

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Яров Я.С.

ГІДРОМЕТРІЯ ТА ГІДРОХІМІЯ

Конспект лекцій

Одеса – 2010

ББК 26.12
К 60
УДК 528.45:597.2/.5

*Друкується за рішенням Вченої ради Одеського державного екологічного університету
(протокол № від 2010 р.).*

Яров Я.С.

Гідрометрія та гідрохімія: Конспект лекцій. – Одеса, „ТЕС”, 2010. – 191 с.

В конспекті лекцій викладені основні види польових і лабораторних гідрометричних і гідрохімічних робіт: рівневі спостереження, вимірювання глибин, швидкостей течії, витрат води, спеціальні дослідження на водних об'єктах, методики вимірювань гідрохімічних показників води. Також розглянуто питання організації вимірювань та спостережень, вивчення приладів, обробки польових гідрометричних і гідрохімічних матеріалів.

Конспект лекцій призначений для студентів III курсу природоохоронного факультету денної форми навчання за екологічним напрямом підготовки по спеціалізації «Гідроекологія».

© Одеський державний
екологічний університет, 2010

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГІДРОМЕТРІЮ ТА ГІДРОХІМІЮ.....	6
1.1 Предмет, завдання, значення гідрометрії та гідрохімії.....	6
1.2 Мережа гідролого - гідрохімічних спостережень в Україні.....	7
1.3 Основи метрології у гідрометрії та гідрохімії.....	10
2 СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РІВНЯМИ ВОДИ.....	12
2.1 Водний режим і практичне значення його вивчення.....	12
2.2 Принципи побудови водомірних постів.....	123
2.3 Огляд основних типів водомірних постів.....	125
2.4 Проектування, відкриття, перенесення водомірних постів.....	29
2.5 Обробка матеріалів водомірних спостережень.....	34
3 ВИМІРЮВАННЯ ГЛИБИН ПРИ ГІДРОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ.....	36
3.1 Сутність, задачі, способи промірювання глибин.....	36
3.2 Дискретний метод промірювання глибин.....	37
3.3 Метод безперервної зйомки глибин.....	44
3.4 Руслова зйомка.....	48
3.5 Обробка матеріалів промірних робіт.....	49
4 ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТЕЙ ТЕЧІЇ ВОДИ.....	54
4.1 Особливості поля швидкостей течії води у русловому потоці.....	54
4.2 Методи вимірювань швидкості течії води.....	58
4.3 Гідрометричні млинки: типи, конструкція, властивості.....	59
4.4 Огляд основних моделей гідрометричних млинок.....	63
4.5 Гідрометричні поплавці.....	69
4.6 Виміри швидкості течії на вертикалі.....	71
5 ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ВОДИ.....	72
5.1 Методи визначення витрат води.....	72
5.2 Гідрометричний створ: види, проектування, обладнання.....	73
5.3 Визначення витрат води гідрометричними млинками.....	78
5.4 Визначення витрат води гідрометричними поплавцями.....	82
6 ВИВЧЕННЯ ЛЬОДОВОГО РЕЖИМУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	85
6.1 Програми спостережень.....	85
6.2 Основні роботи під час льодомірних спостережень.....	85
7 ВИВЧЕННЯ ТВЕРДОГО СТОКУ І ДОННИХ ВІДКЛАДІВ.....	91
7.1 Елементи твердого стоку.....	91
7.2 Виміри кількісних характеристик завислих наносів.....	94
7.3 Виміри кількісних характеристик донних наносів.....	99
7.4 Визначення характеристик донних відкладів.....	101
7.5 Лабораторна обробка наносів та донних відкладів.....	104
8 ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ВИВЧЕННЯ ІОННОГО СТОКУ.....	109

8.1 Організація спостережень за якістю поверхневих вод суші	109
8.2 Відбирання проб та їх підготовка до аналізу	114
8.3 Методи хімічного аналізу природних вод	123
8.4 Визначення фізико–хімічних показників у воді	131
8.5 Обчислення іонного стоку річок.....	141
ЛІТЕРАТУРА	143

ПЕРЕДМОВА

Конспект лекцій складений відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Гідрометрія та гідрохімія», що входить в пакет дисциплін підготовки бакалаврів і фахівців екологічного напрямку.

Дисципліна «Гідрометрія та гідрохімія» відноситься до вибіркових дисциплін професійно-орієнтованого циклу в підготовці бакалаврів-гідроекологів (спеціальність 7.070801 «Екологія та охорона навколишнього середовища»).

Головне завдання дисципліни – вивчення та опанування сучасних методів і приладів для організації, проведення вимірювань і спостережень за елементами режиму водних об'єктів, вивчення якості води, просторово – часових змін гідролого-гідрохімічних характеристик водних екосистем. В завдання даного курсу також входять питання організації польових гідрометричних і гідрохімічних вимірювань та спостережень і первинна обробка даних. Фактично дисципліна «Гідрометрія та гідрохімія» є базовою для майбутнього фахівця-гідроеколога.

Вивчення дисципліни «Гідрометрія та гідрохімія» базується на знаннях, одержаних студентами при вивченні наступних дисциплін навчального плану – «Геологія з основами геоморфології», «Загальна гідрологія», «Моніторинг стану навколишнього середовища», «Гідравліка річок і водойм» та ін.

Знання з даної дисципліни в майбутньому будуть використані при проведенні спеціальних гідроекологічних досліджень, навчально-наукових практик за спеціальністю, при вивченні таких дисциплін професійно-практичного циклу, як «Гідроекологія», «Автоматизація підрахунку стоку розчинених речовин», «Гідроекологічні основи водного господарства», «Математичне моделювання гідроекологічних процесів», «Раціональне використання та охорона водних ресурсів» і низки інших.

У результаті вивчення даного курсу студенти повинні **знати** основні види гідрологічних вимірювань: вимірювання рівнів води, виконання промірних робіт, вимірювання швидкостей течії води, визначення витрат води, завислих і донних наносів, витрат хімічних та органічних речовин, основні гідролого-гідрохімічні розрахунки.

Студенти повинні **вміти** виконувати вимірювання основних гідрологічних характеристик водних об'єктів, аналізувати зміни якісних характеристик води, оцінювати гідроекологічний стан водних об'єктів, одержати уявлення про особливості польових гідрохімічних робіт, програми та обсяг моніторингових спостережень на водоймах.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГІДРОМЕТРІЮ ТА ГІДРОХІМІЮ

1.1 Предмет, завдання, значення гідрометрії та гідрохімії

Гідрометрія (від грецьких слів «вода» і «міряти») – це розділ гідрології, який займається вивченням і систематизацією кількісних і якісних характеристик водних об'єктів. Результати гідрометричних робіт є основою узагальнень і висновків гідрології.

Завдання гідрометрії:

- розробка методів і приладів для кількісного визначення та обліку різних елементів режиму водних об'єктів;

- систематичне вивчення гідролого-гідрохімічного режиму водних об'єктів для отримання багаторічних показників рівнів, стоку води і наносів, температури і хімічного складу води, льодових явищ.

Матеріали гідрометричних досліджень є базовими при проведенні інженерних і наукових розрахунків. Гідрометричні дані використовують при проектуванні, будівництві та експлуатації гідротехнічних споруд, меліоративних систем, водопостачанні, розвитку промисловості, водного транспорту, моделювання гідроекологічних процесів. Гідрометричні дані становлять основу Державного Водного Кадастру України.

За об'єктами вивчення гідрометрію поділяють на:

1) **гідрометрію атмосферних вод** - гідрометеорологію;

2) **гідрометрію поверхневих вод**:

- гідрометрію океанів і морів – практичну океанографію;

- гідрометрію вод суші – річок, озер, водосховищ, боліт;

3) **гідрометрію підземних вод**.

Найбільш розвинутою зараз є гідрометрія поверхневих вод.

Гідрохімія – комплексна геолого-географічна наука, яка вивчає хімічний склад природних вод, його зміну під впливом природних і антропогенних процесів. Предмет досліджень гідрохімії – поверхневі, підземні води осадових гірських порід, а також супутні цим водам хімічні солі, мули, грязі. Гідрохімія вивчає хімічний склад води різних природних і штучних об'єктів (атмосферних опадів, річок, озер, водосховищ, океанів, каналів, підземних горизонтів), при цьому вона вступає у взаємодію із суміжними науками про водойми – гідроекологією, океанологією, гідрогеологією. Особливо тісна взаємодія з гідроекологією – вченням про взаємозв'язки між гідрологічними, гідрохімічними та гідробіологічними процесами у водах, які містяться в різних компонентах навколишнього середовища та впливають на життєдіяльність організмів і мають склад і властивості, зформовані під дією природних і антропогенних факторів.

Діапазон застосовуваних гідрохімічних методик і приладів досить широкий, зокрема, дистанційні методи дозволяють швидко визначити якість води по багатьом показникам, результати таких досліджень мають велике значення для оперативного контролю стану навколишнього середовища. Математичні методи обробки результатів гідрохімічних спостережень застосовуються для побудови математичних моделей водних екосистем, які застосовуються для оцінки і прогнозу хімічного складу вод.

Науково-практичне значення гідрохімії полягає в тому, що вона допомагає дізнатись більше про іонний склад води, його формування, міграцію речовин у природі. Відомості про хімічний склад води мають велике практичне значення для розвитку економіки – їх враховують при використанні природних вод для водопостачання та водокористування, при видобуванні корисних копалин, будівництві гідротехнічних споруд; велика роль гідрохімії у вирішенні проблеми забруднення природних вод. Вирішення цих проблем потребує комплексного вивчення природних вод, контролю за станом водних об'єктів та управлінням якістю їх вод на основі застосування найновітніших методів гідрохімічних досліджень.

1.2 Мережа гідролого-гідрохімічних спостережень в Україні

Перші гідрометеорологічні спостереження на території України ведуться з X ст. (слов'яни), у XVII ст. проводились перші водомірні спостереження на Дніпрі, у 1771 р. проведені перші інструментальні гідрометеорологічні спостереження, на початку XIX ст. відкриваються перші аматорські пости і станції, розробляється нормативно – методичне забезпечення, у 1921 р. утворено Українську гідрометслужбу як державний орган і самостійна науково – виробнича установа. Після здобуття незалежності України у 1991 році на базі Українського УГМС створено Держкомітет України з питань гідрометеорології (з 2000 р. департамент гідрометслужби і моніторингу Мінекоресурсів України). У 1999 р. прийнято Закон України "Про гідрометеорологічну діяльність", який є основним документом щодо діяльності та розвитку Гідрометслужби України. З 2005 року Державна гідрометслужба в складі ДС з НС України.

Велика мінливість гідрометеорологічних елементів призводить до того, що для отримання максимально точних характеристик погоди, гідролого-гідрохімічного режиму водойм треба проводити довготривалі безперервні стаціонарні і експедиційні спостереження за єдиними постійними методиками. Саме на цих принципах побудована робота Державної гідрометслужби України, яка керує всіма гідрометеорологічними роботами на території України. На місцях є обласні та крайові центри з гідрометеорології (ЦГМ), які керують роботою гідрометеорологічною мережі, розташованої на відповідній території. Методичні центри системи гідрометеорологічних спостережень –

Центральна геофізична обсерваторія, Український гідрометцентр, Гідрометцентр Чорного та Азовського морів, Український авіаметеоцентр.

Державна служба гідрометеорологічних спостережень складається з стаціонарних і пересувних пунктів та технічних засобів спостережень, що забезпечують їх регулярність. Основу системи спостережень складають 25 гідрологічних станцій і підрозділів, 14 морських, 124 метеорологічні, 32 авіаметеорологічні, 9 аерологічних станцій, 3 спеціалізовані агрометеорологічні, 2 воднобалансові, 2 селестокові, 2 сніголавинні, озерні станції на водосховищах, 375 річкових, 60 озерних, 16 морських постів.

Система гідрологічних спостережень складається з гідрологічних постів і станцій.

Гідрологічний пост – це спеціально обладнаний пункт на водному об'єкті, де систематично проводяться спостереження за елементами водного режиму (спостерігачами або дистанційними засобами).

Гідрологічні станції мають постійний штат співробітників, керують роботою прикріплених до них постів.

Гідрологічні пости і станції бувають основні (опорні) та спеціальні:

1) основні пости і станції в свою чергу поділяють на режимні та оперативні (інформаційні). Перші всебічно вивчають режим водного об'єкта протягом тривалого часу. Другі мають інформувати споживачів про конкретні гідрологічні явища і забезпечувати завчасне їх прогнозування;

2) спеціальні пости і станції вивчають місцеві особливості режиму водного об'єкта за цільовими програмами, строк роботи цих станцій і постів залежить від поставлених перед ними завдань.

Крім державних гідрологічних постів і станцій існують відомчі, функціонування яких погоджується з Гідрометслужбою.

Усі польові і камеральні роботи на станціях і постах виконуються за єдиними уніфікованими методиками, наведеними у серії науково – методичних посібників ("Наставлення гидрометстанциям и постам"). Для кожних видів робіт складені відповідні інструкції (ДСТУ, КНД).

Основні принципи територіального розміщення постів і станцій – це репрезентативність місць спостережень і економічна доцільність, діє принцип «мінімум витрат і постів – максимум інформації».

Усі станції і пости поділяються на види і розряди, для кожного розряду існують основна і додаткова програми спостережень (табл. 1.1).

Гідрологічні станції бувають I і II розрядів, а гідрологічні пости в залежності від обсягу роботи бувають 1,2,3 розрядів.

Станції I розряду вивчають гідрологічний режим водних об'єктів на території своєї діяльності, керують закріпленими до них станціями II розряду і гідрологічними постами.

Станції II розряду ведуть польові гідрологічні спостереження і роботи, обробляють інформацію прикріплених постів та передають режимну інформацію.

