величину має  $x_p$  і як це відбивається на величині відхилень  $d$  від  $D$  і  $b$  від  $B$ , скористуємося матеріалами наших натурних спостережень весною 1934 р. на перекаатах „Мньов II“, Комарин I“ і „Баня“, зведеними для зручності у табл. 4.

Таблиця 4

Назва перекаату	„Мньов“ II	„Комарин I“	„Баня“
Показники			
Дати інтервалу	10/V—30/V	10/V—30/V	18/V—4/VI
$A_p$	190	220	105
$a_p$	80	110	95
$A_n$	169	169	118
$x_p = a_p - A_p$	-110	-110	-10
$\frac{x_p}{A_n}$	-0,65	-0,65	-0,09
$D = A_p - A_n$	21	51	-13
$d = D + x_p$	-89	-59	-23
$B = \frac{A_p}{A_n}$	1,12	1,30	0,89
$b = B + \frac{x_p}{A_n}$	0,47	0,65	0,80

Як бачимо величина  $x_p$  може мати досить велике значення. Правда, на Мньовсько-Комаринській групі перекаатів становище з глибинами було винятковим через значне звуження фарватеру легкорухливими піщаними відкладами. Але, з другого боку, мала абсолютна величина  $x_p$  для перекаату „Баня“ теж є винятковою, бо цей перекаат належить до категорії стабільних і має досить плоске дно, в наслідок чого ширина фарватеру змінюється тут порівнюючи мало і до того ж це незначно впливає на зміну глибин.

У доповнення до дуже скромних своїм обсягом натурних спостережень ми провели обробку кількох десятків планів перекатів Нижнього Дніпра, встановивши для них — за період до постановки днопоглибних машин — величину судноплавної глибини в межах фарватеру постійної ширини (в двох варіантах: 100 і 150 м). Хоч одержані в такий спосіб дані і менш точні, ніж дані спеціальних натурних спостережень, але порядок величини  $x_p$  за ними можна встановити. В середньому величину  $x_p$  одержано (при спаді горизонтів води на 1,5—2,0 м) близько 40 см

### Літературні дані

Автор першого в нас широкого аналізу відомостей про глибини перекатів, В. А. Макаров, виходячи з наведеної вище (§ 5, Оцінка „сигнальної“ глибини в літературі, п. „а“) оцінки цих промірних даних бакенників, з самого початку свого аналізу підкреслив, що він відмовляється від розгляду режиму перекатів і має на увазі лише „корисну для судноплавства глибину“. „За родом прийнятих до розробки матеріалів, — писав він, — пропонуваній графічний огляд стосується лише корисної для судноплавства глибини перекатів, і вживані в дальшому викладі вирази „перекат поглибився“, „дно перекату знизилося“, „перекат промився“ — слід розуміти так, що при порівнянні якихнебудь двох станів перекату було встановлено зведенням до одного горизонту збільшення судноплавної глибини на перекаті“<sup>1)</sup>.

Треба проте відзначити, що, зробивши цілком вірне застереження відносно хиб вихідних матеріалів і умовності розглядуваної ним „глибини“ і „дна“, В. А. Макаров: 1) не проаналізував роль змінності ширини фарватеру; 2) провів копії і ретельні обчислення з точністю до десятих часток процента, хоч це було значно вище точності вихідних матеріалів; 3) збився на шлях надання реального значення своїм висновкам про залежність між горизонтом води і позначкою дна перекату.

Під час обговорення доповіді В. А. Макарова на I з'їзді інженерів-гідротехніків в 1892 р. тільки Флорін зазначив, що неточність вихідних даних могла чимало позначитися на обробках Макарова, але докладного аналізу цих неточностей не дав, і в дебатах на з'їзді думка його не була розвинута.

Лише в 1896 р. на III з'їзді російських діячів по водних шляхах В. Г. Клейбер привернув увагу до цього питання. Він відзначив, що „причини такого явища (зміни на протязі навігації позначки дна перекату, одержаної як різниця між висотою горизонту води на водпосту і глибиною перекату. — А.К.) полягають почасти в дійсних змінах, що відбуваються в руслі ріки — роз-

<sup>1)</sup> В. А. Макаров, О зависимости между стоянием горизонта и глубиною перекатов, Тр. I съезда инж.-гидрот. в 1892 г., с. 553.

миванні і занесенні фарвату, утворенні нових ходів і т. п., почасти ж залежать від дещо особливого характеру обставляння і визначення глибин... Розмежувати вплив цих різноманітних причин за самими записами глибин можна лише в дуже рідких випадках<sup>1)</sup>.

Трохи пізніше (на VI з'їзді тих же діячів в 1899 р.) Клейбер ці свої зауваження скерував безпосередньо на розробки Макарова. Він чітко заявив, що визнане Макаровим явище (підвищення дна перекату з підйманням горизонту води і опускання з зниженням горизонту) „безсумнівно у значній мірі лише позірне: воно залежить від способу обставляння перекатів і визначення глибин, які переслідують лише ближчу практичну мету — намітити фарватер і обзначити ту осадку, на якій судна можуть вільно пройти через перекат“.

„Отже, підвищення лінії дна перекату на графіку (Макарова, — А. К.) при підвищенні горизонту води не слід приймати неодмінно за занесення перекату, бо насправді таке підвищення може бути і позірним, що залежить лише від способу обставляння перекату і показання глибин на ньому“<sup>2)</sup>.

Протягом довгого часу Клейбер був єдиним, хто чітко відзначив потребу особливої обережності при аналізі режиму перекатів за даними бакенників. Аналіз такий провадився не раз, але особливості вихідного матеріалу — промірних бакенницьких даних зовсім ігнорувалися, і одержані характеристики режиму перекатів чи прорізів вважалися цілком реальними, без будь-яких застережень.

Назвемо, наприклад, доповідь К. О. Архіпова на II всесоюзному гідрологічному з'їзді: „Влияние паводков и высоких вод на состояние перекатов“, а також численні оперативні аналізи характеру навігації і наслідків днопоглибних робіт<sup>3)</sup> і, навіть, останні проробки для проекту реконструкції Волги, де на підставі розгляду за даними бакенників ходу глибин на перекатах робилися відповідальні висновки щодо „переломних“ горизонтів, коефіцієнтів корисної дії попуску тощо<sup>4)</sup>.

1) В. Г. Клейбер, О предсказаниях ожидаемой глубины перекатов на р. Волге, Тр. III съезда рус. деят. по вод. путям, ч. I, с. 771.

2) В. Г. Клейбер, Землечерпание и выправление как меры улучшения Волжского транзитного пути. — Пояснения, сс. 6, 7.

3) Селезнев Н., Обзор землечерпания на верхнем плесе р. Волги в навигацию 1908 г., Сб. Каз. окр. п. с., в. I; Романов А. Ф., Отчет по землечерпанию, работам на средней Волге в навигацию 1910 г., Сб. Каз. окр. п. с., в. VI; Арондар Н. Я., Годовой отчет по землечерпанию на среднем Днепре за навигацию 1912 г., Отчет о деятельности Округа за 1912 г. і т. д.

4) В. Милославский, Путевые расчеты реки в свободном бытовом состоянии, „Водный транспорт“, 1935, №№ 3 и 12. Значимо, що в цих статтях за доказ правильності висновків було прийнято погодженість результатів статистичного і графічного аналізу. Між тим така погодженість крім відсутності помилок технічного порядку у процесі обробки даних нічого іншого не доводить і не може довести, бо вихідні матеріали обох цих форм аналізу тотожні і отже тотожними (з однаковими похибками) мусять бути і результати.

Те, що сліпе, без урахування їх хиб, користування даними бакенників для аналізу режиму перекатів триває до цього часу, треба підкреслити тим різкіше, що на це було знову (через 30 років після Клейбера) звернуто увагу при проектуванні в 1927—1928 рр. водної магістралі Волга — Дон. Проектанти спочатку також базували свої розрахунки на даних бакенників, але організувавши власні натурні спостереження перекатів прийшли до висновку про повну хибність попередніх розрахунків: „Графіки, побудовані на основі промірів бакенників, дають невірне і до того ж сильно перебільшене уявлення про величину весняного наміву перекаату“. „На цифри бакенників можна дивитися лише як на вивіски, що вони їх роблять на перекатах, але не як на дані й цифри, які можна покласти в основу серйозного проекту“<sup>1)</sup>.

Отже, в тих (правда, дуже ще рідких) випадках, коли провадилося або перевірку в натурі промірних даних бакенників, або розгляд їх по суді, — їм, як матеріалові для вивчення режиму перекатів, давалося досить негативну оцінку. Зокрема відзначалося, як це виведено нами вище, що в період весняного спадання вони вони створюють невірне уявлення про значний розмив дна перекаату (або, що те ж саме, про намів за попередній період).

## § 7. Можливе використання зведень обставлюваних глибин

Характеристика відомостей служби шляху про щоденні глибини на перекатах, яку ми дали вище в частині як безпосереднього одержання цих даних бакенниками, так і дальшого їх оформлення, примушує нас прийти до таких висновків щодо можливості користуватися цими відомостями для наукового вивчення режиму перекатів взагалі й в даній роботі зокрема:

1) Вивчати режим перекаату за цими відомостями, як правило, можна лише в самих загальних рисах, беручи перекаат в цілому, вже з одної тої причини, що вони (ці відомості) дають хід глибин не на гребені перекаату, а на всій обставлюваній перекаатній дільниці, включаючи кінці плесових лощин. Поскільки така характерна риса обставлювальних відомостей є їх корінною особливістю, яка не залежить від якості роботи бакенника, наш висновок зберігає силу при всіх поліпшеннях справи обставляння.

До цього треба додати, що значним мінусом цих відомостей, як матеріалу для вивчення річного режиму перекатів, є також пропуск самих цікавих і важливих для переформування річища періодів року — зими й весни.

<sup>1)</sup> Материалы правительственной экспертизы, т. I, сс. 300, 305.

При спробі використати обставлювальні відомості для порівняння режиму окремих перекатів у різні роки ми зустріли б додаткові перешкоди, часто непереборні (особливо для давніх років), встановлюючи тотожність перекатів, які мають однакові назви. Меншою мірою такі ускладнення можуть, проте, трапитися і в межах однієї навігації.

Нарешті треба відзначити, що відсутність промірів на протязі зими й весни, порушуючи безперервність даних про глибини перекатів, позначилася б як дефект обзначувальних відомостей і при вивченні на їх основі режиму перекатів за різні роки.

2) Припустимо, що ми б спростили, обмежили завдання аналізу вивченням лише руху глибин на всьому перекаті в цілому, не виділяючи окремих його морфологічних елементів (таке спрощення цілком припустиме для окремих практичних цілей). Але й тоді наш аналіз був би дуже ускладненим, бо на перешкоді стали б інші характерні риси обставлювальних відомостей і в першу чергу — така їх друга корінна особливість, як змінність обставлюваної ширини суднового ходу.

Щоб створити собі на підставі промірних даних бакенників вірне уявлення про поглиблення чи наростання дна перекату, треба внести до цих даних поправки і перш за все, не кажучи вже про більш дрібні, на змінність ширини фарватеру, тобто звести їх до постійної ширини. Без цього ми, як правило, матимемо дуже перекручене уявлення про справжні процеси переформування дна перекату.

Апріорі ми можемо встановити лише знак такої поправки. Величина ж її залежить від місцевих умов — режиму русла, вимог судноплавства, звичок бакенника. Крім того, вона обумовлюється не тільки характером поперечних профілів річища, але й ступенем переформування останнього на протязі навігації і тому далеко не однакова в різні періоди. Як указали наші натурні спостереження, поправка на змінність ширини фарватеру, якщо зводити до середньої його навігаційної ширини, приблизно пропорціональна амплітуді коливань позначки дна (див. приклади в попередньому параграфі). Тому й у тих випадках, коли ця поправка для якогось перекату незначна, нехтувати нею не можна, бо похибка була б того ж порядку, що й досліджувані зміни дна. З тих самих причин ризиковано поширювати поправку, знайдену для одного випадку, на інші, хоч би це стосувалося одного й того ж перекату, але в інший період року чи рік.

Отже потрібні широкі дослідження особливостей промірних даних бакенників на різних ділянках і різних щодо типу, перекатах в різні роки й періоди навігації, щоб розробити певну шкалу поправок стосовно до характерних випадків. При цьому треба не випустити з уваги той факт, що ці поправки повинні змінюватися по роках не тільки в наслідок переформу-

вання перекаату, а й через зміни в самій організації обставляння і у вимогах до нього<sup>1)</sup>). Не можна забувати й того, що ширина суднового ходу на даному перекааті в кожний даний момент залежить не тільки від об'єктивного стану на цьому перекааті й суб'єктивної оцінки цього стану з боку бакенника, але й від стану на інших перекаатах (нагадуємо виступ В. Г. Клейбера, наведений в § 5 на с. 26).

Як бачимо, завдання встановити таку шкалу поправок — дуже складне. Доки воно буде виконане, залишається визначити ці поправки для кожного випадку шляхом спеціальних натурних спостережень, що для масової проробки відомостей про глибини практично неможливо, а в разі проведення їх на окремих перекаатах привело б, просто, до заміни обставлювальних промірів цими спеціальними.

Виходить, що треба відмовитися від використання відомостей про глибини, що їх дають бакенники, навіть, для серйозного всебічного вивчення переформування дна перекаату в цілому й обмежитися ще більш спрощеним вивченням, що його можна провадити, урахувуючи лише знак і порядок величини потрібних поправок.

3) Це вивчення — шляхом аналізу зв'язку горизонтів і глибин — режиму дна перекаату, навіть у тому сприятливому випадку, коли горизонти заміряються на самому перекааті в момент промірів глибин, можна вести на основі промірних відомостей бакенників лише з такими обмеженнями та застереженнями (додаткові ускладнення у випадку користування горизонтами звичайних водомірних постів розглянуто в наступному розділі):

а) Найбільш надійні наслідки можна одержати розглядаючи періоди стояння води, за винятком випадків дуже значних глибин (неточність даних) і дуже малих (маневрування шириною фарватеру).

б) В періоди спадання й підіймання води ми одержуватимемо викривлене уявлення про характер переформування дна: перебільшення розмиву в періоди спадання, перебільшення наміву в періоди підіймання. Це викривлення на Дніпрі буде найменшим при глибинах, що на 40—100 см перевищують нормовану величину їх. Нижня межа цього більш надійного інтер-

<sup>1)</sup> Цікавою ілюстрацією цього висновку є дискусія на VI з'їзді рос. діячів по вод. шляхах в 1899 р. між В. М. Лохтіним і В. Г. Клейбером в зв'язку з доповіддю останнього „Землечерпанне и выправление как меры улучшения Волжского транзитного пути“. Пояснюючи збільшення глибин на більшій частині перекаатів Волги літом 1898 р., порівнюючи з періодом тих же горизонтів літом 1897 р., Лохтін висунув гіпотезу про сприятливий вплив невеликого липневого підіймання води в 1898 р. Проте Клейбер виставив так багато заперечень, основаних на властивостях вихідного матеріалу за „сигнальними“ глибинами (відмовлення від „запасу“, поліпшення всієї справи обзначки в 1898 р.), що гіпотеза Лохтіна повисла у повітрі.

валу глибин виведена нами з натурних спостережень, верхня — визначається максимальною глибиною, що практично цікавить судноплавство в умовах найбільшої осадки суден на Дніпрі в 1,8—2,0 м.

в) Недоцільно, мабуть, аналізувати на цьому матеріалі вплив невисоких межених паводків, бо виявленню ймовірних невеликих розмивів та наливів дна може перешкоджати зміна ширини фарватеру.

г) Не можна випускати з уваги, що точність промірів глибини бакенником не перевищує 5—10 см; тому неприпустимо базувати будьякі висновки на змінах глибин такого порядку.

д) Зіставлення режиму дна в один і той же період за різні роки для окремих перекатів у переважній більшості випадків провадити зайво. В наслідок значного переформування річища весняною повіддю щорічно утворюється новий стан на перекаці, нове співвідношення між шириною й глибиною фарватеру. Одна й та ж глибина при тих самих горизонтах води може відповідати в різні роки різній ширині фарватеру, що, ясно, робить надто ненадійним порівняння цих даних. Крім того, як ми вже зазначали, в різні роки під одними й тими ж назвами можуть фігурувати різні перекаці.

Доведеться задовольнитися лише найзагальнішими висновками з розгляду великих груп перекатів (цілих річкових дільниць), розраховуючи, що тоді зміни в співвідношенні глибини й ширини фарватеру на окремих перекаціях можуть взаємно врівноважитись. До того ж краще порівнювати роки, які значно відрізняються своїм характером, щоб вплив зміни гідрографа домінував би над іншими можливими факторами.

4) Порівняння в межах одного року зв'язку між горизонтами (або витратами) води й глибинами на перекаціях при однаковій величині одного з цих двох компонентів зв'язку можна — та й те з значною обережністю, зокрема найкраще для цілих груп перекатів — провадити лише для зазначеного в п. 3 „б“ інтервалу глибин весняного спаду й осіннього підйому.

Тоді, до речі, ширина фарватеру близька до нормальної, перевищуючи її, за нашими натурними спостереженнями, на 10—20%.

Для аналогічного порівняння зв'язку за різні роки треба встановити ще суворіші обмеження: провадити його тільки для цілих річкових дільниць із значною кількістю перекатів, для періоду весняного спадання і за роки, які значно відрізняються характером весняного гідрографа.

5) Для Дніпра й Десни треба відзначити такі додаткові перешкоди для вивчення режиму перекатів на основі відомостей групи обстанови:

а) Плутанину в назвах перекатів, яку не усунено й досі на Десні й на Дніпрі вище Лоева (де до цього приєднується від-

сутність диференціації перекатів і подання відомостей по групах Іх), але частково можна зустріти й нижче Лоева, поскільки при перенесенні суднового ходу по іншому напрямку іноді переносяться на нові перекази назви старих.

б) Відсутність твердо встановленого часу для промірів глибин бакенниками або недодержання його ними, що, проте, як ми побачимо далі в § 9, ускладнює аналіз режиму дна лише в періоди швидкої (більше 20 см на добу) зміни горизонтів.

в) Знищення всіх відомостей про глибини до 1925 року, а по Десні навіть до 1928 р.; в решту ж років наявність значних дефектів у відомостях, особливо на Дніпрі вище Лоева і на Десні вище Новгород-Сіверського.

г) Незадовільність обставлювальних відомостей по верховим ділянцям Дніпра (вище Лоева і особливо вище гирла Березини) й Десні (вище Новгород-Сіверського й особливо вище Трубчевська), в наслідок відсутності на цих ділянцях нормованих глибин, недостатності контролю й нерегулярності промірів.

Дефекти матеріалів по Верхньому Дніпру дуже наочно ствердилися, коли ми спробували для кількох переказів цього району побудувати графіки зв'язку горизонтів і глибин, обравши при цьому для більшої точності (щоб послабити роль  $x_n$ ) перекази, розташовані біля водпоствів. Як показує наведений на рис. 4 для ілюстрації графік зв'язку глибин переказу „Рогачов“ з горизонтами Рогачовського водпоста, криві зв'язку вийшли надзвичайно заплутаними.

б) Підсумовуючи, ми можемо констатувати, що:

а) Відомості групи обстанови про глибини переказів дуже малою мірою можуть бути використані для наукової проробки питань режиму останніх. Особливо обмежена можливість зіставляти на їх основі режим переказів за різні роки.

б) Така оцінка цих відомостей впливає з низки серйозних їх недоліків, які можна поділити на дві основні категорії: I — корінні недоліки, властиві обставлювальним промірам через їх призначення; II — недоліки тимчасові, що можуть бути усунені й фактично усуваються з поліпшенням самої справи обставлювання, але для минулих років уже непоправні.

в) Недоліки першої категорії — замір глибини на переказі в цілому, а не на гребені; змінність ширини фарватеру; суб'єктивність самої оцінки бакенником напряму фарватеру й його глибини; недостатня точність промірів і наявність великих „запасів“ при високій воді й на глибоких переказах — є вирішними з погляду тих вимог, які ми ставимо до цих відомостей, як матеріалу для вивчення режиму переказу.

г) Тому, коли б недоліки другої категорії й було усунено, то й тоді зазначене використання відомостей про глибини залишалось б дуже обмеженим, і могло бути розширене лише при одночасному додержанні таких двох умов: 1) при масовій обробці, що приводить до взаємного перекриття особливостей



у методах роботи окремих бакенників; 2) при наявності достатньої кількості паралельних їх промірам натурних спостережень, які дозволяли б корегувати їх дані.

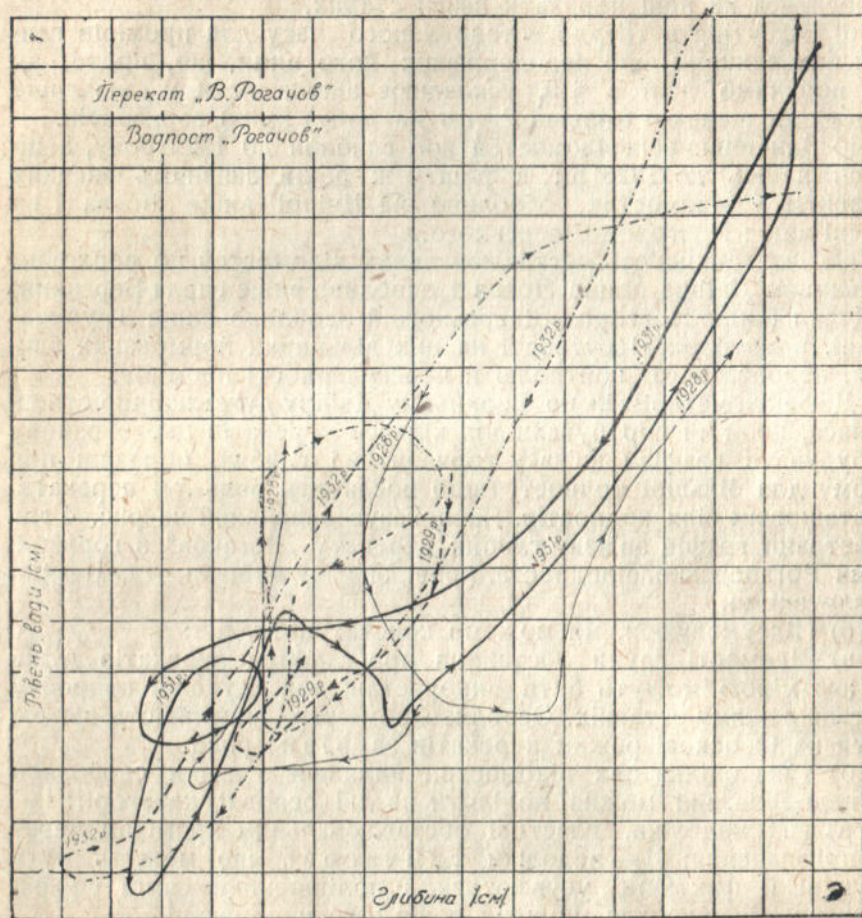


Рис. 4

## РОЗДІЛ II

### УТРУДНЕНІСТЬ АНАЛІЗУ РЕЖИМУ ПЕРЕКАТІВ ПРИ ВІДСУТНОСТІ НА НИХ ВОДПОСТІВ

#### § 8. Особливості користування відомостями звичайних водпостів про горизонти води

В § 6 ми розглянули наскільки ускладнюється, а то й унеможливується, правильна оцінка переформування дна перекаату на підставі аналізу зв'язку між горизонтами та глибинами, якщо доводиться відомості про глибини брати з промірних даних бакенників. Щоб виділити, як впливають на характер зв'язку саме особливості цих даних, ми навмисно взяли тоді для розгляду такий випадок, коли горизонти замірюються на самому перекааті в момент промірів глибин.

Але на практиці такі спеціальні спостереження за горизонтами води, підпорядковані інтересам вивчення перекаатів, бувають надзвичайно рідко. Навіть так, щоб на самому перекааті був звичайний, який працює без погодження з роботою бакенника, водомірний пост гідрометричної сітки, трапляється дуже рідко. Перш за все, водпостів у багато разів менше, ніж перекаатів. Подруге, далеко не кожний водпост розташовано в межах якогось перекаату. На Середньому Дніпрі й Десні, скажімо, можна назвати всього кілька таких випадків: водпост „Лоев“ — перекаат Лоевський, водпост „Глібовка“ — перекаат „Глібовка II“, водпост „Новгород-Сіверський“ — перекаат „Баня“, водпост „Вишеньки“, — перекаат „Вишеньки“, водпост „Летки“ — перекаат „Летки II“ та ще кілька водпостів, від яких до ближчого перекаату 0,5—1,0 км (Домантово, Вітачів, Бужин, Редути, Верхнедніпровськ, Брянськ, Трубчевськ, Разльоти). Отже, нормальним випадком при встановленні зв'язку між глибинами на перекааті і горизонтами води треба вважати, за умов відсутності спеціальних спостережень, той, коли горизонти доводиться брати за даними звичайного водпоста, який до того ж не є на перекааті й часто досить віддалений від нього.

Цікавою ілюстрацією того, наскільки може змінитися характер цього зв'язку при користуванні горизонтами віддаленого водпоста з іншим режимом стоку, служать вміщені на рисунках 5—8 графіки зв'язку горизонтів і глибин за 1931 і 1932 рр. двох перекаатів Десни. Для кожного з них криві зв'язку побудовано

в двох варіантах: за горизонтами найближчого до них, і територіально, і за площею водозбору, низового водпоста і за горизонтами верхового водпоста. Для перекату „Дудкін“ це були водпости „Макошино“ і „Вишеньки“, для перекату „Сичов“ — „Чернігів“ і „Макошино“. Вище кожного з розглядуваних перекатів Десна приймає значну притоку (Сейм — вище перекату „Дудкін“ і Снов — вище перекату „Сичов“), впливу якої на перебіг рівнів Десни відповідний верховий водпост не відбиває.

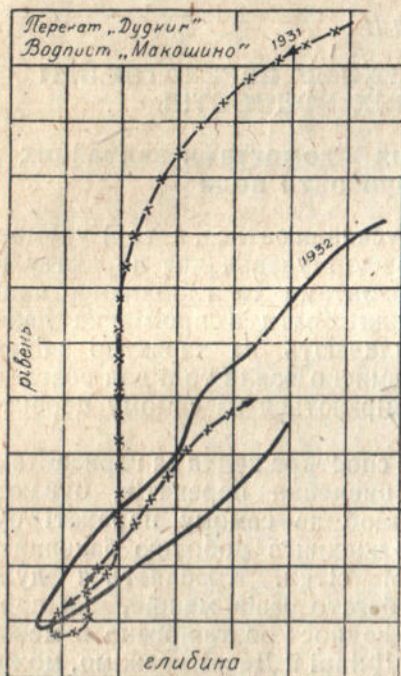


Рис. 5

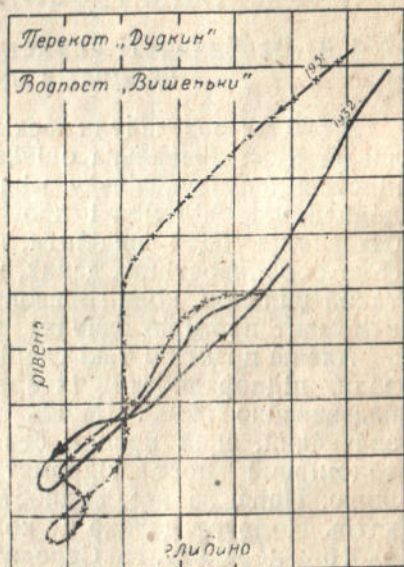


Рис. 6

При порівнянні попарно цих графіків виявляється різниця між ними. Так, для перекату „Дудкін“ виходить по водпосту „Вишеньки“, що певна глибина була весною й осінню 1932 р. при одному й тому ж горизонті води (50 см), тобто, що „дно“ перекату після переформувань меженного періоду прийняло попередню позначку. Між тим порівняння з горизонтами води по водпосту „Макошино“ вказує на те, що ця ж глибина восени була при горизонті води на 26 см, нижчому, ніж весною, тобто, що „дно“ перекату за межений період „розмілося“. Можна далі відзначити, що за даними водпоста „Вишеньки“ весною 1932 р. перекат „Дудкін“ був при тих же горизонтах глибше, ніж восени 1931 р. За даними ж водпоста „Макошино“ маємо зворотну картину. Для перекату „Сичов“, наприклад, маємо зовсім різні величини параметра „b“ в період весняного

спадання 1931 р., особливо для початку кривої зв'язку: по водпосту Чернігів  $b=1,0$ , по водпосту Макошино  $b=1,3$ .

Обмежимося покищо безперечним висновком про те, що хід горизонтів у двох різних пунктах ріки може бути настільки відмінним, що аналіз режиму дна перекату на їх основі може привести до зовсім різних (з чималою числовою різницею) висновків.

Перейдемо до детального розгляду наслідків користування—під час аналізу режиму перекату за зв'язком між глибинами і горизонтами води—даними звичайного (тобто такого, що працює незалежно від промірів глибин) водпоста, розташованого не на перекаті.

Перш за все зазначимо, що самі відомості водпоста ми під час цього розгляду вважатимемо цілком надійними, такими, що повністю відповідають фактичному перебігові горизонтів ріки біля водпоста. Точність самого відрахування рівнів во-

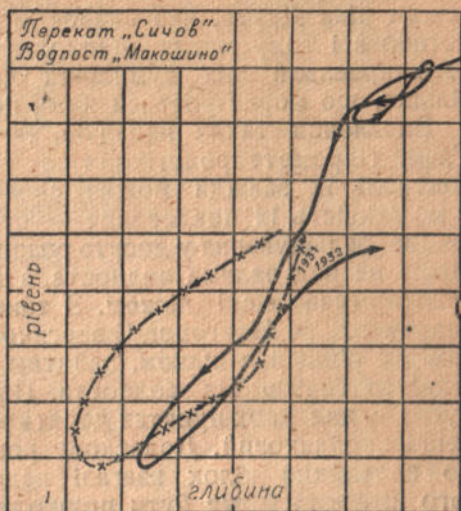


Рис. 7

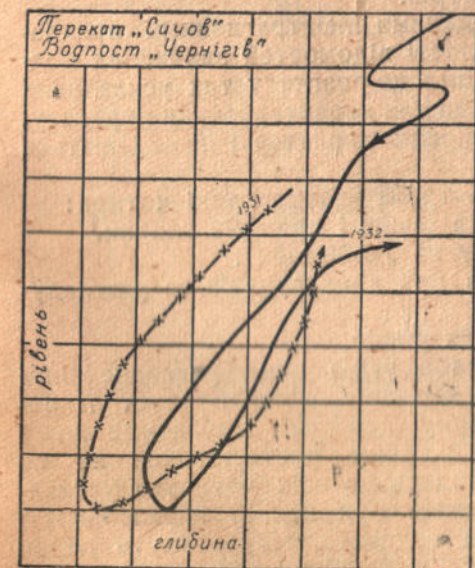


Рис. 8

домірним спостерігачем з надміром задовольняє вимоги нашого аналізу, бо вона звичайно в 5 разів вище точності промірів глибин бакенником.