Таблиця 1.1 – Види і строки спостережень на гідрологічних постах (ГП)

№	Вид спостережень	Строки спостережень	Розряд		
			I	II	III
1.	Гідрологічні спостереження:				
	а) за висотою рівня води	Щодня о 8.00 і 20.00; у паводки і водопілля частіше*	+	+	+
	б) за температурою води	Щодня о 8.00 і 20.00, коли нема льоду *	+	+	+
	в) за товщиною льоду, шуги, висотою снігу на льоду	10, 20 числа, в кінці місяця; частіше *	+	+	+
	г) за вітром та хвилюванням	Щодня о 8.00 і 20.00, коли нема льоду	+	+	+
	д) за явищами льодового режиму	Щодня о 8.00 і 20.00	+	+	+
	є) за розвитком водної рослинності	10, 20 числа, в кінці місяця;	+	+	+
	ж) за висотою рівня підземних вод	*	+	+	+
2.	Вимірювання витрат води і наносів, відбір проб води на мутність, хімічний аналіз, відбір проб донних відкладів	По плану гідростанції	+	-	-
3.	Спостереження за уклоном водної поверхні	*	+	-	-
4.	Складання і передача телеграм про гідрологічний режим та опади	За вказівкою УГМС	+	+	+
5.	Метеорологічні спостереження:				
	а) за опадами	Щодня о 8.00 та 20.00	+	+	-
	б) за атмосферними явищами	На протязі доби	+	+	-
	в) за сніговим покривом: - на постійних ділянках - при снігомірних зйомках	о 8.00 по плану станції	+	+	-
	г) за метеорологічною видимістю, хмарністю, вітром (візуально)	За вказівкою УГМС	+	+	-
	д) повідомлення про опади та небезпечні метеоявища в світлий період доби	За вказівкою УГМС	+	+	-
6.	Гідрологічні і геодезичні роботи	По плану гідростанції	+	+	+
7.	Обробка даних спостережень	Регулярно	+	+	+

(*) Примітка: за вказівкою гідростанції.

Контроль хімічного складу та якості поверхневих вод України виконується низкою установ – Міністерством екології та природних ресурсів, Міністерством охорони здоров'я, Державного агентства водних ресурсів, Державної служби з надзвичайних ситуацій, Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, функції і права яких чітко регламентуються.

Державна гідрометслужба України здійснює базовий гідролого-гідрохімічний та гідробіологічний моніторинг з метою оцінки та прогнозу змін екологічного стану водних об'єктів.

Мережа гідрохімічних спостережень складається з стаціонарних, спеціалізованих і тимчасових експедиційних пунктів контролю.

У системі моніторингу Державної гідрометслужби України регулярні гідрохімічні спостереження за забрудненням поверхневих вод здійснюються на 140 річках, 15 водосховищах, 8 озерах і лиманах у 255 пунктах і 406 створах. Всього контролюється 53 показники якості води - іонний склад, мінералізація, завислі речовини, розчинений кисень, біогенні сполуки, нафтопродукти, феноли, пестициди, важкі метали тощо. Пункти гідрохімічного моніторингу максимально суміщені з гідрологічними постами і ділянками, які забезпечені гідрологічними даними. З 1957 року проводиться регулярний радіологічний моніторинг.

Державне агентство водних ресурсів здійснює спостереження за якістю води в місцях розташування питних і технічних водозаборів, спостереження проводять на 125 річках, 34 водосховищах, 6 каналах, 32 зрошувальних системах. Постійні гідрохімічні та радіологічні спостереження проводяться у 223 створах, експедиційні спостереження за радіологічним станом водних ресурсів — у 619 створах.

Всі методи польових і лабораторних гідрохімічних досліджень уніфіковані, розроблена система стандартів та нормативів якості води (ДСТУ, СанПіН, норми ГДК).

1.3 Основи метрології у гідрометрії та гідрохімії

Метрологія займається питаннями теоретичного і практичного забезпечення єдності вимірів. В гідрометрії та гідрохімії велика увага приділяється точності вимірювань.

По способу отримання вимірюваної величини виміри поділяють на:

- прямі – значення величини отримують одразу („прямо” - шляхом експериментального вимірювання, наприклад: довжина - вимірюється лінійкою, температура - термометром тощо);

- непрямі – величину шукають її залежності від іншої, яку можна виміряти „прямим” шляхом (наприклад: швидкість течії визначають за допомогою вимірів кількості обертів за секунду лопатевого гвинта гідрометричного млинка);

- сукупні – одночасно вимірюють декілька величин, а конкретну пошукову величину обчислюють по системі рівнянь;

- сумісні – вимірюють різні величини і шукають функціональні залежності між ними (наприклад: $Q=f(H)$).

Результати вимірів завжди відрізняються від дійсних значень вимірюваних величин, це відхилення характеризує похибка вимірювання.

За походженням похибки бувають:

- інструментальні (від похибок засобів вимірювання);

- методичні (від недосконалості методів вимірювання).

За можливістю появи похибки класифікують на грубі і випадкові.

Дослідження похибок вимірів важливо не тільки для оцінки якості одержаної інформації, але і для оптимізації самих вимірів. Мета оптимізації - забезпечення точності вимірів при найменших затратах праці і часу на виконання вимірювальних операцій.

При оптимізації непрямих вимірів використовується принцип рівного або виключного впливу окремих похибок на точність отриманого результату. Згідно з ДСТУ 1297-76, величину, яка впливає на результат можна вважати такою, що не чинить впливу, якщо зміна характеристики, що вона визначає, не більша $1/5$ від значення цієї характеристики.

Питання для самоперевірки

1. Дати визначення поняттям „гідрометрія” та „гідрохімія”.
2. Предмет і значення гідрометрії та гідрохімії.
3. Чим відрізняються гідрологічні пости від гідрологічних станцій?
4. Які програми спостережень діють на гідрологічних постах?
5. Система гідролого-гідрохімічних спостережень в Україні.
6. Основні метрологічні поняття в гідрометрії та гідрохімії.
7. Показники точності вимірювань в гідрометрії та гідрохімії?

2 СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РІВНЯМИ ВОДИ

2.1 Водний режим і практичне значення його вивчення

Гідрологічний (водний) режим – це характер коливання у часі головних його елементів (рівнів, витрат води).

Рівень води є найбільш доступною та інформативною характеристикою, яка використовується при вивченні рівневого режиму, розрахунках річкового стоку по зв'язку між витратами і рівнями води.

Гідрограф – це графік, який показує зміну рівнів води або витрат води протягом року. Водний режим завжди нестійкий через вплив природних і антропогенних факторів. Існують такі природні фази водного режиму: водопілля, паводки, межень.

Водопілля – період тривалого сезонного підвищення водності річки, викликаний таненням снігу і випадючими в цей же час дощами. Також водопілля може формуватися лише опадами у сезони дощів (басейн р.Амазонки) або таненням снігу та льодовиків (басейн р.Пяндж).

Паводки – періоди інтенсивних короточасних підвищень водності річок (в теплий період за рахунок випадіння зливових опадів; в зимовий період при відлигах за рахунок тало-дощових або дощових вод).

Межень – періоди низької водності протягом року, коли на водозборі річки тривалий час за відсутності опадів спостерігається зникнення поверхневого стоку і річку живлять лише підземні води.

Чергування фаз режиму визначає характер водного режиму. Водним об'єктам однорідних фізико – географічних зон притаманний подібний водний режим. Тому це використовують при районуванні їх характеристик, дослідженнях методом аналогії.

На характер водного режиму впливає розмір і форма водозбору, також змінам фаз водного режиму притаманна сезонність (так, на рівні води впливають розвиток водної рослинності, льодові явища, графік заборів і скидів води, робота гідротехнічних споруд). Крім сезонних змін на режимі можуть проявлятися багаторічні, річні та добові коливання. Коливання рівнів, обумовлені зміною водності, яскраво проявляються на малих річках в період коли тане сніг. В гирлах великих річок на добові коливання рівня впливають згінно-нагінні явища. Вплив наведених факторів на зміну висоти рівнів води складний, тому для повної характеристики режиму рівнів води у водних об'єктах потрібно мати довготривалі безперервні спостереження.

Вивчення рівневого режиму має велике науково-практичне значення. Використання річок для водного транспорту і лісосплаву пов'язане зі знанням рівнів води; проектування, спорудження та експлуатація гідротехнічних споруд потребують знання зміни висоти рівнів, амплітуди

їх коливання. Будівництво меліоративних каналів також потребує даних про стан рівнів води в річках. Так, побудова мостів без достатнього знання режимів максимальних рівней води в річках може обмежити можливості судноплавства при заниженні проектних відміток як самого рівня води, так і мостового переходу, а це може привести і до затоплення дороги, яка прилягає до мосту. Недостатні знання режиму рівнів води в межінь можуть обмежити можливості водозабору з річки через осушення відповідних споруд. Берегові споруди та населені пункти можуть підтоплюватись і зазнавати руйнівного впливу повеней та льодоходів.

Крім того, дані про рівні води дають можливість встановити графічний зв'язок між рівнями і витратами води (об'ємом води для водойм), що дає змогу за даними щоденних рівнів обчислювати щоденні витрати води, об'єми води, стоківі характеристики незалежно від того, що останні фактично не вимірюються.

2.2 Принципи побудови водомірних постів

Спостереження за елементами гідрологічного режиму проводять на гідрологічних (водомірних) постах.

Водомірний пост – це місце на водному об'єкті, яке спеціально вибирається і обладнується для систематичного виконання комплексу водомірних спостережень.

Кожний водомірний пост складається з:

- водомірних пристроїв (пристроїв для вимірів рівней);
- постійних висотних знаків (реперів) – для контролю системи висотних відміток водомірних пристроїв (рейок, паль тощо).

При експлуатації водомірних постів вживають поняття «нуль графіка поста», «нулі спостережень», «приводки». Вони встановлюються на етапі проектування поста.

Рівенні спостереження на водомірних постах мають бути організовані таким чином, щоб матеріали постів за весь період їх роботи можна було порівнювати та співставляти матеріали спостережень по різним постам. Це забезпечується приведенням всіх спостережень до однієї постійної для даного поста умовної площини порівняння, яку прийнято називати «**нулем графіка поста**», висотна відмітка якого вибирається при проектуванні поста і має лишатись незмінною на період існування поста.

Рівень води – це висота водної поверхні над «нулем графіка» поста.

Висотне положення «нуля графіка» поста встановлюють на 0,5 м нижче від можливого мінімального рівня води в створі поста. На річках з нестійким руслом додатково треба враховувати розмив русла, на малих річках можна в якості нуля графіка поста брати найнижчу відмітку дна в створі поста. Вибір площини нуля графіка повинен забезпечити позитивні відліки рівня води при самих низьких рівнях. При наявності декількох

постів на ділянці річки в 5-10 км з невеликим падінням для всіх постів призначають загальний нуль графіка, аналогічно призначають нуль графіка і для озерних постів. На водосховищах відмітка нуля графіка поста призначається на 0,5-1,0 м нижче проектного рівня спрацювання біля греблі водосховища.

Висотні позначки «нуля графіка» поста можуть змінюватись у виключних випадках (перенос поста на значні відстані; при невдалій попередній відмітці; при зміні рівенного режиму під впливом господарської діяльності, при зміні відміток реперів).

«Нуль спостережень» – висотна площина, від якої виконується відрахунок рівня води в момент спостереження (на рейковому водомірному посту – це площина нуля рейки, на пальовому – площина голівки палі, по якій проводять спостереження).

«Нуль спостережень» є індивідуальною характеристикою кожного водомірного пристрою, тому можливі його зміни при заміні або установці нових паль (рейок).

«Приводка» (паль або рейок) – це перевищення «нулів спостережень» (паль або рейок) над «нулем графіка поста». Приводки, також як і відліки рівнів, визначаються в сантиметрах.

Перед початком спостережень на водомірному посту необхідно виконати такі роботи:

- 1) нівелюванням від репера встановити відмітки (умовні або абсолютні) нулів рейок або голівок паль ($H_{сп}$);
- 2) визначити відмітку нуля поста ($H_{„0”п}$);
- 3) визначити і записати у польову книжку приводки нулів рейок або голівок паль (h , см).

Спостереження за рівнем води виконують в такій послідовності:

- записують у польову книжку дату і час спостереження, номер рейки (палі), по якій проводять спостереження, роблять відлік рівня води (на рейковому посту це роблять по постійній рейці, на пальовому - по переносній, яка ставиться на голівку палі); відлік рівня (ΔH) записують у польову книжку в сантиметрах;

- у довідковій таблиці польової книжки знаходять величину приводки нуля пристроїв (h), по яких було зроблено відлік рівня води;

- обчислюють висоту зафіксованого рівня води над нулем поста (приведений рівень $H_{пр}$) як суму відліку рівня (по рейці або палі) і приводки (даної рейки або палі):

$$H_{пр} = \Delta H + h . \quad (2.1)$$

На рисунку 2.1 показано схему висотних позначок на пальовому водомірному посту. На посту відмітка «нуля графіка» складає 121.00 м БС. Кожна паля має свою відмітку «нуля спостережень» в Балтійській системі,

приводки паль 1, 2, 3 відповідно позначені h_1 , h_2 та h_3 . Виходячи з такої схематизації, рівень води фіксують над палею № 2, висота рівня над «нулем графіка» складає $40+240=280$ см, відмітка рівня води на посту в метрах визначається за формулою:

$$H = H_{np} + H''0''_{zp}. \quad (2.2)$$

У даному прикладі $H=2,80+121,00=123,80$ м БС.

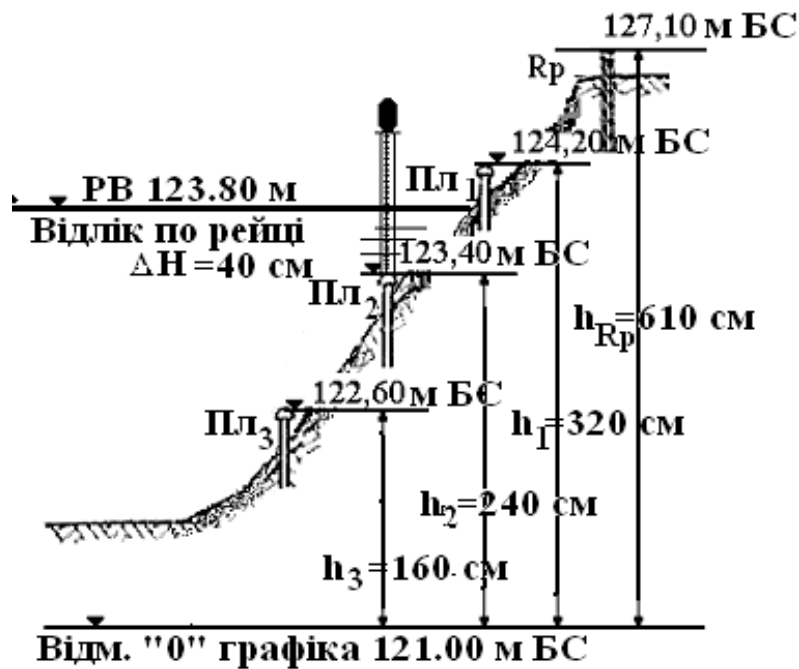


Рис. 2.1 – Схема висотних позначок на водомірному посту.

2.3 Огляд основних типів водомірних постів

В гідрометрії використовують постійні і тимчасові водомірні пости:

- 1) **постійні** водомірні пости влаштовують для довготривалого вивчення режиму водного об'єкту, це основні пости державної мережі;
- 2) **тимчасові** водомірні пости влаштовують для спеціальних спостережень на відносно короткий строк (сезон, рік, кілька років), до них належать також пересувні водомірні пости, які відкривають при проведенні досліджень по довжині річки лише на період розташування пошукової партії в даному районі.

В гідрометричній практиці використовують різні водомірні пости: **прості** (рейкові, пальові, змішані), **передатні** (мостові, тросові), **самописні**, **дистанційні** і **уклонні**. Незалежно від своєї конструкції, всі типи водопостів повинні забезпечити реєстрацію всього можливого

діапазону коливань рівнів води. Тому кожний пост обладнується так, щоб була можливість охопити спостереженнями не лише максимальні і мінімальні вигодні значення рівнів води протягом усього року, а й забезпечити запас до 0,5 м для екстремальних історичних рівнів.

Прості водомірні пости найбільш масові в гідрометрії, вибір конкретного типу простого водомірного поста залежить від амплітуди коливання рівнів води, будови і крутизни берега річки, наявності мостів, гідротехнічних споруд.

До простих водомірних постів відносять:

- 1) рейкові (рівень беруть по поділках рейки на висоті поверхні води);
- 2) пальові (рівень беруть по його перевищенню над голівкою палі);
- 3) змішані (рейково – пальові).

Рейковий водомірний пост встановлюють при незначному коливанні рівнів води (до 3 м) шляхом закріплення рейок у ґрунті дна або на стінках гідротехнічних споруд, опорах мостів, рейки захищають від пошкодження, розмічають через кожні 1-2 см, це забезпечує точність відліку рівня ± 1 см. Рейки – стандартні з дерева, металу, чавуну (рис 2.2).

Пальовий водомірний пост (рис. 2.3) встановлюють на річках з амплітудою коливань рівнів води більше 3 м. Такий пост складається з репера і кількох паль. Палі встановлюють так, щоб головки першої і останньої паль були відповідно на 0,5 м вище і нижче історично максимального і мінімального рівня води у даному створі. Проміжні палі встановлюють так, щоб перевищення головок суміжних паль складало не більше 0,8 м і кожна паля підвищуватись над поверхнею землі (дна) не більш ніж на 0,15 м. Палі можуть бути зроблені з дерева, металу та залізобетону. Стандартні металеві палі Пi-20 мають довжину 220 см, діаметр 8 см, чавунний гвинт (35 см) та голівку (10 см) під ключ (рис. 2.4). Також можна використовувати дерев'яні палі, на голівку яких треба забити цвях. Голівки паль фарбують у білий колір, їх нумерують, починаючи з самої верхньої. Кожна паля повинна мати свою «приводку».

Висоту рівня на пальових постах визначають переносними рейками: ГР-104 (дюралева трубка), ГР-23 (рейка із заспокоювачем), дерев'яна рейка (рис. 2.4). Ці рейки розмічені через 1 см, оцифровані через кожні 10 см і мають точність відліку рівня ± 1 см. Рівень води є сумою відліку по рейці і приводки палі.

Змішані (рейково – пальові) водомірні пости будуються на ділянках річок з різкими переломами дна у перерізі. Рейку ставлять на крутій частині берега, а палі – на пологій.

На постах також застосовують максимальні рейки для фіксації найвищих рівней між строками спостережень. Стандартна рейка ГР-45 (рис. 2.4, д) складається з металевої труби з отворами та гвинтовим наконечником для встановлення в ґрунт. В середині рейки є шток з

поділками через 1 см, поверхню якого закрашують крейдою. По величині змитої крейдової поверхні визначають максимальний рівень води.

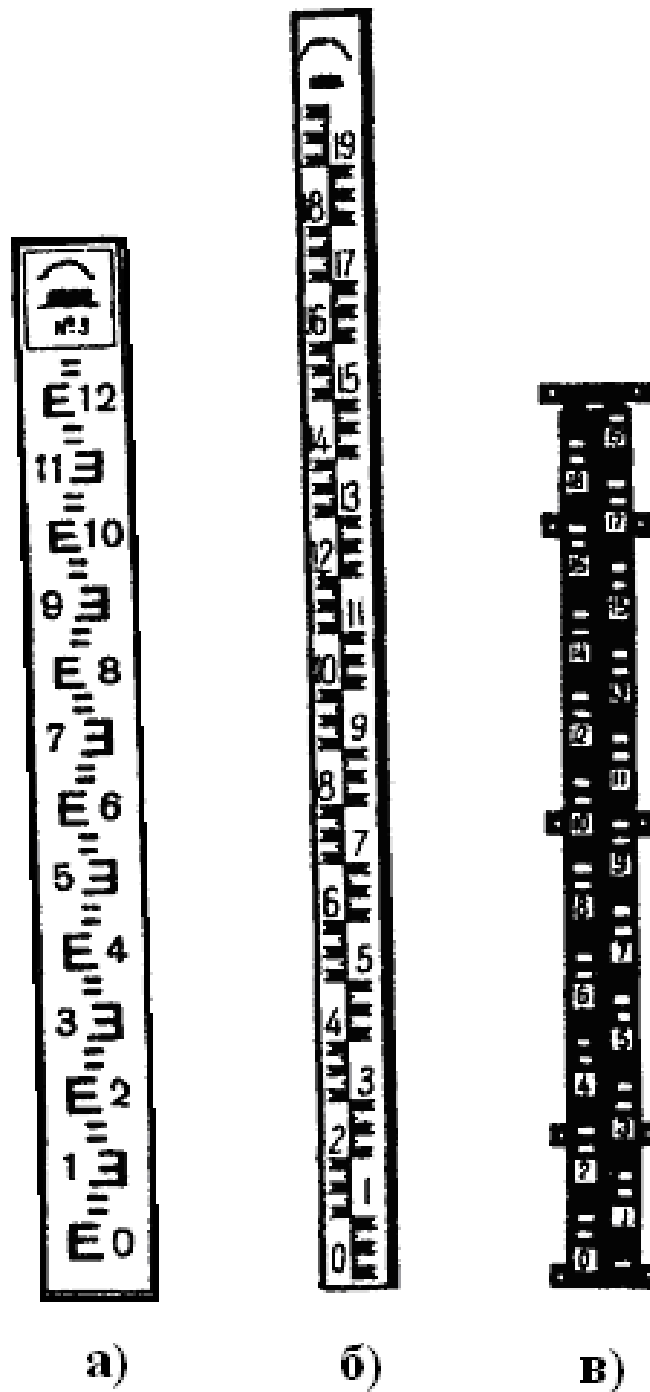


Рис. 2.2. – Типи постових рейок на рейковому водомірному посту:
а) дерев'яна; б) металева; в) чавунна.

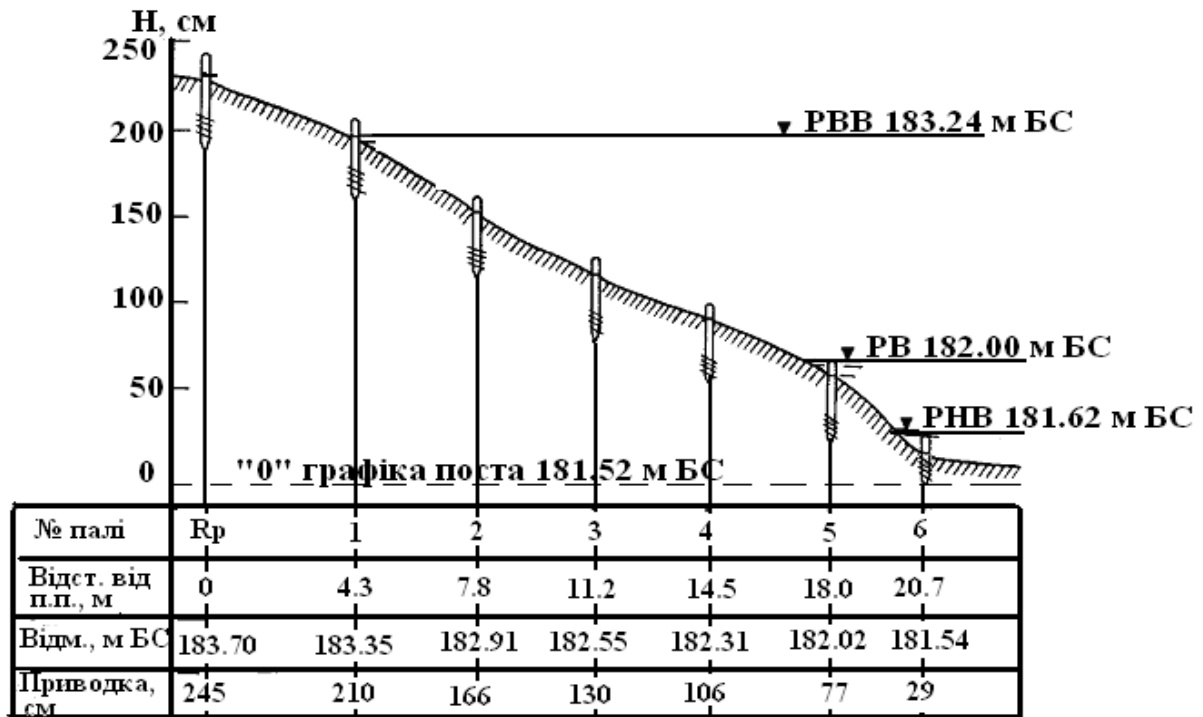


Рис. 2.3 – Проектний профіль пального водомірного поста

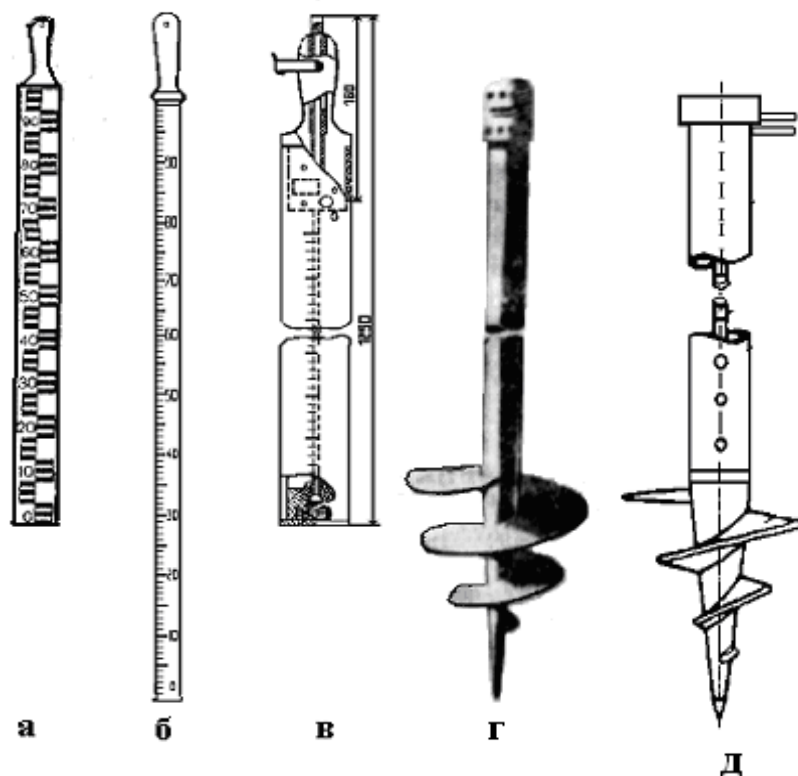


Рис. 2.4 – Рейки пального водомірного поста: а) дерев'яна рейка; б) стандартна переносна рейка ГР-104; в) рейка із заспокоювачем ГР-23; г) стандартна металева паля Пі-20; д) максимальна рейка ГР-45.

На водомірному посту, крім водомірних пристроїв (паль, рейок, самописів) встановлюють два репери - основний і контрольний. Основний репер потрібен для перевірки висоти контрольного репера, його прив'язують нівелюванням III або IV класу подвійним ходом до репера державної опорної геодезичної мережі, який має абсолютну відмітку. Контрольний репер встановлюють у створі поста для систематичних перевірок висоти нулів рейок, головок паль, інших водомірних пристроїв.

Передатні водомірні пости влаштовують, якщо підхід до води ускладнений. Особливістю цих постів є те, що нуль спостережень водомірного пристрою завжди знаходиться над поверхнею води. Поширені типи цих постів – містковий і тросовий зі стрілою.

Містковий передатний пост (рис. 2.5) влаштовують на містку або іншій споруді, розташованій над водою. Для цього збоку на містку (споруді) вибирають і закріплюють зарубкою або цвяхом постійну точку (нуль спостережень), відносно якої визначають відстань до поверхні води. Висотне положення цієї точки визначають нівелюванням від репера. Щоб визначити рівень води, досить заміряти відстань від нуля спостережень до поверхні води. Для цього використовують переносну рейку, тонкий розмічений трос або рулетку з важком. На містковому посту високим рівням відповідатимуть малі відліки, а низьким - великі. Щоб мати відмітку рівня води, потрібно щоразу величину проведеного відліку віднімати від відмітки нуля спостережень.

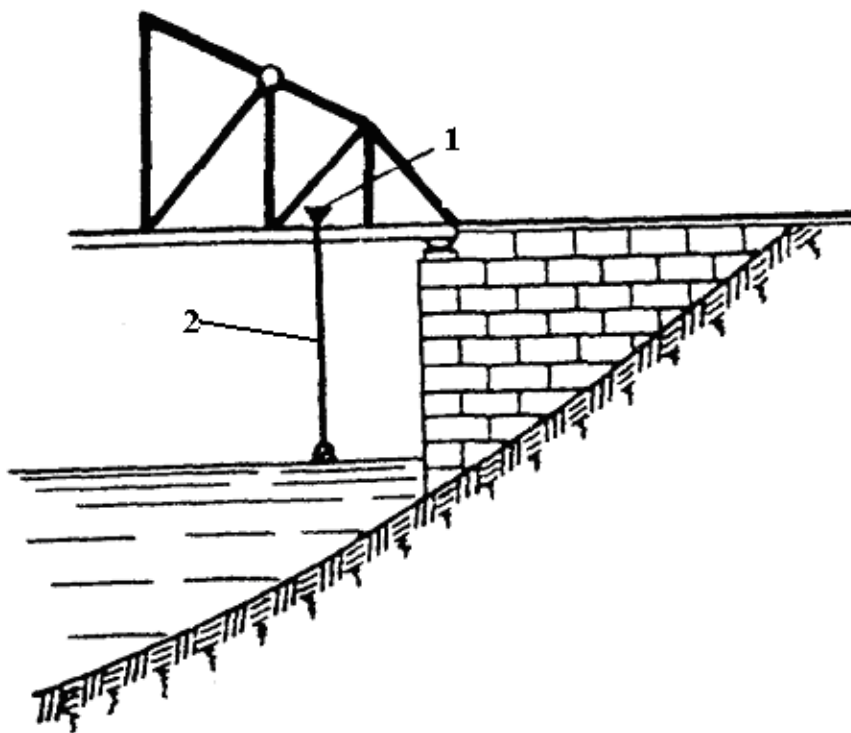


Рис. 2.5 – Схема місткового передатного поста: 1 - постійна мітка на фермі моста; 2 – розмічений трос з тягарцем.