Правда, можуть трапитись помилки, іноді, навіть, несумлінність в роботі водомірівників. Так, наприклад, нами було виявлено випадок надсилання зовсім невірних відомостей по водпосту „Річиця“ протягом майже всієї навігації 1931 р.— з 11 червня по 1 листопада. Межі цього періоду фальшивих відомостей встановлено шляхом порівняння спеціально побудованих паралельних графіків ходу рівнів, починаючи з осені 1929 р. за даними водпоста „Річиця“ і водпоста „Холмеч“, який розташований недалеко від Річиці і має

майже ту саму водозбірну площу. Виправлення даних про горизонти по Річиці було виконано за допомогою графіка відповідних рівнів цих двох водопостів. Крім того було виявлено перебільшеність високих весняних рівнів у 1925 і 1929 роках по Рогачовському водпосту. Через відсутність відомостей про режим ріки Друть, яка впадає в Дніпро безпосередньо нижче Рогачова і тому могла підпірати своїми водами водпост, ми не виправляли цих сумнівних даних про весняні рівні, тим більше, що користуватися ними не довелося.

Виявлення таких випадків, загалом кажучи, лежить на обов'язку гідрометеорологічних служб. При належно поставленому контролі їх завжди можна своєчасно помітити і виправити, а можливість їх повторення — усунути. Значно важче виявити дрібне фальшування у досить розповсюдженій формі замірювання рівнів не над палями водпоста, а над забитим у зручнішому для спостерігача місці кілком. З такою практикою ми зустрілися, наприклад, на Новгород-Сіверському водпосту, робітник якого заміряв рівні над кілком, забитим проти його будинка, на 1 км вище за течією від водпоста. Поскілки характер меженого русла в цих двох пунктах досить різний, то й хід рівнів води буде дещо неоднаковий. Додаткові розходження можливі через те, що звичайний кілок взагалі ненадійна база для вимірів і до того ж легко може бути пошкоджений, „збитий“.

Спеціальними періодичними перевірками роботи водпоста та контрольними замірами рівнів можна виявити і такі більш часті неподобства. До того ж відхилення, в наслідок такого вимірювання, від дійсних показів водпоста бувають, звичайно, порядку всього кількох сантиметрів.

Тому, ми обмежуємося наведеними ілюстративними прикладами і більше на питаннях точності відомостей звичайних водпостів не зупиняємося. Переходимо до розгляду тих ускладнень від користування цими відомостями для характеристики перекаату, які мають більш-менш закономірний характер і не піддаються усуненню.

Основними з цих ускладнень треба вважати такі чотири:

- 1) Розходження в часі замірів рівнів і промірів глибин.
- 2) Потреба вводити поправку на „добігання“.
- 3) Різниця в амплітуді рівнів цих двох пунктів за розглядуваний період.
- 4) Порушення відповідності їх рівнів.

Не завжди треба рахуватися з усіма цими ускладненнями разом. Для тих дуже рідких випадків, коли водпост гідрометслужби знаходиться на самому перекааті, існуватиме лише перше ускладнення. Якщо ж водпост розташований не на перекааті, то це, звичайно, приводить до всіх чотирьох ускладнень разом. В усякому разі, навіть при повній паралельності ходу рівнів на перекааті і біля водпоста, існуватимуть перші два ускладнення. При відсутності ж такої паралельності, до цих

двох ускладнень приєднується або третє або четверте ускладнення, або обидва вони разом. Якщо ці ускладнення не порушуватимуть точності нашого аналізу, ними можна нехтувати. Поскілки проміри бакенників мають точність не вище  $\pm 2,5$  см, а часто не вище  $\pm 5$  см, то ми можемо припустити таку ж точність і для даних про рівні, особливо коли відхилення бувають різного знака і, отже, при обробці значної кількості даних взаємно врівноважуються. Прийняття такого припущення дозволяє нам нехтувати розходженнями менше 5 см між рівнями води біля водпоста й на перекаті.

## § 9. Ускладнення, зв'язані з величиною добової амплітуди горизонтів води

Розходження в часі промірювання глибини і замірювання рівнів

Бакенник промірює глибини іноді (але не завжди і не кожний з них, що не дозволяє урахувати вплив цього фактора в кожному конкретному випадку) надвечір, перед запалюванням обставлювальних ліхтарів. Рівні ж на водпостах заміряються о 8 год. ранку<sup>1)</sup>. Максимальне розходження в часі для цих двох операцій може дійти до півдоби. Відповідно до цього приймемо максимальне розходження висоти горизонтів для цих двох моментів рівним половині добової амплітуди. Для періодів нерівномірного ходу горизонтів води — це не зовсім так, але визначати величину максимального розходження точніше — немає жодної рації. Мінімальне розходження, рівне нулеві, буде тоді, коли бакенник проміряє глибину на перекаті о 8 годині ранку.

Позначімо величину добової амплітуди рівнів у день промірів глибини через  $a$ , висоту заміреного зранку на водпосту рівня — через  $h$ , а висоту рівня на перекаті в момент промірів того ж дня глибини — через  $H$ . Тоді різниця цих рівнів  $y$

$$h - H = y \quad (14)$$

виразиться рівнянням (15):

$$y = na, \quad (15)$$

де  $n$  є в межах від 0 до 0,5:

$$0 \leq n \leq 0,5, \quad (16)$$

величина ж  $a$  визначається одною з умов (17 — 19):

$$\text{в день стояння рівнів} \dots \dots a = 0 \quad (17)$$

$$\text{„ „ спадання „} \dots \dots a > 0 \quad (18)$$

$$\text{„ „ підймання „} \dots \dots a < 0 \quad (19)$$

<sup>1)</sup> Під час весняної повіді ведуться додаткові, „термінові“ спостереження вдень і увечері, але вони у зведених відомостях про рівні не фігурують і використовуються лише для спеціальних проробок.



для першого дня:

$$h_1 - H_1 = y_1 \quad (23)$$

$$y_1 = n_1 a_1 \quad (24)$$

і для останнього:

$$h_2 - H_2 = y_2 \quad (25)$$

$$y_2 = n_2 a_2 \quad (26)$$

при чому величини  $n_1$  та  $n_2$ ,  $a_1$  та  $a_2$  визначатимуться умовами (16—19).

З рівнянь (23) і (24) маємо:

$$H_1 = h_1 - y_1 = h_1 - n_1 a_1 \quad (27)$$

із рівнянь (25) і (26) маємо:

$$H_2 = h_2 - y_2 = h_2 - n_2 a_2 \quad (28)$$

Підставляючи в рівняння (22) значення  $H_1$  та  $H_2$  з рівнянь (27) і (28), одержуємо остаточний вираз для  $x'_n$ :

$$\begin{aligned} x'_n &= (h_1 - h_2) - (h_1 - n_1 a_1 - h_2 + n_2 a_2) = \\ &= (h_1 - h_2) - (h_1 - h_2) + n_1 a_2 - n_2 a_2 = \\ &= n_1 a_2 - n_2 a_2 \end{aligned} \quad (29)$$

В тих випадках, коли  $x'_n \neq 0$ , величина  $d$  може служити точним показником зміни позначки дна перекаату лише в разі вправлення її на величину  $x'_n$ . Визначити ж останню можна лише тоді, коли відомий час промірів глибин бакенником і завдяки цьому величина коефіцієнта  $n$ .

Розглянемо тепер, які значення може мати  $x'_n$  і як неможливість виключити роль його внесенням відповідної поправки позначиться на величині  $d$ . Поскільки значення  $n_1$  та  $n_2$  нам, звичайно, не відомі, доведеться в основу розгляду покласти величини  $a_1$  та  $a_2$ . Тут можливі такі три основні випадки:

I.  $a_1 = a_2 = 0$

II.  $a_1 > 0, a_2 > 0$

III.  $a_1 < 0, a_2 < 0$

I випадок

$$a_1 = a_2 = 0.$$

Тоді:

$$x'_n = 0 \quad (30)$$

$$d = D \quad (31)$$

Це є випадок стояння рівнів у перший та останній дні розглядуваного інтервалу часу, що може бути не тільки тоді, коли весь він припадає на період стояння рівнів, а іноді й в окремі



моменти періодів спадання чи підймання води, якщо трапляються „площинки“ рівнів.

Як бачимо, в такому випадку величина  $d$  є точним показником зміни позначки дна перекату.

## II випадок

$$\underline{a_1 > 0, a_2 > 0}$$

Тоді, при  $n_1 = 0$  і  $n_2 = 0,5$ ,  $x'_n$  досягає мінімуму, а  $d$  — максимуму:

$$\min x'_n = -0,5 a_2 \quad (32)$$

$$\max d = D + 0,5 a_2, \quad (33)$$

а при  $n_2 = 0$  і  $n_1 = 0,5$ ,  $x'_n$  досягає максимуму, а  $d$  — мінімуму:

$$\max x'_n = 0,5 a_1 \quad (34)$$

$$\min d = D - 0,5 a_1 \quad (35)$$

Це є випадок зниження рівнів в обидва дні, що звичайно буває в період спадання, хоч іноді може трапитися і в інші періоди.

Як бачимо, в такому випадку треба вносити поправку від  $-0,5 a_2$  до  $+0,5 a_1$ , без чого величина  $d$  не може служити точним показником зміни позначки дна перекату, а саме:

а)  $d = 0$  ще не свідчатиме про стабільність дна перекату, бо в дійсності тут може бути й розмив на глибину до  $0,5 a_2$  і налив висотою до  $0,5 a_1$ ; б) якщо  $d$  буде одержано в межах від  $-0,5 a_1$  до  $+0,5 a_2$ , то це ще не буде доказом ні розмиву, ні наливу дна перекату і останнє в дійсності могло бути стабільним; в) у випадку розмиву дна  $d$  може показати його з перебільшенням на величину від 0 до  $0,5 a_1$ , або з зменшенням на величину від 0 до  $0,5 a_2$ ; г) у випадку наливу дна  $d$  може показати його з перебільшенням на величину від 0 до  $0,5 a_2$  або з зменшенням на величину від 0 до  $0,5 a_1$ .

Розглянемо деякі практично цікаві варіанти цього II основного випадку. Припустимо, що бакенник проміряє кожного дня глибини в один і той же час. Це дуже ймовірно, поскільки розглядувані нами інтервали не довготривалі й нема підстав чекати на їх протязі змін у розпорядку роботи бакенника. Отже маємо додаткову умову:

$$n_1 = n_2 = n,$$

тоді

$$x'_n = n(a_1 - a_2) \quad (36)$$

В залежності від співвідношення  $a_1$  і  $a_2$  тут можливі такі варіанти:

а)  $\underline{a_1 = a_2 = a,}$

тобто добові амплітуди рівнів на початку й наприкінці розглядуваного періоду — однакові. Тоді

$$x'_n = 0 \quad (30)$$

$$d = D \quad (31)$$

Виходить, що при цьому варіанті II основного випадку, як і в I основному випадку, величина  $d$  є точним показником зміни позначки дна перекаату.

б) 
$$a_1 > a_2,$$

що є звичайним явищем для II половини весняного спадання, коли воно поступово сповільнюється. Тоді

$$x'_n \geq 0$$

$$d \leq D$$

При  $n = 0$  маємо  $\min x'_n = 0$  (37)

і відповідно  $\max d = D$ . (38)

При  $n = 0,5$  маємо  $\max x'_n = 0,5(a_1 - a_2)$  (39)

і відповідно  $\min d = D - 0,5(a_1 - a_2)$  (40)

Виходить, що в таких умовах  $d$  без поправки може сигналізувати, загалом кажучи, про більший розмив, ніж є справді.

в) 
$$a < a_2,$$

що буває звичайно, коли спадання рівнів прискорюється. Тоді

$$x'_n \leq 0$$

$$d \geq D$$

При  $n = 0,5$  маємо  $\min x'_n = 0,5(a_1 - a_2)$ , (41)

і відповідно  $\max d = D - 0,5(a_1 - a_2)$ . (42)

При  $n = 0$  маємо  $\max x'_n = 0$  (43)

і відповідно  $\min d = D$  (44)

Виходить, що в таких умовах  $d$  без поправки може сигналізувати про більший налив, ніж є справді.

III випадок

$$a_1 < 0, a_2 < 0$$

Тоді, при  $n_2 = 0$  і  $n_1 = 0,5$ ,  $x'_n$  досягає мінімуму, а  $d$  — максимуму

$$\min x'_n = 0,5 a_1 \quad (45)$$

$$\max d = D - 0,5 a_1, \quad (46)$$

а при  $n_1=0$  і  $n_2=0,5$ ,  $x'_n$  досягає максимуму, а  $d$  мінімуму

$$\max x'_n = -0,5 a_2 \quad (47)$$

$$\min d = D + 0,5 a_2. \quad (48)$$

Це є випадок зростання рівнів в обидва дні (від'ємні амплітуди, як ми домовилися в § 3), що звичайно буває в період підймання води, хоч іноді може трапитися і в інші періоди.

Як бачимо, в такому випадку теж треба вносити поправку від  $+0,5a_1$ , до  $-0,5a_2$ , без чого величина  $d$  не може служити точним показником зміни позначки дна перекату.

Обмежуємося цією констатацією і не будемо провадити докладний аналіз різних варіантів цього III випадку, оскільки і сам аналіз і висновки з нього цілком аналогічні наведеному вище для II варіанту.

Підсумовуючи наслідки всього розгляду, констатуємо, що в разі виконання промірів глибин після замірювання рівнів—величина  $d$  показуватиме зміну позначки дна перекату в такий спосіб:

а) точно: 1) коли добові амплітуди рівнів у перший та останній дні розглядуваного інтервалу часу дорівнюють нулеві (стояння рівнів); 2) коли амплітуда рівнів і час промірювання глибин в обидва дні однакові;

б) перебільшуючи розмив на величину  $x'_n \leq 0,5(a_1 - a_2)$ , коли амплітуда рівнів останнього дня менша, ніж першого (сповільнення спадання або прискорення підймання), а час промірювання глибин однаковий;

в) перебільшуючи намив на величину  $x'_n \leq 0,5(a_1 - a_2)$ , коли амплітуда рівнів останнього дня більша, ніж першого (прискорення спадання або сповільнення підймання), а час промірювання глибин однаковий.

г) неточно (з можливим відхиленням в обидва боки на величину  $x'_n = 0,5a$ )—в решті випадків.

II. Розгляд величини  $b$ . Залежність величини  $b$  від особливостей даних про рівні визначається величиною  $x_n$  в рівнянні (9') § 7:

$$b = \frac{A_p + x_p}{A_n + x_n} \quad (9')$$

У випадку, коли  $x_p = 0$

$$b = \frac{A_p}{A_n + x_n} \quad (49)$$

Величина ж  $B$ , яка характеризує напрям і інтенсивність зміни позначки дна перекату, визначається рівнянням (2'):

$$B = \frac{A_p}{A_n} \quad (2')$$

Отже виходить, що

$$\frac{b}{B} = \frac{A_n}{A_n + x'_n} \quad (50)$$

або, після заміни за допомогою рівняння (8) невідомої нам  $A_n$  через відому  $a_n$ ,

$$\frac{b}{B} = \frac{a_n - x'_n}{a_n} = 1 - \frac{x'_n}{a_n} \quad (50')$$

Тут

$$x'_n = n_1 a_1 - n_2 a_2 \quad (29)$$

$a_n$  — амплітуда рівнів біля водпоста за розглядуваний період.

Докладного розгляду значень, які має в різних випадках відношення  $\frac{x'_n}{A_n}$ , що характеризує відхилення  $b$  від  $B$ , — ми провадити не будемо. Цілком очевидно, що висновки мусять бути аналогічними зробленим вище при розгляді відхилень  $d$  від  $D$ .

Зазначімо лише, що значення  $\frac{x'_n}{a_n}$  лежать в межах від  $\frac{a_1}{2a_n}$  до  $-\frac{a_2}{2a_n}$ , тобто, що величина його залежить від величини не тільки добової амплітуди рівнів, але й амплітуди рівнів за весь розглядуваний період.

*III. Порівняння стану глибин при одному й тому ж рівні води (або витрати).* Порівнюючи стан глибин у різні періоди при однакових рівнях, ми вибираємо такі дати, коли

$$h_1 = h_2, \quad (51)$$

і приймаємо, що на переказі горизонти води теж однакові. Якщо б це було так, то різниця в глибині переказу свідчила б про зміну позначки дна. В дійсності, як видно з рівнянь (27) і (28), умови (51) недосить. Між величинами горизонтів  $H_1$  і  $H_2$  може бути розходження, яке визначатиметься рівнянням (52)

$$H_1 - H_2 = h_1 - h_2 - n_1 a_1 + n_2 a_2 \quad (52)$$

або, оскільки  $h_1 = h_2$ , рівнянням (51')

$$H_1 - H_2 = n_2 a_2 - n_1 a_1 \quad (52')$$

Як і слід було чекати, розходження дорівнює (див. форм. 29) величині  $(-x_n)$ .

Отже, визначаючи зміну позначки дна переказу в такий спосіб, ми можемо помилитися на стільки ж, на скільки й при користуванні величиною  $d$ .

Але цього ще недосить, щоб всі висновки щодо наслідків вживання даних про ранішні рівні водостів, до яких (висновків) ми прийшли вище, розглядаючи величину  $d$ , поширити й на дану форму аналізу зв'язку рівнів і глибин. Треба зауважити, що вона може застосовуватися в інших випадках, ніж аналіз величин  $d$  чи  $b$  (скажімо, — для порівняння глибин на спаді з глибинами на підйомі). До того ж порівнювані дати, звичайно, розділяються досить довгими інтервалами часу, іноді роками, а тому тут ми маємо менше підстав припускати, що бакенники замірювали глибини в один і той же час в усі порівнювані дати.

Отже, оцінюючи величину розходження ( $H_1 - H_2$ ) ми віділимо такі три основні випадки:

I. Обидві порівнювані дати обрано на спаді або на підйомі рівнів, тобто їх добові амплітуди мають однаковий знак.

II. Порівнюється дата періоду спадання з періодом підйомання води і, отже, їх добові амплітуди є різного знака.

III. Обидві порівнювані дати обрано в моменти стояння рівнів і, отже, їх добові амплітуди дорівнюють нулеві.

Очевидно, що в I випадку розходження, згідно з (32), (34) або (44), (46), може досягти величини

$$H_1 - H_2 = \pm 0,5a, \quad (53)$$

якщо бакенник в один із порівнюваних днів проміряв глибину ранком, а в другий — увечері. Очевидно, також, що в II випадку розходження може досягти величини

$$H_1 - H_2 = \pm 0,5(|a_1| \pm |a_2|), \quad (54)$$

якщо бакенник в обидва порівнювані дні проміряв глибину увечері. Очевидно, нарешті, що в III випадку розходження дорівнює нулеві:

$$H_1 - H_2 = 0 \quad (55)$$

Звідси виходить, що, коли різниця в глибині перекату у порівнювані дати не перевищує  $0,5a$  для першого випадку і  $0,5(|a_1| + |a_2|)$  — для другого, то вона не може вважатися доказом різної висоти дна перекату в ці дати. Так само відсутність різниці глибин в обох випадках ще не буде доказом однакової висоти дна, а свідчитиме лише про те, що різниця в висоті дна не перевищує величини, визначеної рівнянням (53) для першого випадку і рівнянням (54) для другого. Аналіз буде цілком точним лише в III випадку, але практично точність може бути досягнута й у перших двох випадках, якщо добові амплітуди горизонтів води у порівнювані дні не перевищуватимуть  $10 \text{ см}$  для I випадку і  $5 \text{ см}$  — для II випадку.

Всі ці висновки повністю стосуються й точності порівняння стану глибин при однаковій витраті води, бо до витрат ми переходимо від рівнів же, через криву витрат. З другого боку,

до аналогічних висновків ми прийшли б, коли розглядали б точність зворотної форми—порівнювання стану рівнів (або виграт) при однаковому стані глибин.

### Поправки на „добігання“

При відсутності, як це звичайно буває, водпоста на перекаці доводиться аналізувати дані про глибини, користуючись рівнями, що їх заміряно на ближчому водпосту. Залишаючи для спеціального розгляду в наступному параграфі питання про можливе розходження перебігу рівнів у цих двох пунктах зупинимось зараз на потребі урахувувати час пробігу води між ними.

Підйоми й спади рівнів у річці настають не одночасно по всій її довжині, а пересуваються вздовж неї як хвилі. Тому, „переносячи“ рівні, замірені біля водпоста, на перекаці, треба

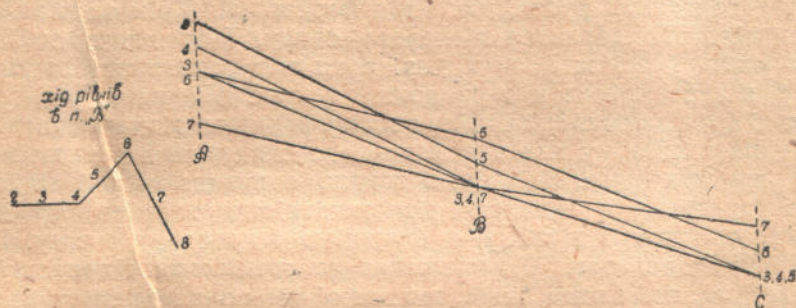


Рис. 9.

вводити поправку на час пробігу води й зв'язувати глибини перекаці з рівнями біля водпоста або за дещо попередній час, якщо водомірний пост знаходиться вище, проти течії від перекаці, або за наступний час, якщо водпост знаходиться нижче, за течією.

Проілюструємо це таким схематичним прикладом. Нехай у пункті *B* на річці розташовано водпост, а в пунктах *A* і *C*—вище й нижче від водпоста—є перекаці. Припустимо, що хід рівнів для всіх трьох пунктів цілком тотожний і що час пробігу будьякої фази паводка по дільницях *A—B* і *B—C* дорівнює одній добі. При таких умовах крива коливання рівнів водпоста *B* повторюватиметься у пункті *A* з випередженням на одну добу, а в пункті *C* з запізненням на одну добу. Розглянемо тепер перебіг рівнів на перекаці *A* і *C* під час проходження річкою якогось паводка, що викликав на водпосту *B* 3—8 числа після тривалого стояння рівнів підйому та спаду, зазначену на рис. 9. Заданою лінією 3—3—3 миттєвого горизонту води між *A* і *C* ранком 3-го числа і встановимо положення цього горизонту в наступні дні 4—4—4, 5—5—5 і т. д. В пункті *A*

підйом рівнів почнеться 3-го, досягне максимуму 5-го, а в пункті *C* підйом буде з 5-го по 7-ме. Отже, глибини перекату *A*, промірені, скажімо, 5-го і 6-го під час спадання горизонтів, треба зв'язувати з рівнями водпоста *B* не за 5-те і 6-те, а за 6-те і 7-ме, тобто на добу пізніше. І, навпаки, глибини перекату *C*, замірені, скажімо, 4-го і 5-го під час стояння горизонтів, треба зв'язувати з рівнями водпоста *B* за 3 і 4, тобто за добу раніше. Такі рівні звичайно звать відповідними<sup>1)</sup>. Отже, введення поправки на „добігання“ у даному випадку потрібно для того, щоб взяти на водпосту рівень, відповідний рівневі на перекаат в момент промірів глибини.

Величина поправки на добігання залежить від швидкості пробігу відповідної фази хвилі, що пересувається на річці, та від віддалі між водпостом і перекаатом. Швидкість же пробігу (її не слід плутати з швидкістю течії) в свою чергу залежить як від характеру русла, так і від фази хвилі. Крім того велику роль відіграє характер місцевого стоку. Тому швидкість пробігу одної й тої ж фази в різні роки або різні періоди одного року може варіювати в широких межах. Як показують спеціальні дослідження<sup>2)</sup>, терміни пробігу найменш відхиляються від середніх значень у періоди весняного спаду, за винятком нижньої частини його. Весняні, а також, очевидно, осінні підйоми характеризуються значною різноманітністю термінів пробігу. Отже, швидкість пробігу є функцією і простору, і часу. Відсилаючи за деталями її визначення до спеціальної гідрологічної літератури, зазначимо лише, що для обчислення швидкості цього пробігу по якійсь річковій дільниці треба зіставляти дані про хід рівнів на її межах. Тому для віддалі між водпостом і перекаатом, для якого немає відомостей про хід рівнів, швидкість пробігу безпосередньо визначити не можна. Доводиться обчислити середню величину її для всієї дільниці ріки до ближчого водпоста і приймати цю величину для кожного інтервалу між водпостом і окремими перекаатами. Безперечно, при цьому ми одержимо не зовсім точні результати, особливо, якщо дільниця між розглядуваними водпостами велика, а умови протікання по ній потоку — дуже різноманітні. Крім того неточним є саме обчислення середньої для дільниці швидкості пробігу лаводкової хвилі на основі зіставлення рівнів, що замірюються лише один раз на добу.

Наслідком недостатньої точності „поправки на добігання“ буде те, що ми візьмемо горизонти води біля водпоста, які не відповідатимуть горизонтам на перекааті в момент промірів глибин його. Якщо припустити, що діє лише одне це ускладнення від користування рівнями звичайного водпоста, а решта

<sup>1)</sup> Л. Г. Квицинський називав їх „спраженими“ (Тр. III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. I, с. 285).

<sup>2)</sup> А. В. Огиевский, О соответственных уровнях и их использовании, сс. 200, 207—208.

три, перелічені в § 8 (I, III, IV), відсутні, то різниця  $y$  між потрібним нам горизонтом води  $H$  і взятим  $h$

$$y = h - H \quad (56)$$

дорівнюватиме амплітуді горизонтів води на водпосту за той відрізок часу, на який ми помилилися, визначаючи поправку на добігання. У більшості випадків при достатньо густій мережі водпостів поправка на добігання може бути визначена з точністю до півдобы, отже

$$y = na, \quad (57)$$

де  $a$  — добова амплітуда рівнів, а  $n$  лежить в межах від  $-0,5$  до  $+0,5$ :

$$-0,5 \leq n \leq +0,5 \quad (58)$$

Як бачимо, рівняння (56—58) аналогічні рівнянням (14—16), складеним для випадку розходження в часі промірювання глибин і замірювання горизонтів, але де в чому відрізняються від них. Різниця полягає перш за все в тому, що у розглядуваному зараз випадку  $n$  може бути від'ємною величиною. Інше значення має й  $a$ : це добова амплітуда горизонтів не в день промірів глибини, а в день замірювань горизонтів (якщо  $n > 0$ ), чи в попередній день (якщо  $n < 0$ ).

Відповідно до цих відмін, неточність поправки на добігання трохи інакше відіб'ється на аналізі режиму дна перекату за зв'язком рівнів і глибин, ніж розглянуте вище розходження в часі промірювання глибин і замірювання горизонтів води. Більшість сказаного нами відносно цього останнього випадку залишається в силі (тому ми всіх виводів тут не повторюємо). Тим же самим рівнянням (29) виразиться й величина  $x_n$ , яка характеризує залежність наслідків аналізу режиму дна перекату від особливостей даних про рівні (надамо їй індекс''):

$$x_n'' = n_1 a_1 - n_2 a_2 \quad (29)$$

Але ті конкретні значення, яких може набути  $x_n''$ , будуть тепер іншими. Перш за все, очевидно, що крайні значення  $x_n''$  при всіх значеннях  $a_1$  та  $a_2$  визначатимуться рівнянням (59):

$$x_n'' = \pm 0,5 (|a_1| + |a_2|) \quad (59)$$

Взагалі кажучи, нулеві  $x_n''$  може бути рівним при виконанні будьякої з таких 5 умов:

$$\begin{aligned} n_1 a_1 &= n_2 a_2 \dots \dots \text{I} \\ a_1 &= a_2 = 0 \dots \dots \text{II} \\ n_1 &= n_2 = 0 \dots \dots \text{III} \\ n_1 &= a_2 = 0 \dots \dots \text{IV} \\ n_2 &= a_1 = 0 \dots \dots \text{V} \end{aligned}$$



Проте, оскільки величин  $n_1$  та  $n_2$  ми звичайно не знаємо, то практично встановити можна лише наявність II умови ( $a_1 = a_2 = 0$ ), при якій  $x_n'' = 0$ . В усіх же інших випадках доводиться рахуватися з можливістю крайніх значень  $x_n''$  згідно з рівнянням (59).

Ці крайні значення можуть бути зменшені в разі визначення поправки на добігання з більшою точністю, ніж до півдоботи. З другого боку, вони можуть в окремих випадках збільшитися, якщо замість визначення поправки для кожної розглядуваної фази паводка брати осереднені значення її (поправки). При масовій обробці матеріалів про глибини перекатів на такий шлях вживання середніх значень поправки і доводиться ставати, бо визначення її величини для окремих однойменних точок однойменних фаз паводка надзвичайно ускладнило б всю роботу<sup>1)</sup>. Як показали обчислення, проведені під керівництвом А. В. Огієвського службою гідрологічних оповіщень Дніпробуду<sup>2)</sup>, термін пробігу для одної й тої ж ділянки на протязі періоду весняного спадання води дає відхилення від середніх його значень на 20—30%. Такі ж відхилення одержимо, порівнявши для певних горизонтів термін пробігу в окремі роки і його середньо-багаторічні значення. Для низьких вод величина відхилення зростає<sup>3)</sup>.

Підсумовуючи, ми можемо констатувати, що в разі потреби вводити поправку на добігання величина  $d$  покаже зміну позначки дна перекату в такий спосіб:

а) точно, — коли добові амплітуди рівнів у перший та останній дні розглядуваного інтервалу часу (а також напередодні цих днів) дорівнюють нулеві<sup>4)</sup>;

б) неточно (можливе відхилення в обидва боки на величину,  $x_n'' = \frac{1,3}{2} (|a_1| + |a_2|)$ , якщо поправка вираховується з точністю до півдоботи) — в решті випадків.

Ми можемо, далі, констатувати, що при потребі вводити поправку на добігання — величина  $b$  показуватиме напрям і інтенсивність зміни позначки дна перекату в такий спосіб:

а) точно — в тому ж випадку, який зазначено вище для  $d$ ;

б) неточно (можливо в  $1 \pm 0,65 \left( \frac{|a_1| + |a_2|}{a_n} \right)$  раз більше) — в решті випадків.

Нарешті ми можемо констатувати, що, в разі потреби вводити поправку на добігання, порівнювання стану глибини у

1) А. В. Огієвський, Прогнози для переходних и зимних периодов, сс. 80—85.

2) Там же, с. 83, рис. 4.

3) Там же, с. 78.

4) Або, у більш загальній постановці, коли стояння рівнів на початку й наприкінці розглядуваного періоду триває довше розглядуваного терміну пробігу води між водпостом і перекатом.

різні періоди при однакових рівнях покаже нам зміну позначки дна перекаату в такий же спосіб, як вище зазначено для *d*.

Як бачимо, введення поправки на добігання у переважній частині випадків може привести до більших (навіть, удвоє) помилок у визначенні зміни позначки дна перекаату, ніж розбіжність у часі промірювання глибини і замірювання горизонтів. Треба до того ж мати на увазі, що обидва ці фактори можуть діяти в одному напрямку і отже негативний вплив їх на точність аналізу може складатися. Тому доцільно вираховувати поправки на добігання (особливо для періодів з значною добовою амплітудою рівнів) з точністю до чверті доби, тобто округлюючи їх значення до півдоби. Тоді максимальна сумарна помилка у визначенні зміни позначки дна перекаату дорівнюватиме приблизно величині добової амплітуди горизонтів.

### § 10. Хід рівнів на водпосту й на перекааті

Аналіз режиму дна перекаату за зв'язком між рівнями та глибинами ускладнюється у випадку користування рівнями водпоста, що знаходиться не на перекааті, не тільки через неточність поправки на добігання. Часто значну роль може відігравати той фактор, який ми досі навмисне усували з розгляду — розбіжність у ході рівнів на водпосту й на перекааті.

Хід рівнів у кожному даному пункті ріки залежить перш за все (але не виключно) від зміни витрат: у водомірному графіку або у хронограмі рівнів відбивається гідрограф або хронограма витрат. На цьому основана побудова кривої витрат, аналітичним виразом якої є рівняння

$$Q = f(H) \quad (60)$$

Але форма цієї залежності, або зворотної їй,

$$H = f(Q), \quad (61)$$

та числові значення параметрів визначаються, з одного боку, величиною пропускної здатності русла  $K^1$ )

$$K = \omega c \sqrt{R}, \quad (62)$$

а з другого — величиною подовжнього спаду водного дзеркала *i*. Якщо урахувати сили інерції, що діють в умовах нерівномірного неусталеного руху води, характерного для річок в їх природному стані, то замість величини безпосереднього подовж-

<sup>1)</sup> Ці поняття і термін запропоновані Ігнатом і введені у широкий вжиток Б. О. Бахметевим. Безперечно, невдало надавати, як це робить А. В. Огієвський (Гідрологія, 1933, сс. 145—146), цьому поняттю іншого змісту, включаючи в нього і величину подовжнього спаду, яка може зовсім не залежати від характеру русла в даному місці. В разі потреби охопити одним терміном і пропускну здатність русла і подовжній спад ми живимо термін: „умови проходження витрати води“.

нього спаду треба брати трохи більшу величину „зведеного“ (за термінологією М. М. Бернадського) подовжнього спаду<sup>1)</sup>:

$$i = i_H + j$$

де:

$i_H$  — безпосередній подовжній спад;

$j = \frac{dv}{dt}$  — прискорення потоку.

Обидві ці величини — пропускна здатність русла і зведений подовжній спад, що характеризують зв'язок між  $Q$  і  $H$ , можуть мати й фактично мають в різних пунктах ріки досить різноманітні значення. Крім того сама витрата води, проходячи річищем, зазнає певних змін: з одного боку, паводкова хвиля трансформується, а з другого — до транзитного стоку додається місцевий (в окремих випадках транзитна витрата може й зменшитися за рахунок чи втрат на фільтрацію або випаровування, чи віддачі до побічних рукавів).

Внаслідок як специфічності умов проходження води через різні ділянки русла, так і зміни величини витрати, амплітуда коливань рівнів та й весь характер водомірного графіка будуть, особливо під час паводків, які є характерною рисою річкового режиму, далеко не однакові в різних пунктах вздовж ріки.

Для характеристики того, як саме сума всіх цих факторів відбивається на коливанні горизонтів води вздовж ріки, наведемо для низки водостів Дніпра й Десни амплітуду рівнів за період весняного спадання в деякі характерні роки (див. табл. 5 і 6).

Розгляд цих цифр, які стосуються пунктів з досить значною різницею у величині стоку, показує, що навіть у такому випадку величина витрати не є основним аргументом амплітуди рівнів, бо остання не зростає від верхів'я до гирла. Якщо ж пункти, хід рівнів яких ми порівнюємо, розташовані недалеко один від одного і не розділені впадінням значної притоки, а з місцевим стоком чи втратами можна не рахуватися, — то основною причиною різниці у перебігу рівнів безумовно є специфічність умов проходження води руслом. Це справедливе й при наявності деяких місцевих змін величини витрати, бо мінливе піщане русло наших рівнинних рік у певній мірі пристосовується до цього відкладанням або розмиванням наносів.

Виходить, що хід рівнів у якомусь пункті на протязі часу (тобто водомірний графік) визначається перш за все зміною витрат води, а умови проходження останньої мають другорядне значення. Хід же рівнів у якийсь момент на протязі ріки (подовжній профіль її поверхні) визначається перш за все умовами

<sup>1)</sup> Н. М. Бернадский, Речная гидравлика. Ее теория и методология, т. I, с. 64.

проходження витрати, а зміна величини витрати має другорядне значення.

Умови проходження води руслом залежать від розмірів

Таблиця 5

Назва водпоста	Р і к				
	1925	1930	1931	1934	1935
Орша . . . . .	300	258	869	—	—
Могильов . . . . .	422	414	690	—	—
Нов. Бихов . . . . .	—	338	500	—	—
Рогачов . . . . .	188	244	354	—	—
Річиця . . . . .	259	281	528	—	—
Лоев . . . . .	198	293	774	—	—
Домантово . . . . .	175	234	565	398	392
Глібовка . . . . .	—	218	599	392	—
Київ . . . . .	188	304	800	495	484
Вітачів . . . . .	163	249	932	526	—
Канів . . . . .	—	271	782	508	491
Черкаси . . . . .	114	230	859	429	430
Бужин . . . . .	—	242	624	365	—
Кременчук . . . . .	163	257	719	460	448
Деріївка . . . . .	168	255	780	464	—
Верхньодніпровськ . . . . .	—	274	817	485	451
Лоцманська Кам'янка . . . . .	109	187	768	—	—
Запоріжжя . . . . .	163	293	693	515	—
Нікополь . . . . .	185	291	743	449	—

Таблиця 6

Назва водпоста	Р і к			
	1925	1927	1930	1931
Брянськ . . . . .	187	325	216	618
Трубчевськ . . . . .	218	323	262	437
Новг.-Сіверський . . . . .	163	313	254	632
Вишеньки . . . . .	—	—	341	725
Макошино . . . . .	284	525	470	707
Чернігів . . . . .	274	515	451	767
Моровськ . . . . .	—	—	317	508
Літки . . . . .	149	310	281	530

площі живого перерізу ріки та його форми, від шорсткості русла, від величини подовжнього спаду і сил інерції; іноді— дуже рідко— помітне значення може мати й поперечний спад водного дзеркала. Під час високої весняної повіді, коли водою залита вся заплава, основними будуть характеристики річкової долини в цілому— її звуження та розширення, висотні елементи подовжнього профіля тощо. Проте цей період нас

зараз мало цікавить, бо під час весняного розливу глибини на перекатах великі, і бакенники, звичайно, ще не подають промірних відомостей. Регулярні проміри перекатів, вивішування відомостей про глибини на сигнальних щоглах і надсилання цих відомостей до групи обстанови, як правило, починаються тоді, коли ріка входить у меженні бровки, або незадовго до цього. А в меженному руслі умови проходження витрати води визначаються перш за все властивостями плесів та перекатів, чергування яких є його (русла) типовою морфологічною рисою.

Загальновідомим є той факт (він ввійшов уже до підручників гідрології), що під час високої води з її великими швидкостями течії плеси своїми закругленнями в плані утворюють більший опір рухові води, ніж виступи дна на перекатах, і тому характеризуються більшим подовжнім спадом дзеркала,

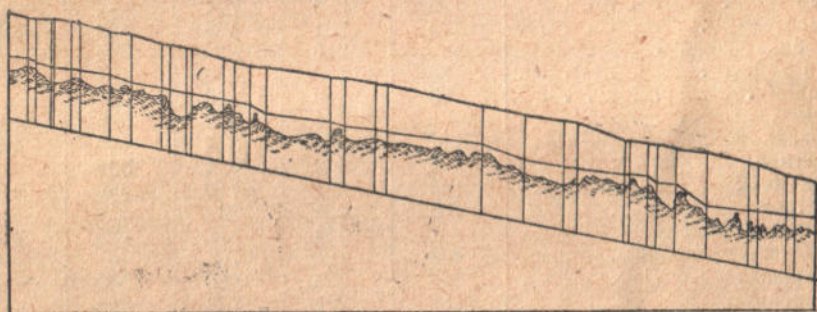


Рис. 10. Подовжній профіль ділянки Дністра нижче Могилева.

$$M: \begin{array}{l} \text{верт.} \frac{1}{570} \\ \text{гориз.} \frac{1}{570.000} \end{array}$$

ніж останні. В міру ж спадання води опір рухові в плесах знижується, а на перекатах — підвищується; в результаті, створюється нарешті зворотна попередній картина: більший спад на перекатах і менший на плесах. На основі такої схематичної характеристики положень водного дзеркала ріки при різних горизонтах іноді робилися загальні висновки про те, що амплітуда коливань рівнів у плесі завжди більша, ніж на перекаті (див. § 15). Це треба вважати надто поспішним узагальненням, яке не бере до уваги всієї складності конкретних умов.

Справжні варіації подовжнього профіля поверхні ріки (рис. 10) дозволяють зробити лише такі висновки щодо величини амплітуди спадання та підймання рівнів. На гребені перекату вона буде менша, ніж у верхньому плесі (особливо на верховому кінці його) і у більшій частині нижнього плеса, але може бути більша, ніж у низовій частині останнього. Якщо ми маємо цілу перекатну ділянку (групу перекатів або один перекат склад-

ної конфігурації), то амплітуда рівнів у низовій її частині буде більша, ніж у верховій, а також більша, ніж у нижньому і у верхньому плесах, за винятком, мабуть, верхової частини останнього.

Щождо порівняння амплітуди рівнів на перекаці та на плесах, які до нього не примикають, то тут жодних апріорних висновків зробити не можна, бо все залежить від комбінації спадів на всіх проміжних плесах і перекацях.

У В. М. Лохтіна<sup>1)</sup> ми знаходимо (на листах 1 та 6) подовжній профіль перекаці „Телячий Брод“ та частини р. Волги біля м. Пучежа за станом на 18—25.VIII (ст. ст.) 1880 р. і навесні 1893 р. На підставі цього профіля ми склали таблицю різниці між горизонтами високих (1893) і низьких (1880) вод на плесах і перекацях цієї ділянки Волги. Табл. 7 доповнена аналогічними даними для кількох постійних водостів ділянки<sup>2)</sup>.

Таблиця 7

Назва пункту	Амплітуда горизонтів (см)	
	плесо	перекат
Водпост в/п „Юр'євець“ . . . . .	312	
плесо . . . . .	313	
Перекаці Костенський . . . . .		319
Водпост „Пучеж“ . . . . .	326	
Перекаці Ячменський . . . . .		336
плесо . . . . .	338	
Перекаці Пестовський . . . . .		333
плесо . . . . .	328	
Перекаці Переломський . . . . .		335
Водпост „Городець“ . . . . .	340	
плесо . . . . .	337	
Водпост „Нижній Новгород“ . . . . .	441	
Перекаці В. Телячий . . . . .		450
Перекаці Кстовський . . . . .		495
Водпост „Зименка“ . . . . .	510	

Як видно з цієї таблиці, дані якої, правда, охоплюють частково і період високих заплавних вод, — величина амплітуди горизонтів на перекацях Волги була і менша, і більша, ніж на плесах.

Треба крім того мати на увазі, що все щойно сказане стосується, поперше, лише меженного потоку з правильними плесами на кривизнах і перекацями на перевалах, потоку, режим

<sup>1)</sup> В. М. Лохтин, О механіке речного русла, Казань, 1895.

<sup>2)</sup> Див. „Сведения о стоящих уровнях воды на реках и озерах Европ. России“, МПС, 1881; „Сведения об уровнях воды на внутрен. водных путях России“, т. V і „Показання водпостов I разряда на р. Волге 1876—1896 р.“, Каз. ОПС, 1899.

рівнів якого не ускладнений ні розгалуженнями русла на рукави, ні впадінням приток, ні додатковими місцевими перешкодами і т. п. Подруге, це стосується настільки тривалого паводка, що рух води для окремих моментів його можна вважати практично усталеним, тобто нехтувати тими змінами у подовжньому спаді водної поверхні, які виникають при неусталеному русі паводкової хвилі<sup>1)</sup>. Отже виходить, що в реальних умовах річкового потоку, коли обидві ці умови попереднього аналізу не мають місця, співвідношення амплітуд рівнів на перекатах і плесах буде ускладнюватися додатковими факторами. Не маючи зараз достатніх матеріалів для аналізу їх ролі, ми все ж таки вважаємо за можливе припустити, що для наших великих річкових рік у багатьох випадках головна роль залишиться за описаними властивостями основної для річкового русла морфологічної пари: перекат—плес.

В усякому разі безперечними можна вважати такі три положення:

а) Подовжні профілі (навіть не миттьові, а з поправкою на „пробіг“) у різні моменти паводка не паралельні один одному, і, отже, амплітуди спадання й підіймання рівнів у різних пунктах ріки, як правило, не однакові, хоч іноді й можуть випадково збігатися.

б) Різниця амплітуд у якихось двох пунктах не є постійною,скільки умови протікання води змінюються в залежності від висоти горизонту<sup>2)</sup>. Для перекаату і суміжних плесів ця різниця, як підкреслював це Клейбер<sup>3)</sup>, збільшується з падінням горизонту води, коли підсилюється роль місцевих особливостей русла у перерозподілі подовжнього спаду водної поверхні. Для пунктів же, що знаходяться на різних дільницях, це може бути й не так<sup>4)</sup>.

в) Знак цієї різниці можна встановити без вивчення характеру дільниці лише в деяких випадках; величина ж її без такого вивчення зовсім не може бути визначена.

Виходить, що при користуванні рівнями водпоста, який розташований не на перекаті, аналіз зв'язку рівнів і глибин навряд чи дасть нам справжню картину режиму позначки дна перекаату, бо, як правило,

$$x_n^m = a_n - A_n \neq 0 \quad (63)$$

Щоб сказати, у який бік буде зроблено при цьому помилку, треба знати, де за розглядуваний відрізок часу амплітуда гори-

<sup>1)</sup> Переносячи рівні водпоста на перекаат з урахуванням „терміну пробігу“, ми вплив цих змін у подовжньому спаді до певної міри усуваємо, бо беремо не миттьовий подовжній профіль, а обвідну криву положень одної й тої ж фази паводкової хвилі.

<sup>2)</sup> Див. з цього приводу, наприклад, В. М. Лохтин, О механізмі речного русла, Казань, 1895, сс. 8—12.

<sup>3)</sup> Тр. III съезд рус. деят. по вод. путям, ч. I, с. 770.

<sup>4)</sup> Див. дані про відповідні рівні водпостів середнього Дніпра: А. В. Огневский. Прогнозы для переходных..., с. 89.

зонтів води була більша за абсолютною величиною: на водпосту ( $a_n$ ) чи на перекаті ( $A_n$ ). Відповідь на це питання — без спеціального вивчення ділянки між переказом і водпостом можна дати лише в таких трьох випадках:

I і II) При розташуванні водпоста у пункті, де амплітуда рівнів за розглядуваний період досягає максимуму або мінімуму по даній річковій ділянці<sup>1)</sup>.

У першому випадку ми матимемо аналогічно попередньому

$$|a_n| \geq |A_n|$$

і у період спадання рівнів  $x_n^m \geq 0$ , а у період підймання рівнів  $x_n^m \leq 0$ . У другому випадку

$$|a_n| \leq |A_n|$$

і отже у період спадання рівнів  $x_n^m \leq 0$ , а у період підймання рівнів  $x_n^m \geq 0$ .

III) При розташуванні водпоста у верхньому плесі розглядуваного переказу або недалеко від останнього у нижньому плесі, якщо на цій ділянці нема особливих аномалій у режимі подовжнього спаду.

Тоді

$$|a_n| \geq |A_n|$$

і отже в період спадання рівнів, коли амплітуди ми вважаємо за додатні,

$$x_n^m \geq 0,$$

що приводить, як ми вже встановили в § 9, до перебільшення величини розмиву; у період же підймання рівнів

$$x_n^m \leq 0,$$

що приводить до перебільшення величини наміву.

У решті випадків без спеціальних досліджень, які очевидно в масовому масштабі нереальні, можна оцінити знак  $x_n^m$  лише за зміною величини подовжнього спаду водного дзеркала між водпостом і переказом: якщо при зниженні горизонтів води спад цей збільшується, то це свідчить про більшу амплітуду рівнів у низовому пункті, ніж у верховому, і т. п.

Переходимо до оцінки співвідношення  $A_n$  (амплітуда рівнів на переказі) і  $a_n$  (амплітуда рівнів на водпосту) на Дніпрі й Десні.

I та II випадки. Щодо першого і другого із розглянутих нами вище випадків, то деякі вказівки дають нібито вже дані табл. 5 і 6 за роки з невисоким весняним підвищенням рівнів

<sup>1)</sup> Мабуть саме в цієї причини В. Г. Клейбер вважав важливим, щоб для водомірних постів обиралися саме такі пункти (Тр. III съезда рус. деят. по вод. пут., с. 770).



води — за 1925 і 1930 (співвідношення амплітуд при високих рівнях нас зараз не цікавить, бо тоді бакенники промірів глибини на перекатах ще не ведуть). Водпости „Київ“ — на Дніпрі та „Макошино“, „Чернігів“ — на Десні можна віднести до водпостів з дуже значною амплітудою рівнів. Навпаки, водпости „Глибовка“, „Черкаси“, „Бужин“, „Лоцманська Кам'янка“ — на Дніпрі (дільниць Дніпра вище Лоева ми не торкаємося, бо для них, згідно з § 7, аналіз режиму дна перекату за даними бакенників треба вважати зовсім ненадійним) і „Новгород-Сіверський“, „Летки“ — на Десні можна виділити як такі, що мають дуже малу амплітуду горизонтів порівнюючи з суміжними водпостами.

Через малу кількість порівнюваних пунктів не можна остаточно вважати, що амплітуди виділених вище водпостів будуть мінімальними або максимальними і щодо всіх (чи, навіть, хоч більшості) перекатів відповідної дільниці. Вважаючи свої висновки відносно цих постів покищо орієнтовними, скористуємося для їх перевірки відомостями про рівні на тимчасових водомірних постах, які ДУРП встановив 1934 року на кількох десятках перекатів Дніпра вниз від Домантова<sup>1)</sup>.

Правда, ці водпости здебільшого розташовані в кількох стах (500—1000) метрах від гребеня перекату, іноді в бокових протоках, часто знаходяться вже у плесових лощинах, де амплітуда рівнів вже трохи більша, ніж на самому перекаті. Це перебільшення можна оцінити виходячи з таких міркувань. Звичайна величина меженного подовжнього спаду на перекатах Середнього Дніпра та Десни 10—20 см на 1 км. Припустимо, що при амплітуді рівнів порядку 2 м над середньо-низьким горизонтом спад цей змінюється удвоє. Наші натурні спостереження, про деякі дані яких буде мова нижче, дозволяють вважати таке припущення досить обережним. Тоді для водпоста на віддалі в 0,5—1,0 км від гребеня перекату ми одержимо збільшення амплітуди на 3—10 см. Отже дані цих тимчасових перекатних водпостів ДУРП'у здебільшого теж не відбиватимуть точно ходу рівнів на самих перекатах.

Маючи на увазі наявність цього розходження і його характер, порівняємо амплітуди рівнів у період спадання їх після весняної поводи і після осіннього паводка. Візьмемо кілька інтервалів, оскільки співвідношення амплітуд у різних пунктах залежить від висоти горизонту води.

У таблицях додатку № 1 наведено величину амплітуди рівнів за 1934 і 1935 рр. для кожного постійного водпоста Дніпра від Домантова до Верхнедніпровська та величину її за той же час для групи ближчих до цього поста (територіально і за площею водозбору) тимчасових перекатних водпостів.

<sup>1)</sup> Встановлення цих водпостів для уточнення висоти проектного днопоглиблювального горизонту було запропоноване автором на нараді з представниками ДУРП'у восени 1933 р.

При складанні цих таблиць ми для більшої точності вводили поправку на термін пробігу, хоч він лише для трьох перекатів досягнув доби, і обчисляли його в півдобах. В таблицях виділено окремі поступові періоди весняного спадання води: і період—від моменту, коли починається „вивішування“ глибин, і до зниження горизонту води приблизно на 1—1,2 м. II період,—що йде безпосередньо за попереднім; він був найбільш цікавим для нас, бо саме в цьому інтервалі лежать ті горизонти, досягнення яких на Дніпрі проектувалося шляхом часткового регулювання стоку, в цей же період глибини на перекатах знижуються до нормованих величин. Зважаючи на все це, період цей поділено на 2—3 відрізки з інтервалами приблизно по 50 см. Крім того, в таблицях дана величина амплітуд горизонтів води для періоду спадання осіннього паводка, при чому, щоб полегшити порівняння, взято ті самі інтервали горизонтів, що й для останнього відрізка весняного спадання. За 1935 р. амплітуди обчислюєся для тих самих (з відхиленням  $\pm 2$  см) горизонтів по водпостам, що й за 1934 р.

Недостатня повнота даних по багатьох перекатних постах—з одного боку, а з другого—певна своєрідність перебігу горизонтів води на різних ділянках ріки не дозволила нам прийняти для всіх ділянок одні і ті ж або взаємно відповідні періоди. Тому не можна порівнювати між собою величини амплітуд перекатів і водпостів різних груп (ділянок).

При виведенні середніх по кожній групі перекатів величин амплітуд виключено дані по тих перекатах, де були сумнівні або дуже неповні відомості про горизонти води. Такі дані взято в дужки. Як видно з таблиць, відкидання цих сумнівних даних (переважно за 1934 р.) не могло істотно змінити одержаної картини.

Для того, щоб полегшити аналіз цієї картини, ми на базі таблиць додатку № 1 склали табл. 8, яка дає безпосередньо величину  $x_n''' = a_n - A_n$ , тобто величину різниці амплітуд горизонтів  $x_n'''$  на водпосту і на перекаті.

Розгляд цієї таблиці не тільки дозволяє оцінити правильність зробленого вище припущення про характер амплітуд горизонтів води біля кількох виділених нами вище водпостів, але й дозволяє зробити кілька важливих висновків взагалі про співвідношення амплітуд горизонтів води на перекатах і на водпостах Дніпра.

а) Абсолютна величина  $x_n'''$ , різниці між амплітудою горизонтів води на водпосту і на перекаті, часто досить значна.

Так, для пари водпост „Глібовка“—перекат „Старосілля“ вона досягала в 1934 р.—53 см при  $a_n = 214$  см, для пари водпост „Вітачів“—перекат „Ржищів“ в 1935 р.—49 см при  $a_n = 113$  см і 39 см при  $a_n = 57$  см і т. д.

Оскільки окремі екстремальні значення  $x_n'''$  можуть бути і наслідком неточності або помилок у спостереженнях на тим-

Назва перекатного водпоста	Величина $x_N^m$ за період				
	За весь розглянутий період		За окремі		
1 група	При амплітуді горизонтів				
	1934 р. 326—80 246	1935 р. 325—80 245	1934 р. 326—205 121	1935 р. 325—205 120	
	Червоний Припічок . . . . .	(27)	1	—	4
	Окуніново . . . . .	8	3	8	6
	Пічки . . . . .	20	21	8	11
Гайдамацький Острів . . . . .	34	30	23	16	
Середне . . . . .	20	14	13	9	
2 група	При амплітуді горизонтів				
	298—84 214	298—84 214	298—195 103	298—196 102	
	Сухолуччя . . . . .	5	3	25	2
	Толокунь . . . . .	29	9	42	2
	Ясногородка . . . . .	—	9	—	6
Сваром'є . . . . .	23	—27	41	—17	
Міжгір'я . . . . .	0	—16	7	—24	
Старосілля . . . . .	—53	—45	—17	—13	
Вишгород . . . . .	—32	—74	5	—41	
Середне . . . . .	—5	—20	17	—12	
3 група	При амплітуді горизонтів				
	390—100 290	390—101 289	390—268 122	390—266 124	
	Наталка . . . . .	—6	—6	1	7
	Осокорки . . . . .	—4	—1	2	21
	Жуків Острів . . . . .	—	1	—	12
Осетрова Лука . . . . .	(73)	—	(22)	—	
Середне . . . . .	—5	—2	1	13	
4 група	При амплітуді горизонтів				
	310—92 218	308—93 215	310—206 104	308—206 102	
	Вишеньки . . . . .	—	—43	—	—9
	Сальково . . . . .	—7	—7	7	13

весняного спадання

поступові частини його

Величина  $x''$  за  
кінц. період  
осіннього паводка

води по водпосту „Домантово“:

1934 р. 205—145 60	1935 р. 205—144 61	1934 р. 145—80 65	1935 р. 144—80 64	1934 р. 146—81 65	1935 р. 145—80 65
—	—2	—	—1	(16)	—2
—3	—3	3	0	1	2
5	7	7	3	4	5
—2	6	13	8	8	8
0	2	8	2	4	3

води по водпосту „Глібовка“:

195—147 48	196—148 48	147—84 63	148—84 64	147—83 64	146—83 63
—12	1	—8	0	—1	—8
1	6	—14	1	—2	—5
—	—1	—	4	(0)	—1
—6	—7	—12	—3	—10	—20
1	—4	—8	12	7	10
—22	—32	—14	0	1	18
—17	—28	—20	—5	—7	—11
—9	—9	—13	1	—2	—2

води по водпосту „Київ“:

268—196 72	266—196 70	196—150 46	196—149 47	150—100 50	149—101 48	152—101 51	151—101 50
—4	—4	0	—8	—3	—1	0	—13
—4	—14	3	—4	—5	—4	2	—12
—	—18	—	5	—	2	(2)	—8
(40)	—1	—	—2	—	3	(7)	—5
—4	—9	2	—2	—4	0	1	—10

води по водпосту „Вітачів“:

206—147 59	206—149 57	147—92 55	149—93 56	149—94 55	143—87 56
—	—33	—	—1	(—9)	—5
—6	—14	—8	—6	—5	2

Назва перекатного водпоста	Велчина $x_n'''$ за період			
	За весь розглянутий період		За окремі	
4 група	При амплітуді горизонтів			
	310—92 218	308—93 215	310—206 104	308—206 102
Святополків Стан . . . . .	(-30)	11	(2)	31
Трипілля . . . . .	-6	-21	1	-2
Стайки . . . . .	-28	-39	-15	-10
Гребені . . . . .	2	-43	1	-7
Ржиців . . . . .	-40	-63	-6	-14
Вовче Горло . . . . .	-23	-61	-8	-18
Ходорів . . . . .	-35	-26	-11	14
Трактомирів . . . . .	(-67)	-40	(-26)	-11
Переяслав . . . . .	-44	-55	-22	-21
Середнє . . . . .	-23	-35	-7	-3
5 група	При амплітуді горизонтів			
	380—98 282	380—98 282	380—272 108	380—269 111
Григорівка . . . . .	3	-3	-16	3
Бучаки . . . . .	-13	-2	-17	-1
Селище . . . . .	-19	-13	-9	-8
Руда . . . . .	20	-9	-6	-8
Прохорівка . . . . .	-14	-6	-5	0
Хрещатик . . . . .	-13	11	-11	5
Середнє . . . . .	-6	-4	-11	-2
6 група	При амплітуді горизонтів			
	310—50 260	309—50 259	310—200 110	309—200 109
Нехаївка . . . . .	-23	-30	-20	-30
Сокірно 1 . . . . .	-46	-48	-18	-23
Мережик . . . . .	(69)	-31	(50)	-19
Дахнівка . . . . .	-	-22	-	-7
Червона Слобода . . . . .	4	-	15	-
Налесні . . . . .	40	28	8	6
Середнє . . . . .	-6	-21	-4	-15

весняного спадання

поступові частини його

Величина  $x_n'''$  за  
кінц. період  
осіннього паводка

води по водпосту „Вітачів“:

206—147 59	206—149 57	147—92 55	149—93 56	149—94 55	143—87 56
(-6)	-19	(-26)	-1	(-4)	-11
-7	-20	0	1	0	-10
-10	-29	-3	0	-2	3
-14	-29	15	-7	-7	4
-22	-39	-12	-10	-5	-8
-8	-30	-7	-13	-9	-1
-18	-30	-6	-10	-11	-5
(-43)	-28	(2)	-1	(-7)	1
-20	-34	-2	0	-5	2
-13	-28	-43	-4	-6	-3