Тросовий пост зі стрілою (рис. 2.6) влаштовують на річках з крутими берегами, пост має закріплену на палях стрілу з тросом, на якій закріплюють рейку, нуль якої обернено до річки. Через коліщатко на кінці стріли проходить трос з тягарцем на кінці. Трос має покажчик проти нульової поділки рейки. Для вимірювання рівня води важок опускають до поверхні води і роблять відлік по рейці проти покажчика. Торкання води важком фіксують за допомогою електросвітлового або звукового сигналу. Точність вимірювання рівнів ± 2 см, при наявності електроконтакту ± 1 см.

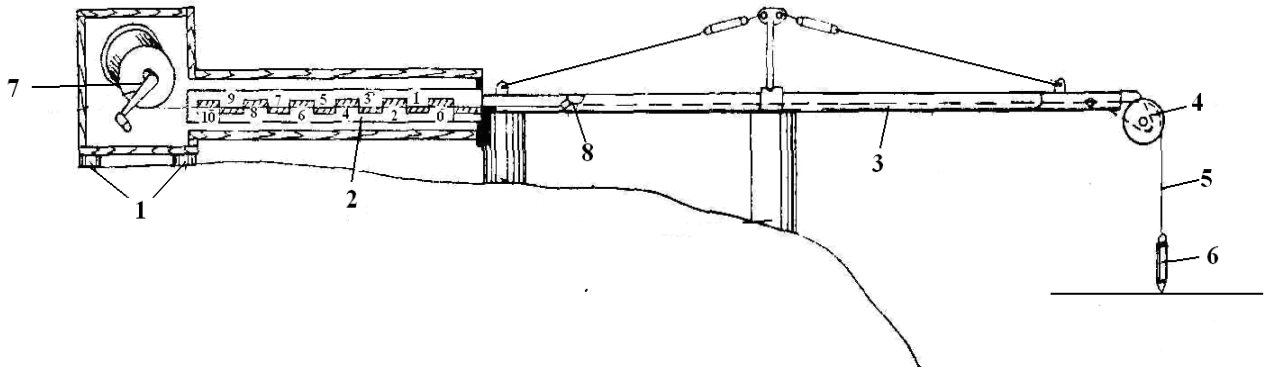


Рис. 2.6 – Передатний пост зі стрілою: 1 – палі; 2 - рейка; 3 - винос; 4 - блок; 5 - трос; 6 - важок; 7 - тягарець; 8 – марка на тросі.

Автономні водомірні пости дозволяють проводити автоматичну безперервну фіксацію рівня води, їх встановлюють у важкодоступних місцях, при нестійкому режимі рівнів води (робота гідротехнічних споруд, змінно – нагінні, льодові явища, гірські річки з паводковим режимом) коли стандартних строків водомірних спостережень недостатньо.

Основним приладом самописного поста є самопис рівня води (СРВ), який складається з трьох основних елементів: датчика рівня, записуючого пристрою і лінії зв'язку між датчиком і записуючим пристроєм.

Для запису коливання рівнів самопис має барабан із намотаною на нього паперовою стрічкою, каретку з пером (або олівцем) і годинниковим механізмом, який приводить у рух перо. Перо креслить на стрічці у певному масштабі графік коливання рівнів. Сучасні прилади пишуть рівень води на флеш-картку пам'яті.

Датчик рівня може бути поплавцевим, манометричним, акустичним.

Лінія зв'язку «датчик - записуючий пристрій» може бути: механічна (система жорстких стрижнів або гнучких тросів з роликками), пневматична (гідростатичний тиск від сільфона по трубі з повітрям передається до манометра або п'єзометра), гідравлічна - базується на основі принципу сполучених посудин, електрична (електричний кабель), дистанційна (зміна рівня передається через радіопередавач).

Найбільш прості і поширені СРВ з поплавцевими датчиками. Прилади можуть проводити запис на паперовій стрічці чорнилом або в електронному вигляді, працювати механічно або від електричного живлення. Масштаб запису підбирається із врахуванням амплітуди коливань рівня та потрібної детальності їх запису.

В Україні масово застосовують такі СРВ - «Валдай», ГР-38, ГР-116.

СРВ «Валдай»(добової дії) (рис. 2.7) складається з поплавцевої системи і механізму для запису. Рух поплавця під впливом коливань рівня води, передається на поплавцеве колесо за допомогою тонкого тросу з противагою. Поплавцеве колесо - це два спарених диски різних розмірів, що забезпечують запис коливань рівнів на паперовій стрічці в масштабах 1:1 і 1:2 (модернізований «Валдай» додатково має вісь і масштаби запису 1:5 і 1:10). Барабан самописа з паперовою стрічкою закріплюють горизонтально на тій самій осі, що й поплавцеве колесо. Під час обертання барабану перо пише на стрічці рівень води в масштабі 1:1, якщо трос надіто на малий диск, в масштабі 1:2, якщо трос надіто на великий диск. Перо самописного пристрою рухається вздовж барабана з швидкістю 12 або 24 мм на годину за допомогою важка. Для забезпечення роботи самописа треба своєчасно заводити його годинниковий механізм і обслуговувати стрічку. Точність запису рівня при масштабах 1:1, 1:2, 1:5, 1:10 відповідно $\pm 3, 5, 7, 10$ мм.

СРВ ГР-38 (рис. 2.8) призначений для безперервної реєстрації рівня води водотоків та водоймищ без зміни паперової стрічки для запису на протязі 8, 16 або 32 діб. Масштаби запису складають 1:5, 1:10, 1:20 з точністю $\pm 0,5; 1; 2$ см відповідно. Від самописа рівня «Валдай» він відрізняється тільки механізмом для запису коливань рівня води. Так само, як і у СРВ «Валдай», у ГР-38 рух поплавця залежно від коливання рівня води передається за допомогою тонкого тросу на поплавцеве колесо, а далі – на записуючу каретку. Барабан з паперовою стрічкою приводиться в дію годинниковим механізмом.

СРВ ГР-116 має одночасно поплавцевий та гідростатичний датчики рівня, аналоговий реєстратор, перетворювач рівня в електричні сигнали. Прилад складається з поплавця, підвішеного на сталевому тросику, який перекинуто через поплавцеве колесо, відводячий ролик і закріпленого до противаги. Блок реєстрації складається з барабану для закріплення діаграмної стрічки, пишучого пристрою, електронно-механічного та механічного годинникових приводів. Два варіанти запису рівня: графітовим стрижнем на діаграмній стрічці (або лавсановій кальці) і металічним стрижнем на спеціальному двошаровому папері. Масштаб запису від 1:1 до 1:20. Період автономності до 32 діб. Цифровий індикатор використовується для відліку рівня в сантиметрах і міліметрах. Живлення приладу 9В від батареї або від електромережі через блок живлення.

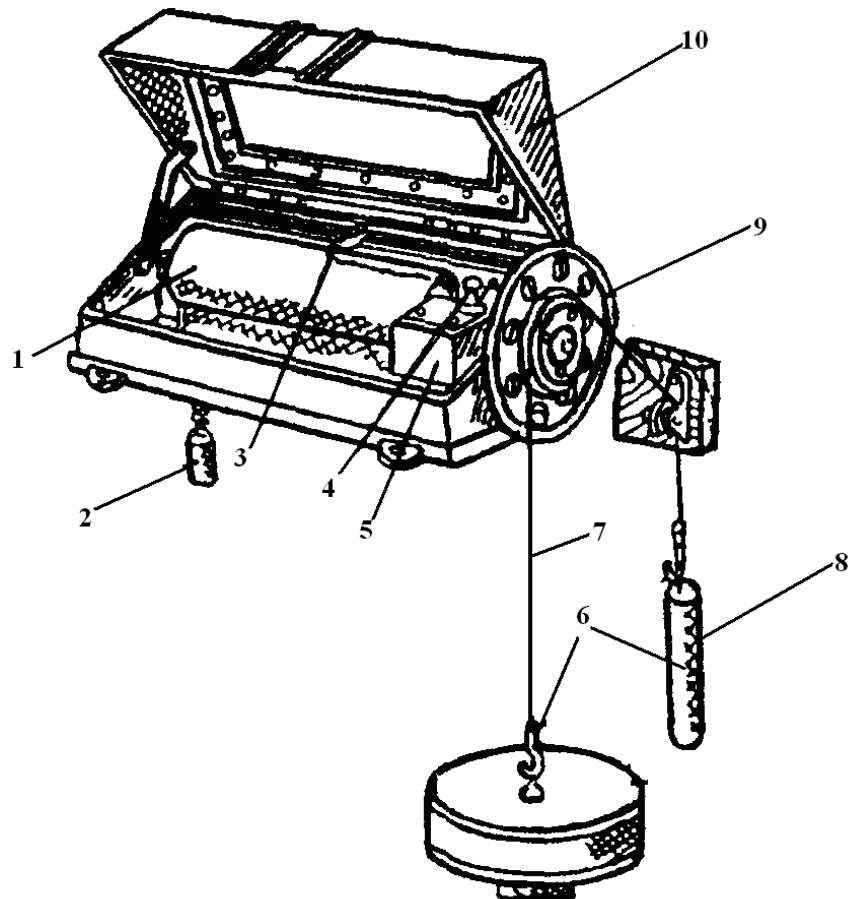


Рис. 2.7 – СРВ «Валдай»: 1 – барабан; 2 – тягарець; 3 – каретка з пером; 4 – завідна головка; 5 – годинник; 6 – поплавець; 7 – тросик; 8 - тягарець; 9 – поплавцеве колесо; 10 – захисна кришка.

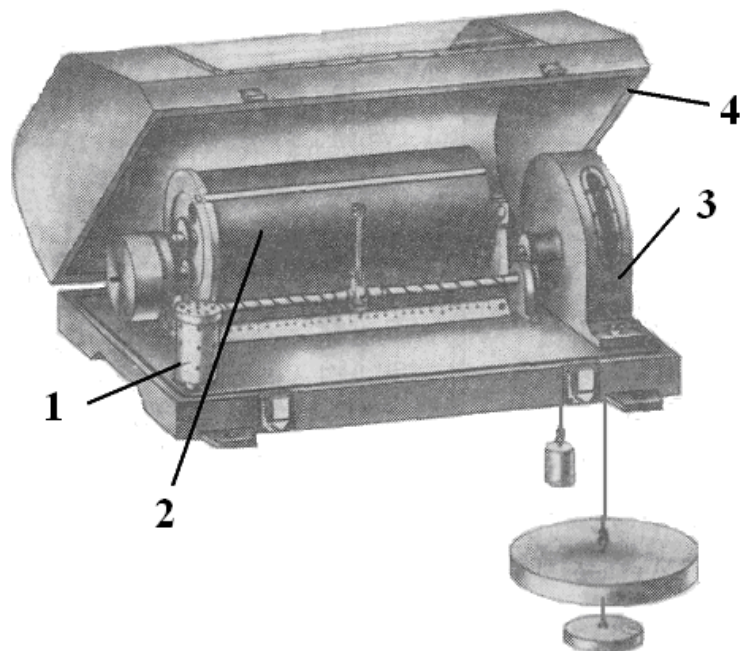


Рис. 2.8 – СРВ ГР-38: 1) патрон з вологопоглинаючою речовиною; 2) барабан; 3) кожух поплавцевого колеса; 4) захисна кришка.

Досвід експлуатації СРВ визначив два основні типи їх установок:

- береговий (СРВ встановлюють «на березі» над колодязем, який трубою з'єднано з водним об'єктом);

- острівний (СРВ встановлюють «на воді» у спеціальній споруді).

Береговий тип установки СРВ (рис. 2.9, а) дорогий, але СРВ може працювати весь рік. На березі споруджують колодязь, верх якого на 0,5 -1,0 м вище від найвищого, а низ - нижче на 1 м від найнижчого рівня води. Над колодязем встановлюють будку з СРВ, колодязь з'єднують з водним об'єктом трубою діаметром 5-20 см, яку закопують нижче глибини промерзання ґрунту, на 1 м нижче найнижчого рівня, трубу слід прочищати і промивати від наносів. Взимку будку СРВ утеплюють.

Острівний тип установки СРВ (рис. 2.9, б) складається з опори, яку будують у водоймі, будки для СРВ на опорі і труби для поплавця. Будку для СРВ встановлюють на майданчику опори, яка знаходиться вище від найвищого рівня води на 1 м. Трубу діаметром 0,35 м встановлюють на 1 м нижче від найнижчого рівня води. Для підходу до будки з СРВ будують місток або користуються човном. Взимку СРВ острівного типу не працює.