води по водпосту „Канів“:

272—208 64	269—205 64	208—152 56	205—153 52	152—98 54	153—98 55	153—97 56	153—98 55
9	-1	9	-6	1	1	-3	-8
3	2	7	-3	-6	0	2	-5
-5	-3	-5	-6	0	4	1	-11
10	7	10	-1	6	-7	1	-10
2	1	2	-3	-13	-4	1	-10
0	6	-1	-1	-1	1	2	-6
3	2	4	-3	-2	-1	1	-8

води по водпосту „Черкаси“:

200—145 55	200—145 55	145—99 46	145—100 45	99—50 49	100—50 50	100—50 50	100—49 51
-2	-3	-12	1	11	2	0	2
-7	-20	-23	0	2	-5	2	3
(10)	-15	(8)	-2	(1)	5	(-9)	-5
-5	-2	-25	-9	8	-4	-2	-10
-3	3	-11	1	3	2	6	3
12	9	3	4	17	9	5	11
-1	-5	-14	-1	8	1	2	1

Назва перекатного водпоста	Величина $x_n'''$ за період			
	За весь розглянутий період		За окремі	
7 група	При амплітуді горизонтів			
	364—138 226	364—138 226	364—254 110	364—254 110
Ревун . . . . .	9	- 1	- 1	18
Біла Голова . . . . .	- 1	16	7	35
Боровиця . . . . .	-	- 1	-	12
Гречанка . . . . .	- 1	- 6	2	10
Чорна Річка . . . . .	(- 14)	8	(7)	10
Воронівка . . . . .	-35	-11	3	15
Коропово . . . . .	-16	-15	7	17
Старолиповське II . . . . .	-22	-31	10	6
Середнє . . . . .	-11	-5	5	15
8 група	При амплітуді горизонтів			
	349—102 247	349—102 247	349—250 99	349—249 100
Старолиповське V . . . . .	12	10	10	2
Табурище . . . . .	7	12	- 5	-2
Вербочки . . . . .	11	4	-15	-7
Шеломаї . . . . .	- 5	- 6	1	0
Середнє . . . . .	6	5	-2	-2
9 група	При амплітуді горизонтів			
	353—109 244	352—110 242	353—252 101	352—255 97
Добачово . . . . .	-	-18	-	-17
Келеберда . . . . .	- 7	- 5	- 5	- 5
Солошино . . . . .	-14	1	-14	-10
Мішурин Ріг . . . . .	26	-10	4	-23
Середнє . . . . .	2	-8	-5	-14
10 група	При амплітуді горизонтів			
	341—109 232	342—109 233	341—251 90	342—249 93
Переволочне . . . . .	10	14	8	10
Крива Забора . . . . .	6	-23	4	- 8
Орлик . . . . .	-28	-26	-10	- 7
Шульговичі . . . . .	-	- 2	-	- 3
Губіне . . . . .	-15	-11	-8	- 6
Паньківка . . . . .	-19	-10	-7	- 6
Аули . . . . .	- 7	8	-1	4
Середнє . . . . .	-9	-7	-2	- 2

весняного спадання

поступові частини його	Величина $x_{jk}'''$ за кінц. період осіннього паводка
------------------------	--

води по водпосту „Бужин“:

254—202 52	254—201 53	202—163 39	201—163 38	163—138 25	163—138 25	163—138 25	164—139 25
7	0	2	-9	1	-10	-2	-1
4	1	2	-16	-14	-4	1	-2
—	0	(1)	-12	(-9)	-1	(-3)	—
12	0	-1	-13	-14	-3	-2	—
(10)	3	(11)	-8	(-42)	3	(1)	2
-11	-6	-4	-18	-23	-2	-8	-4
1	-5	2	-22	-26	-5	-6	-6
-3	-6	0	-22	-29	-9	-7	-14
2	-2	0	-15	-18	-4	-4	-4

води по водпосту „Кременчук“:

250—200 50	249—200 49	200—150 50	200—150 50	150—102 48	150—102 48	150—102 48	149—101 48
-1	-3	-5	10	8	1	1	2
2	-3	1	11	9	6	7	5
5	5	5	11	16	-5	7	-9
0	0	0	3	-6	-9	-5	-6
1	0	0	9	7	-2	2	-2

води по водпосту „Дерівка“:

252—200 52	255—201 54	200—149 51	201—150 51	149—109 40	150—110 40	150—110 40	149—110 39
0	3	4	-2	-3	-2	-2	-3
-2	3	1	0	-1	-3	2	0
4	7	-3	1	-1	3	10	6
9	10	10	-2	3	5	8	9
2	6	3	-1	-1	1	4	3

по водпосту „Верхньодніпровськ“:

251—202 40	249—199 50	202—149 53	199—148 51	149—109 40	148—109 39	149—109 40	149—110 39
4	3	0	1	-2	0	1	3
3	-3	-2	-7	1	-5	-3	-4
-5	-6	-5	-7	-8	-6	-8	-8
—	3	—	-1	—	-1	(0)	0
1	4	-4	-3	-4	-6	-5	-4
-7	2	-9	-3	4	-3	-4	-3
-2	7	-9	-4	5	1	-5	0
-1	1	-5	-3	-1	-3	-4	-2



часових перекаатних водпостах, — ми оцінку абсолютної величини  $x_n'''$  проведемо по середній квадратичній (див. табл. 9).

Середня квадратична величина  $x_n'''$

Таблиця 9

Р і к	Період весняного спадання					Кінець осіннього паводка
	Весь	Окремі поступові частини				
1934	22	14	9	9	10	5
1935	25	14	15	8	5	7

Отже, нехтування величиною  $x_n'''$  в разі заміни відомостей про горизонти води на перекааті відомостями звичайного водпоста може у багатьох випадках привести до істотних помилок.

б) Щодо знака величина  $x_n'''$  була б і додатною і від'ємною, при чому і за кількістю випадків і за абсолютною величиною переважали від'ємні значення. Можливо, що цей останній факт і не мав би місця, коли б тимчасові водпости ДУРП'у були встановлені ближче до гребенів перекаатів, але величина від'ємних значень часто така, що приписати її віддаленню водпостів від перекаатів ніяк не можна.

Отже, цілком ствердилося наше припущення про неможливість апіорі вважати, що  $a_n$  завжди більше ніж  $A_n$ .

в) Величина  $x_n'''$  далеко не однакова для різних перекаатів однієї групи, і, навіть, для сусідніх, близьких один від одного, перекаатів вона може дуже відрізнитися. Так, наприклад, в 1934 р. при  $a_n$  по Черкасам 260 см

$x_n'''$  для перекаату „Червона Слобода“ 4 см.  
 „ „ „ „Налесні“ 40 „

В 1935 р. при  $a_n$  по Глібовці 112 см  $x_n'''$  для перекаату „Межигір'я“ 8 см, а  $x_n'''$  для перекаату „Старосілля“ — 32 см і т. д. До того ж це співвідношення величини  $x_n'''$  для різних перекаатів не зберігається постійним на протязі часу. Так, при  $a_n = 233$  см по водпосту „Верхнедніпровськ“ в 1934 р. величина  $x_n'''$  для перекаатів „Переволочне“ і „Крива Забора“ майже однакова: 10 і 6 см, а в 1935 р. зовсім різна: 14 і — 23 см.

Отже, не можна переносити співвідношення між  $a_n$  і  $A_n$ , визначене для одного якогось перекаату, на інший, навіть на сусідній.

г) Величина  $x_n'''$  не є константною і для кожної пари: водпост — перекаат, вона часто змінюється на протязі часу в досить широких межах, навіть стаючи з від'ємної додатною і навпаки<sup>1)</sup>. Ці зміни

1) Є, правда, деяка кількість пар: перекаат-водпост, для яких знак  $x_n'''$  зберігається на протязі всіх розглянутих нами періодів (див., наприклад, у Вітачівській групі).

величини  $x_n'''$  в часі не зв'язані безпосередньо ні з величиною  $a_n$ , ні з абсолютними значеннями горизонтів води, між якими взято  $a_n$ , ні з фазою паводкової хвилі.

Табл. 8 поруч з випадками, коли більший  $a_n$  відповідає більша  $x_n'''$ , дає чимало випадків зворотного співвідношення (наприклад: „Сухолуччя“, „Толокунь“ і „Сваром'є“ в 1934 р. при  $a_n = 214$  і  $103$  см). З другого боку, наприклад, для пари „Вітачів“, „Гребені“ — при приблизно ( $\pm 2$  см) однакової  $a_n = 57$  см — були досить різні величини  $x_n'''$ , а саме

Період Рік	Весняне спадання		Осіньне спадання
	середина	кінець	кінець
1934	-14	+15	-7
1935	-29	-7	+4

Отже, не можна поширювати співвідношення між  $a_n$  і  $A_n$ , знайдене для якогось періоду, на окремі відрізки цього періоду або на інші періоди. З другого боку, треба визнати ненадійним порівняння величин  $d$  і  $b$  за різні роки або періоди року при однакої величині амплітуди горизонтів води на водпосту.

д) Якщо перейти до розгляду середніх для певних груп переказів величин  $x_n'''$ , то перш за все треба констатувати, що подібно до  $x_n'''$  діапазон значень сер.  $x_n'''$  (і різноманітних за абсолютною величиною і різнозначних) досить широкий, при чому знову таки переважають від'ємні значення. Але, в наслідок взаємного врівноважування величин  $x_n'''$  окремих переказів, межі, в яких лежать значення сер.  $x_n'''$ , значно (приблизно вдвоє) вужчі, ніж це ми бачили для  $x_n'''$ , а саме: від  $-28$  до  $+20$  см.

Отже, виходить, що й для цілих груп переказів не можна ігнорувати різницю у величині їх середньої амплітуди горизонтів води і амплітуди на постійному водпості.

е) Для розглянутих відрізків часу величина сер.  $x_n'''$ , подібно до встановленого вище відносно  $x_n'''$ , не виявляє ознак стабільності, але розходження величин сер.  $x_n'''$  для однакових амплітуд — навіть за різні роки або різні фази — невелике, залишаючись в межах  $5-10$  см і лише в кількох випадках (Бужин, Вітачів) доходючи до  $15$  см.

Слід також підкреслити, що для деяких груп переказів знак сер.  $x_n'''$  зберігається у всі розглянуті періоди і 1934, і 1935 років: плюс для Домантовської групи, мінус для Вітачівської і (з одним невеликим винятком) для Верхнедніпровської.

Оскільки ці (сприятливі взагалі для аналізу) висновки базуються на даних лише за два роки, було б необережним узагаль-

новати їх і приймати, що перенесення значень сер.  $x_n'''$ , знайдених по 1934 і 1935 рр., на інші роки дасть похибку не більше 15 см.

ж) Зроблені нами раніш на основі зіставлення величини  $a_n$  низки постійних водпостів припущення про мінімальну для всієї дільниці ріки величину  $a_n$  водпостів „Глибовка“, „Черкаси“ і „Бужин“ та максимальну — водпоста „Київ“ — ствердилися лише частково. Виявилось, що  $x_n'''$  окремих перекатів відповідних дільниць і навіть, в окремі відрізки часу, сер.  $x_n'''$  для всіх перекатів відповідних груп мали знак, супротивний нашим припущенням.

Отже виходить, що жоден з постійних водпостів Середнього Дніпра не лежить в пункті, де амплітуда горизонтів води в період промірів бакенників досягає максимуму або мінімуму.

з) Середня арифметична величина  $x_n'''$  для всіх розглянутих перекатів  $\left(\frac{\sum x_n'''}{n}\right)$  характеризується табл. 10.

Таблиця 10

Період Рік.	Весняне спадання					Кінець осіннього паводка
	Весь період	Окремі поступові частини				
1934	— 6	0	—3	—3	—2	—1
1935	—12	— 1	—7	—3	—1	—3

Якщо урахувати зроблене раніш зауваження про те, що величина амплітуди горизонтів води на більшості тимчасових водпостів ДУРП'у трохи більша, ніж на самих перекатах, то середня величина  $x_n'''$  виявиться у переважній більшості випадків близькою до нуля додатною величиною. Це дає певні вказівки на те, що при масовій обробці даних про режим перекатів розходження у величині  $a_n$  і  $A_n$  мало відіб'ється на підсумкових осереднених висновках.

Але оцінити можливу похибку вищенаведеними цифрами (навіть зробивши зазначену додатну поправку до них) було б все ж таки поспішним, оскільки в нашому розгляді фігурували дані лише за два роки і всього по 61 із 300 перекатів Середнього Дніпра.

Ілюстрацією того, як може змінитися величина сер.  $x_n'''$  при збільшенні кількості перекатів, що групуються навколо постійного водпоста, може бути такий приклад. Оскільки постійний водпост „Бужин“ відкрито лише в 1930 році, доводиться при аналізі відомостей про глибини перекатів, розташованих навколо Бужина, за роки до 1930 користуватися даними ближчого верхового водпоста „Черкаси“ (ближчий низовий водпост „Кременчук“ в наслідок впадіння трохи вище його р. Сули має значно більшу площу водозбору, ніж район Бужина). Проведене для такої збільшеної групи перекатів Черкаської дільниці обчислення величини сер.  $x_n'''$  дало таку картину:

Таблиця 11

Рік	Кількість перекатів	Період весняного спадання					Кінець осіннього паводка
		Весь	Окремі поступові частини				
1934	5	- 6	- 4	- 1	- 14	+ 8	+ 2
	14	+ 21	+ 5	+ 7	- 2	+ 10	+ 8
1935	6	- 21	- 15	- 5	- 1	+ 1	+ 1
	15	+ 16	+ 2	+ 2	+ 5	+ 7	+ 7

Примітки: 1) В 1934 р. дані по перекаату „Мережик“ сумнівні і тому не включені до підрахунків; 2) сер.  $x_n'''$  для всього весняного періоду не дорівнює сумі сер.  $x_n'''$  окремих частин періоду тому, що для деяких тимчасових перекаатних водпостів нема відомостей про горизонти води за початок періоду.

Як бачимо з цієї таблиці, збільшення кількості перекаатів різко змінило величину сер.  $x_n'''$ , зокрема у ряді випадків змінило її знак.

Закінчуючи цей аналіз співвідношення амплітуд горизонтів води на постійних водпостах (ми їх часто називали, просто, „водпостами“) і на тимчасових перекаатних водпостах Дніпра (ми їх часто називали для скорочення „перекаатами“), відзначимо ще, що розгляд таблиць амплітуд, вміщених у додатку № 1, цілком стверджує висловлену вище думку про переважну роль (щодо визначення величини амплітуди горизонтів води), умов проходження витрати води. Є багато випадків, коли перекаати, розташовані настільки близько один від одного, що величину витрати води для них можна вважати тотожною, різко відрізняються величиною  $A_n$ . З другого боку, є чимало випадків, коли, не зважаючи на чималу різницю у величині витрати води, перекаати мають майже однакові  $A_n$ . Особливо яскравим є приклад з перекаатами „Вишгород“ і „Старосілля“, які величиною амплітуди горизонтів дуже відрізняються від близького до них за величиною водозбірної площі водпоста „Глібовка“ і дуже наближаються до водпоста „Київ“, хоч їх від нього відділяє відстання до Дніпра р. Десни, яка збільшує витрати Дніпра на 20—30%. Те ж саме можна сказати про перекаати „Воронівка“, „Короново“, „Старо-Липовське II“, які наближаються величиною амплітуди горизонтів до водпоста „Кременчук“, і т. д.

Проведений нами тількищо розгляд табл. 8 показує, що визначити, які водпости на Дніпрі мають завжди (або хоч переважно) більшу або меншу амплітуду горизонтів води, ніж сусідні перекаати, практично неможливо. Отже, не можна в умовах Середнього Дніпра розраховувати на I та II випадки (див. с. 61) визначення знака  $x_n'''$  без спеціальних досліджень.

III випадок. Третій із розглянутих нами на с. 61 випадків має місце на Дніпрі і Десні лише для декількох, в основному перелічених в § 8, переказів, на яких амплітуда горизонтів води буде за всіма даними менша, ніж на відповідних водпостах.

Нарешті, відповідає на Дніпрі й Десні можливість оцінити знак  $x_n'''$  і за даними про зміну величини подовжнього спаду річкової дільниці. Для Дніпра й Десни ми не маємо не тільки таких даних для більш-менш тривалого часу, але взагалі — будь-якого іншого детального подовжнього профіля, крім меженого<sup>1)</sup>.

Отже, доводиться лишати нез'ясованим не лише питання про величину  $x_n'''$ , яка, загалом кажучи, досить істотна, але й про знак її.

Щоб хоч почасти схарактеризувати порядок величини  $x_n'''$  на дільницях Верхнього Дніпра (вище гирла Прип'яті) та Десни, де ДУРП не організував тимчасових переказних водпостів, наведемо дані Вислоцького, а також наших власних натурних спостережень.

С. О. Вислоцький провадив у 1897 р. на переказі Верхнього Дніпра „Сінниця“, в 7 км нижче водпоста „Жлобіно“, спостереження за коливанням горизонту води і рівня дна. Матеріали цих спостережень збереглися лише в тій частині, що була надрукована в „Трудах 7 сьезда русских деятелей по водяным путям в 1900 году“<sup>2)</sup>. Обробка наведеного в роботі Вислоцького водомірного графіка тимчасового поста на переказі „Сінниця“ і зіставлення амплітуд горизонтів води на переказі і на ближчому постійному водомірному пості „Жлобіно“ дає такі паралельні ряди цифр (в см):

Таблиця 12

Фази	Спадання 26.V—9.VI	Підіймання 29.VI—9.VII	Спадання 9.VII—10.VIII	Підіймання 10.VIII
$A_n$ (переказ)	25	28	47	13
$a_n$ (водпост)	17	36	55	19
$x_n'''$	-8	+8	+8	+6

Як бачимо, величина  $x_n'''$  порівнюючи невелика (мабуть тому, що спостереження почалися вже наприкінці весняного спадання води), але має різні знаки (наприкінці весняного спадання від'ємний, а в межень — додатний).

Значно більші величини  $x_n'''$  дали наші спостереження на Мньовсько-Комаринській групі переказів в 1934 і 1935 рр.

<sup>1)</sup> Це є зайве свідчення недостатньої вивченості режиму цих рік.

<sup>2)</sup> С. А. Вислоцький, О зависимости между колебаниями воды в реке и колебаниями дна реки. СПб, 1900.

Порівняння позначок поверхні води у найбільш мілководних місцях переكاتів—з одного боку, і горизонтів води біля постійного водпоста „Навози“ і встановленого нами тимчасового водпоста „Комарин“—з другого—дали в 1934 р. таку картину:

Таблиця 13

Дати	Амплітуда горизонтів води (см)			
	водпост „Навози“	водпост „Комарин“	перекат „Комарин I“	перекат „Мньов II“
9.V	215	205	201	200
8.VII	21	27	17	5
17.X				
Разом . .	236	232	218	205

Виходить, що для водпоста „Комарин“ і для переكاتів „Комарин I“ і „Мньов II“, які знаходяться вверх за течією від нього,  $\chi_n$  дорівнював під час весняного спадання  $+4$  і  $+5$  см, а в межінь  $+10$  і  $+22$  см. Це свідчить про зростання на цій ділянці величини подовжнього похилу під час спадання води. Причину цього слід, мабуть, шукати у збільшенні опору рухові води в наслідок оголювання при низькій воді численних осередків і мілин. Можливо, що певну роль відіграло тут і поглиблення обох переكاتів землесосом у червні і вересні. Але спостереження наші навесні 1935 року за період до роботи землесоса дали аналогічну картину зміни амплітуд горизонтів води (див. табл. 14).

Таблиця 14

Дата	Амплітуди горизонтів води (см)			
	водпост „Навози“	водпост „Комарин“	перекат „Комарин I“	перекат „Мньов II“
2.VI	43	37	31	26
10.VI				

Аналогічне загалом співвідношення одержано з проведеного нами порівняння ходу рівнів води на водпосту „Глібовка“ на Дніпрі нижче гирла Прип'яті і на розташованому кілометрах в трьох нижче водпоста переكاتі Глібовський III, де 1932—1933 років Дніпровська філія ЦНІВТ'у провадила натурні дослідження.

Фази паводка	Підійм. 19.I— 27.I 1932	Спадан. 5.VII— 27.VII 1932	Спадан. 18.IX— 24.IX 1932	Підійм. 30.IX— 23.X 1932	Підійм. 8.VI— 27.VI 1933	Спадан. 28.VI— 10.VII 1933
--------------	-------------------------	----------------------------	---------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------------

С а н т и м е т р и

$A_n$ (перекат)	10	81	8	46	69	23
$a_n$ (водпост)	21	95	13	45	90	20
$x_n^m$	+11	+14	+5	-1	+21	-3

Цілком зворотну картину щодо співвідношення амплітуд горизонтів на водпосту і на перекатах дали наші спостереження 1936 р. на Десні біля Новгород-Сіверського. На цій ділянці подовжній похил теж зростає під час спадання води<sup>1)</sup>. Але поскільки досліджені нами перекати „Монастирище“ і „Костопальня“ лежать униз за течією від водпоста „Новгород-Сіверський“, то збільшення подовжнього похилу приводить до збільшення амплітуд горизонтів води на перекатах „Монастирище“ і, особливо, „Костопальня“, як це видно з табл. 15.

Таблиця 15

Дата	Амплітуда горизонтів води (см)		
	водпост „Новг.-Сів.“	перекат „Монастирище“	перекат „Костопальня“
1936			
17.V	81	89	90
26.V	65	74	77
1.VI	63	60	64
14.VII			
Разом . .	209	223	231

<sup>1)</sup> Причини цього тут інші, ніж на Мньовсько-Комаринській ділянці Дніпра. Під час високої води Десна в районі Новгород-Сіверського перебуває в зоні підпору звуженням долини нижче перекату „Костопальня“, до чого тепер приєдналося стиснення русла недавно збудованим в цьому ж районі мостом. В наслідок зникання цього підпору зі зниженням горизонту води, загальний подовжній спад на ділянці нижче Новгород-Сіверського зростає, досягаючи максимуму при горизонті близько 1,0 м над нулем спостережень Новгород-Сіверського водпоста, після чого помічається деяке зменшення загального падіння.

Отже величина  $x_n'''$  складала за весь період 17.V—14.VII для перекату „Монастирище“ — 14 см, для перекату „Костопаляня“ — 22 см. Абсолютна величина  $x_n'''$  майже така сама, як і на Мньовсько-Комаринській групі перекатів, але знак її супротивний.

Третій із досліджуваних нами на Десні перекатів — „Баня“ — знаходиться біля самого Новгород-Сіверського водпоста. Здавалося б, що тут питання про  $x_n'''$  відпадає. Проте навіть у цьому випадку зміна подовжнього спаду має певний вплив, оскільки „нормують“ глибину іноді віддалені від водпоста ланки перекавної дільниці, які мають, через зміну величини подовжнього профіля водної поверхні, вже відмінний від водпоста хід горизонтів води. Відмінність ця у даному випадку загалом, правда, незначна і величина  $x_n'''$  тут не перевищувала  $\pm 5$  см.

## § 11. Порушення однозначності зв'язку відповідних рівнів

Розглянута в попередньому параграфі розбіжність у ході рівнів води на перекаті та водпосту і, як наслідок цього, нерівність амплітуд рівнів для цих двох пунктів робить — у випадку користування рівнями водпоста, що не знаходиться на перекаті, — ненадійними I та II форми (за величиною  $b$  та  $d$ ) аналізу режиму дна перекату. Щождо надійності III форми (за станом глибин при одному й тому ж рівні води), то тут різниця у величині амплітуди рівнів води на водпосту й на перекаті ролі не відіграє, бо розглядаються не певні відрізки часу, а лише моменти. Це, проте, не означає, що у випадку користування даними водпоста, що не знаходиться на перекаті, можна уникнути серйозних ускладнень для аналізу режиму дна перекату, вживаючи III форму цього аналізу. Вона у цьому випадку теж стає ненадійною, але вже з іншої причини: через порушення однозначності зв'язку відповідних рівнів на водпосту і на перекаті, що є для наших річок звичайним явищем.

А якщо зв'язок між відповідними горизонтами води на водпосту і на перекаті не однозначний, то виходить, що в якійсь обрані для порівняння стану глибин моменти, коли горизонти води на водпосту однакові, на перекаті вони можуть значно між собою різнитись. Ясно, що без введення у такому випадку відповідної поправки аналіз зміни висоти дна перекату приведе до неправильних висновків<sup>1)</sup>.

Ця помилка у висновках визначатиметься різницею у величині горизонтів води на перекаті ( $H_2 - H_1$ ), відповідних в по-

<sup>1)</sup> Кажучи мовою графіки, для надійності I та II форм аналізу потрібно, щоб крайні точки зв'язку відповідних горизонтів води на водпосту й на перекаті лежали на (або близько) бісектрисі кута координатних осей, а для надійності III форми аналізу, — щоб точки ці розташовувалися хоч і в інших місцях координатного поля, але купчасто, навколо якоїсь кривої чи прямої.



рівнювані моменти обраному горизонтові води на водпосту. Ця різниця знову таки є  $x_n$ , якій тут надамо індекса IV. Дійсно: при III формі аналізу, коли  $a_n = 0$ ,

$$x_n^{IV} = a_n - A_n = -(H_1 - H_2) = H_2 - H_1 \quad (65)$$

Наведемо кілька прикладів для ілюстрації порядку можливих відхилень, використавши дані про рівні звичайних водпостів, поскільки для перекатних постів такі відомості ми маємо лише за два неповні роки і тому вони не так яскраві й переконливі.

Якщо взяти по водпосту „Орша“ рівень 80 см, то відповідний йому (з терміном пробігу 1 доба) рівень біля Могильова виразиться в різні року та періоди року цифрами, вміщеними в табл. 16.

Таблиця 16

Рік / Період	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	Крайні значення
весн. спадання	139	133	132	139	159	127	148	123	123—159
меж. підійман- ня . . . . .	83	—	124	111	143	121	151	111	83—151
меж. спадання	181	—	129	118	138	114	141	156	114—181
осін. підійман- ня . . . . .	175	118	126	125	—	114	152	126	114—175

Як бачимо з табл. 16, різниця у величині рівнів біля Могильова, відповідних рівневі 80 см біля Орші, найменша у період II весняного спадання, але й тоді вона складає до 36 см. В інші ж періоди ця різниця значно більша, досягаючи 68 см для одної і тої ж фази гідрографа за різні роки і, навіть, 98 см для різних фаз одного року.

Така різка неоднозначність зв'язку відповідних рівнів є наслідком спільної дії різних причин, включаючи і розходження у прийнятому нами за постійний терміні пробігу. Але в даному випадку особливу роль, напевно, відіграють місцеві раптові інтенсивні паводки, характерні для верхів'їв рік. Якщо взяти пункти у середній течії Дніпра, то картина пом'якшиться. Так, наприклад, рівневі 100 см по водпосту „Київ“ відповідатимуть (через 1 добу) такі рівні на водпосту „Вітачів“.

Таблиця 17

Рік / Період	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1934	1935	Крайні значення
Весн. спад. . . .	79	73	76	69	78	73	79	80	76	69—80
Осін. підійм. . .	56	68	68	72	—	87	92	100	76	56—100

При меншому, порівнюючи з попереднім прикладом, розходженні величин відповідних рівнів воно все ж таки досягає 23 см для різних фаз одного року (1925) і 44 см для осіннього підймання різних років. Мінімум (і досить різкий) розходження знову таки припадає на період весняного спадання: 11 см. Довбі амплітуди горизонтів води в ці дати настільки малі (1—4 см), що неточність вживання терміну пробігу можна зовсім ігнорувати.

Певні вказівки на значне порушення відповідності горизонтів води між водпостом і перекатом дав проведений у § 10 розгляд величин  $x_n'''$  (див. п. „г“ висновків).

Ці приклади, маючи лише ілюстративний характер, все ж таки досить ясно вказують на неможливість при вживанні III форми аналізу режиму дна перекаату ігнорувати порушення однозначності зв'язку відповідних рівнів води на водпосту і на перекаті або, коротше кажучи, порушення відповідності цих горизонтів води. Тепер постає питання: чи можна у кожному окремому випадку встановити знак і величину тої поправки, внесення якої паралізувало б вплив порушення відповідності горизонтів?

Щоб відповісти на це питання треба докладно розглянути причини порушення відповідності горизонтів на ріках взагалі і зокрема для перекатів і водпостів наших рівнинних рік з щаним ложем.

Висота горизонту води в тому чи іншому пункті ріки, загалом кажучи, залежить (див. § 10), поперше, від величини витрати води, що проходить рікою у цьому пункті, подруге, від місцевих умов її проходження — від пропускної здатності русла і величини зведеного подовжнього спаду.

Звідси виходить, що однозначність зв'язку відповідних горизонтів води у будь-яких пунктах ріки існуватиме лише в таких двох випадках: 1) або коли величини витрати води у цих пунктах завжди однозначно зв'язані між собою, тобто у всі періоди року і всі роки кожній витраті води в одному пункті відповідає лише одне значення витрати в іншому пункті, і разом з тим такий самий зв'язок існує між умовами проходження води в цих пунктах; 2) або коли порушення однозначності зв'язку між витратами компенсується відповідним порушенням зв'язку умов проходження води.

Перший випадок просто теоретично неможливий. Навіть у таких найбільш сприятливих, дуже рідких умовах, як безприпливна дільниця ріки з незмінним руслом, — різним фазам гідрографа властиві не тільки різні терміни пробігу (про що вже була мова в § 9), але різний ступінь трансформації паводка на проміжній дільниці, різна величина зведеного подовжнього спаду і т. д.

Відомо також, що в період підймання води подовжній спад

звичайно більший, ніж при цих самих горизонтах в період спадання<sup>1)</sup>.

Ці самі явища мають певне місце і для однорідних фаз (скажімо: для весняних спадань різних років, спадань різних межених паводків одного року) і тим більше—для фаз споріднених (наприклад: для спадань весняних вод і паводкових межених). Характер перебігу рівнів, темпи і тривалість їх наростання або зниження і т. ін. значно варіюють і для однорідних і, особливо, для споріднених фаз, обумовлюючи різницю не тільки у термінах пробігу, але й у значенні подовжнього спаду, тощо.

На практиці, у реальних умовах наших рік, до цих порівнюючи незначних, звичайно, факторів порушення відповідності горизонтів води приєднуються інші, часто багато ефективніші. Всі ці фактори настільки різноманітні, що їх взаємне врівноваження може статися лише при винятково сприятливому збігові обставин.

Тому і другий випадок однозначності зв'язку, можливий теоретично, на практиці може трапитися тільки як рідкий виняток. Виходить, що порушення однозначності зв'язку відповідних горизонтів в окремих пунктах ріки фактично є постійним явищем, яке іноді набуває дуже різкого характеру, іноді ж більш-менш помірною.

Безпосередніми причинами порушення відповідності горизонтів води в річці є порушення відповідності витрат і відмінність (неоднакова для обох порівнюючих пунктів) умов проходження води в тотожні (щодо величини витрати—для першої причини і щодо горизонту води—для другої) моменти різних років, періодів року, або окремих фаз гідрографа всередині цих періодів. Ці причини в свою чергу є наслідком як дії певних особливостей природного режиму ріки, так і зовнішнього, людського втручання в цей режим.

Основними з цих первинних, частково вже згадуваних вище факторів порушення однозначності зв'язку відповідних горизонтів є такі особливості режиму рік:

1) Різниця у величині подовжнього спаду, для однакових горизонтів, в період зниження і в період підвищення води.

2) Різні темпи зниження або підвищення горизонту води, через що тотожним моментам навіть однакових фаз властива різна величина „інерційної поправки“ до величини подовжнього спаду.

3) Своєрідні форми утворення (щодо темпів і тривалості, щодо характеру попередньої частини гідрографа і т. д.) кожної окремої паводкової хвилі, в наслідок чого: а) процеси, що від-

---

<sup>1)</sup> Н. Бернадский, Речная гидравлика, т. I, с. 71; М. А. Великанов, Гидрология суши, 1936, с. 149; Ф. Форхгеймер, Гидравлика, 1935, с. 314.

буваються при проходженні витрати по проміжній ділянці<sup>1)</sup>, мають у різні фази, періоди року і роки неоднаковий характер, тобто паводкова хвиля не однаково трансформується, і, отже, порушується відповідність витрат; б) зв'язок між величинами подовжнього спаду (а разом з цим і пропускної здатності русла) на межах ділянки набуває неоднозначного характеру.

4) Варіації величини місцевого стоку (наземного і підземного) що також приводить до порушення відповідності витрат і, почасти, значень подовжнього спаду.

5) Природне переформування на протязі року і в багаторічній перспективі проміжної ділянки ріки, наслідки чого, звичайно, аналогічні зазначеним в п. 3.

6) Різної міри, а часто і протилежні характером процеси природного переформування русла в порівнюваних пунктах, через що для останніх співвідношення величин пропускної здатності русла (а разом і подовжнього спаду) змінюється в часі.

7) Природне переформування русла безпосередньо нижче порівнюваних пунктів і в наслідок цього зміна, для тотожних моментів, величини подовжнього спаду (а разом з цим і пропускної здатності русла) в одному з пунктів (або в обох, але неоднаково).

8) Заростання русла в певні періоди водними рослинами, що змінює шорсткість русла, його живий переріз та, нарешті, подовжній спад і цим порушує співвідношення умов протікання води, яке існувало до періоду вегетації; особливо значним буває це порушення, коли русло заростає лише в одному з порівнюваних пунктів.

9) Льодові явища, що мають аналогічний заростанню вплив.

10) Змінний підпір одного з порівнюваних пунктів (або обох, але неоднаковою мірою) водами низових приток, через що змінюється відповідність умов протікання води в цих пунктах.

11) Приплив та відплив води в гирлах ливних рік, а також вітровий нагін та згін води<sup>2)</sup>, що за наслідками своїми аналогічно попередньому факторові.

12) Побудування виправних споруд, мостів і т. ін., що змінює умови проходження витрати (а часто і ступінь трансформації останньої) на досить великому протязі ріки в районі цих споруд; при цьому процес переформування русла під впливом останніх часто триває довгий час після їх побудування.

13) Побудування гребель і вододіючих споруд при них (гідросилових станцій, водозливних отворів, шлюзів і т. д.), які зв'язані з штучним регулюванням горизонтів і витрат води, у наслідок чого в районі впливу цих споруд часто цілком порушується звичайний взаємний зв'язок всіх елементів ріки.

1) А. В. Огневский, Прогнозы для переходных и зимних периодов, с. 80.

2) Див., напр., Клейбер В. Г., О предсказаниях ожидаемой глубины, ч. 1, с. 771.

14) Механічне днопоглиблення (землечерпальними, землесосними, вибуховими, гідромоніторними і т. п. роботами), яке впливає в залежності від місця його застосування аналогічно факторам, зазначеним в п. п. 5, 6, 7.

15) Розчистка русла від каміння, корчів, водоростей тощо, яка впливає також аналогічно факторам, зазначеним в п. п. 5, 6, 7.

Не всі з цих численних факторів, більшості яких (за винятком, мабуть, 2, 3, 5, 7<sup>1)</sup>, 12, 14 і 15) досить багато уваги приділяється в роботах по гідрології, гідрометрії та річковій гідравліці, рівноцінні в аспекті даної теми.

Інерційна поправка досягає істотної величини лише в особливих умовах<sup>2)</sup>.

Заростання русла на наших великих ріках майже не має місця. В періоди льодових явищ проміри глибин перекатів не проводяться. Припливи та відпливи води відбуваються в гирлах лише деяких (північних) рік СРСР. Вітрові нагони та згони води, якщо виключити приморські дільниці рік, мають тимчасовий характер і до того ж вплив їх у колінкуватому руслі порівнюючи невеликий. Греблі на магістральних ріках є ще винятком. Збудування виправних споруд і мостів теж треба віднести до поодиноких випадків. До того ж періоди й дільниці впливу цих споруд і гребель можна, порівнюючи легко, виділити із загального розгляду при аналізі режиму перекатів.

Механічне днопоглиблення саме собою, через відносно малі розміри прорізів, неспроможне спричинити значні зміни в режимі потужної ріки, а може лише дати поштовх природному переформуванню русла. Розгляд кількох десятків випадків механічного днопоглиблення на Середньому Дніпрі безпосередньо нижче перекатних водостів показав, що в наслідок виконання прорізів різниця між висотою відповідних горизонтів суміжних водостів змінювалася лише на 3—5, дуже рідко на 10 см.

Кардинальна, у масовому масштабі, очистка русла від випадкових засмічень (корчів, каміння, палів тощо) на судноплавних артеріях — вже пройдений етап, а очистка від водоростей тут і не має місця, бо вони на фарватері не з'являються. Щодо часткових, поточних корчів і каменепідіймальних робіт, то вони практично на режим потужного потоку не впливають.

---

1) Роль цього фактора — переформування русла у безпосередньому сусідстві з водомірним постом — іноді вважається однаковою для випадків мінливості русла вище та нижче водпоста. Між тим мінливість русла (це стосується і зміни його в наслідок збудування штучних споруд) впливає, — якщо не брати до уваги переміщення наносів — при плавкому характері цих змін і в умовах спокійної течії, властивій рівнинним рікам, лише проти течії (Сухомел Г. Й., Нерівномірний рух течив... с. 38—42). Отже місцеве переформування русла безпосередньо вище водпоста може не викликати порушення відповідності горизонтів води біля нього та біля іншого пункту, де умови продовження витрати залишаються незмінними.

2) Н. М. Бернадський, Речная гидравлика, ч. I, с. 65.

До основних причин порушень відповідності горизонтів води на водпосту і суміжному переаті рік типу Дніпра, Волги треба віднести: 1) розходження к величині місцевого стоку при однакових горизонтах води (п. 4) і 2) переформування русла біля водпоста чи перекату (п. 6), на дільниці між ними (п. 5), нижче їх (п. 7). Крім того іноді помітну роль можуть грати тимчасові підпори водами значних приток (п. 10) та своєрідність окремих фаз щодо величини подовжнього спаду, темпів зміни горизонтів тощо (п.п. 1—3).

Розділити вплив кожного з цих [факторів у конкретних випадках, звичайно, неможливо. Навіть тоді, коли б напевно були виключені всі вони (фактори), крім, скажімо, переформування русла<sup>1)</sup>, ми все ж таки без спеціальних натурних досліджень не могли б встановити, де саме це переформування відбулося: в районі водпоста, перекату, на дільниці між ними, чи нижче її.

Можна лише вважати досить імовірним, що саме переформування русла відіграє головну роль у порушенні відповідності рівнів між водпостом і перекатом, а варіації місцевого збігу мають другорядне значення, бо різниця величини площ водозбору для створів перекату і ближчого до нього водпоста, як правило, невелика. Навпаки, для двох суміжних водпостів порушення відповідності рівнів викликається більше аномаліями місцевого стоку, ніж переформуванням русла, бо, з одного боку, тут у величині водозбірних площ часто буває значна різниця, а з другого, — водпости влаштовують звичайно у місцях з більш стабільним руслом.

Звідси виходить, що роль аномалій місцевого стокрів порушенні відповідності рівнів найкраще встановити пормнюючи хід останніх на кількох водпостах, а роль перефоніювання русла — порівнюючи хід горизонтів на водпосту й сусідніх перекатах. Доводиться обмежуватися в основному саме тимивисновками, що їх можна зробити на підставі наявних емпіричних матеріалів. Через складність режиму річкового потоку і відсутність для виведення поправкових коефіцієнтів достатніх даних натурних спостережень не варто шукати теоретичного розв'язання питання ні про можливі межі порушення відповідності рівнів, ні про величину його в окремих випадках<sup>2)</sup>.

Яку ж оцінку ролі варіацій місцевого стоку і переформування русла дозволяють нам зробити наявні по Дніпру та Десні матеріали?

1) Наприклад, для водпоста і перекату, що знаходяться близько один від одного на практично безпритоківій дільниці ріки і поза межами впливу якогось змінного підпору.

2) А. В. Огієвський вважає, що „покищо не може бути охоплений теоретичним аналізом“ навіть такий порівнюючий простий випадок, коли можна не враховувати переформування русла („Прогнози для перехідних і зимних періодів“..., с. 80).

Відзначимо одразу, що фактором порушення відповідності виступає не наявність місцевого стоку (тобто стоку з басейну дільниці ріки між пунктами, для яких встановлюється відповідність горизонтів води) сама собою, а незалежність його величини від величини транзитної (тобто тої, що формується в басейні верхового пункту) витрати води. Наслідком цього і буває порушення відповідності транзитної (біля верхового пункту) і сумарної (біля низового пункту) витрати води, а звідси — порушення відповідності горизонтів.

Оскільки режим стоку окремих частин басейну, якщо розглядати певні моменти гідрографа, а не брати осереднені дані за цілі роки або сезони, виявляється досить незалежним від режиму стоку всього басейну, то, загалом кажучи, треба завжди рахуватися з варіаціями місцевого стоку, як фактором порушення відповідності горизонтів води. Але на практиці, при певних умовах, цей фактор можна ігнорувати. Це припустимо тоді, коли — завдяки: або 1) взаємному зв'язку модулів місцевого стоку і модулів стоку транзитного, або 2) малій питомій вазі місцевого стоку в сумарному — порушення відповідності витрат буде настільки незначним, що викликане ним порушення відповідності горизонтів не перевищить  $\pm 5$  см (в крайньому разі  $\pm 10$  см). Як зазначено в § 8, з такою точністю взагалі припустимо визначати горизонт води на перекаці при аналізі промірних відомостей бакенників.

I випадок. Питання про можливі варіації сезонних модулів стоку або, точніше, про варіації співвідношення сезонних модулів стоку частин басейну досить складне і може служити темою самостійної роботи вже з галузі чистої гідрології<sup>1)</sup>. Тому ми обмежимося щодо цього випадку відзначенням того, що він може трапитися мабуть лише в періоди межені, або суворої зими, коли ріка живиться ґрунтовими водами. Найбільш своєрідного ж режиму місцевого стоку в періоди промірів глибини слід чекати в періоди злив і обкладних дощів. У територіальному ж розрізі місцевий стік, як фактор порушення відповідності горизонтів води, навряд чи можна ігнорувати у верхів'ях рік, де, завдяки малій площі водозбору, різкіше виявляються місцеві особливості живлення.

II випадок. Розмір місцевого стоку, як і стоку взагалі, залежить, з одного боку, від величини його водозбірної площі, а з другого — від значення модуля стоку. Тому, II випадок ми матимемо тоді, коли: або а) величина водозбірної площі дільниці між водпостом і перекатом значно менша, ніж величина

<sup>1)</sup> Деякі дослідження в цьому напрямі провадив П. О. Єфімович (Вопросы водохоз. расчетов, сс. 41—43), але він розглядав лише осереднені дані за цілі роки і до того ж брав надто великі частини басейнів, що приховувало різницю у співвідношенні модулів стоку.

всієї водозбірної площі низового пункту; або б) модуль місцевого стоку значно менший за модуль сумарного стоку.

Останнє буває на Дніпрі, як і взагалі на наших ріках, які течуть у південному напрямку, під час весняного спадання води (особливо у другій його половині), коли збігання снігових вод з низових частин водозбору вже закінчується, а з верхових ще триває або лише починається.

Щождо питомої ваги водозбірних площ місцевого стоку, то, як показує проведена нами розбивка пережаттів Дніпра і Десни між водпостами (див. табл. 27 у § 13), максимальне співвідношення величини площ місцевого і сумарного водозбору на Дніпрі не перевищує 5<sup>0</sup>/<sub>10</sub>, а на Десні, де водпостів менше, доходить у верхів'ях до 38<sup>0</sup>/<sub>10</sub>. Щоб оцінити ці цифри, не стаючи знову таки на шлях аналізу варіацій модулів місцевого стоку, розглянемо, наскільки, при різній частці площ місцевого водозбору, порушиться відповідність горизонтів окремих водпостів Дніпра і Десни в умовах, коли іншими факторами цього порушення можна нехтувати.

Спочатку візьмемо кілька випадків, коли в наслідок сильних злив або обкладних дощів на якомусь водпості спостерігається раптове підвищення горизонту води при стоянні або навіть спаданні останньої біля ближчого верхового водпоста. Очевидно, що на протязі кількох днів, для яких ми встановлюємо це раптове порушення відповідності горизонтів води, переформуванням русла, як фактором цього порушення, можна нехтувати. Ось ці випадки:

а) З 27 по 28 червня 1932 р. рівень води біля Києва в наслідок обкладних дощів підвищився на 10 см (з 246 до 256 см). У той же час рівні у низов'ї Десни (водпост „Летки“) і на Дніпрі нижче гирла Прип'яті (водпост „Домантово“) або знижувалися, або стояли на одному місці. Значний прибуток води відзначається лише на ближчому до Києва водпосту „Глибовка“. Отже раптове підвищення рівня води біля Києва спричинене збільшенням стоку з водозбору не більше як від Домантова до Києва (за винятком Придесення). Площа цього водозбору становить приблизно 7<sup>0</sup>/<sub>10</sub> від усієї водозбірної площі Дніпра біля Києва.

б) Наприкінці і на початку серпня 1931 р. на Дніпрі продовжувалося спадання води, але починаючи від Вітачова водпости відзначили протягом кількох днів деяку затримку цього спадання і навіть підвищення горизонту води. Ось які водомірні спостереження були в цей час на водпосту „Вітачів“ і ближчому до нього верховому водпосту „Київ“.

	29.VII	30.VII	31.VII	1.VIII	2.VIII	3.VIII
Київ . . . . .	78	76	75	73	71	
Вітачів . . . . .	58	56	58	56	55	53



Приймаючи термін добігання води від Києва до Вітачева (57 км) за 1 добу, одержуємо, що біля Вітачева відбулося підвищення горизонту води на 4 см. Воно є наслідком тимчасового збільшення місцевого стоку на ділянці між Києвом і Вітачевом, водозбірна площа якої (2000 км<sup>2</sup>) становить лише 0,6% від сумарної площі водозбору Вітачева (328 000 км<sup>2</sup>)<sup>1</sup>).

в) Влітку 1925 року водпост „Рогачов“ фіксує такий хід рівнів Дніпра: з 30.VIII по 3.IX стояння горизонту 98 см, а потім спадання: 4.IX 96 см, 5.IX 92 і т. д. На водпосту „Річиця“ (1 далі вниз по Дніпру) в цей період відзначено паводкове підіймання горизонту: 1.IX 82 см, 2.IX 87 см і 6.IX 105 см, 7.IX 106 см. При терміні добігання 2—3 доби висота підсилення горизонту води біля Річиці в наслідок раптового піднесення місцевого стоку виразиться в 21—26 см. Площа ж місцевого водозбору (32 000 км<sup>2</sup>) становить 60% від сумарної водозбірної площі Річиці (55 000 км<sup>2</sup>).

г) На Десні під час стояння біля Чернігова рівня води з 21 по 25 жовтня 1929 р. спостерігалось підвищення біля Моровська на 6 см. Водозбірна площа між Черніговом і Моровськом (2000 км<sup>2</sup>) становить 2,4% від водозбірної площі Моровська.

д) На тій же Десні, під час спадання води біля Трубчевська з 10 по 14 вересня 1930 р. на 10 см, біля Новгород-Сіверського (через 2 дні) було підвищення на 1 см. Підвищення горизонтів біля останнього пункту на 11 см є наслідком збільшення місцевого стоку з водозбірної площі не більше 12 700 км<sup>2</sup>, яка становить 41% від площі водозбору Новгород-Сіверського.

е) З 30.VI по 3.VII 1930 р. горизонт води біля Брянська залишався стабільним, а відповідні горизонти біля Трубчевська дають різницю (в бік підвищення) на 16 см. Місцевий водозбір (72 000 км<sup>2</sup>) становить 36% від сумарного.

Ці взяті нами випадки порушення відповідності горизонтів води належать до категорії порівнюючи рідких і трапляються далеко не на кожній ріці. Тому, при всьому їх ілюстративному характері, ми все ж таки маємо право вважати, що деякі узагальнюючі на їх основі висновки про роль місцевого стоку на Дніпрі й Десні в межінь будуть досить обережними (якщо не рахуватися з випадками виняткових злив). Ці ж висновки зводяться до того, що при величині водозбірної площі місцевого стоку не більше 1—2% від загальної площі водозбору (тобто при різниці водозбірних площ водпоста і перекату не більше як в 1—2% від площі низового з цих 2 пунктів) розходження відповідних рівнів у наслідок варіацій місцевого стоку звичайно ще лежатиме в межах точності вихідних даних про глибини перекатів. З другого боку, якщо ця величина становить 7%

<sup>1</sup>) Тут, як і в решті наведених випадків, збільшення місцевого стоку могло відбуватися і не з усієї площі місцевого водозбору.

і більше, то розходження відповідних горизонтів вийде за межі навіть максимально припустимої похибки.

Отже варіації місцевого стоку в межинь можуть бути серйозним фактором порушення відповідності горизонтів води водпоста і перекаату на дільницях Дніпра вище гирла Березини (а також в районі вище Верхнедніпровська) і на дільницях Десни вище гирла Сейма і особливо вище гирла Есьмані. При цьому таке порушення може мати місце не для всіх перекаатів цих дільниць, а лише для тих, які значно відрізняються величиною площі водозбору від водпоста.

Наведені дані й висновки з них стосуються ролі варіацій місцевого стоку<sup>1)</sup> в період переходу від весняних горизонтів до літніх, або літньо-осінніх, тобто взагалі в періоди порівнюючи низької води. Для висвітлення ролі цього фактора у період весняного спадання рівнів ми можемо одержати деякі вказівки із проробок служби гідрологічних оповіщень Дніпробуду<sup>2)</sup>. Розгляд характеру зв'язку відповідних рівнів таких двох водпостів з досить стабільним руслом<sup>3)</sup>, як „Кременчук“ і „Лецманська Кам'янка“, для яких, очевидно, основним фактором порушення відповідності рівнів треба вважати саме варіації величини місцевого стоку, указує, що розсіяння точок різних років лишається в межах 5—10 см, дуже рідко доходячи до 15 см. Оскільки площа водозбору між цими двома пунктами становить близько 15% від водозбору Лецманської Кам'янки, то виходить, що і в період весняного спаду роль варіацій місцевого стоку приблизно така сама, як ми раніш визначили для літа.

### Роль переформування русла

В умовах відносно легко мінливого русла Дніпра й Десни (див. докладніше у § 19) безумовно треба чекати, що переформування русла буде значним фактором порушення відповідності рівнів. Весняна повідь робить такі зміни в руслі ріки, що навіть для водпостів, які розташовані на плесах і взагалі у місцях з порівнюючи стабільним руслом, часто доводиться щорічно виправляти криві зв'язку відповідних рівнів. Як показує багатий досвід служби гідрологічних оповіщень Дніпрельстану, ці поправки, встановлені на початку навігації, бували загалом досить постійними і для інших періодів року, що підтверджує вирішну роль весняної поводи<sup>4)</sup>.

1) Між іншим, за цими і аналогічними їм даними можна було б зробити деякі висновки про величину варіацій модулів місцевого стоку, аналізуючи збільшення витрат води, яке відповідає (обумовлюючи його) підвищенню відповідних горизонтів. Але для такого аналізу наведеного вище матеріалу недостатньо.

2) А. В. Огневский, Прогнозы для переходных и зимних периодов, с. 82.

3) А. В. Огневский, Режим стока Верхнего и Среднего Днепра, с с. 33, 36.

4) А. В. Огневский, Прогнозы для зимних и переходных периодов, с. 84.

Але на перекатах такі зміни помітно відбуваються й на протязі однієї навігації (див. табл. 18), різним періодам якої властиві різні характерні процеси в руслі. Тому, переформування русла (як природне, так і викликане механічним днопоглибленням або гідротехнічними спорудами) треба вважати одною з основних причин порушення однозначності відповідних горизонтів не тільки однакових фаз різних років, але й різних або споріднених фаз одного й того ж року.

Щоб виділити роль цього фактора, треба, очевидно, взяти такі випадки, коли він досягає максимуму, а інші фактори — мінімуму. До таких випадків належить зв'язок, в період однакових фаз, рівнів суміжних перекатів або — водпоста і розташованих біля нього перекатів, при умові, що ці пункти не знаходяться в зоні змінного підпору, що їх водозбірні площі майже рівновеликі і що добові амплітуди горизонтів води у порівнювані моменти незначні.

Можна, хоч і не так повно і яскраво, виділити роль переформування русла також шляхом порівняння за різні роки відповідних рівнів суміжних водпостів, якщо ці водпости задовольняють тількищо встановлені вимоги. Але навіть у найбільш сприятливому випадку різниця у величині водозбірних площ сусідніх водпостів все ж таки буде помітна. Щоб зменшити роль можливих варіацій місцевого стоку, треба для порівняння брати горизонти води ближче до межені, коли живлення ріки найбільш стабільне. До того ж у цей період і добова амплітуда горизонтів звичайно невелика, що зменшує роль і ймовірних помилок у визначенні терміну добігання.

Обмеження нашого аналізу ролі переформування русла лише одним періодом, початком межені, є безперечно мінусом цього шляху. Він, проте, має й певну перевагу перед першим шляхом, бо дає можливість розглянути роль переформування русла у перспективі багатьох років, тим часом як дані про хід рівнів безпосередньо на перекатах дуже обмежені. На Дніпрі ми їх маємо всього за 2 роки, на Десні зовсім не маємо.

Ми скористуємося обома цими шляхами, які в сумі дозволяють повніше висвітлити досліджуване явище.

*І шля.* Зіставимо, поперше, рівні за 1934 і 1935 рр. по чотирьох характерних групах перекатів Дніпра і водпостях, розташованих у центрі кожної групи:

1) район водпоста „Глібовка“, де маємо звичайну на Дніпрі наявність двох значних рукавів;

2) район водпоста „Вітачів“, де судноплавний рукав Дніпра порівнюючи стабільний;

3) район водпоста „Бужин“, де Дніпро розгалужується на ряд рукавів, перерозподіл витрати між якими спричиняє значні зміни в руслі;

4) район водпоста „Кременчук“, що характеризується виходами скель у руслі.

По кожному водпосту обираємо один якийсь горизонт, що має місце в обидва ці роки при різних фазах і визначаємо величину відповідних йому горизонтів на сусідніх перекатах. Обмежуємося перекатами, що знаходяться на віддалі до 30 км від водпоста. Швидкість пробігу паводкової хвилі приймаємо постійною — 60 км/доба. Відхилення для окремих фаз хвилі і для окремих ділянок, як показали спробні обчислення, не перевищуватимуть 25% (пор. § 9). При обрахуванні терміну пробігу з точністю до чверті доби, він матиме значення від -0,5 до +0,5 доби. Максимальна можлива сумарна похибка у визначенні терміну пробігу буде  $0,25 \cdot 1,25 = \sim 1/3$  доби. Оскільки в усіх розглянутих випадках добова амплітуда рівнів не перевищувала 4—6 см, то порушення відповідності рівнів від неточності обрахування терміну пробігу буде не більше 1—2 см і отже майже не відіб'ється на результатах. Величина водозбірної площі в межах кожної взятої групи перекатів змінюється на частки процента.

Всі обрані перекази й водпости знаходяться поза межами можливого підпору будь-яких помітних приток. Отже, маємо всі умови, при яких переважна роль у порушенні відповідності рівнів належить переформуванню русла, природному чи в наслідок механічного днопоглиблення.

Зведемо всі дані про величину відповідних рівнів у табл. 18,

Таблиця 18

Величина відповідних горизонтів на перекатах в різні роки і фази  
(в см)

Назва переказу	Веснян. спад.		Меж. підійм.		Меж. спад.		Крайні знач.	Абсол. велич. $x_n^{IV}$
	1934	1935	1934	1935	1934	1935		
I група	Горизонти, відповідні 147 см над „0“ спост. водпост „Глібовка“							
Сухолуччя . . . . .	150	142	145	152	145	146	142—152	10
Толокунь . . . . .	163	154	150	159	151	157	150—163	13
Ясногородка . . . . .	—	134	130	139	130	134	130—139	9
	сер.							11
II група	Горизонти, відповідні 104 см над „0“ спост. водпост „Вітачів“							
Осетрова Лука . . . . .	—	91	120	101	119	101	91—120	29
Вишеньки . . . . .	—	98	114	97	116	84	84—116	32
Сальково . . . . .	132	120	128	121	127	124	120—132	12
Трипілля . . . . .	110	69	109	73	115	81	69—115	46
Стайки . . . . .	101	95	94	102	98	113	94—113	19
Гребені . . . . .	97	98	107	98	123	110	97—123	26
Ржищі . . . . .	98	94	102	94	119	112	94—119	25
Вовче Горло . . . . .	106	87	99	80	109	95	80—109	29
Ходорів . . . . .	95	83	95	75	102	99	75—102	27
	сер.							27

Назва перекаату	Веснян. спад.		Меж.підійм.		Меж. спад.		Крайні знач.	Абсол. велич. $x_n^{IV}$
	1934	1935	1934	1935	1934	1935		
Горизонти, відповідні 150 см над „0“ спост. водпост „Бужин“								
III група								
Ревун . . . . .	112	109	113	112	118	118	109—118	9
Біла голова . . . . .	120	119	119	119	116	124	116—124	8
Боровиця . . . . .	150	139	138	141	142	146	138—150	12
Гречанка . . . . .	151	146	137	150	140	158	137—158	21
Воронівка . . . . .	152	156	139	155	150	155	139—156	17
Коропово . . . . .	158	147	138	146	143	156	138—158	20
	сер.							15
Горизонти, відповідні 150 см над „0“ спост. водпост „Кременчук“								
IV група								
Старолиповське V	154	153	159	150	154	149	149—159	10
Табурище . . . . .	149	162	150	166	151	165	149—166	17
Вербочки . . . . .	140	156	154	155	142	153	140—156	16
Шеломат . . . . .	128	134	109	131	107	129	107—134	27
	сер.							18

подавши у ній також для кожного перекаату абсолютну величину  $x_n^{IV}$ . Розгляд цієї таблиці вказує на те, що абсолютна величина  $x_n^{IV}$ , — яка для окремих з розглянутих перекаатів досягала 46 см, а в середньому для всіх них складала 20 см, — у переважній більшості випадків була найбільшою для відповідних горизонтів різних фаз різних років. Щоб цей висновок став наочнішим, наведемо в табл. 19 середню для кожної групи перекаатів величину  $x_n^{IV}$  (абсолютну) різних фаз різних років, а також різних фаз одного року і однакових фаз різних років.

Таблиця 19

Середня величина різниці у величині відповідних горизонтів води

Група перекаатів	Різні фази різних років	Різні фази 1934 р.			Різні фази 1935 р.			Однакові фази 1934 і 1935 рр.		
		весн. і меж. спад.	весн. спад. і меж. під.	меж. під. і спад.	весн. і меж. спад.	весн. спад. і меж. під.	меж. під. і спад.	весн. спад.	меж. спад.	меж. під.
I	11	8	9	0	2	7	4	8	8	4
II	27	10	5	6	12	4	8	14	16	15
III	15	8	9	5	7	2	6	6	7	8
IV	18	6	10	5	4	3	2	9	12	13
Сер. для всіх перекаатів . . . . .	20	8	7	5	8	4	6	10	12	11

За даними табл. 19 виходить, що величина розходження відповідних горизонтів, взятих у різні фази одного року, або в однакові фази різних років складає в середньому для розглянутих перекатів 7—10 см, тобто вдвое-втриє менше, ніж це одержано при порівнянні тих же горизонтів у різні фази різних років.

Розгляд табл. 18 вказує, що величина  $x_n^{IV}$  для різних перекатів і різних періодів може бути і додатною і від'ємною, досягаючи часто 20—30 см. Отже, вплив порушення відповідності горизонтів на аналіз режиму дна перекатів може бути досить значним і до того ж настільки різноманітним, що неможливо встановити будьяку закономірність, яка дозволила б передбачати знаки і величину  $x_n^{IV}$ . Але, як видно з табл. 20, середня для всіх 22 перекатів величина  $x_n^{IV}$  зовсім невелика (від -5,5 до +5,5 см), що вказує на можливість ігнорувати порушення відповідності горизонтів при користуванні осередненими даними по значній кількості перекатів різних дільниць.