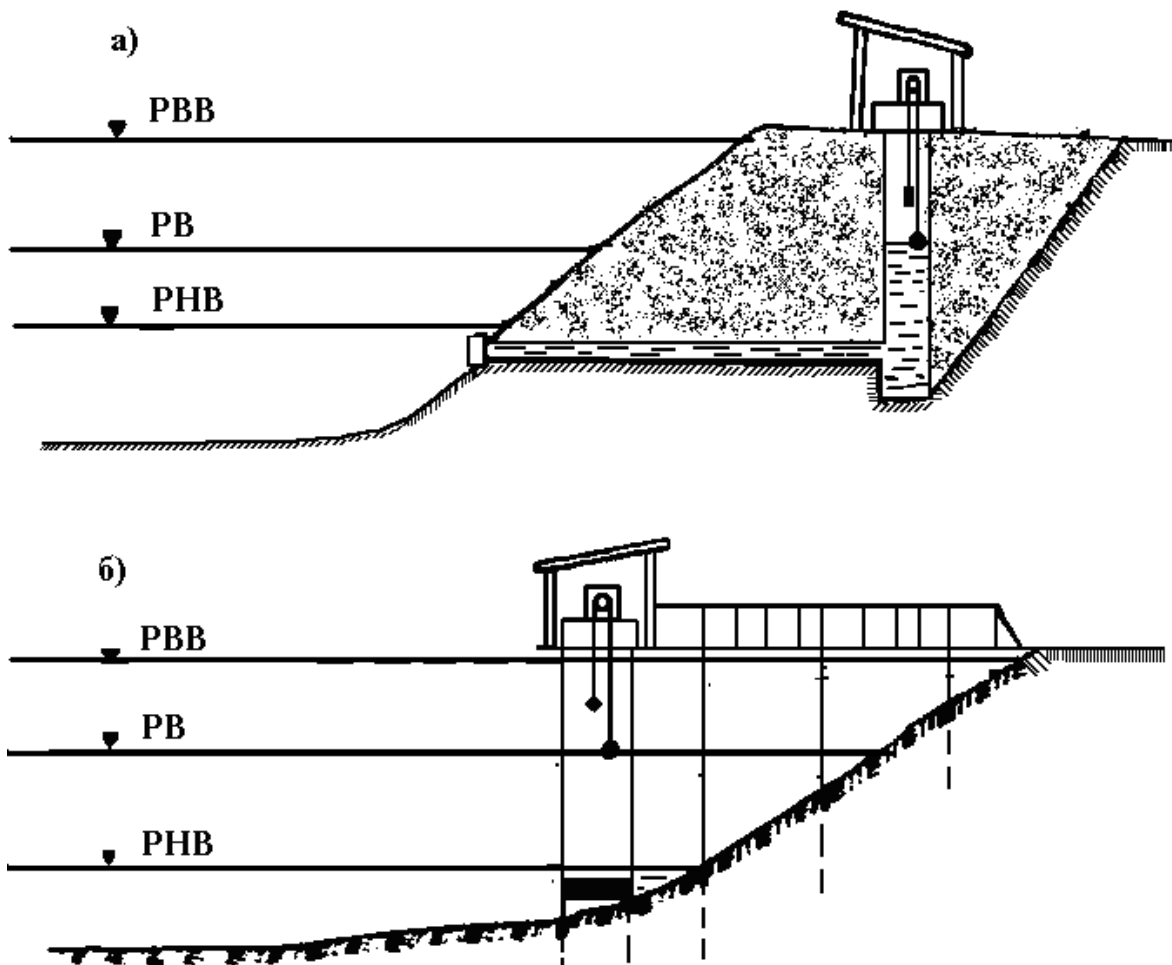


Рис. 2.9 – Береговий (а) та острівний (б) типи встановки СРВ.

Дистанційні водомірні пости виконують передачу значень рівня на відстань у визначені строки, безперервно або по запиту. Дистанційні водомірні пости мають велику цінність для диспетчерської служби на ГЕС, шлюзах, водосховищах, зрошувальних системах та у важкодоступних місцях, так як не потребують постійного обслуговування спостерігачем. Вони складаються з датчика рівня, каналу зв'язку, реєструючого пристрою та джерела живлення.

Датчик рівня приймає коливання рівня з допомогою чутливого елемента і засобом перетворення готує інформацію до передачі по каналу зв'язку. Чутливий елемент може бути безконтактним електричним, електроконтактним, поплавковим, гідростатичним та ін.

Безконтактний чутливий елемент - конденсатор, який складається з ізольованого електрода та водного середовища, ємність якого пропорційна висоті рівня. Електроконтактні чутливі елементи можуть бути безперервного, дискретного та омного типу. Перетворення інформації здійснюється в електричні сигнали – дискретні або безперервні - для зручності передачі по каналах провідного чи радіозв'язку. Реєструється інформація на самописах, ЕОМ та різного виду покажчиках (шкалових, числових). Незалежно від типу автоматизованих постів при кожному з них зберігаються рейкові або пальові пости, які забезпечують перевірку нулів рівнемірів. В закордонній практиці більш розповсюджені гідростатичні рівноміри (огляд приведено в табл. 2.2).

В Україні поступово впроваджується у роботу гідрометеорологічний пост («Техприлад», Львів), який забезпечує автоматизоване вимірювання, обробку, кодування, архівацію і передачу гідрометеорологічної інформації:

- вимірювання рівня води (0-14 м, точність ± 1 см) і хвилювання (0-6 м, точність $\pm 6\%$);
- вимірювання температури води (від -2 до $+ 40$ °С, точність $\pm 0,15$ °С);
- вимірювання температури повітря, атмосферного тиску, відносної вологості, опадів;
- формування і передача телеграми «Метео» і «Шторм»;
- архівація і передача гідрометеорологічної інформації у режимі реального часу по мережі Інтернет.

Таблиця 2.2 – Огляд дистанційних водомірних постів

№ з/п	Назва приладу, фірма та країна виробник	Живлення	Вага	Пам'ять	Точність	Період автономної дії	Характеристика
1	Пневматичний рівнемір „Nertex”, Франція	9 В	5 кг	Електронна карта пам'яті	± 1 см	Необмежений	Амплітуда коливання рівня до 20 м, відстань від датчика до приладу 300 м
2	Автономний вимірювач рівня АДУ-01, Росія	4,5 В	0,45 кг	100 000 значень рівня води	± 1 см	2 роки	Комутація з ПК по USB
3	Мобільний контактний рівнемір KL-010, фірма ОТТ, Німеччина	3 В	1 кг	Електронна карта пам'яті	± 1 см	-	Глибина до 750 м, вбудований водяний термометр, електронний дисплей
4	Контактний радарний рівнемір Kalesto, фірма ОТТ, Німеччина	12 В або сонячні батареї	10 кг	400 000 значень рівня води	± 1 см	2 роки	Бездротовий зв'язок з ПК до 1000 м, ультразвуковий випромінювач, додаткові метеодатчики
5	Пневматичний вимірювач рівня води Nimbus, фірма ОТТ, Німеччина	12 В або сонячні батареї	5 кг	400 000 значень рівня води	± 1 см	15 місяців	Бездротовий зв'язок з ПК, додаткові метеодатчики
6	Пневматичний рівнемір Orphimedes, фірма ОТТ, Німеччина	6 В	1 кг	11 200 значень рівня води	± 1 см	15 місяців	Бездротова комутація до ПК

Стандартні водомірні спостереження двічі на добу не дозволяють зафіксувати екстремальні рівні води між строками, тому на постах застосовують спеціальні максимальні рейки (Близняка, Фролова, Проскова, рейки на палі).

Рейка Близняка являє собою трубу, збиту з чотирьох дощок з отворами. Одна стінка труби відкривається, а на другій стінці прикріплена рейка з поділками, нуль якої прив'язано до нуля водомірного поста. Трубу прикріплюють до палі або до стінки якоїсь споруди. Внутрішню поверхню труби вкривають фарбою, яка легко змивається, крейдою або вугіллям. Під впливом води фарба змивається на висоту максимального рівня, який мав місце між строками спостережень. Перевищення цього рівня на нулем поста визначають по рейці з поділками. Після запису висоти максимального рівня внутрішню поверхню знову фарбують.

Рейки Фролова (рис. 2.10, а) застосовують для вимірювання максимальних і мінімальних рівнів води між строками спостережень. Їх виготовляють з дощок. Крім розмітки, рейка з боків має зубці через 1-2 см. Надітий на зубчасту рейку легкий поплавець пересувається за рівнем води лише в одному напрямку: вгору - на максимальній рейці і вниз - на мінімальній і залишається в такому положенні до приходу спостерігача. Змінити положення поплавцю заважають пружини, які спираються на зубці рейки. Рейки Фролова прикріплюють до палі, а нулі їх прив'язують нівелюванням до репера поста. Після запису крайніх значень рівнів поплавці обох рейок виставляють на поточний рівень води і залишають до наступного строку спостережень.

Максимальна рейка в металевій трубі на палі (рис. 2.10, б) має діаметр 5 см, довжину 2 м і отвори в нижній частині. Трубу прикріплюють до палі або споруди. В трубу вставляють побілений розведеною у воді крейдою залізний стрижень діаметром 10-15 мм з поділками через 1 см. Вода через отвори заходить в трубу і змиває крейду на висоту, яка відповідає максимальному рівню між строками спостережень. Висоту підраховують за поділками на стержні. Нуль на стрижні прив'язують нівелюванням до репера поста.

Рейка Проскова (рис. 2.10, в) відрізняється від попередньої лише тим, що її не прикріплюють до споруди, а заглиблюють у землю на глибину 75 см. Після встановлення рейки нівеліром визначають висоту її голівки і обчислюють відмітку нуля її спостережень.

Максимальний рівень води при відсутності зазначених вище пристроїв можна встановити по мітках високих вод, які залишаються на річці після паводка (відкладене на берегах сміття, намул, ерозійні сліди в руслі і схилах долини). Відмітки високого рівня визначають нівелюванням.

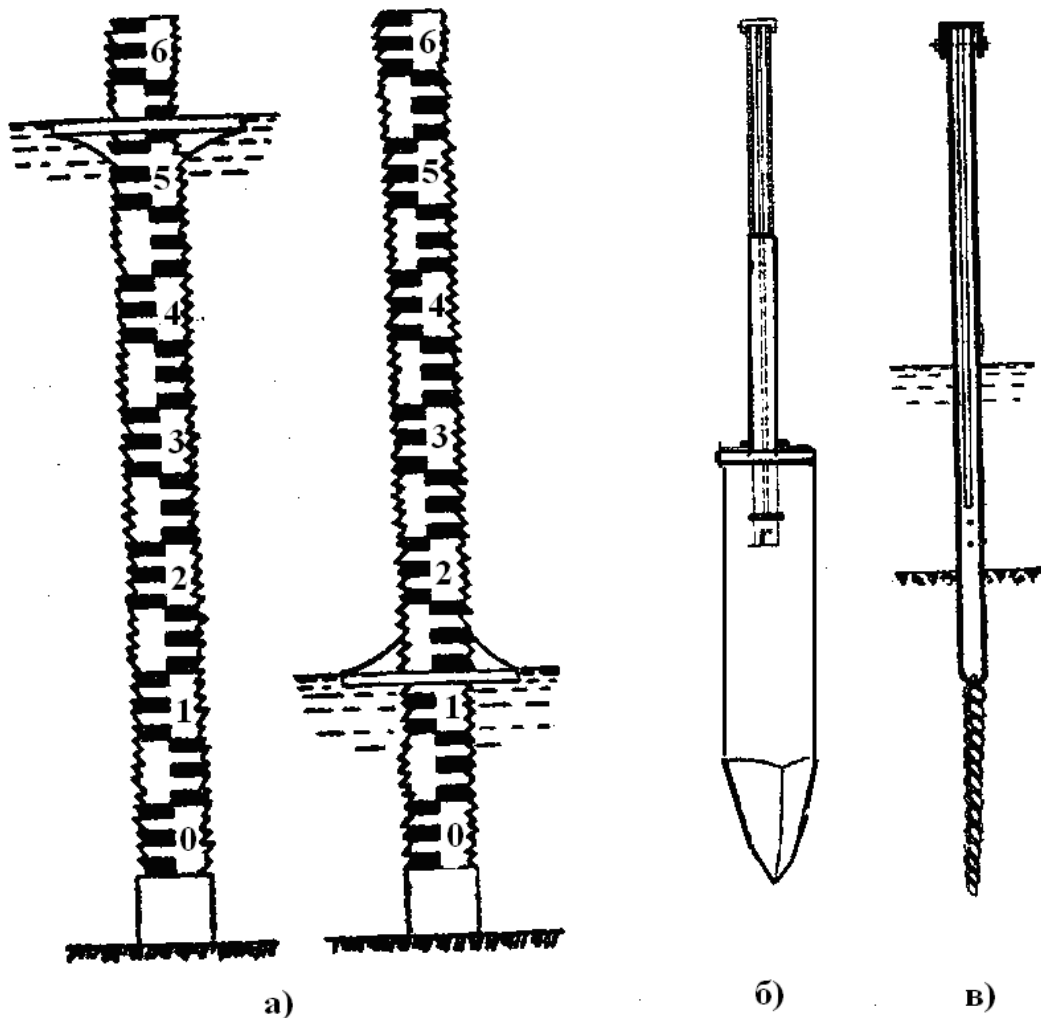


Рис. 2.10 – Додаткові рейки: а) рейки Фролова; б) рейка в металевій трубі на палі; в) рейка Проскова.

При швидкій течії, а також при наявності хвиль для точного вимірювання висоти рівня води застосовують спеціальні прилади.

Рейка (паля) в ковші. На гірських річках з великою швидкістю течії вода набігає на рейку водомірного поста і не дає змоги точно заміряти рівень. У таких випадках рейку (палю) влаштовують у ковші, який викопують на березі і з'єднують з річкою канавою (рис. 2.11, а). Якщо ковша немає, погасити хвилю навколо рейки (палі) можна за допомогою ящика без дна, труби з отворами внизу, плетених корзин тощо.

Гачкова рейка (рис. 2.11, б) призначена для вимірювання рівня з точністю до 1 мм при амплітуді коливань рівня до 1,5 м, складається з латунної трубки 1 діаметром 10 мм. На трубці через 1 см нанесені поділки. В середину трубки встановлено стрижень 2 з гачком на кінці. За допомогою кронштейна 3 трубку прикріплюють до палі (стінки) над водою. Кронштейн має планку з поділками (ноніус) 4, затискний гвинт 5 і мікрометричну гайку 6. Для вимірювання висоти рівня опускають гачок на

1-2 мм нижче від поверхні води, закріплюють затискний гвинт, мікрометричною гайкою піднімають гачок на рівень поверхні води і записують висоту рівня: сантиметри по рейці, а міліметри - по ноніусу.

Голчаста рейка (рис. 2.11, в) відрізняється від гачкової тим, що замість гачка вона має голку, поділки нанесені через 1 мм, а по ноніусу можна брати відліки з точністю до 0,1 мм. Загальна довжина рейки 0,5 м.

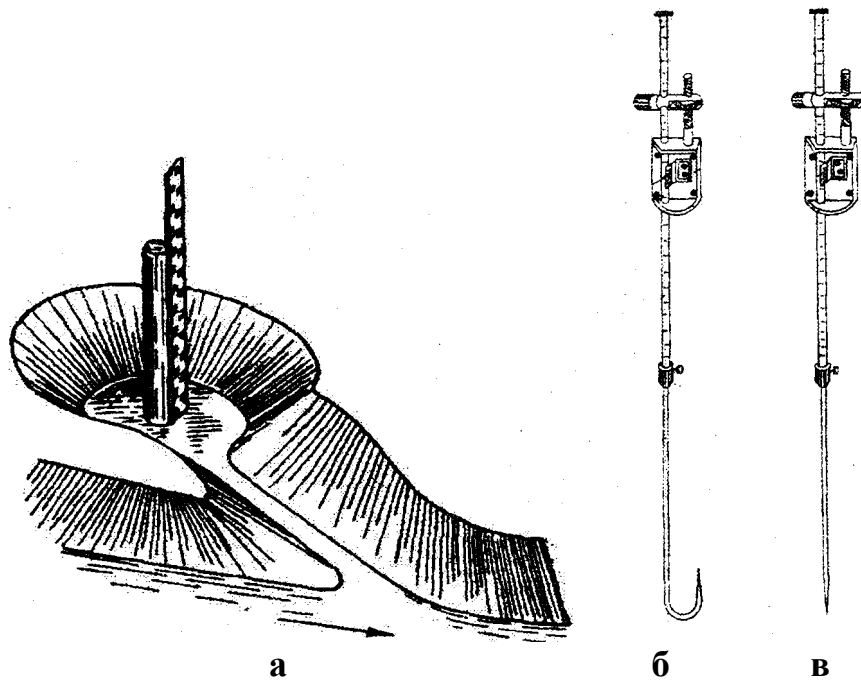


Рис. 2.11 – Пристрої для детальних рівневих відліків: а) рейка в ковші; б) гачкова рейка; в) голчаста рейка.