Таблиця 20

Середня величина  $x_n^{IV}$  в наслідок порушення відповідності горизонтів води

Група перекатів	Різні фази 1934 р.			Різні фази 1935 р.			Однакові фази 1934 і 1935 рр.		
	весн. і меж. спад.	весн. спад. і меж. під.	меж. під. і спад.	весн. і меж. спад.	весн. спад. і меж. під.	меж. під. і спад.	весн. спад.	меж. спад.	меж. під.
I	-8	-9	0	2	7	-4	-8	8	4
II	6	-1	6	9	1	5	-13	-14	-12
III	-5	-9	4	7	1	6	-4	7	8
VI	-4	0	-5	-2	-1	-2	9	8	10
Сер. для всіх перек.	-1	-4	2	5,5	2	3	-5,5	-1,5	-0,5

*II шлях.* Для зіставлення відповідних горизонтів постійних водпостів треба взяти такі водпости, які мало різняться величиною водозбірної площі і разом з тим не лежать в зоні підпору водами якоїсь притоки. Таких водпостів на Дніпрі й Десні є всього три групи:

Назва водпоста	Величина водозбірної площі (в ‰)
I група	
Лоев . . . . .	100‰
Навози . . . . .	102‰

Назва водпоста	Величина водозбірної площі (в ‰)
II група	
Київ . . . . .	100‰
Вітачів . . . . .	100‰
Канів . . . . .	102‰
III група	
Чернігів . . . . .	100‰
Моровськ . . . . .	101‰

Для зіставлення взято горизонти на 30—50 см вище середньо-низького навігаційного горизонту, які мали місце наприкінці весняного спадання майже кожного з останніх 10 років (крім багатоводного 1933 і частково — 1928 і 1935). Отже вжито всіх заходів, щоб усунути основні фактори порушення відповідності горизонтів, крім переформування русла.

Таблиця 21

	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	Крайні значення	Величина розходження
Горизонти, відповідні 89 см над „0“ спост. водпоста „Лоев“													
Навози . . . . .	—	—	97	—	97	95	96	86	—	87	88	86—97	11
Горизонти, відповідні 68 см над „0“ спост. водпоста „Київ“													
Вітачів . . . . .	48	46	48	49	50	47	50	58	—	63	—	47—63	16
Канів . . . . .	—	—	—	91	92	96	68	70	—	83	—	68—96	28
Горизонти, відповідні 97 см над „0“ спост. водпоста „Чернігів“													
Моровськ . . . . .	—	—	73	—	80	73	42	56	—	70	56	42—80	38

Табл. 21 показує, як і слід було чекати, що порушення відповідності горизонтів постійних водпостів характеризується звичайно значно меншими цифрами, ніж це ми бачили для перекатів. Але в 1931—1933 рр. з їх винятково високими водами (1931—1932 — під час весняної поводи, а 1933 — влітку) величина відповідних горизонтів різко змінюється. Різниця у величині відповідних горизонтів до 1931 і після нього становить до 38 см.

## § 12. Способи „прив'язування“ перекатів до водпоста

У зв'язку з виявленою у попередніх параграфах значною неточністю визначення за даними водпостів дійсних горизонтів води на перекаті, певний практичний інтерес має питання про найдоцільніший спосіб „прив'язування“ перекатів до водпостів. В. А. Макаров<sup>1)</sup>, а разом з ним і В. Г. Клейбер<sup>2)</sup> вважали, що в разі відсутності на перекаті водпоста найбільш точним є визначення горизонтів води на перекаті інтерполюванням (пропорціонально віддалі вздовж ріки) показань суміжних з перекатом верхового і низового водпостів<sup>3)</sup>. Макаров зазначив, що різниця між теоретичним горизонтом води на перекаті, визначеним в такий спосіб, і фактичним не „може бути дуже велика“ (В. А. Макаров, О зависимости... с. 560). Перенесення на перекат показань ближчого водпоста, що він застосував при попередніх своїх розробках, Макаров<sup>4)</sup> вважав менш точним (там же, с. 546). Інтерполювання горизонтів води, яке запроваджував Макаров, можна було б вважати найбільш точним (зокрема тому, що тоді усувалася б потреба вводити поправку на „добігання“) способом визначення горизонтів води на перекаті лише при тій умові, щоб подовжній профіль водного дзеркала був би прямою лінією або такою ламаною, окремі важливі для нас точки якої (місця перекатів і водомірів) завжди лежали б на одній прямій. А оскільки це звичайно далеко не так, то інтерполювання горизонтів, рекомендоване Макаровим, зовсім не гарантує достатньо точного визначення дійсного рівня води на перекаті.

В наслідок своєрідності водомірних графіків у різних пунктах ріки (про що докладно сказано в § 10) теоретичний графік, побудований для перекату методом інтерполяції, як правило, буде значно відрізнитися від фактичного. В. А. Макаров помилково вважав, що ця різниця взагалі невелика і до того ж має завжди певний характер, а саме: фактична амплітуда горизонтів води на перекаті менша, ніж теоретична амплітуда

<sup>1)</sup> В. А. Макаров, О зависимости между стоянием горизонта и глубиною перекатов. Труды I съезда инженеров-гидротехников в 1892 г., МПС СПб, 1892, сс. 544, 560.

<sup>2)</sup> В. Г. Клейбер, О предсказаниях ожидаемой глубины перекатов на р. Волге. Труды III съезда рус. деятелей по вод. путям в 1896 г., ч. I, сс. 770, 771.

<sup>3)</sup> В атласі „Графический обзор судоходного состояния перекатов реки Волги“ В. А. Макаров так схарактеризував свій спосіб визначення горизонтів води на перекатах: „Позначки стояния горизонта на перекатах одержані як середні геометричні з показань водомірів, між якими перекат знаходиться“.

<sup>4)</sup> Клейбер згодом від цієї думки відмовився і в 1899 р. на VI з'їзді російських діячів по водним шляхам демонстрував графіки зв'язку глибин на перекатах з горизонтами води, перенесеними на перекат з ближчого водпоста. (Доклад „Землечерпание и выправление как меры улучшения Волжского транспорта пути“, „Пояснения к черт.“, сс. 3, 12).



горизонтів води, визначених інтерполюванням. Ось як писав він: „З спаданням води перекази, які розташовані між водомірами, являючи більший опір течії, утворюють місцеві підпори, у наслідок яких горизонт на самих валах переказів підвищується, а падіння нижче вала збільшується. Оскільки ж підвищення на сигнальних щоглах провадиться за найменшою глибиною, яка знаходиться якраз на самому валу переказу і встановлюється намьоткою, то сигнальна глибина береться від горизонту підпертого, вищого проти теоретичного, визначеного для переказу за показаннями водомірів. У наслідок цього, визначаючи положення дна переказу відкладанням сигнальної глибини вниз від теоретичної горизонту, ми, очевидно, під час спадання води одержимо нижчий обрис дна, тобто встановимо деяке поглиблення переказу, тим часом як у дійсності жодного поглиблення може й не бути, а існує лише підпір, і ми не одержали б поглиблення, коли б положення дна відзначали відкладанням сигнальної глибини не від теоретичного, а від підпірного горизонту“. „Найбільш імовірне спільне існування, як підпору, так і промивання дна при спаданні води“. „Головним фактором на Волзі у цьому складному явищі є, здається, дійсне промивання піщаного дна, а підпір грає другорядну роль“<sup>1)</sup>.

З цими міркуваннями Макарова можна було б погодитися лише в тому випадку, коли б водоміри, по яких інтерполюванням обчислюється горизонт води на переказі, були б розташовані в ближчих сусідніх плесах вгору і вниз за течією від переказу. А оскільки в дійсності цього немає, оскільки між водоміром і переказом лежить звичайно ціла низка плесів і переказів,— то Макаров помиляється в оцінці і знака, і величини різниці між амплітудою фактичних і „теоретичних“ (інтерпольованих) горизонтів води на переказі.

Питання це з принципового боку і щодо різниці між амплітудою горизонтів на переказі і на ближчому водпості розглянуто в § 10, де встановлено, що різниця ця може бути і додатною і від'ємною, і до того ж досить значною за абсолютною величиною. Для характеристики того, які зміни в ці висновки вносить заміна горизонтів води ближчого водпоста інтерпольованими показаннями двох сусідніх водпостів, нижче подана табл. 22. Вона складена за даними постійних і тимчасових (переказних) водпостів Середнього Дніпра, при чому, щоб полегшити порівнювання та й самі розрахунки, взято лише ті переказні водпости, які розташовані від постійного водпоста не далі 15 км, що дозволяє приймати для них „добігання“ не більше як чверть доби і ігнорувати його. Інтерполяція горизонтів проведена графічно.

На графіку амплітуд (рис. 11) горизонтальна лінія 0—0 прийнята умовно за поверхню води Дніпра 1 червня 1934 р.

<sup>1)</sup> В. А. Макаров, О зависимости между стоянием горизонта и глубиной переказов, сс. 544—545.

На цій лінії відзначено місця постійних і тимчасових (перекатних) водпостів, від Домантово до Аулов. На вертикалях кожного водпоста відкладено в масштабі  $1 \text{ см} = 25 \text{ см}$  величини амплітуд горизонтів за даними цього поста: вгору — за період 16 травня — 1 червня, вниз — за період 1 червня — 1 липня. Похилі лінії, що з'єднують одноіменні точки постійних водпостів, і дають для кожного перекатного водпоста інтерпольовану величину амплітуд горизонтів. Ці величини занесено у відповідні графи табл. 22.

Таблиця 22

Назва перекату	А. За період 16.V—1.VI 34 р.					Б. За період 1.VI—1.VII 34 р.				
	Амплітуда гориз.			Різниця		Амплітуда гориз.			Різниця	
	I фак-тична	II за інтерп.	III за ближч. водпост.	II—I	III—I	I фак-тична	II за ін-терп.	III за ближч. водпост.	II—I	I—III
Червон. Припічок	104	138	141	34	37	55	53	53	— 2	— 2
Окуніново . . . . .	156	135	141	— 21	— 15	52	52	53	0	1
Толокун'є . . . . .	94	125	121	31	27	59	48	47	— 11	— 12
Сваром'є . . . . .	108	135	121	27	13	59	52	47	— 7	— 12
Наталка . . . . .	168	159	166	— 9	— 2	68	61	64	— 7	— 4
Київ-Пристань . . . . .	176	164	166	— 12	— 10	71	63	64	— 8	— 7
Осокорки . . . . .	164	162	166	— 2	2	70	63	64	— 7	— 6
Святополк. Стан . . . . .	129	133	124	4	— 5	83	60	58	— 23	— 25
Трипілья . . . . .	131	129	124	— 2	— 7	58	58	58	0	0
Стайки . . . . .	144	127	124	— 17	— 20	62	56	58	— 6	— 4
Гребені . . . . .	139	128	124	— 11	— 15	42	55	58	13	16
Ржищів . . . . .	146	137	124	— 9	— 22	70	52	58	— 18	— 12
Бучаки . . . . .	150	148	153	— 2	3	69	38	58	— 31	11
Селище . . . . .	162	151	153	— 11	— 9	68	36	58	— 32	— 10
Руда . . . . .	141	152	153	11	12	47	35	58	— 12	11
Прохорівка . . . . .	145	150	153	5	8	81	39	58	— 42	— 23
Хрещатик . . . . .	155	148	153	— 7	— 2	70	43	58	— 27	— 12
Мережик . . . . .	103	136	129	33	26	66	60	69	— 6	3
Дахнівка . . . . .	141	134	129	— 7	— 12	87	63	69	— 24	— 18
Черв. Слобода . . . . .	127	126	129	— 1	2	77	64	69	— 13	— 8
Гречанка . . . . .	114	118	116	4	2	68	48	47	— 20	— 21
Чорна Річка . . . . .	97	118	116	21	19	83	50	47	— 33	— 36
Воронівка . . . . .	127	120	116	— 7	— 11	76	62	47	— 14	— 29
Вербочка . . . . .	138	125	126	— 13	— 12	—	—	—	—	—
Шеломаї . . . . .	122	125	126	3	4	90	87	87	— 3	— 3
Лобачово . . . . .	116	119	115	3	— 1	83	87	87	4	4
Келеберда . . . . .	114	118	115	4	1	88	87	87	— 1	— 1
Солошино . . . . .	119	117	115	— 2	— 4	89	88	87	— 1	— 2
Орлик . . . . .	138	120	122	— 18	— 16	100	89	90	— 11	— 10
		сер.		1	0		сер.		— 12	— 8

За даними табл. 22 виходить, що при визначенні висоти горизонтів води на перекатах шляхом інтерпольовання показань тих двох водпостів, між якими знаходиться перекат, величина



$x_n$  має і додатні і, частіше до того ж, від'ємні значення, а не лише додатні, як гадав Макаров. Крім того за абсолютною величиною  $x_n$  досить значна і в середньому навіть трохи більше, ніж при застосованому нами способі „прив'язування“ перекаату до одного сусіднього водпоста.

Наші заперечення щойно розглянутих тверджень Макарова базувалися в основному на матеріалах про хід горизонтів води на Дніпрі. Міркування ж Макарова стосуються Волги. Чи не може там бути інший, відмінний від дніпровського, режим подовжнього спаду водної поверхні?

Щоб дати відповідь на це запитання доведеться, за умов відсутності у літературі безпосередніх даних про співвідношення у ході горизонтів води на перекатах і водпостах Волги, використати ті окремі відомості, що їх наводять Лохтін у своїй праці „О механизме речного русла“ та Клейбер у доповіді на III з'їзді рос. діячів по вод. шляхам.

В праці Лохтіна (лист 4) вміщено графіки коливання горизонту води на 12 водомірних постах, установлених в 1894 р. на 12 перекатах Волги від Нижнього Новгороду до Богородського. За цими графіками нами визначено величину амплітуди горизонтів води на перекатах в окремі періоди спадання і підймання її. Ці відомості разом з такими ж даними по ближчим водпостам<sup>1)</sup>, наведені в додатку № 2, дозволили скласти табл. 23, аналогічну табл. 22.

Дані про амплітуди горизонтів води на перекатах і водпостах Волги цілком стверджують оцінку припущень Макарова, зроблену тількишо на підставі матеріалів по Дніпру. Тому треба вважати доведеним, що обраний Макаровим як найкращий метод визначення горизонтів води на перекаці інтерполюванням не перевищує, а то й поступається точністю методів перенесення показань сусіднього водпоста, будучи разом з тим більш складним через потребу додаткової процедури інтерполювання<sup>2)</sup>.

Відомості про горизонти води на цих перекатах в 1895 р. в літературі нам не відомі, крім одної вказівки у В. Г. Клейбера про те, що з 20.VII по 15.VIII (ст. ст.) 1895 р. горизонт води на перекаці „Телячий Брід“ знизився на 52 сотки сажени, а за 7 верст нижче, біля Кстовського перекаату — на 71 сотку<sup>3)</sup>. Використати ці відомості для виявлення ступеня порушення (при переході від одного року до другого) відповідності горизонтів на цих перекатах і сусідніх водпостах не можна вже тому, що Клейбер не вказав висоту горизонту води на перекатах 20.VII і 15.VIII 1895 р. Тому залишається провести лише порівняння величини амплітуд горизонтів, хоч і це порівняння буде

<sup>1)</sup> Взято їх із „Сведений об уровнях воды на внутр. водных путях России“, т. V.

<sup>2)</sup> Ще більше ускладнень було б при застосуванні III форми аналізу. Тому ми не розглядаємо впливу на її точність цього методу інтерполяції.

<sup>3)</sup> В. Г. Клейбер, О предсказаниях ожидаемой глубины перекаатов на реке Волге, Тр. III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. I, с. 770.

Назва перекату	Кісто- Сквіня	Сум- ський	Коп- тар- ський	Чебок- сарський	Ура- ков- ський	Кушні- ковський	Ані- щен- ський	Кабачи- шенський	В. Василь- ківський	Н. Шелл- говський	Лобин- ків- ський	Красно- шлю- вський	Сер- арифме- тичне
Хід рівнів													
Спадання в липні 1894 р.													
I. ампл. фактична	45	64	83	47	62	—	—	—	40	—	—	—	—
II. " інтерп.	50	77	78	49	65	—	—	—	38	—	—	—	—
III. " сусід. водпоста	55	77	79	47	68	—	—	—	38	—	—	—	—
II-I	5	13	5	2	3	—	—	—	-2	—	—	—	5
III-I	10	13	4	0	6	—	—	—	-2	—	—	—	6
Спадання в серпні 1894 р.													
I. ампл. фактична	124	85	94	47	62	68	87	90	100	104	100	124	—
II. " інтерп.	97	98	88	58	70	68	100	98	98	107	108	114	—
III. " сусід. водпоста	104	102	85	57	72	72	102	96	96	94	94	124	—
II-I	-27	13	6	11	8	0	13	8	-2	3	8	-10	9
III-I	-20	17	9	10	10	4	15	6	-4	-10	-6	0	9
Спадання у вересні—жовтні 1894 р.													
I. ампл. фактична	—	170	—	—	200	194	—	—	179	175	172	115	—
II. " інтерп.	—	184	—	—	190	192	—	—	187	156	153	136	—
III. " сусід. водпоста	—	187	—	—	192	192	—	—	187	194	194	109	—
II-I	—	14	—	—	-10	-2	—	—	8	-19	-19	21	13
III-I	—	17	—	—	-8	-2	—	—	8	19	22	-6	12
Підіймання в липні—серпні 1894 р.													
I. ампл. фактична	85	45	57	49	53	—	—	—	51	40	30	38	—
II. " інтерп.	60	65	52	54	59	—	—	—	50	35	35	33	—
III. " сусід. водпоста	60	70	49	53	60	—	—	—	47	40	40	30	—
II-I	-25	20	-5	5	6	—	—	—	-1	-5	5	-5	9
III-I	-25	25	-8	4	7	—	—	—	-4	0	10	-8	11
Підіймання в серпні—вересні 1894 р.													
I. ампл. фактична	213	296	322	300	347	347	230	226	226	318	330	294	—
II. " інтерп.	188	317	304	308	326	349	246	232	229	303	301	292	—
III. " сусід. водпоста	204	322	300	304	349	349	260	217	217	324	324	277	—
II-I	-25	21	-18	8	17	2	16	6	3	-15	-29	-2	14
III-I	-9	26	-22	4	23	2	30	-9	-9	6	-6	-17	14

трохи умовним, бо в 1894 р. вода в літній час не спадала до такого низького горизонту, як 25.VIII 1895 р.

Встановлюючи за „Сведениями об уровнях воды“ (т. V) амплітуди горизонтів води за період з 20. VII по 15. VIII 1895 р. на ближчому верховому („Н.-Новгород“) і ближчому низовому („Зименки“) водпостах, одержуємо такі цифри:

Таблиця 24

Назва пункту	Водпост „Н.-Новгород“	Переказ „Тел. Брід“	Переказ „Костов“	Водпост „Зименки“
Віддаль від Н.-Новгорода (км) . . . .	0	13	20	30
Амплітуда горизонту (см)				
а) 20. VII — 15. VIII — 1895 р . . . .	109	111 (121)	151 (128)	138
б) близька до неї в 1894 р. . . .	81	—	124	104

Примітка: в дужках дано горизонти, одержані інтерполяцією.

З табл. 24 видно, що відомості 1895 р. не вносять жодних принципових змін у зроблені нами раніше за відомостями 1894 р. висновки: обидва перекази мають амплітуду горизонтів більшу, ніж на сусідньому водпосту <sup>1)</sup>; інтерполяція амплітуд водпостів дає більше розходження з фактичними амплітудами на переказах, ніж перенесення амплітуд з ближчого водпоста.

Отже, при відсутності на переказі водпоста найкраще „в'язувати“ („приписувати“ — за виразом Архіпова) переказ до сусіднього водпоста. Із двох сусідніх водпостів доцільно обирати ближчий, щоб зменшити або зовсім усунути поправку на добігання. З цього погляду найкращою є така розбивка переказів на групи, коли водпости знаходяться всередині групи. Так, наприклад, робив К. О. Архіпов <sup>2)</sup> і управління Волги й Дона Гідроелектропроект <sup>3)</sup>. Проте, в разі, коли між переказом і ближчим водпостом впадає велика притока, яка значно змінює гідрологічний режим ріки, краще брати горизонти більш віддаленого поста, але ближчого до переказу за величиною водозбірної площі. Основним мотивом такої рекомендації є не тільки прагнення послабити роль такого фактора зміни перебігу рівнів і порушення їх відповідності як місцевий стік. Різні гідрологічні ділянки ріки звичайно відмінні й щодо геологічної будови і топографії русла. Тому для пунктів, розташованих на різних гідрологічних ділянках ріки, дуже ймовірна і значна різниця в

<sup>1)</sup> Відзначимо, що для Кстовського переказу кількісне співвідношення величини амплітуд збереглося.

<sup>2)</sup> Цит. стаття, сс. 44—45.

<sup>3)</sup> В. Милославский, Путевые расчеты реки в свободном состоянии. Журн. „Водный транспорт“, 1935, №3, с. 21.

умовах протікання води, отже, і в величині амплітуд коливання горизонтів води.

Правда, умови протікання витрати води на окремих перекатах можуть бути досить відмінні і від водпоста, що лежить у межах тої ж гідрологічної дільниці, і дуже подібні до умов водпоста сусідньої гідрологічної дільниці. Так, наприклад, по ходу горизонтів води на весняному спаданні перекази „Старосілля“ і „Вишгород“ значно ближчі до Київського водпоста, ніж до Глібовського, хоч за величиною водозбірної площі вони відрізняються від Києва на 37<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, а від Глібовки всього на 1,5<sup>0</sup>/<sub>100</sub>. Але такі особливості в ході горизонтів вздовж ріки, поперше, не такі вже часті, а подруге, звичайно не мають сталого характеру. Так, наприклад, для тих же Вишгородського і Старосільського переказів хід низьких горизонтів води вже мало відрізняється від показань Глібовського водпоста. А оскільки до того ж передбачити можливість таких випадків без спеціальних спостережень навряд чи можна, то все ж таки найдоцільніше прив'язувати перекази до ближчого водпоста тієї ж гідрологічної дільниці.

### § 13. Водпости Дніпра й Десни

Дамо відповідно до поставлених у попередньому параграфі вимог оцінку розміщення наявних водомірних постів Дніпра й Десни.

*Рівневі пости Дніпра.* На протязі 1300 км Дніпра від Орші до Лоцманської Кам'янки регулярні (щоденні) спостереження над рівнями води ріки провадяться в 25 пунктах (див. табл. 25). Отже, на Дніпрі 1 водомірний пост припадає в середньому на 50 км. На окремих дільницях, проте, ланцюг постів значно густіший, на інших — рідший. Максимальної величини інтервал між водпостами досягає на дільниці Лоев—Навози 106 км, тим часом як, наприклад, між Кременчуком і Редутами 12 км, між Дніпропетровськом і Лоцманською Кам'янкою — лише 10 км. Все ж випадків, коли пости віддалені один від одного більш як на 75 км — тепер порівнюючи мало:

Могильов — Нов. Бихов . . . . .	104 км
Лоев — Навози . . . . .	106 „
Вітачів — Канів . . . . .	91 „

Але для навігацій до 1930 і особливо до 1928 р. справа стояла значно гірше, і цей короткий перелік слід було б набагато продовжити. Як видно з табл. 25, підчас навігації 1929 року діяли на Дніпрі всього 20, а підчас навігації 1927 р. — 15 водпостів. В результаті у ці роки віддаль між водомірними постами більше 75 км була звичайним явищем, особливо на верхньому Дніпрі. Останній факт, треба підкреслити, в зв'язку з швидким наростанням величини площі водозбору і різкою мінливістю витрат води вздовж верхових дільниць Дніпра, ще збільшує розходження у величині амплітуд горизонтів води

водпостів і перекатів і порушення відповідності горизонтів на них в наслідок варіацій місцевого стоку. Тому, забезпеченість водомірними постами Дніпра вище Лоева треба визнати, особливо для років до 1930, недостатньою<sup>1)</sup>. Для дільниць Дніпра нижче Лоева розрідженість ланцюга водпостів такої ролі не відіграє через порівнюючи спокійний хід витрат більш багатводної ріки.

Таблиця 25

Список водомірних постів на Дніпрі

Пункт розташування водпоста	Віддаль від гирла км	Дата зміни „0“ спостережень	Примітка
1. Орша . . . . .	1729	23. VIII 1929	
2. Шклов . . . . .	1688		Відкрито знову 1. X 1931
3. Могильов . . . . .	1638	19. VIII 1929	Відкрито знову 17. VIII 1929
4. Новий Бихов . . . . .	1534		Відкрито 30. VIII 1927
5. Турськ . . . . .	1474		
6. Рогачов . . . . .	1450	22. IX 1930	
7. Жлобіно . . . . .	1415	19. IX 1929	
8. Нижня Олба . . . . .	1342		Відкрито знову 26. IX 1929
9. Річниця . . . . .	1295	1. X 1929	
10. Холмеч . . . . .	1248		Відкрито знову 29. IX 1929
11. Лоев . . . . .	1205	18. VII 1930	
12. Навози . . . . .	1099		Відкрито знову 1. IX 1927
13. Домантово . . . . .	1065	16. IX 1929	
14. Глібовка . . . . .	1010	19. IX 1929	Відкрито знову 20. IX 1927
15. Київ . . . . .	954		30 вересня 1929
16. Вітачів . . . . .	897	30. IX 1929	зм. й „0“ граф. Переустатковано 7. X 1927
17. Канів . . . . .	807	26. IX 1929	
18. Черкаси . . . . .	744		Відкрито 20. III 1930
19. Бужин . . . . .	679		
20. Кременчук . . . . .	607	22. IX 1929	Відкрито знову 20. XI 1928
21. Редути . . . . .	593		
22. Деріївка . . . . .	575	9. IX 1930	Відкрито знову 21. IV 1927
23. Верхньодніпровськ . . . . .	505		
24. Дніпропетровськ . . . . .	439		
25. Лоцманська Кам'янка	426		

Примітка: Кілометраж за даними Дніпро-Двинського і Дніпровського управлінь річкового пароплавства.

Для Верхнього Дніпра треба відзначити ще одну негативну, з погляду зручності „прив'язування“ перекатів до водпостів, рису сучасного розташування останніх. Вони часто розташовані на краю відповідної гідрологічної дільниці, а не посередині її, як було б найкраще з погляду зменшення ролі „добігання“ води.

<sup>1)</sup> Проте, як з'ясовано в розділі I, у верхній частині Дніпра дуже ненадійні також відомості про глибини, і таким чином недоцільність проводити тут аналіз зв'язку між горизонтами води і глибинами на перекатах підтверджується з двох боків.



Прикладами такого розташування можуть служити Рогачов, Річиця, Лоев, Домантово; почасти сюди відносяться і такі водпости Середнього Дніпра, як Київ, Дніпропетровськ.

Нарешті, нагадаємо такий встановлений в § 10 факт, як відсутність на Дніпрі (за винятком, мабуть, Бужина) водпостів в пунктах, де амплітуда горизонтів води досягає максимуму, і в зв'язку з цим непевність знака  $x_n^m$ . Треба відзначити також потребу організації водомірного поста в районі Ржищева, де переكاتи значно відрізняються величиною амплітуд горизонтів води від верхових переكاتів, разом з якими доводиться їх „прив'язувати“ до водпоста „Вітачів“.

Таблиця 26

Список водпостів на Десні

Пункт розташування поста	Віддаль від гирла км	Дата зміни позначки „0“ спост.	Примітка
1. Брянськ . . . . .	812	15. XI 1929	6. XI 1928 змінено „0“ графіка
2. Трубчевськ . . . . .	662	21. IX 1929	
3. Новгород-Сів. . . . .	536		Відкрито 17. VIII 1932
4. Разльоти . . . . .	461		
5. Вишеньки . . . . .	444		Відкрито знову 25. IX 1929
6. Мале Вусте . . . . .	361		
7. Макошино . . . . .	337	15. IX 1929	Відкрито 4. X 1934
8. Салтикова Дівця . . . . .	277		
9. Брусилів . . . . .	233		Відкрито 10. X 1932
10. Чернігів . . . . .	205	11. IX 1929	
11. Моровськ . . . . .	115		Відкрито знову 1. I 1926
12. Літки . . . . .	35	1. I 1931	

Примітка: Кілометраж за даними Дніпровського управління річкового пароплавства.

*Рівневі пости Десни.* На Десні розташування водомірних постів ще несприятливіше для аналізу режиму переكاتів, ніж на Дніпрі. Густина їх розташування тепер в середньому 1 водпост кругло на 70 км: на протязі 812 км від Брянська до гирла працювало на 1. I 1937 р. 12 водомірних постів (див. табл 26), при чому до навігації 1931 р. їх було всього 8. Особливо погано і тут з верховими дільницями ріки (вище Новгород-Сіверського), де віддаль між постами доходить до 150 км (Брянськ-Трубчевськ), і 126 км (Трубчевськ—Новгород-Сіверський), при чому стан цей не змінився і тепер, бо всі 5 нових водпостів відкрито в середній і нижній течії ріки. Отже, на верхових дільницях Десни, подібно до Дніпра, доцільність аналізу зв'язку

глибин на перекатах і горизонтів на водпостах треба відкинути через незадовільний стан відомостей і про глибини, і про горизонти.

Щодо розміщення водпостів у межах відповідних гідрологічних дільниць, то на Десні стан кращий, ніж на Дніпрі: всі водпости (крім Брянського і, частково, Новгород-Сіверського) розташовані приблизно посередині дільниць.

*Розрахункові дільниці.* Матеріали про глибини перекатів використані нами для аналізу режиму останніх по Дніпру за 1925, 1927, 1929, 1930, 1931 і частково 1932 роки, а по Десні — за 1931 і 1932 роки.

Відповідно до цього ми вибирали за опорні водомірні пости такі, які функціонували протягом всіх (або, принаймні, більшості) цих років. Таких опорних водпостів вибрано 22 по Дніпру і 8 по Десні (див. табл. 27). При цьому водпост „Дніпропетровськ“ був відкинтий і замінений розташованим 10 км нижче (але, правда, з більшою на 5% площею водозбору) водпостом „Лощманська Кам'янка“, який має дуже стабільне, кам'янисте русло.