Уклонні водомірні пости використовують при проведенні спеціальних досліджень (визначення уклону водної поверхні на ділянці гідрологічних спостережень, вивчення швидкісного режиму та стоку води). Найбільшу цінність вони мають в період порушення однозначного зв'язку витрат та рівнів води, що характерно для явищ перемінного підпору. Подібні явища виникають при нестійкому русі води (повені, паводки, попуски), при підпорі, льодових явищах, заростанні русла.

Уклон водної поверхні є відношення величини падіння рівня води на ділянці річки ($h = H_1 - H_2$) до довжини цієї ділянки (L):

$$I = \frac{h}{L}. \quad (2.3)$$

Визначення уклону водної поверхні здійснюється по двох постах. Один з них є основним водомірним постом, а другий – уклонний пост,

який розміщується вище або нижче по течії від основного. По своїй будові уклонні пости не відрізняються від основних водомірних постів.

Ділянка між постами може бути різною, але чим коротша – тим більшою має бути точність вимірів. Задовільні результати вибору ділянки між уклонними постами можуть бути досягненні при паданні на рівнинній річці не менше 10 – 20 см, а на гірській 25 – 50 см.

В зв'язку з тим, що при високих рівнях (паводки, повінь) і в межінх уклони значно відрізняються, то й довжини ділянок, в залежності від фаз режиму, можуть бути різними. Однак при всіх випадках назначати уклонні пости слід в місцях нижче і вище яких на деякий відстані уклон лишається одноманітним. При визначенні уклону водної поверхні на дослідній ділянці нівелюванням повинні враховуватись слідуєчі вимоги:

- синхронність забивання урізних колів;
- рівномірне розміщення урізних колів по довжині ділянки;
- нівелювання виконується подвійним ходом IV або III класу в залежності від падіння рівня на ділянці.

2.4 Проектування, відкриття, перенесення водомірних постів

Вибір місця для розміщення водомірного поста дуже важливий, треба враховувати тип посту, зручність доступу до водомірних пристроїв, особливості гідрологічного режиму водного об'єкта:

- репрезентативність місця, тобто ділянка має бути характерною для водного об'єкта, щоб інформація такого водпоста достовірно відбивала водний режим;
- виключення впливу факторів, які порушують однозначний зв'язок між витратами та рівнями води (змінний підпір, руслові деформації, заростання русла, затори льоду, порушення природного режиму гідротехнічними спорудами, скидів промислових вод, водозаборів, руслових кар'єрів);
- при розміщенні водпостів на водоймах враховують змінність рівнів під впливом природних і антропогенних факторів і передбачають захист пристроїв посту від руйнування льодом чи хвилями;
- на рівнинних річках ділянка річки має бути прямолінійною на протязі п'ятикратної (приблизно) ширини річки з однаковими по її довжині шириною, глибиною, поздовжніми похилами поверхні води, з правильною коритоподібною формою поперечного перерізу, слід врахувати вплив згінно-нагінних процесів;
- бажана відсутність заплави, річка повинна протікати в одному руслі, без рукавів і протоків (при наявності заплави слід вибирати таку ділянку, де заплава найвужча, рівніша без протоків і стариць, без дерев і чагарників, береги заплави мають бути паралельні);

- у межах ділянки, де розташований водомірний пост, не повинні впадати великі притоки, знаходитися острови, несталі перекати тощо, які можуть бути причиною утворення косоструминної течії, поперечного похилу води, заторів і зажорів льоду;

- береги і особливо русло річки повинні бути незмінними, тобто не розмиватися і не замулюватися, не заростати водяною рослинністю, течія має бути по всій ширині річки, а напрямок її - паралельний берегам, взимку річка повинна повністю вкриватися льодом;

- на річках з греблями місце слід вибрати вище межі дії підпору від греблі, на пригирлових ділянках річки водпости слід розташовувати вище від водоприймача (моря, озера, річки), поза впливом підпору від нього;

- на гірських річках слід, крім зазначених умов, встановлювати водпост вище від бистрин, порогів, у такому місці, де течія відносно спокійна, русло річки без валунів і не розмивається.

Не завжди при виборі місця для майбутнього водомірного поста вдається виконати всі ці вимоги, але треба намагатися, щоб обрана ділянка максимально відповідала цим вимогам.

Рекогносцирувальне обстеження району розміщення посту є другою стадією, під час якої проводиться експедиційне обстеження ділянки водного об'єкта для вибору конкретного репрезентативного місця з підходящими умовами для розміщення поста, оцінки діапазону змін гідрологічних характеристик, намічених для визначення на даному посту.

З цих позицій рекогносцировку доцільно виконувати як при низьких рівнях літньої межени, так і в часи весняної повені чи паводків. Завершується рекогносцировка топографічною зйомкою ділянки та висотним обґрунтуванням гідрологічного поста, які виконуються відповідно з нижчевикладеними вимогами.

Розмір ділянки, що підлягає зйомці, по ширині обмежується горизонталями, які на 0,5-1,0 м вище історично максимального рівня води, по довжині визначається шириною річки (на річках шириною в межень до 100 м довжину ділянки зйомки беруть рівною п'ятикратній ширині річки, на більш широких річках - дво-, трикратній ширині річки).

Масштаб зйомки приймається з розрахунку, щоб на плані меженне русло мало ширину мінімум 4 – 5 см. Для зйомки можна приймати масштаби планів від 1:100 до 1:25000, залежно від ситуації.

Для планового обґрунтування зйомки ділянки поста прокладають теодолітний хід (магістраль) по берегам річки (в межах незатопленої частини) у вигляді замкненого полігону або магістралі (це робиться в умовних координатах і не завжди потребує прив'язки до пунктів державної геодезичної мережі), прокладку ходу орієнтують по азимуту з допомогою бусолі. Магістраль прокладають берегом паралельно течії якомога ближче до урізу води. Кінці і кути магістралі, характерні переламні точки поверхні закріплюють на місцевості кілками. Після прокладки магістралі

розбивають 3 поперечні профілі, кінці яких мають виходити на висоти 0,5-1 м вище за максимальні рівні води. Потім перпендикулярно магістралі розбивають 6-10 промірних поперечників, відстані між якими беруть з розрахунку, щоб можна було висвітлити всі особливості рельєфу дна.

Для висотного обґрунтування ділянки проводять нівелювання (IV класом) зйомочної сітки, яка складається з магістралі та поперечних профілів, які закріплюються спеціальними знаками (реперами, пікетами, кутовими знаками) і характерних точок рельєфу. Якщо ділянка водпоста знаходиться на відстані до 10 км від репера державної геодезичної мережі, то потрібно прив'язати до нього репер водпоста і всі відмітки на плані зйомки і профілях давати в системі абсолютних відміток.

На всіх поперечниках вимірюють глибини в 10-20 точках на кожному і визначають склад ґрунту русла річки. На прилеглий до них території роблять зйомку ситуації. Також на поперечниках одночасно забивають кілочки врівень з поверхнею води (уріз води), нівелюючи які отримують відмітку миттєвого (одночасного) рівня води, до якого згодом приводять виміряні глибини. Напрямок і величину швидкості течії вимірюють за допомогою поверхневих поплавців.

Пункти планово-висотного обґрунтування зйомки на місцевості закріплюють відповідними знаками. По матеріалам виконаних на місцевості робіт складають план ділянки поста (рис. 2.12) і креслять поперечні профілі русла за матеріалами промірів. На план наносять магістраль, поперечники, лінію урізу води, рельєф дна річки в ізобатах або горизонталях, напрямок течії води, рельєф берегів, заплави в горизонталях, наявні споруди, ситуацію (городи, луки, поле). Після спорудження водомірного поста на планах наносять його реperi, палі або рейки і устаткування.

Крім плану і профілів, складають загальний опис ділянки річки:

- а) відомості про річку (назва, довжина, басейн, його площа);
- б) відомості про ділянку поста (скільки кілометрів від гирла, адміністративні назви, наявність телефону, залізниці, пристані);
- в) характеристика ділянки (ширина долини і заплави, рельєф, фунти рослинний покрив, ширина русла, глибини, ґрунти дна, заростання русла, уклони водної поверхні, напрямок і величина течії, береги);
- г) основні характеристики водного режиму (амплітуда коливання рівнів, імовірність пересихання і промерзання, льодові процеси);
- д) використання річки в районі і вище від поста.

До опису додають фотографії, схеми і зарисовки.

На основі матеріалів рекогносцирувального обстеження ділянки річки вибирають відповідний тип водпоста (пальовий, рейковий, змішаний, самописний тощо). Далі створюють проект вод поста, де в профільному і плановому варіантах розміщують всі водомірні пристрої і реperi. Після проектування все будують в натурі, після встановлення реперів, рейок,

паль тощо проводять висотну прив'язку реперів гідрологічного поста до державної геодезичної сітки шляхом нівелювання III або IV класом.

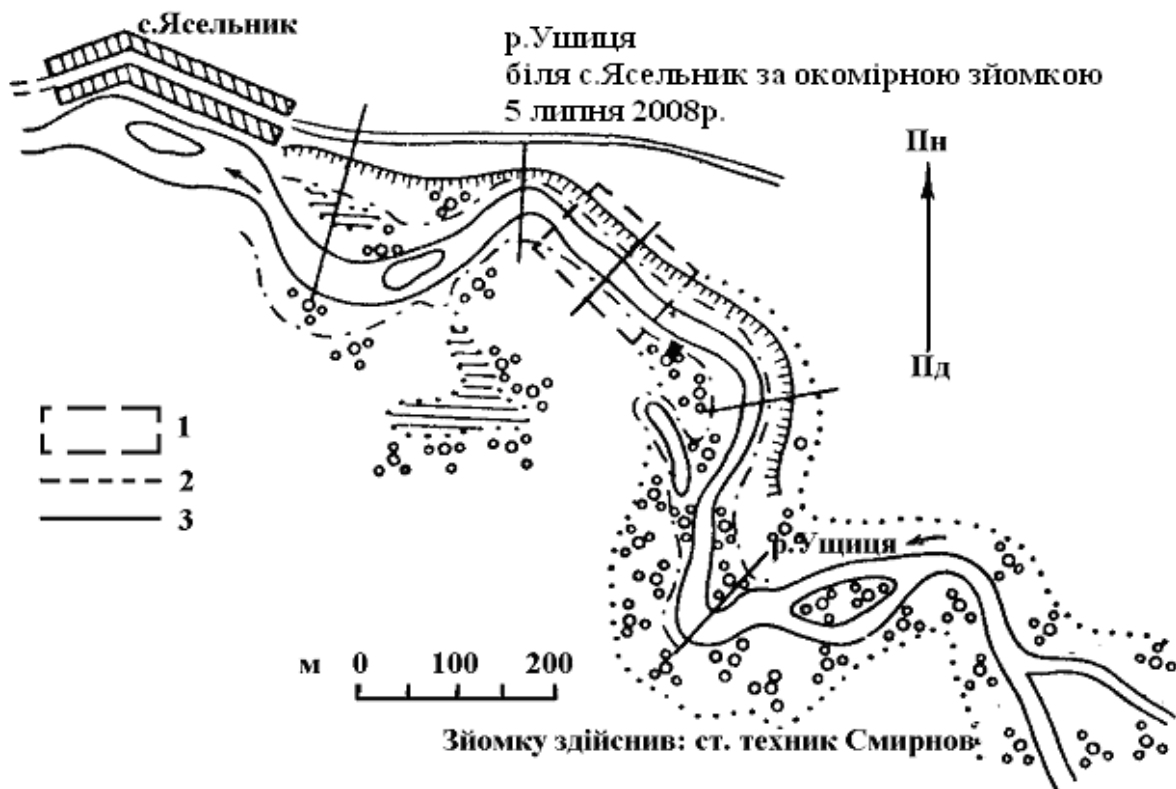


Рис. 2.12 – План-схема ділянки річки за даними окомірної зйомки:
 1) межі дослідної ділянки; 2) уріз води при максимальному рівні;
 3) місця промірів глибин та складання поперечних профілів русла

Водомірні пристрої прив'язують до постового репера нівелюванням по IV класу замкненим ходом від основного репера через контрольний до рейок або паль і від них назад до основного репера. Розходження сум перевищень по прямому і зворотному ходах має бути не більше $\pm 3\sqrt{n}$ мм, де n - число стоянок інструмента за один хід. Нівелювання проводять в створі поста, нівелірну рейку ставлять на голівки паль або верх рейок (можна направляти нівелір просто на водомірну рейку і знімати відлік по ній). Якщо точка нівелювання не є репером, палею чи рейкою, то в ній треба на рівні землі забити кілок. Крім постового обладнання, одночасно нівелюють уріз води по кілочку, забитому в створі поста врівень з водою (для визначення висоти робочого рівня), а також мітки високих вод. Одночасно з нівелюванням робочого рівня відраховується рівень води по постовим пристроям. Якщо пост обладаний СРВ, то окрім нівелювання постових пристроїв треба пронівелювати сам СРВ.

Дані нівелювання постових пристроїв фіксують у журналі технічного нівелювання (КГ-64), де також викреслюють схематичний абрис

нівелірного ходу. Отримані відмітки постових пристроїв та їх приводки виписують в «Технічну справу поста» і польову книжку КГ-1(М). За даними нівелювання складають на міліметровому папері профіль водомірного поста, на який наносять репери, палі (рейки), приводки, екстремальні відмітки рівня, позначку нуля поста.

Комплектація приладами залежить від розряду поста і здійснюється згідно нормативних вимог «Типового таблицю приладів і обладнання для гідро постів».

Після закінчення будівельно-монтажних робіт та забезпечення гідрологічного поста необхідними приладами і обладнанням проходить офіційне відкриття водомірного поста, яке оформлюють актом, складеним особою, яка відкриває пост, спостерігачем і представником місцевої Ради.

Одночасно з актом складається «Технічна справа», яке є базовим технічним документом водомірного поста і до якого записуються основні відомості про пост, подається опис річки, план ділянки і поперечний профіль русла в створі водпоста, режимні характеристики, відомості про постові пристрої та обладнання, види і строки спостережень, метрологічні вимоги. Гідрологічний пост має бути повністю забезпеченим стандартним бланковим матеріалом відповідно за діючими нормативними вимогами для постів гідрометслужби.