Розбивка Дніпра й Десни на розрахункові дільниці, тобто „приписування“ перекатів до цих опорних водпостів проведено так, щоб кожний водпост у найбільшій мірі характеризував режим стоку дільниці. Тому за межі дільниць вибиралися, як правило, гирла значних приток. При відсутності таких гирл межа двох сусідніх дільниць проводилася посередині між сусідніми водпостами.

У таблиці 27 наведена розбивка Дніпра і Десни на розрахункові дільниці, подано для кожної дільниці величини водозбірних площ на межах дільниці і біля водпоста і зазначено, на скільки процентів може різнитися площа водозбору найвіддаленішого перекату дільниці від площі водозбору водпоста. Розбивку Дніпра та Десни на дільниці та місце розрахункових р'івневих водпостів показано також на рис. 12 і 13.

Під час встановлення зв'язку глибин на перекатах Дніпра й Десни з горизонтами води вводилася поправка на „добігання“. При порівнюючи незначній віддалі між водпостами і перекатами на тих дільницях Дніпра (нижче гирла Сожа) і Десни (нижче гирла Есьмані), які відібрано для вивчення, — поправка була невелика: у більшості випадків від 0 до 1 доби, дуже рідко — до 2 діб. Обраховувалося величину поправки з точністю до півдоби. Термін пробігу приймався постійним для всіх фаз і років. Припустимість цього обгрунтовується як величиною можливої похибки (див. § 9), так і літературними вказівками<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> А. В. Огневский, О соответственных уровнях и их использовании, с. 220.



## Зміна площі водозбору в межах діляниць рівневих водпоствів

Пункт розташування водпоста	Площа водозбору тис. км <sup>2</sup>			Макс. <sup>0</sup> / <sub>10</sub> площі місцев. стоку	Межі діляниць
	біля водпоста	біля початку діляниці	біля кінця діляниці		
Д н і п р о					
Орша . . . . .	17,4	17,4	18,2	4	Орша — Заріччя
Могильов . . . . .	19,1	18,2	19,4	5	Лопатня — гирло Лихви
Нов. Бихов . . . . .	20,7	20,0	21,2	4	Гирло Лихви — гирло Тошині
Турськ . . . . .	21,8	21,3	22,0	2	Гирло Тошині — Зборово
Рогачов . . . . .	22,8	22,0	22,8	4	Озернице — гирло Друті
Жлобіно . . . . .	28,4	27,8	30,0	5	Гирло Друті — Полонічне
Н. Олба . . . . .	31,0	30,0	31,7	3	Коловорот — гирло Березини
Річниця . . . . .	55	55	56	2	Гирло Березини — Жмуровка
Холмеч . . . . .	56	56	57	2	Леваші — гирло Сожа
Лоев . . . . .	98	98	99	1	Гирло Сожа — Бабки
Навози . . . . .	100	99	100	1	Кочахов — гирло Прип'яті
Домантово . . . . .	220	219	220	0,5	Гирло Прип'яті — гирло Тетерева
Глібовка . . . . .	236	236	239	1,5	Гирло Тетерева — гирло Десни
Київ . . . . .	327	326	328	0,3	Гирло Десни — Осетрова Лука
Вітачів . . . . .	329	328	330	0,3	Козин — гирло Трубежа
Канів . . . . .	335	334	335	0,3	Гирло Трубежа — гирло Росі
Черкаси . . . . .	352	347	356	1	Гирло Росі — гирло Сули
Кременчук . . . . .	381	376	383	2	Гирло Сули — гирло Псла
Редуті . . . . .	407	406	407	0,2	Гирло Псла — Крячки
Деріївка . . . . .	408	407	408	0,2	Лобачово — гирло Ворскли
Верхньодніпровськ . . . . .	435	423	435	3	Гирло Ворскли — Романьково
Лощманська Кам'янка . . . . .	459	435	436	5	Дніпродзержинськ — гирло Самари
Д е с н а					
Брянськ . . . . .	11,2	11,2	14,7	31	Брянськ — гирло Навлі
Трубчевськ . . . . .	17,4	16,9	24,0	38	Гирло Навлі — гирло Судості
Новг.-Сів. . . . .	30,1	27,4	34,3	14	Гирло Судості — гирло Есьмані
Вишеньки . . . . .	35,8	35,5	38,5	8	Гирло Есьмані — гирло Сейма
Макошино . . . . .	67	67	70	4	Гирло Сейма — гирло Снові
Чернігів . . . . .	80	79	81	1	Гирло Снові — Лалінка
Моровськ . . . . .	82	81	83	1	Копачово — гирло Остра
Літки . . . . .	86	86	87	1	Гирло Остра — гирло.

### РОЗДІЛ III

## ОСНОВНІ СУМАРНІ ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ГОРИЗОНТАМИ ВОДИ І ГЛИБИНАМИ НА ПЕРЕКАТАХ

### § 14. Питома вага окремих помилок

Розгляд значень  $x_n$ , тобто розгляд того, як відбивається на аналізі режиму дна перекаату заміна відомостей про горизонти води на самому перекааті відомостями сусідніх водпостів, зайняв у нас значно більше місця, ніж розгляд значень  $x_p$ , тобто розгляд впливу особливостей відомостей бакенників про глибини. Це викликано виключно більшою складністю першого питання, а зовсім не його питоמוю вагою у комплексі тих ускладнень і помилок, які виникають під час проведення аналізу зміни позначки дна перекаатів на підставі даних про їх глибини за відомостями бакенників і даних про горизонти води на сусідніх водпостах. Правда, іноді  $x_n$  може бути більшим ніж  $x_p$ . Так, наприклад, коли для перекаатів „Мньов II“ (при переході з лівого на правий хід) і „Комарин I“ та водпоста в Навозах наші натурні спостереження дали за період весняного спадання води з 10 по 30 травня 1934 р.:

	„Мньов II“	„Комарин I“
$x_p$	— 110 см	— 75 см
$x_n$	13 „	10 „

то у 1935 році наприкінці весняного спадання (3—10 червня) для перекаату „Комарин III“

$$x_p = -10 \text{ см}$$

$$x_n = 12 \text{ „}$$

Так само, наприкінці межени 1934 р. (14.VII—18.X) для перекаату „Комарин I“ при зниженні горизонтів на 47 см

$$x_p = 0$$

$$x_n = 10 \text{ см}$$

Але в середньому виводі для значних груп перекаатів переважна роль у створенні невірною уявлення про режим позначки дна перекаату належить особливостям промірних відомостей бакенників. Обумовлюється це тим, що в кожний розглядуваний період  $x_p$  має для всіх (або майже всіх) перекаатів один і той же

знак, який зберігається і в середньому виводі. Тим часом  $x_n$  за той же період може бути і додатною і від'ємною величиною, при чому у середньому виводі вся ця різноманітність величин  $x_n$  для окремих перекатів взаємно врівноважується і середнє  $x_n$  виявляється дуже близьким до нуля.

Звідси виходить, що аналіз зміни позначки дна значних груп перекатів буде найбільш точним у тих випадках, коли змінність ширини суднового ходу не має місця, а „запаси“ у промірних даних бакенників залишаються постійними, — бо тоді не тільки середнє  $x_n$ , але і середнє  $x_p$  буде близькою до нуля (залишиться тільки вплив неточностей самих промірів тощо). Такі випадки найшвидше можуть трапитись у період стояння води.

Переходимо до оцінки питомої ваги окремих складових частин  $x_p$  та  $x_n$ .

$x_p$  складається: 1) з  $x'_p$ , що залежить від зміни ширини суднового ходу; 2) з  $x''_p$ , що визначається зміною величини „запасу“ у показанні бакенником заміряної глибини; 3) із  $x'''_p$  — похибка у самих промірах. Сюди можна було б додати  $x^{IV}_p$  при недоброякісності роботи бакенника (затримка із зміною „вивіски“ під час перебування води тощо).

Величина і знак окремих складових частин  $x_p$  розглянути в розділі I. Із поданого там матеріалу видно, що переважна роль належить першій складовій, величина якої залежить як від суб'єктивних якостей бакенника, так і від стану транзитних глибин на річці і від характеру перекату (його морфології, режиму дна, горизонту води тощо). Друга складова, яка має до того ж такий самий знак, як і перша, поступається їй величиною, дорівнюючи звичайно 5—10 см і лише при охопленні розглядуваним інтервалом і періоду високої води збільшуючись до кількох десятків сантиметрів. Третя складова буває звичайно порядку  $\pm 5$  см і може збільшитися до кількох десятків сантиметрів знову таки лише при охопленні періоду низької і високої води.

Переважна роль суми  $x'_p + x''_p$  і забезпечує певність знака  $x_p$ , звичайно якщо не буде над всіма ними домінувати  $x^{IV}_p$  у наслідок недоброякісної роботи бакенника.

Відносно складових частин  $x_n$  можна на підставі проведеного вище (в §§ 8—11) розгляду окремих ускладнень аналізу режиму дна перекату, які виникають при користуванні відомостями звичайного водомірного поста, розташованого не на перекаті, зробити такі загальні висновки:

1) Знак похибки в оцінці за цими відомостями зміни позначки дна перекату можна передбачити лише в дуже рідких випадках, величину її для окремих перекатів — ще рідше.

Максимальна величина цієї похибки  $x_n$  для окремих перекатів може складати:

а) в наслідок різночасності промірів глибин і замірів горизонтів води  $x_n = \pm 0,5 a$ , де  $a$  — добова амплітуда горизонту води в порівнювані моменти;

б) в наслідок неточності поправки на добігання

$$x_n'' = \pm 0,65 (|a_1| + |a_2|),$$

де  $a_1$  і  $a_2$  — добова амплітуда горизонтів води в порівнювані моменти;

в) в наслідок розходження перебігу рівнів на водпосту і на перекаті

$x_n''' =$  біля  $\pm 50$  см (на Середньому Дніпрі);

г) в наслідок порушення відповідності горизонтів води на водпосту і на перекаті.

$x_n^{IV} =$  біля  $\pm 50$  см (на Середньому Дніпрі, де основна роль в цьому порушенні належить переформуванню русла).

Відносно тількищо наведених граничних величин  $x_n'''$  та  $x_n^{IV}$  треба зауважити, що їх одержано з не зовсім надійного матеріалу, яким є виконувані бакенниками в 1934—1935 р. записи горизонтів води на тимчасових водомірних постах Середнього Дніпра. Не маючи змоги зараз перевірити всі ці записи та їх обробку, ми мусимо вважати наведені цифри лише орієнтовними.

Похибка при вживанні I та II форм аналізу визначається сумою величин, зазначених в пунктах „а“, „б“ і „в“. Похибка при вживанні III форми аналізу визначається сумою величин, зазначених в пунктах „а“, „б“ і „г“.

Визначуваний при вживанні II форми аналізу коефіцієнт  $b$  може відрізнятись від справжнього коефіцієнта  $B$  на  $50\%$  і більше.

2) Питома вага окремих складових частин  $x_n$  залежить від режиму ріки та способу обробки матеріалів.

На верхових дільницях рік, де добова амплітуда горизонтів води досить значна, роль  $x_n$  та  $x_n''$  може перевищувати роль  $x_n'''$  та  $x_n^{IV}$ . Як видно з табл. 28 і 29<sup>1)</sup>, такі випадки на Дніпрі можливі для дільниць вище гирла Сожа і особливо вище гирла Друті, де в період, для якого є відомості промірів глибин, добова амплітуда досягає 40—100 см; на Десні — для дільниць вище гирла Судості, де добова амплітуда досягає 40 см. Для дільниць же Дніпра й Десни нижче цих рубезів величина максимальної добової амплітуди за період промірів глибин лежить в межах 10—20 см, тобто  $x_n' + x_n''$  не перевищуватиме 17—35 см<sup>2</sup>.

<sup>1)</sup> Вони дають величину максимальних добових приростів горизонту води по всіх водомірних постах Дніпра й Десни за період вивішування бакенниками глибин на перекатах, при чому взято ті роки, за які нами аналізувався режим перекатів. У табл. 28 і 29 літерою „n“ позначено відомості, які стосуються періоду підймання води, а літерою „с“ — спадання.

<sup>2)</sup> Дані табл. 28 і 29 свідчать також, що на верхових дільницях найбільші добові прирости горизонту води за період, для якого є відомості промірів глибин, бували під час літньо-осінніх паводків, на низових же дільницях — під час весняного спадання води. Із двох основних фаз паводка—спаду і підйому — максимальною добовою амплітудою горизонту води відзначалася майже в усіх випадках фаза підйому.

## Д н і п р о

Водності	Початок промірних даних		Макс. доб. ампл.		Початок промірних даних		Макс. доб. ампл.		Початок промірних даних		Макс. доб. ампл.		Початок промірних даних	
	весн. спад.	ме-жінь	весн. спад.	ме-жінь	весн. спад.	ме-жінь	весн. спад.	ме-жінь	весн. спад.	ме-жінь	весн. спад.	ме-жінь	весн. спад.	ме-жінь
Орша . . . . .	1	9 2 8	13	91 п	1	9 2 9	1	9 3 0	1	9 3 1	1	9 3 2	1	9 3 2
Могильов . . . . .	1.VII	12	90 п	25	9 п	1.VI	11	91 п	15.V	71	17 п	23 п	20.V	46
Н. Бихов . . . . .	1.VII	12	90 п	40	6 п	1.V	26	94 п	15.V	76	9 п	16 п	20.V	62
Турськ . . . . .	1.VII	14	73 с	45	12 п	1.V	24	49 п	15.V	16	23 п	15 п	20.V	34
Рогаčov . . . . .	1.VII	20	27 п	32	9 п	1.V	67	41 п	15.V	42	7 п	15 п	20.V	46
Жлобіно . . . . .	—	—	—	22	4 п	1.V	16	23 п	15.V	29	9 п	16 п	20.V	27
Н. Олба . . . . .	—	—	—	—	—	1.V	16	22 п	15.V	24	9 п	6 п	20.V	13
						1.V	16	9 п	15.V	37	9 п	8 п	20.V	21
Річчя . . . . .	11.V	20	14 п	11	19 п	16.VII	29	11 п	1.V	21	13 п	12 п	8.VI	43
Холмеч . . . . .	1.V	14	6 п	10	12 п	14.VII	21	3 п	1.V	12	9 п	8 п	8.VI	32
Лоев . . . . .	1.V	11	5 п	9	6 п	8.VI	20	4 п	1.V	13	8 п	7 п	1.VI	28
Навози . . . . .	1.V	11	4 п	11	7 с	16.VI	21	3 п	1.V	9	7 п	8 п	8.VI	20
Домантово . . . . .	1.V	11	5 п	9	6 п	16.VII	13	2 п	1.V	6	8 п	8 п	1.VI	13
Глібовка . . . . .	1.V	11	4 п	11	7 с	16.VI	19	3 п	1.V	5	4 п	7 п	1.VI	12
Київ . . . . .	1.V	9	5 п	7	5 с	16.VII	14	2 п	1.V	9	6 п	8 п	14.VI	14
Вітачів . . . . .	1.V	8	5 п	6	4 п	16.VI	13	3 п	1.V	7	5 п	5 п	7.VI	13
Канів . . . . .	16.IV	11	5 п	7	3 п	16.VI	13	4 п	1.V	7	5 п	8 п	16.VI	15
Черкаси . . . . .	16.IV	11	5 п	7	3 п	16.VI	13	4 п	1.V	5	4 п	4 п	16.VI	14
Кременчук . . . . .	16.IV	11	5 п	7	3 п	16.VI	13	4 п	1.V	10	4 п	4 п	16.VI	11
Редути . . . . .	16.IV	11	7 п	8	4 с	16.VI	14	3 п	1.V	9	6 п	6 п	16.VI	12
Дерігва . . . . .	16.IV	11	7 п	8	4 с	16.VI	14	3 п	1.V	9	6 п	6 п	16.VI	12
Верхнедніпров-ськ	—	—	—	7	4 с	16.VI	19	3 п	1.V	6	7 п	5 п	16.VI	13
Лопманська-Ка-м'янка . . . . .	16.IV	6	3 п	5	4 п	16.VI	9	2 п	1.V	5	6 п	4 п	16.VI	11



Водпост	1 9 3 1			1 9 3 2		
	Початок промір- них даних	Макс. доб. ампл. см		Початок промір- них даних	Макс. доб. ампл. см	
		веш. спад.	межнь		веш. спад.	межнь
Брянськ . . . . .	1.VI	20	22 п	1.VI	27	28 с
Трубевськ . . . . .	1.VI	14	11 п	1.VI	34	11 п
Н.-Сіверський . . . . .	1.VI	12	6 п	1.VI	20	8 п
Вишеньки . . . . .	1.VI	13	10 п	5.VI	12	8 п
Макошино . . . . .	15.VI	12	7 п	6.VI	15	5 п
Чернігів . . . . .	20.VI	10	6 п	9.VI	18	7 п
Моровськ . . . . .	20.VI	10	4 п	1.VI	7	5 п

З другого боку, помилки, зв'язані з величиною добової амплітуди горизонту води ( $x_n$  і  $x_n''$ ), можна або зовсім усунути, або значно зменшити, якщо обирати порівнювані моменти так, щоб вони припадали на дні з мінімальною зміною горизонтів (скажімо: не більше  $\pm 5$  см за добу), та точніше враховувати поправку на добігання.

Отже, для середньої течії ріки основна роль у помилковому відображенні режиму дна перекату при користуванні відомостями звичайних водпостів безперечно належить або розходженню перебігу рівнів води на водпосту й на перекаті (при I та II формі аналізу), або порушенню відповідності горизонтів (при III формі). А це є такі явища, вплив яких ми і усунути і оцінити не можемо без спеціальних натурних спостережень в кожному конкретному випадку.

3) Величину  $x_n$  можна практично ігнорувати тоді, коли, по-перше, величина добової амплітуди горизонтів води в порівнювані моменти не перевищує 3—6 см (тоді  $x_n' + x_n'' \leq 5 + 10$  см), і коли, подруге, беруться осереднені дані для значної кількості перекатів і водпостів (тоді сер.  $x_n'$  і сер.  $x_n''$  близькі до нуля).

4) Для невеликих груп перекатів, а часто і для поодиноких перекатів величину  $x_n$  можна ігнорувати при аналізі режиму перекатів у періоди I на дільницях стояння горизонтів води. Треба лише обирати порівнювані моменти, трохи відступивши всередину від меж періоду стабільних горизонтів води, залишаючи для розгляду період з усталеним подовжнім спадом поверхні річкового потоку. Зауважимо проте, що стояння високих і особливо весняних горизонтів води може бути зв'язане з значними місцевими переформуваннями русла і отже з чималими змінами горизонту води в окремих пунктах.

Для ілюстрації цього четвертого висновку служить табл. 30, в якій подано величину різниці (в см) горизонтів води на перекатах в початковий і кінцевий дні окремих періодів стояння води на відповідних водпостах.

Величина  $x_n^m$  в періоді стояння горизонту води

Водпост „Домантово“	12—25. VI 1934	2—19. X 1934	11—30. X 1935		Водпост „Черкаси“	8—22. X 1934
Черв. Прип'юк . . . . .		— 2	1		Нехайка . . . . .	— 1
Окуніново . . . . .		— 1	5		Сокірно . . . . .	— 1
Пічки . . . . .		— 1	3		Мережик . . . . .	0
Гайдамацький Острів		0	1		Дахнівка . . . . .	— 1
Водпост „Глібовка“		3—20. X 1934			Червона Слобода	3
					Налісні . . . . .	2
Сухолуччя . . . . .		0			Водпост „Бужин“	8—25. X 1934
Толокунь . . . . .		0			Ревун . . . . .	— 1
Ясногородка . . . . .		— 2			Біла Голова . . . . .	0
Сваром'є . . . . .		— 2			Боговиця . . . . .	— 1
Межигір'я . . . . .		— 2			Гречанка . . . . .	1
Старосілля . . . . .		— 2			Чорна Річка . . . . .	— 3
Вишгород . . . . .		— 3			Воронівка . . . . .	— 1
Водпост „Київ“		8—20. X 1934			Коропово . . . . .	— 2
					Ст. Липовське П.	4
Наталка . . . . .		— 2			Водпост „Кременчук“	10—25. X 1934
Київ-пристань . . . . .		— 1			Ст. Липовське V .	3
Осокорки . . . . .		0			Табурище . . . . .	0
Жуків Острів . . . . .		0			Вербочки . . . . .	1
Осетрова Лука . . . . .		0			Шеломаї . . . . .	2
Водпост „Вітачів“	12—25. VI 1934	8—21. X 1934			Водпост „Деріївка“	11—25. X 1934
Вишеньки . . . . .	—	1			Лобачово . . . . .	2
Сальково . . . . .	— 7	0			Солошино . . . . .	2
Святополков Стан . . . . .	— 21	6			Келеберда . . . . .	— 1
Трипілля . . . . .	— 1	— 3			Мішурин Ріг . . . . .	— 4
Стайки . . . . .	0	1			Водпост „Верхне- дніпровськ“	10—26. X 1934
Гребені . . . . .	2	1			Переволочна . . . . .	2
Ржищів . . . . .	5	0			Крива Забора . . . . .	2
Вовче Горло . . . . .	— 10	0			Орлик . . . . .	1
Ходорів . . . . .	— 2	2			Шульговичі . . . . .	2
Трактомирів . . . . .	— 1	— 2			Губіно . . . . .	2
Переяслав . . . . .	0	1			Паньківка . . . . .	3
					Аули . . . . .	2
Водпост „Канів“	12—25. VI 1934	6—24. X 1934	14—31 X 1935	13—30. IX 1935	Сер. . . . .	0,2
Григорівка . . . . .	— 4	0	1	0		
Бучаки . . . . .	— 6	0	— 2	0		
Селище . . . . .	— 3	1	1	— 1		
Руда . . . . .	1	1	2	1		
Прохорівка . . . . .	— 15	1	0	— 2		
Хрещатик . . . . .	— 9	1	2	— 1		
Сер. . . . .	— 5	—	1,4	— 0,5		

З табл. 30 виходить, що середня для всіх 62 переكاتів величина цієї різниці (сер.  $x_n'''$ ) в період стояння меженних горизонтів дорівнює практично нулеві (0,2 см). Для невеликих груп переكاتів вона складає біля  $\pm 1$  см і навіть для окремих переكاتів в цей період (вересень—жовтень 1934—1935 рр.) величина  $x_n'''$ , і то лише в кількох випадках, не перевищувала 4—6 см. Для більш же (на 40 см) високих стабільних горизонтів у червні 1934 р. сер.  $x_n'''$  для 16 переكاتів дорівнювала—5 см, а для окремих переكاتів цієї групи досягала—21 см, що, проте, найшвидше викликано хибамі в роботі тимчасового водпоста.

5) Із періодів спадання і підймання води меншою величиною  $x_n'''$  відзначається, при інших рівних умовах, період весняного спадання.

## § 15. Літературні дані

В § 6 було подано відомості про оцінку в технічній літературі того, як впливають на визначення режиму переكاتів за зв'язком між глибиною і горизонтом води особливості відомостей бакенників про глибини. Зараз ми наведемо літературні дані про другий бік справи,— про вплив на точність аналізу режиму переكاتів особливостей відомостей про горизонти води.

Та обставина, що віднесення глибини переكاتу до горизонту води на водпосту не дає правильного уявлення про режим дна переكاتу, відзначалася і визнавалася ще першим у нас дослідником зв'язку між горизонтами і глибинами води—В. А. Макаровим<sup>1)</sup>. Але з чотирьох основних ускладнень, охарактеризованих нами в §§ 8—11, він бачив лише одне: різницю в коливаннях горизонту води на водпосту і на переكاتі. Питання про „добігання“ В. А. Макаров „усував“, визначаючи для кожного дня рівень води на переكاتі інтерполяванням показів двох суміжних йому (верхового і низового) водпостів. Про можливість розбіжності у часі промірів глибин бакенником і замірів горизонтів води водомірником Макаров і не згадував. Так само не рахувався він і з можливістю порушення відповідності горизонтів при переході від одного року до другого.

Те ж явище, яке він урахував,— різницю в амплітудах коливань рівня води на водпосту і на переكاتі—Макаров тлумачив дуже спрощено і невірно. Він вважав, що амплітуда коливань горизонтів на переكاتі завжди менша, але не на багато, проти амплітуди, визначеної методом інтерполяції показань сусідніх водпостів. Помилковість цих тверджень і щодо знака і щодо абсолютної величини різниці амплітуд вже розглянуто в § 10.

<sup>1)</sup> В. А. Макаров, О зависимости между стоянием горизонта и глубиной переكاتов, сс. 544—545.

Цілком подібно до Макарова, хоч трохи з інших мотивів, розцінював співвідношення амплітуд горизонтів на водпосту і на перекаті М. В. Флорін. Виступаючи на I з'їзді інженерів-гідротехніків міністерства шляхів на доповідь В. А. Макарова, він казав: „Відомо, що на перекатах русло звичайно ширше, а спад і швидкості більші, ніж на плесі; тому зміна витрати води відіб'ється на плесі більшою зміною горизонту, ніж на перекаті. Припускаючи ж, що амплітуда коливань горизонту на перекаті така ж, як і на плесі, і відкладаючи від кривої, що виражає коливання амплітуди горизонтів, глибини, заміряні на перекаті, ми вже робимо помилку, у наслідок якої коливання дна уявляються більш значними, ніж вони є в дійсності“<sup>1)</sup>.

Як видно з цієї цитати, М. В. Флорін не робив принципової різниці між визначенням коливань горизонту води на перекаті за даними одного сусіднього водпоста чи шляхом інтерполявання показань двох (верхового і низового) водпостів. В цьому він безперечно правий (див. § 12), але в оцінці самої різниці помилявся подібно до Макарова.

В. М. Лохтін, оцінюючи вже пізніше точність аналізу В. А. Макарова, зазначив, що зв'язані з інтерполяцією горизонтів „неминучі неточності безперечно більш чи менш вирівнювалися у загальній масі і різноманітності всіх випадків“<sup>2)</sup>. Аналізом цих „неминучих неточностей“ Лохтін не займався, бо його цікавив „не кількісний висновок, а принциповий“. Для цього ж останнього, мабуть, дійсно можна вважати ці неточності неістотними, але не стільки тому, що вони „вирівнювалися у загальній масі і різноманітності всіх випадків“, скільки тому, що значно більші неточності впливали із особливостей промірів глибин бакенниками.

Вірніше підійшов до питання про наслідки перенесення на перекат горизонтів води з водпоста В. Г. Клейбер. Правда, і він обмежувався розглядом лише розходжень у величині амплітуд коливання горизонтів у цих двох пунктах. Але, поперше, базуючись на фактичному матеріалі, допускав, що амплітуда горизонтів на перекаті може бути і більша, ніж на водпосту, а подруге, вважав, що нехтувати розходженням у величині цих амплітуд не можна, бо це може привести до неправильних висновків щодо режиму дна перекату.

Так, наприклад, зупиняючись в своїй доповіді 1896 р. „О предсказаниях ожидаемой глубины перекатов на р. Волге“<sup>3)</sup> на випадку падіння глибини перекату швидше, ніж знижуються горизонти води на водпосту, і шукаючи пояснень цьому „ненормальному явищу“, — В. Г. Клейбер на перше місце серед трьох можливих пояснень поставив те, „що коливання горизонту води,

1) Труды I съезда инж.-гидротехников, МПС, СПб, сс. 623—624.

2) В. М. Лохтин, О механизме речного русла, Казань, 1895, сс. 41, 42.

3) Труды III съезда рус. деятелей по вод. путям в 1896 г., ч. I, с. 784—785.

розраховані по коливанням біля сусіднього водпоста, можуть помітно відрізнятись від справжніх<sup>1</sup>. Очевидно, що тут мається на увазі якраз можливість більшої амплітуди горизонтів води на переказі. Такі випадки саме для Волги вже наводились в § 12.

В. Г. Клейбер надавав настільки великого значення різній величині коливання горизонтів води в окремих пунктах ріки, що в тезах своєї доповіді „О плане землечерпательных работ в транзитном русле реки Волги в связи с организованным в Казанском округе доставлением сведений о состоянии судоходного пути“<sup>1</sup>) прямо заявив: „Колівання у відносній глибині переказів протягом навігації залежать головним чином від не-паралельності один одному подовжніх профілів поверхні ріки в різні моменти; підвищення та зниження дна переказів протягом однієї навігації мають порівнюючи другорядне значення“. Не вдаючися зараз до докладного розгляду цієї тези, можна у всякому разі зазначити, що є певні вказівки на зміну співвідношення глибин на переказах саме в наслідок різного ступеня коливання горизонтів води. Так, наприклад, той же В. Г. Клейбер в іншій своїй доповіді<sup>2</sup>) наводив такий вже згаданий нами в § 12 випадок. Влітку 1895 р. горизонт Волги біля переказу „Телячий Брід“ знизився на 111 см, тим часом як за 7 км нижче біля Кстовського переказу за ті ж 25 днів з 20.VII по 15.VIII (ст. ст.) це зниження досягло 151 см, в наслідок чого Кстовський переказ, який був 20.VII глибше „Телячого Броду“ на 26 см, став 15.VIII на 17 см мілкіше. Але в проти-вагу такому прикладові, яким Клейбер стверджував свою тезу, ми можемо навести із своїх досліджень на Мньовсько-Комаринській групі переказів Дніпра приклади, коли співвідношення глибин на переказах змінювалося на десятки сантиметрів, тим часом як непаралельність подовжнього профіля давала для цих же переказів різницю в зміні горизонту води всього на 10—15 см. Очевидно, що теза Клейбера не завжди правдива і без достатньої перевірки не може бути прийнята.

Питання про зв'язок горизонтів і глибин води на переказі, яке було предметом досить жвавої дискусії в дев'яностих роках минулого століття, зійшло з сцени років на 25 і знову з'явилося у нашій технічній літературі лише 10 років тому. Але справа з урахуванням ускладнень, які є наслідком користування відомостями про горизонти води на водпостах, а не на переказах, вперед не посунулась.

На II Всесоюзному гідрологічному з'їзді в Ленінграді в 1928 р. К. О. Архіпов зробив доповідь про вплив паводків і високих вод на стан переказів<sup>3</sup>). Вплив паводків Архіпов ви-

<sup>1</sup>) Труды III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. I, с. 841.