Для проведення всіх гідрометричних робіт на водомірному посту запрошується спостерігач з місцевих жителів. Спостерігач за встановленими програмами проводить всі спостереження на посту, для нього складається відповідна посадова інструкція.

Технік, який відкриває водпост і домовляється із спостерігачем про роботу, зобов'язаний проінформувати його про значення і завдання поста, пояснити схему будови поста, вказати на зміст і строки спостережень на посту, на порядок ведення запису і обробки даних спостережень та їх пересилання, подачі інформаційних телеграм, пояснити правила нагляду за устаткуванням поста, а також проведення на ньому дрібного ремонту. Технік повинен разом із спостерігачем протягом кількох днів за програмою поста провести на місці всі спостереження. До самостійної роботи спостерігач допускається тільки після перевірки його знань безпосередньо на посту.

Гідрологічний пост в своїй роботі керується вказівками гідростанції, яка складає інструкції спостерігачеві, координує його роботу, консультує з проблемних питань, періодично інспектує пост, складає інструкції з техніки безпеки при гідрометричних роботах на данному посту. Записи польових спостережень ведуться у польових внижках у двох екземплярах – чорновому (заповнюється під час спостережень) та чистовому (заповнюється на станції шляхом переписування чорнової книжки). Наприкінці місяця в обох екземплярах проводять первинну обробку даних,

чорнові книжки відсилають на станцію до 2-го числа наступного місяця, чистові – наприкінці року.

Для забезпечення точності роботи поста періодично (мінімум раз на рік) проводять інспекцію поста. Під час інспекції перевіряється незмінність гідрологічного режиму річки на ділянці поста, правильність і своєчасність спостережень та записів у книжці, стан устаткування поста і потребу в ремонті, проводиться контрольне нівелювання. Результати інспекції записують до «Технічної справи» і складають акт. Якщо нівелювання показує зміну відміток постових пристроїв, це треба врахувати в подальшій роботі поста.

Причинами для перенесення водпоста можуть бути: зміни в структурі русла і берегів річки, загроза руйнування устаткування поста, спорудження греблі або інші зміни, які заважають нормальній роботі поста. У таких випадках водомірний пост потрібно перенести в інше місце, але з таким розрахунком, щоб зберегти безперервність гідрометричних спостережень (тобто збереження однорідності рядів рівенних спорстережень на старому і новому постах). З цією метою при перенесенні водпоста потрібно нове місце вибирати по можливості найближче до попереднього, а також ув'язати спостереження старого і нового постів. В тих випадках, якщо умови на новому посту зовсім інші (перенесення за межі підпору, або з одного б'єфу гідровузла в другий), ув'язка рівнів не виконується. Для ув'язки спостережень нового і старого постів треба, щоб на обох постах протягом року проводились паралельні спостереження. Висоту нуля нового поста на час паралельних спостережень можна взяти довільну. Після побудови графіка зв'язку рівнів обох постів висоти нуля нового поста приймається остаточна.

2.5 Обробка матеріалів водомірних спостережень

Результати спостережень і робіт на посту фіксують у належних бланках, польовій книжці для запису водомірних спостережень КГ-1М(н), яку необхідно оформляти у двох екземплярах: оригінал (записуються результати польових спостережень), і копія (переписуються результати спостережень зразу ж після повернення з річки). Усі результати спостережень до КГ-1 М(н) записуються тільки простим м'яким олівцем, чітко, розбірливо та без різного роду похибок і виправлень, що зроблені за допомогою гумки або підчисток. Якщо запис зроблено невірно, то його необхідно перекреслити один раз і зверху або збоку написати правильний запис.

Спостереження за уклоном водної поверхні по верхньому та нижньому уклонних постах складаються з часу та відліків рівня, які записуються в книжку КГ-14М. Далі розраховують відмітки рівня над

нулем поста, визначають падіння рівня z на довжину базису L_0 (відстань між уклонними постами):

$$I = \frac{z}{L_0} 1000. \quad (2.4)$$

Після повернення з річки, спостерігач повинен виконати необхідну первинну обробку результатів спостережень в оригіналах книжок і перенести їх в копії. По закінченні місяця спостерігач повинен виконати необхідну обробку спостережень за місяць і не пізніше 2-го дня наступного місяця відправити оригінали книжок, таблиць, стрічок самописів до гідрологічної станції. Копії книжок, таблиць та інших бланків відправляються до гідрологічної станції в кінці року. Також оперативно повідомляють результати спостережень у регіональне ГМБ, ці дані публікуються на сайті Українського гідрометцентру в Інтернет.

Матеріали водомірних спостережень (книжки КГ-1, стрічки СРВ, таблиці ТГ-2) проходять первинну обробку на водпосту, аналіз і контроль на станції, підготовку до видання по формі таблиці «Щоденні рівні води» у виданні «Водний кадастр». Щоденна первинна обробка, яку виконує спостерігач, включає приведення рівня до нуля графіка поста та розрахунок середнього рівня і температури води за добу. На гідростанції всі записи в водомірній книжці, після закінчення місяця і одержання матеріалів спостережень, перевіряються та аналізуються.

Крім річних таблиць, по результатам спостережень за рік будують комплексний графік результатів гідрометеорологічних спостережень за рік. На цьому графіку по горизонтальній осі відкладають час, а по вертикальній (зверху вниз) - температуру повітря, опади, висоту снігу на льоду, товщину льоду, температуру води, умовні позначки льодових явищ та утворень, рівень води, щоденні витрати води, мутність води, коефіцієнти заростання $K_{зар}$ і зимові коефіцієнти $K_{зим}$. Цей графік є важливим технічним документом гідрологічного поста і полегшує контроль і аналіз гідрологічних матеріалів по даному посту.

Проектування вод поста, обробка стрічки СРВ та книжки КГ-1 розглядаються в практичній роботі №1.

Питання для самоперевірки

1. Характерні фази водного режиму річок.
2. Основні типи водомірних постів в Україні.
3. Роботи, які передують відкриттю водомірного поста.
4. Обробка даних рівневих спостережень

3 ВИМІРЮВАННЯ ГЛИБИН ПРИ ГІДРОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

3.1 Сутність, задачі, способи промірювання глибин

Вимірювання глибин дозволяє отримати інформацію про глибини водойми в окремих точках, у певному напрямку, по акваторії.

Глибина – це відстань по вертикалі від поверхні води до дна. Комплекс промірних робіт включає в себе: розбивку планової основи, фіксацію рівня води на початку і в кінці промірів, координування промірних точок, вимірювання глибин у створах, визначення характеру ґрунту дна. Координування дозволяє закріпити промірні точки в плані і обробити матеріали промірних робіт – побудувати профілі, скласти план водойми в горизонталях чи ізобатах (лініях рівних глибин).

Вимірювання глибин звичайно виконується:

- на гідрологічних постах при визначеннях витрат води та наносів;
- при виконанні гідрографічних досліджень водойм;
- при дослідженнях річкового судноплавства;
- при проектних роботах для магістральних об'єктів в місцях їх переходу через водойми;
- при визначенні об'єму води на ділянці річки, озера чи водосховища.

Найбільш зручним часом для виконання промірних робіт є межінь, коли внаслідок низької води легше працювати. Якщо проміри глибин роблять при вивченні деформацій русла чи витрат води або наносів, то вони проводяться при будь яких рівнях води.

Існують різні методи виконання промірних робіт, які відрізняються по приладам і технології виконання. Глибини можна вимірювати механічним, гідростатичним та акустичним способами:

- **механічний спосіб** (глибину вимірюють по зануреній у воду частині вимірного пристрою - штанги, лот-лінія та ін);
- **гідростатичний спосіб** (глибину визначають по гідростатичному тиску на чутливий елемент приладу, який поміщають на дні);
- **акустичний спосіб** (глибину визначають по швидкості руху ультразвукового імпульса від випромінювача приладу до дна і обратно).

Існує два методи виконання промірних робіт:

- **метод точкових (дискретних) промірів;**
- **метод безперервних промірів глибин (ехолотами).**

Результати вимірювання глибин приладами першої групи дозволяють отримати рельєф дна в дискретній формі (промірні точки розташовуються на певній відстані одна від одної, а ділянки дна між ними не охоплюються вимірами). При використанні приладів другої групи отримують безперервний запис профілю дна водного об'єкту - *ехограму*.

3.2 Дискретний метод вимірювання глибин

До найбільш простих приладів для вимірювання глибин можна віднести: мірку, гідрометричну штангу, ручний і механічний лоти.

Мірка (рис. 3.1, а) – це дерев'яна жердина діаметром 4-6 см, довжиною до 5-7 м, яка розмічена через 10 см на червоні та білі поділки. На нижньому кінці мірки є залізний башмак вагою до 1 кг, який полегшує занурення мірки у воду, надає більш стійке положення і захищає її від пошкоджень. Якщо дно річки мулисте, то на нижній кінець мірки кріплять захисний піддон. Нульова поділка мірки повинна бути на рівні низу башмака або піддона. Для вимірювання глибини мірку закидають нижнім кінцем уперед проти течії по ходу човна і, коли вона займе вертикальне положення, роблять відлік. Точність вимірювання $\pm 2-5$ см.

Ручний лот ЛПР-48 (рис. 3.1, г) – вантаж завдовжки 335 мм, діаметром 56 мм, вагою 4,5 кг, який кріплять до лот-ліня, можна виміряти глибини в річках до 25 м, у стоячих водоймах – до 100 м. Лот-лінь - це шнур діаметром 3-5 мм з прядива, капрону або м'який сталевий трос діаметром 1-2 мм.; він призначений для спуску лота у воду, повинен бути міцним і не змінювати своєї довжини; лот-лінь розмічають на дециметри і метри. При роботах ручний лот закидають уперед проти течії, а відлік роблять тоді, коли лот-лінь займе вертикальне положення. Точність вимірювання ± 10 см.

Промірний ручний лот у нижній частині має заглиблення, яке під час промірів змащують жиром або вазеліном. Коли лот торкнеться дна річки, частинки ґрунту прилипають до мастила і разом з лотом піднімаються на поверхню. Таким способом можна довідатися про склад ґрунту дна річки. Якщо потрібно під час промірів узяти більші проби ґрунту з дна річки, то застосовують **лот з конусом** (лійкою) на кінці (рис. 3.1, в). Такий лот може набирати проби об'ємом до 100 см³.

При малих глибинах проміри виконують рейками (водомірними, нівелірними) або штангами від вертушки (рис. 3.1, б).

Залежно від глибини річки і швидкості течії при промірах глибин використовують **механічні лоти (гідрометричні лебідки)** вагою до 100 кг будь-якої форми. Вони мають лічильник глибин, канат діаметром 1-3 мм для опускання вантажу, рибоподібний вантаж (вага від 5 до 100 кг). При промірах лебідками під час руху човна трос не вибирають повністю, а лише трохи піднімають після чергового проміру і знову опускають.

Лебідки гідрометричні Пі-23 ("Нева") та Пі-24 ("Луґа") – найбільш розповсюджені на гідрологічній мережі підймальні пристрої (рис. 3.2), які використовують з містків, люльок та човнів. Кожна лебідка складається з таких основних частин: станини, барабана для тросу, стріли для винесення лота за борт човна, лічильника глибин. Різниця між цими лебідками полягає у формі станин (опор). Станини лебідки "Нева" вищі, мають

шарнірну опору і змінний зв'язок із стрілою, яка теж на шарнірі прикріплена до станини. Шарнірне кріплення станини і стріли дає можливість змінювати кут нахилу стріли в межах 30 -60° і відстань винесення приладу до їм від борту човна. Станина лебідки "Луґа" більш портативна і не пов'язана зі стрілою. Стріла може кріпитися на борту човна на довільній відстані від станини. Лічильники показують довжину спущеного в воду тросу з похибкою в 1 см. Пристрій скидання відліку дозволяє поставити "нуль" при будь-якому положенні скинутого тросу. Довжина тросу по 22 м, вантаж "Неви" – до 50 кг, "Луґи" – до 30 кг.

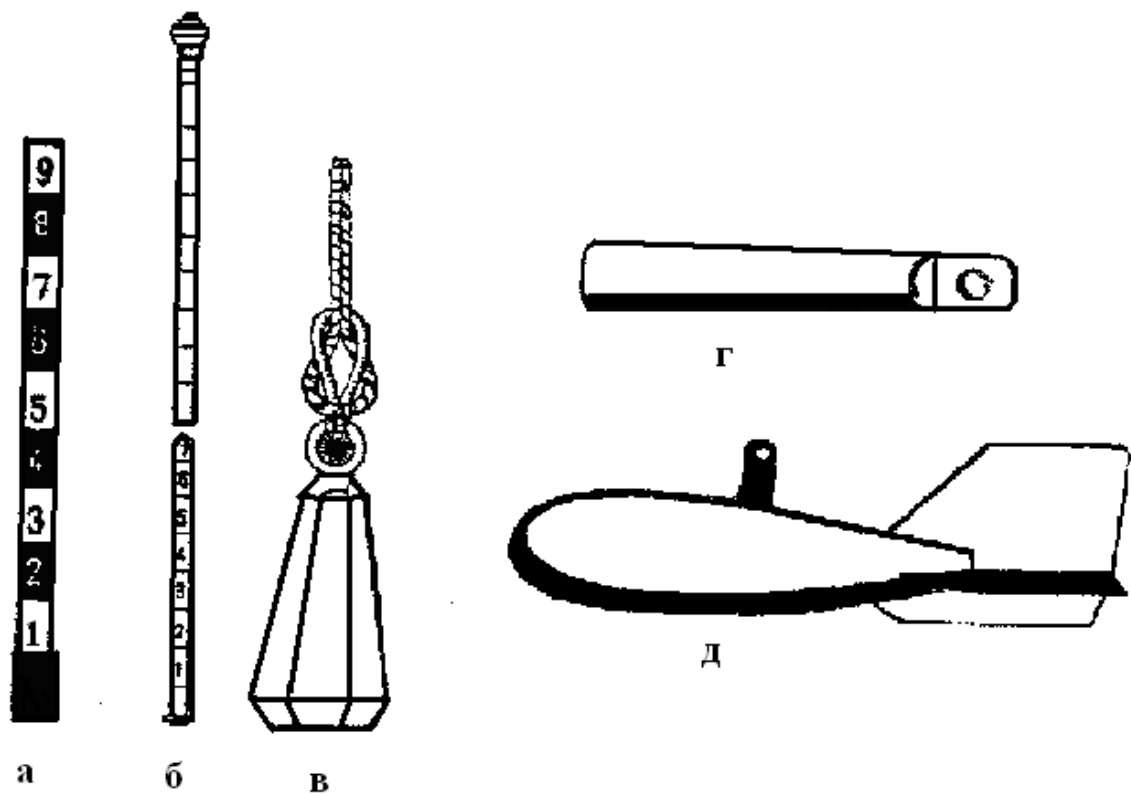


Рис. 3.1 – Прості прилади для промірів: а) мірка; б) гідрометрична штанґа; в) лот з конусом; г) ручний лот ЛПР-48; д) рибоподібний вантаж.