<sup>2</sup>) О предсказаниях ожидаемой глубины переказов на р. Волге. — Труды III съезда рус. деят. по вод. путям, ч. I, с. 770.

<sup>3</sup>) К. А. Ар х и п о в, Влияние паводков и высоких вод на состояние переказов.

значав, встановлюючи кореляційний зв'язок між змінами горизонтів води і глибин на 26 перекатах Волги від гирла Оки до гирла Ками за період 1903—1927 рр. Дані про амплітуди підвищення горизонту води під час паводка Архіпов брав із показань ближчого водпоста, до якого переказ був ним „приписаний“ (всього було взято на цій ділянці 4 водпости: Ісадський, Васильсурський, Чебоксарський, Услонський). Застерігаючи, що „безперечно цінніше було б мати дані про зміну горизонту при паводках з водомірних постів, які знаходилися б на самих перекатах“, Архіпов все ж таки вважав, що відомості ближчого водомірного поста „виявляють собою певний вплив паводків по вертикалі“<sup>1)</sup> (тобто, на зміну горизонту води).

Всі свої висновки про зміну позначки дна переказу він робив так, ніби величина горизонтів води заміряна безпосередньо на переказі. Оскільки Архіпов вивчав не принциповий бік справи, як Лохтін, а кількісний і виводив за допомогою докладних підрахунків рівняння регресії для окремих переказів, то урахування різниці у величині амплітуд паводкового підвищення горизонту на водпосту і на переказі було для нього конче потрібним. Ця різниця може значно змінити його висновки. Розраховувати тут на вирівнювання цих неминучих неточностей „у загальній масі і різноманітності всіх випадків“ за 25 років — навряд чи можна. Аналіз матеріалів по Дніпру (див. табл. 8 в § 10) свідчить про те, що для деяких переказів знак різниці амплітуд горизонтів з сусіднім водпостом залишається постійним.

Вплив цієї різниці на точність висновків Архіпова відзначив вже Б. В. Поляков. Розглядаючи виведені Архіповим коефіцієнти кореляції, Поляков звернув увагу на надто малу величину їх для кількох переказів і відзначив як причину цього те, що водпости, до яких були віднесені горизонти, знаходилися не на переказах, а на значній відстані від них<sup>2)</sup>.

Але величини і природи цієї різниці Поляков не розглядав (очевидно, що формулювання „значна віддаль“ водпоста від переказу ще не характеризує суті явищ; до того ж у розглядуваному випадку найбільш віддалені від водпостів перекази мали якраз досить високі коефіцієнти кореляції), ні наводячі дані Архіпова, ні раніш, — аналізуючи матеріали Волго-Дона про режим донських переказів<sup>3)</sup>. Тим часом для цих останніх величин амплітуди коливання горизонтів води також іноді чимало відрізняється від амплітуди навіть на недалекому водпосту. Так, наприклад, на підставі подовжніх профілів водної поверхні

<sup>1)</sup> К. А. Архіпов сс. 36—37.

<sup>2)</sup> Б. В. Поляков, Изменения режима наносов и переказов р. Волги в связи с постройкой плотин. Изв. НИИ Гидротехники Главэнерго, № 9, Л. 1933, с. 148.

<sup>3)</sup> Б. В. Поляков, Гидрология бассейна р. Дона, Ростов-на-Дону, 1930 сс. 125—173.



Число прикладів того, як зовсім ігноруються під час аналізу режиму перекатів неточності цього аналізу, зв'язані з відсутністю відомостей про хід горизонтів води на самих перекатах, легко можна було б набагато збільшити<sup>1)</sup>. Проте і наведеного досить, щоб констатувати, що досі досліджувачі режиму перекатів методом паралельного розгляду ходу глибин і горизонтів води питання про неточність такого аналізу у разі відсутності водпоста на перекаті або не ставили зовсім, або ставили дуже примітивно, а то й, просто, не вірно. Деяке наближення до правильної оцінки цього питання хоч би з одного боку — щодо співвідношення амплітуд — можна відзначити лише у Клейбера та почасти в матеріалах Волго-Дона.

На закінчення підкреслимо, що в літературі відомі лише три приклади правильного (з достатньо повним урахуванням обох основних джерел викривлень уявлення про справжні процеси), обережного підходу до аналізу зміни позначки дна перекаата на основі зв'язку між глибинами, про які сповіщають бакенуники, і горизонтами води на сусідніх водпостах.

Перший приклад (хоч і в схематичній формі і не без помилкових трактувань) дав М. В. Флорін, який, виступаючи на доповідь В. А. Макарова на I з'їзді інженерів-гідротехніків, зазначив, що помилка в уявленні про режим дна перекаату, яка викликана відкладенням глибин від кривої, що виражає коливання горизонтів біля водпоста, „ще збільшується, коли при високій воді відкладаються глибини, менші проти дійсних“<sup>2)</sup>.

Другий приклад дав нам В. Г. Клейбер, який у згадуваній вже не раз доповіді на III з'їзді рос. діячів по вод. шляхам „О предсказаниях ожидаемой глубины перекаатов на р. Волге“ застерігав, що коли „при порівнянні щоденної глибини перекаату з спаданням горизонту води біля сусіднього водпоста помічено, що позначки дна перекаату зменшуються, тобто глибина на ньому спадає швидше, ніж горизонт води“, — то „таке ненормальне явище може залежати від різних причин: 1) якщо на перекааті нема водпоста, коливання горизонту води, що їх розраховано за коливаннями біля сусіднього водпоста, можуть помітно різнитися від справжніх . . . ; 2) вимірювання глибини перекаату виконується недбало, — частіше для більш високих стоянь води, — або чомусь збільшено запас глибини на перекааті“<sup>3)</sup>; 3) відбувається дійсне обміління суднового ходу в наслідок посадки судна на мілину, або під впливом природних при-

1) Зазначимо ще, наприклад, такі статті: Селезнев В., Обзор землечерпания на верхнем плесе р. Волги в навигацию 1908 г., Сб. Казанского округа п. с., в. I. Казань. 1910; Романов А. Ф., Отчет о землечерпательных работах на Ср. Волге в навигацию 1910 г., Сб. Каз. ОПСА, в. VI, Казань 1913; В. М. И. С. Л. А. В. С. К. И. Й., Путевые расчеты реки в свободном бытовом состоянии, „Водный транспорт“, 1935, № 3.

2) Труды I съезда инж. гидротехников в 1892 г., с. 624.

3) Це треба вважати дуже рідким явищем, так само, як і збільшення ширини фарватеру під час спадання води.



чин; в останньому випадку нерідко відкривається на перекаті новий, більш глибокий хід<sup>1)</sup>.

Третій приклад (але в загальній постановці питання) ми бачили в поданих урядовій експертній комісії додаткових матеріалах до проекту Волго-донської водної магістралі.

На жаль ці приклади критичного підходу до вихідного матеріалу аналізу зміни позначки дна перекату залишаються поодинокими і чимала кількість згадуваних вже нами дослідувачів, які йшли шляхом такого аналізу, або зовсім ігнорували те, що ми назвали  $x_p$  і  $x_n$ , або відзначали їх наявність у найзагальнішій формі, не враховуючи цих похибок у своїх висновках.

### § 16. Можливе використання зв'язку між глибинами, за відомостями бакенників, і горизонтами води на звичайних водпостах

На підставі всього проведеного в попередніх параграфах розгляду треба визнати дуже обмеженою можливість вивчення режиму перекатів за характером зв'язку між глибинами за відомостями, що їх подають бакенники, і горизонтами води на сусідніх водпостах.

Перш за все треба відзначити, що достатньої точності аналізу можна досягти лише при двох умовах: з одного боку, треба оперувати осередненими даними по значній кількості перекатів і водноствів. Тоді різноманітні, різного знака часткові значення величини  $x_p$ , що виражає ті помилки у визначенні зміни позначки дна перекатів, які є наслідком користування даними про горизонти води не на самому перекаті в момент промірів глибин, взаємно врівноважаться і їх середня арифметична (з урахуванням знаків) буде близька до нуля. З другого боку, треба обирати такі фази водомірного графіка, коли величина  $x_p$ , що виражає помилки в наслідок особливостей промірних відомостей бакенників, буде мінімальною, тобто коли в порівнювані моменти ширина суднового ходу й „запаси“ у відомостях про глибини залишаються майже постійними.

До таких фаз слід віднести насамперед стояння горизонту води, особливо низької; певні переваги має також період перед кінцем весняного спадання, коли судноплавні глибини дещо вищі проти нормованої величин (для Середнього Дніпра на 40—100 см), а також застосування III форми аналізу (порівняння стану глибин при одному якомусь горизонті води) до однакових фаз різних років і найкраще — до зазначеного вище періоду весняного спадання. Але, оскільки при масовій обробці даних про глибини найбільше відбиваються на сумарних висновках особливості відомостей бакенників про глибини, то треба пам'ятати, що одержані в наслідок такої обробки вказівки на розмив або

1) Труды III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. I, сс. 784—785.

намив дна перекаату під час стояння води можуть бути дещо зменшені (див. § 6). Аналогічно — треба пам'ятати про можливе перебільшення і навіть одержання фіктивних „розмивів“ під час спадання води і „намивів“ під час підймання. Навпаки, вказівки на розмив дна перекаату під час підймання рівня води або намив під час спадання треба вважати досить вірогідними і мабуть зменшеними.

Якщо взяти до уваги точність вихідних матеріалів, то в найкращих умовах, при розгляді осереднених даних для значної кількості перекаатів за період стояння води, треба все ж таки рахуватися з можливістю похибки в 5 — 10 см. Тому треба визнати непевним знаходження за відомостями бакенників висоти „критичного“ горизонту (при переході через який змінюється знак переформування дна перекаату), якщо при цьому доводиться базуватися на змінах позначки дна перекаатів порядку кількох сантиметрів.

Дослідження режиму дна окремих перекаатів цим методом у всіх його трьох формах майже не корисне, бо особливості вихідних даних про глибини й горизонти води дозволяють зробити лише дуже грубу оцінку природних явищ із дуже малим ступенем точності. Тому доводиться визнати недоцільним також побудування для окремих перекаатів графіків зв'язку між глибиною окремих перекаатів за відомостями бакенників і горизонтом води сусіднього водпоста. Такі графіки могли б послужити, мабуть, лише для виявлення найбільш наочно окремих прямих помилок у відомостях про глибини та для спрощення інтерполяційних обчислень.

Для Укргідроелектропроекту нами було побудовано чимало таких графіків як у вигляді кривих функціонального зв'язку (відповідно до I форми аналізу), так і у вигляді синхронних хронограм (відповідно до II форми аналізу). Переважали графіки I типу, як більш компактні при обробці даних за кілька років. Зразки кількох графіків дано було на рисунках 4—8.

Розгляд всіх цих графіків виявив значну розкиданість по координатному полю точок різних років і різних періодів навігації, що цілком природно в умовах як мінливості русла (зокрема розмиву в межінь) на перекааті, так і порушення відповідності горизонтів води на водпосту й на перекааті; деяку роль, очевидно, відіграє і зміна ширини суднового ходу. Більш купчасте розташування точок було характерне для перекаатів з стабільнішим руслом і близько розташованим водпостом (див. рис. 14). Звертало на себе увагу таке явище, як затримка на багатьох перекаатах падіння глибин при підході до нормованого (тобто мінімального встановленого для відповідної ділянки) значення. Ця затримка, що знаходила своє відображення у вертикальності ряду точок, пояснюється перш за все звуженням бакенниками суднового ходу при обмілнні перекаату, що дозволяє їм зберігати одну й ту ж „вивіску“ протягом досить дов-

гого часу (доки фарватер не буде звужений до мінімально припустимої на даній ділянці ширини). Деяку роль може відігравати й розмивання корита перекату при низькій воді, але звичайно ця затримка падіння глибин спостерігається ще задовго до настання низьких горизонтів води (див., наприклад, рис. 7).

Нарешті, відзначимо, що коли відмовитися від аналізу режиму дна перекату і обмежитися аналізом ходу судноплавних глибин,

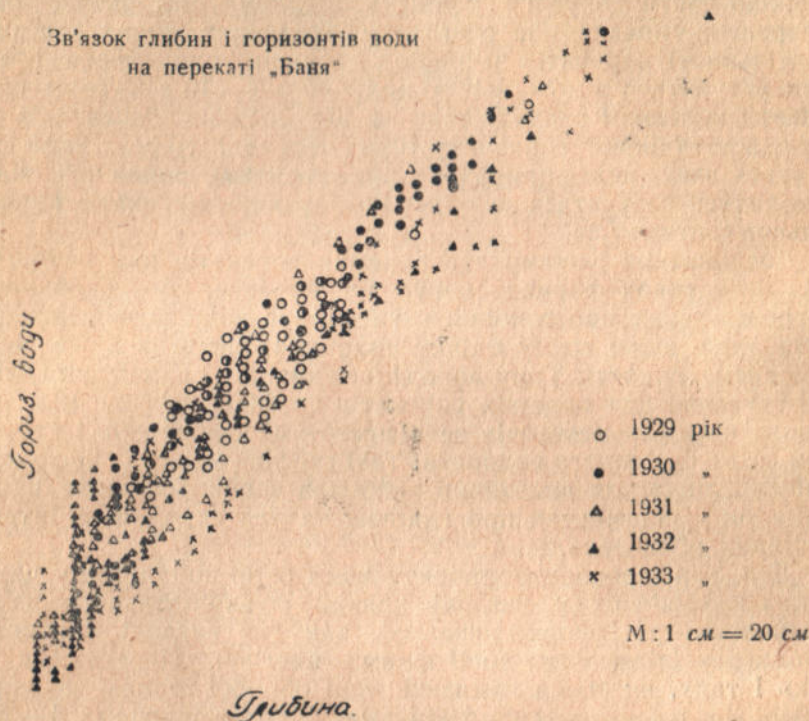


Рис. 14

безвідносно до причин їх зміни, тобто не розділяючи зміну горизонту води і зміну позначки дна, то можна (з наведеними вище застереженнями щодо точності) провадити такий аналіз і для окремих перекатів.

### § 17. Горизонт води як фактор визначення глибини перекату

Щоб закінчити розгляд зв'язку між глибиною і горизонтом води на перекаті, розберемо питання про можливість одержати на основі такого зв'язку не тільки дуже наочне і досить правдиве (якщо вихідні дані відповідають певним вимогам) відображення зміни позначки дна перекату, але й засіб прогнозу судноплавних глибин, відповідно до прогнозу горизонтів води. Це питання приводить нас до питання про те, чи

можна вважати горизонт води (навіть, якщо він взятий на самому переказі, а не на сусідньому водпосту) фактором, який цілком або майже цілком визначає глибину переказу.

Коли б корито переказу не змінювалося, тобто на ньому не відбувалося б ні розмивання, ні відкладання наносів, а положення в ньому фарватера залишалося б постійним,— то на це останнє (отже і на попереднє) запитання можна було б одразу відповісти позитивно. В такому випадку висота горизонту води, цілком очевидно, завжди визначала б і величину глибини.

Але в ріках з піщаним ложем, яке досить легко піддається переформуванню, величина судноплавної глибини на переказі залежить від коливань не лише горизонту води, але й позначки дна. Остання змінюється в наслідок нарощування або розмивання корита переказу в межах фарватеру, а іноді в наслідок переміщення самого фарватеру в плані. Характер всіх процесів, що відбуваються в руслі і дають, як свою вислідну, в кожний даний момент певну висоту поверхні води і дна, обумовлюється кінцець-кінцем взаємодією річкового потоку з його руслом. Ця взаємодія має дуже складний характер, бо дуже різноманітні ті умови, в яких вона відбувається, і ті фактори, які на неї впливають. Тут можна назвати: топографію русла (до того ж не тільки на самому переказі, але й на прилеглих ділянках); його геологічну будову; метеорологічні фактори (дощ, вітер, температура тощо); витрату води (її величина, зміна в часі); напрям подовжніх і поперечних течій; виноси з ярів; транзитні наноси; різні гідротехнічні споруди; днопоглибні роботи і т. д.

Очевидно, що в умовах зміни висоти дна переказу горизонт води визначає би точно і однозначно глибину лише в тому випадку, коли висота дна була б теж однозначною функцією горизонту води. Але, при дуже складній взаємодії чималої кількості факторів формування русла (зокрема — дна) ріки<sup>1)</sup>, такої простої залежності можна чекати лише в окремі періоди.

Наші власні спостереження (див. § 6) і літературні матеріали вказують на те, що таким періодом є, мабуть, і то не завжди, тільки період весняного спадання. Так, Н. П. Пузиревський ще в 1900 р. на VII з'їзді російських діячів по водяним шляхам вказував, „що спостереження на Дону також не стверджують вірності закону, виведеного інж. Макаровим (нарощування дна під час підймання води й розмивання під час спадання. — А. К.). Цей закон, мабуть, ще справедливий тоді, коли після поводи вода спадає: тоді на переказі дно більш-менш згладжене, являє собою більш-менш правильну поверхню без великих ям, і напрям течії по цьому переказу більш-менш прямий і правильний.

1) Ускладнення залежності між горизонтом води і глибиною на переказі „іншими місцевими елементами і умовами“ — відзначив і В. А. Макаров у своїй доповіді I з'їздові інженерів-гідротехніків „О зависимости между стоянием горизонтов и глубиной переказов“ (Тр. съезда, МПС, СПб, 1892, с 560).

Тоді, дійсно, в міру зниження води знижується і дно, не тільки у більшій частині випадків, але, навіть, здається, завжди, — принаймні, не помічалось, щоб не було такого зниження дна<sup>1)</sup>“.

Б. В. Поляков, базуючись на польових дослідженнях зв'язку глибини перекатів Дона з горизонтами води, прийшов до висновку, що „в період спадання... має місце певна залежність між горизонтами і глибиною на перекаці“<sup>2)</sup>. Кілька років згодом, вивчаючи те ж питання для Волги, Поляков заявив ще з більшою категоричністю, що „аналітична залежність між глибиною і горизонтом справедлива лише для спаду“, але разом з тим припустив те ж і „для невеликих літніх паводків“<sup>3)</sup>.

Якщо шукати між горизонтом і глибиною води однозначної функціональної залежності (Поляков давав цій залежності нечіткі характеристики: „аналітична“, „повна“), то останнє припущення Полякова нам здається сумнівним. Ще М. І. Максимович у своїй монографії „Днепр и его бассейн“ (с. 191), указуючи, що „зміна глибини суднового ходу на фарватері то нагірше, то на краше залежить від багатьох умов“, підкреслював, що „лише при дуже значному підвищенні горизонту води за рейкою можна з певністю чекати збільшення глибини. При невеликих же підйманнях горизонту води, наприклад, на кілька вершків, глибина суднового ходу на міліні іноді не тільки збільшується, але, через розкиданість течії, судновий хід може при невеликому прибуванні води навіть погіршати“. У згаданому вище виступі Н. П. Пузиревського теж зазначалось, що „коли конфігурація дна така, що паводок проходить через коси, змиваючи їх, то пісок з цих кіс може лягти на хід і на фарватер і тоді з паводком, дійсно, підвищується дно перекаці. Але коли цього немає, коли течія йде правильно на перекаці, тоді немає жодної причини для того, щоб дно перекаці підвищувалося, і, дійсно, коли паводок спадає, то ці перекаці, де покривалися коси і де за косами був неглибокий фарватер, міліли, а інші перекаці залишалися глибокими“.

Щождо періоду весняного спадання, то наявність однозначної функціональної залежності між горизонтом і глибиною води на перекаці, очевидно, пояснюється в першу чергу тим, що в названий період зменшення витрат і зниження горизонтів води є основним фактором режиму перекаці, який домінує над рештою і або надає всім їм одного якогось напрямку, або настільки переважає їх вплив, що перед ним втрачають значення можливі особливості зміни позначки дна перекаці. В останньому випадку однозначна функціональна залежність між горизонтом і глибиною води може існувати навіть при відсутності

<sup>1)</sup> Труды съезда. Журналы заседаний, СПб, 1900, с. 175.

<sup>2)</sup> Б. В. Поляков, Гидрология бассейна реки Дона, Волго-Дон, Ростов. 1930, с. 166.

<sup>3)</sup> Б. В. Поляков, Изменения режима наносов и перекацов р. Волги в связи с постройкой плотин. Изв. НИИ Гидротехники Главэнерго, № 9, Л. 1933, с. 148.

такої залежності між висотою горизонту води і дна, перекату, бо зниження горизонту води відбувається весною значно інтенсивніше, ніж можлива зміна позначки дна, і тому глибини безперервно знижуються, хоч би за цей час позначка дна і мала додатні прирощення.

Взагалі ж кажучи, горизонти води не можуть з достатньою повнотою характеризувати процеси, які відбуваються в руслі ріки на перекаті, вже тому, що річковий потік це не просто вода, а вода плюс наноси<sup>1)</sup>, при чому співвідношення обох цих складових частин змінюється в дуже широких межах. Невеличке збільшення витрати води і підвищення горизонту ріки в результаті місцевих злив звичайно приводить до значного притоку наносів, підвищення дна і падіння глибин. Отже режим наносів також визначає хід глибин і до того ж при низькій воді не меншою мірою, ніж режим рівнів. Зв'язок же між цими двома компонентами потоку досить складний<sup>2)</sup>.

Маючи це на увазі, С. О. Віслоцький, виступаючи під час обговорення на VII з'їзді рос. діячів по водяних шляхах його доповіді „О зависимости между колебаниями уровня воды в реке и колебаниями дна реки“, застерігав, що „з підвищенням горизонту води не завжди підвищується дно, але що можуть бути й зворотні випадки, тобто, що горизонт зростає, а дно не підвищується“, і пояснював це різним співвідношенням між прибуванням і витратою наносів<sup>3)</sup>.

Отже, виходить, що коли навіть знати, який горизонт води в певний час буде на перекаті, все ж таки глибину води передбачити точно не можна, бо вона залежить не лише від горизонту води, а й від інших характеристик річкового режиму, ще як слід не вивченого. М. О. Богуславський, розглядаючи режим Волги, казав з цього приводу: „Спостереження вказують, що волзькі перекати можуть як погіршуватись, так і поліпшуватись самі собою, без всякого стороннього на них впливу. Але передбачити, наскільки той чи інший перекат поліпшиться або погіршиться, ми покищо не вміємо з цілковитою певністю через малу кількість спостережень над цим“<sup>4)</sup>.

1) Про це вважав за потрібне нагадати ще VI міжнародний судноплавний конгрес 1894 року (В. Е. Тимонов, По вопросу о рациональном методе, 1898, с. 69).

2) Найявніші, крім горизонту води, ще інших факторів визначення глибини перекатів навела В. В. Полякова на думку про доречність шукати такий же зв'язок між глибиною і кутом схрещування весняної і меженної течії на перекаті, між глибиною і подовжнім спадом або швидкістю течій на перекаті (згадана стаття в № 9 „Изв. НИИ Гидротехники Главэнерго“, с. 148). Але нам здається, що застосування таких характеристик було б ще більше обмеженим, ніж це відзначено для зв'язку глибини і горизонтів, бо останній вид зв'язку включає в себе все ж таки показники двох основних сторін річкового режиму — стану дна русла і потужності потоку.

3) Труды седьмого съезда рус. деят. по вод. путям в 1900 г., Журналы заседаний, сс. 174—175.

4) Труды комиссии о мерах улучшения водяных путей России, в. 3. СПб 1899, с. 12.

Особливо небезпечно завбачати глибину води за аналогією з попередньою навігацією (на основі встановленого для неї зв'язку глибин і горизонтів), бо характер цього зв'язку з переходом до нової навігації може різко змінитися. При користуванні для передбачень глибин зв'язком їх з горизонтами за точну навігацію, основним джерелом помилок, мабуть, доведеться вважати визначення майбутнього горизонту води на переказі. Недарма доповідь Л. Г. Квциньського третьому з'їздові рос. діячів по вод. шляхах на тему: „О предсказаниях колебаний уровня воды и глубины фарватера в реках“<sup>1)</sup> було цілком присвячено питанню про передбачання горизонтів води на водпостах.

В зв'язку з цим цікаво згадати той метод прогнозу змін висоти води і глибини переказів, який практикував на Волзі В. Г. Клейбер. Завбачання, розпочаті з навігації 1894 р. для ділянки між Рибінськом і гирлом Ками, базувалися „на щоденних, переважно телеграфних відомостях про стан цих елементів і на таблицях відповідних горизонтів, що зв'язують між собою показання мережі водомірних постів Волзького басейну“<sup>2)</sup>.

В навігацію 1895 р. до цих даних було додано таблиці відповідних горизонтів, що зв'язували показання тимчасових водомірних постів, влаштованих на 15 переказах між гирлом Оки і гирлом Ками; до навігації 1896 р. ці таблиці були поповнені матеріалами спостережень на цих тимчасових постах при нижчих горизонтах та спостережень на 6 переказних водпостах ділянки Рибінськ — гирло Оки. Для тих переказів, де водомірні пости не були влаштовані, висота горизонту води визначалася інтерполюванням показань суміжних водпостів<sup>3)</sup>.

Завбачання глибини переказів провадилось за такою схемою: а) визначався на 10—15 днів уперед горизонт води на водомірних постах розглядуваної ділянки; б) встановлювався (за таблицями відповідних горизонтів тимчасових водпостів, або інтерполюванням) відповідний горизонт води на кожному переказі; в) далі давався прогноз зміни глибини переказу; прогноз цей базувався на таких міркуваннях: „якщо на переказі чекають зниження горизонту води  $b$  і якщо тільки  $b$  не надто мале, то можна з певністю чекати, що насправді глибина на переказі зменшиться на величину меншу ніж  $b$ ; якщо глибина ця дорівнювала  $h$ , то  $h - b$  буде тою мінімальною глибиною, яку слід завбачити для переказу. Протягом навігації позначки дна переказів загалом знижуються, а тому при підвищенні горизонту води найменша глибина переказів може бути завбачена за гли-

<sup>1)</sup> Труды III съезда рус. деят. по вод. пут., ч. I, сс. 270—588.

<sup>2)</sup> В. Г. Клейбер, О предсказаниях ожидаемой глубины переказов на р. Волге. Труды III съезда рус. деят. по вод. путям в 1896 г., ч. I, с. 710.

<sup>3)</sup> Там же, сс. 769—770.

биною, яку мав переказ, коли вода стояла перед тим на такій висоті, яку чекають у термін завбачання<sup>1)</sup>.

Як бачимо, в цих прогнозах судноплавних глибин Клейбер зовсім ігнорував (краще сказати залишав як елемент запасу) фактор розмивання — наживання дна переказу, чим, безперечно, надзвичайно спрощував своє завдання. Фактично він давав прогноз горизонту води на переказі. Точність прогнозу глибини залежала від точності передбачання горизонту води на водпосту, а потім і на переказі, а також від правильності оцінки режиму дна переказу і точності даних бакенника. Розгляд наведених Клейбером матеріалів за навігації 1894 і 1895 рр.<sup>2)</sup> указує, що різниця між глибиною за відомостями бакенників і передбаченою складала від  $-26$  см до  $+60$  см. Завдяки запасові, який вводився у прогноз, зменшення майбутньої глибини бувало рідше і не таким великим, як перебільшення. Помітного зменшення помилок в прогнозах за навігацію 1895 р., коли для переходу від горизонтів води на водпостах до горизонтів на переказах були використані в ряді випадків матеріали тимчасових переказних постів, відзначити не можна. Це можна пояснити порушенням під час нової навігації 1895 р. відповідності горизонтів, визначеної за даними попередньої навігації 1894 р.

Розгляд методу Клейбера дозволяє зробити висновок про можливість добитися достатньої для практики точності короткотермінових<sup>3)</sup> прогнозів судноплавних глибин переказів при тих умовах, що вихідними матеріалами будуть: а) прогноз горизонтів води; б) відомості про хід горизонтів води на переказах (принаймні на частині їх, щоб мати густішу мережу водпостів) і в) відомості про хід судноплавних глибин за поточну навігацію (після входу ріки в бровки, тобто коли судновий хід вже менше звужується).

На закінчення розгляду питань зв'язку горизонтів води і судноплавних глибин на переказах відзначимо, не маючи змоги в рамках даної роботи докладно аналізувати це, що значно тіснішим є зв'язок між горизонтами води й мінімальною глибиною цілої річкової дільниці, а не окремих її переказів<sup>4)</sup>. Цей зв'язок мабуть з більшою надійністю (див. 1 висновок у § 23) можна було б використати і для завбачання глибин. Відомо, наприклад, що на багатьох ріках про мінімальні глибини дільниці (величину їх, час настання) з успіхом судять саме за станом горизонтів води. Так, наприклад, мірилом глибини Верхньої Волги при попусках води з бейшлотів була висота горизонту

1) В. Г. Клейбер. О предсказаниях..., с. 772.

2) Там же, сс. 806—836.

3) За короткий термін, поперше, навряд чи можна чекати значних змін позначки дна переказу, а подруге, буде надійнішим завбачання горизонтів води.

4) Див. графік такого зв'язку для дільниці Волги від гирла Оки до гирла Камі у Полякова (Гидрология бассейна р. Дона, 1930, с. 127).



води над нулем тверського водоміра, цей горизонт так і звався „судноплавним“<sup>1)</sup>).

Валентині в доповіді XI міжнародному судноплавному конгресові повідомляв, що вивчення режиму р. По вказує на те, що глибина 2 м існує лише до того часу, поки вода не спаде на 5 м нижче нуля на водпосту в Понтелягоскуро, а на дільниці ріки, безпосередньо вище попередньої, глибина 2 м тримається поки водпост не покаже 4 м і т. д.<sup>2)</sup>

Аналогічні вказівки про визначення можливої осадки суден за показаннями Лоевського водпоста маємо і для Верхнього Дніпра<sup>3)</sup>.

---

1) И. В. Бушмакин. Исследования для устройства дополнительного водоснабжения р. Волги, ч. II и III, МПС, СПб, 1904.

2) Валентини, Гидрометрическая служба по предсказанию паводков и мелководья, ж. „Пути сообщения России“, 1911, № 1, с. 465.

3) Ф. Левандовский, Водный путь С. Петербург — Херсон, ж. „Русское Судостроение“, 1906, № 4, с. 81.