Лебідка ГР-36 (рис. 3.2, г) має поворотну стрілу з винесенням від краю опори на 1,2 м і лічильник. Конструкція лебідки дає змогу обертати стрілу навколо вертикальної осі на 360°. Лебідку застосовують для промірів глибин до 25 м, її вантажопідйомність 100 кг.

Також на судах та понтонах застосовуються лебідки Кузнецова, на люлькових переправах – лебідки ГР-65 та ГР-65м, які не мають стрілки.

Досить поширена **лебідка ЛГ-1** (рис. 3.2, в) в модифікаціях:

- 1) для катерів, понтонів та містків - ЛГ-1-М1-1;
- 2) для шлюпок та човнів - ЛГ-1-М1-2;
- 3) для люлькових переправ - ЛГ-1-М1-3;
- 4) для морських суден - ЛГ-1-М1-4.

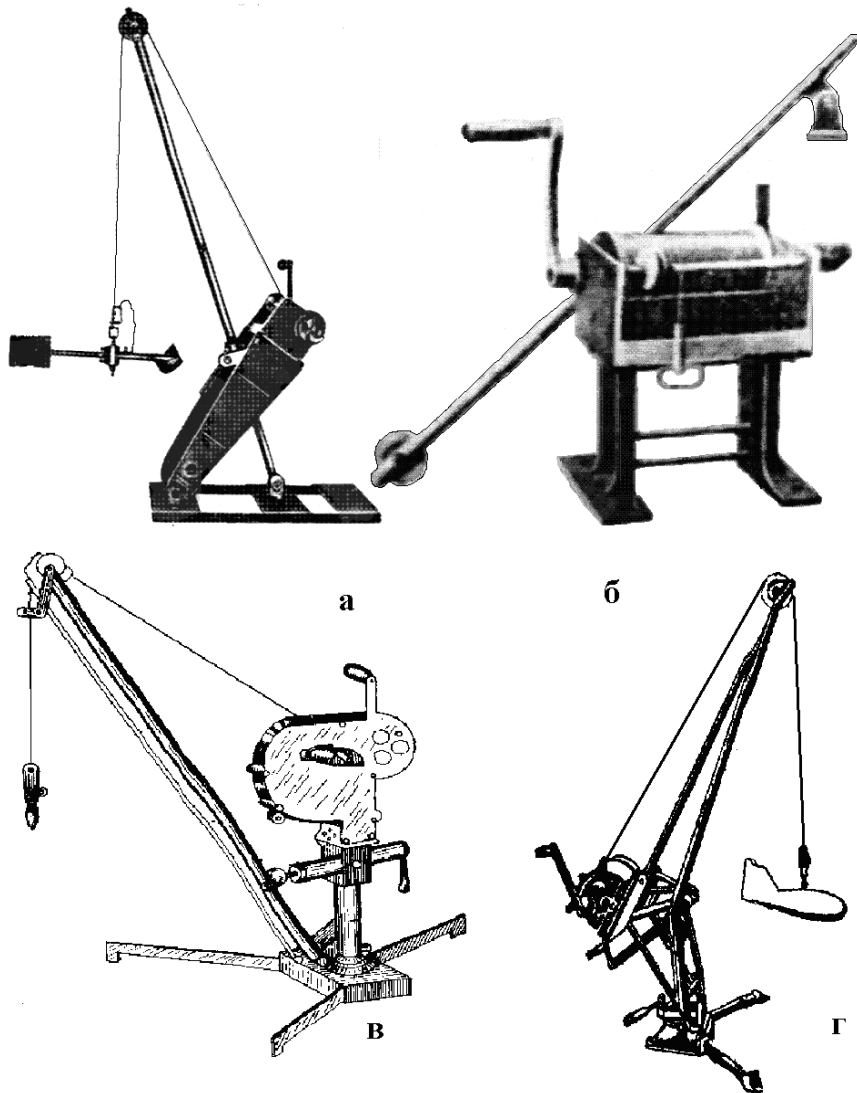


Рис. 3.2 – Гідрометричні лебідки: а) ПІ-23 «Нева»; б) ПІ-24 «Луга»; в) ЛГ-1; г) ГР-36.

Лебідки можуть мати дріт з токопровідною жилою, що дозволяє ставити до них вантажі і прилади з електроконтактними механізмами.

При виборі вантажу (табл. 3.1) враховують швидкість течії, так щоб кут відхилення канату не перевищував 10° . Методика вимірювання глибин за допомогою механічного лота і різного типу гідрометричних лебідок практично однаково в усіх випадках. Для того, щоб спустити лот, необхідно повернути рукоятку лебідки назад, відкинути собачку храпового колеса і травити трос під вагою лота, притримуючи (гальмуючи) оберти барабана ніжним або ручним гальмом. Коли нижня поверхня лоту ляже на поверхню води, барабан гальмується і лічильник лебідки переводиться на нуль. Потім лот спускають до дна, що видно по слабині (провисанню) троса і записують глибину по показам лічильника. Щоб уникнути

можливість розриву сталевих канатів, їх діаметр підбирають в залежності від маси лоту і швидкості течії (табл. 3.2).

При роботі з лебідками варто виконувати наступні правила безпеки:

- уникати різкого гальмування барабана лебідки;
- при підйомі лота собачка повинна бути накиута на храпове колесо, що виключає можливість зворотного руху барабана лебідки;
- варто слідкувати за укладкою або зтравлюванням тросу, не дозволяти його вихід із бороздок і попадання за щоби барабана лебідки;
- при зтравлюванні тросу на барабані завжди повинно лишатися не менше 5-6 витків тросу.

Таблиця 3.1 – Залежність маси вантажу від швидкості течії води

Найбільша швидкість течії, м/с	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Найменша маса вантажу, кг	15	25	50	75	100

Таблиця 3.2 - Діаметр канату залежно від маси лоту і швидкості течії

Швидкість течії, м/с	Маса лоту, кг	Діаметр канату, мм
<1	10-15	<1
1-2	25-50	1,5-1,8
2-3	50-75	2-3
>3	75-100	3-4

Склад і порядок робіт при проведенні промірних робіт можна сформулювати таким чином: потрібно підготувати прилади і обладнання, для кожної промірної точки визначити її планові координати, глибину водойми в даній точці, рівень води під час проміру і характер ґрунту на дні водойми (для оцінки можливих похибок вимірювальних глибин). Вимірювання глибини виконується з допомогою одного із вище розглянутих приладів.

Висоту рівня вода під час промірних робіт фіксують на водомірному посту (постійному або тимчасовому), який знаходиться на даній ділянці річки. Рівень води визначають на початку і в кінці кожного промірного ходу (поперечника, галса), а при значному колюванні рівні вимірюють частіше.

Одночасно з промірами визначають характер ґрунту дна річки за допомогою приладів або візуально.

Положення промірної точки в плані при промірах визначають вимірюванням відстані від постійної точки (репера, базису, магістралі) рулеткою, мірною стрічкою, по тросу, засічкою кутомірним приладом.

Координати вимірювальних точок можна визначити:

- по розміченому тросу або плавучому ланцюгу (на водоймах);
- з допомогою засічок точок з берега кутомірними інструментами;

- засічками секстантом берегових орієнтирів з судна;
- радіогеодезичними методами (GPS).

Вимірювальні ходи можуть розміщуватись:

- по поперечних профілях;
- по косих галсах;
- по повздовжних профілях;
- змішаними засобами.

Вимірювання глибин по поперечних профілях виконуються для визначення площі водного перерізу в складі визначення витрат води. Координування промірних точок і розподіл глибин досить детальні. Недолік способу: трудомісткість, неможливість застосування на великих швидких річках. Для таких промірів вздовж берега річки прокладають і закріплюють реперами магістраль (її намічають паралельно напрямку течії і ближче до урізу води). Перпендикулярно магістралі розбивають поперечники для промірів глибин, їх закріплюють на магістралі та на урізах вода тичками. Відстань між поперечниками беруть залежно від ширини і форми річки (через 1/2 ширини річки при ширині її до 100 м і через 1/3 при ширині річки до 1000 м; якщо дно нерівне і глибина різко змінюються, поперечники розбивають частіше, а при промірах ділянок гідростворів відстань між поперечниками беруть у 2 рази меншу).

Промірні точки (вертикалі) на кожному поперечнику вибирають рівномірно, їх кількість залежить від мети промірних робіт і характеру рельєфу дна річки (на річках шириною до 50 м: 10-20 точок; шириною 100-300 м: 20-30 точок; при ширині 1000 м: 40-50 точок; на гідростворах кількість промірних точок збільшують у 2 рази).

Залежно від місцевих умов (ширина річки, швидкість течії та ін.) проміри по поперечних профілях можна проводити по тросу, з містка, люльки, льоду, за допомогою дистанційних установок ГР-70 та ГР-64, засічками кутомірним приладом з берега або судна.

Проміри з човна по розміченому тросу застосовують на річках шириною до 100-150 м і швидкістю течії не більше 1,5 м/сек. Для цього на поперечнику натягують розмічений через 1 м трос діаметром 3-5 мм. Один кінець троса нульовою поділкою закріплюють на палі в магістралі, а другий - на палі на протилежному березі. Для пересування човна між берегами натягують іздовий трос в 5 м вище від промірного.

Під час промірів човен по іздовому тросу пересувається від одного берега до іншого; проти відповідних міток промірного троса вимірюють глибину річки і фіксують характер дна. Дані промірів записують у журнал і відмічають на водпосту висоту рівня води на початку і в кінці промірів на кожному поперечнику. Після закінчення промірів на одному поперечнику троси (промірний і іздовий) переносять на інший.

На гідростворах і створах водпостів проміри роблять двічі, розходження між обома промірами не повинні перевищувати 2%.

На малих річках шириною до 25 м можна замість троса на промірному поперечнику натягують канат діаметром 8-12 мм, а при промірах вбрід - мірну стрічку або рулетку.

Проміри з гідрометричного містка проводять на малих річках, де створи обладнанні підвісними або балковими містками. Відстань у таких випадках відраховують від постійного початку (репера) по мітках, нанесених на помості містка.

Проміри з льоду дозволяють точно координувати точки, рекомендуються на річках із складним рельєфом дна і значною швидкістю течії. Відстань до промірних точок від магістралі (репера) визначають мірною стрічкою, а глибину в кожній точці на поперечнику вимірюють від рівня води в лунці.

Проміри по поперечниках із засічкою точок кутомірним приладом застосовують на річках шириною 150-250 м, коли користуватись тросом для визначення положення промірних точок неможливо. Для цього використовують мензулу з кіпрегелем чи теодоліт для засічок з берега або секстант для засічок із судна.

Поперечники закріплюють створними знаками (пофарбовані в біле і чорне жердини, стовпи). На річках завширшки до 500 м встановлюють створні знаки на одному березі, а на річках з більшою шириною - по два знаки на кожному березі. Відстань між сусідніми знаками залежить від ширини річки, а саме (табл. 3.3):

Таблиця 3.3 – Відстань поміж створними знаками

Ширина річки, м	до 100	100-200	200-500	500-1000
Відстань між створними знаками, м	5	5-10	10-20	20-50

При промірах із засічками спочатку на одному з берегів розбивають вздовж річки магістраль (базис), потім намічають і закріплюють створними знаками промірні поперечники. Базис і поперечники в масштабі наносять на план ділянки річки. На одному з кінців магістралі вибирають місце для кутомірного інструмента з таким розрахунком, щоб кут між поперечником і променем візування був не менше 30° (рис. 3.3, а). Проміри можна виконувати також за допомогою двох кутомірних приладів, які встановлюють на обох кінцях магістралі (рис 3.3, б).

При промірах глибин із засічками човен (катер) пересувається від одного берега до другого точно по поперечнику по лінії створних знаків. Засічки промірних точок (промірних вертикалей) можна робити або за сигналом з човна, або за сигналом з берега. У першому випадку з мензули стежать через трубу кіпрегеля за човном і в момент проміру за сигналом з човна роблять засічку. Проміри з човна виконують через певні інтервали часу або через певну кількість гребків веслами. За другим способом

положення промірних точок (вертикалей) на планшеті намічають заздалегідь і глибину заміряють за сигналом з берега тоді, коли човен знаходиться в наміченій промірній точці. Цей спосіб дає можливість більш рівномірно розподілити промірні точки на поперечнику.

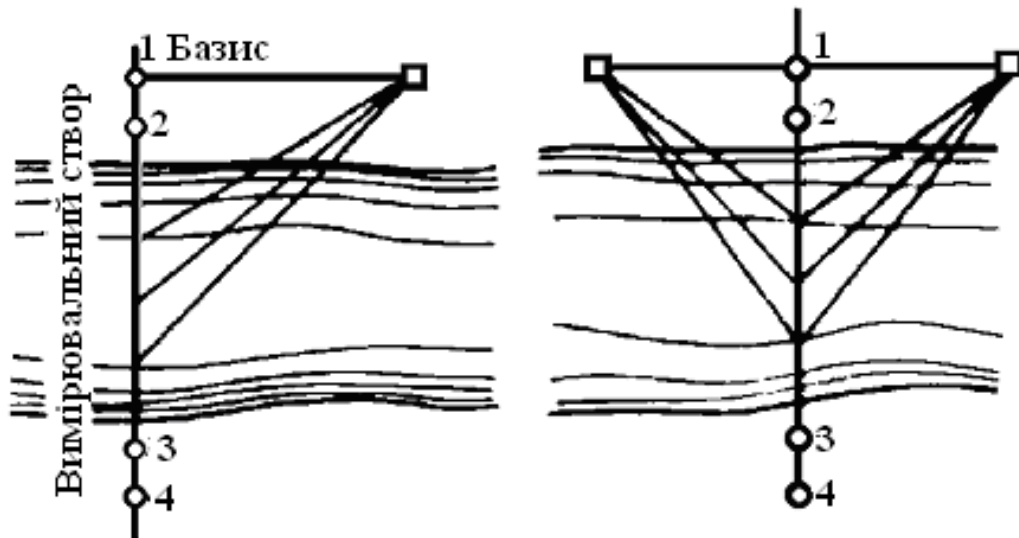


Рис. 3.3 – Схема створних куткових засічок промірних точок з берега: а) одним інструментом; б) - двома інструментами.

На промірах на широкій річці з труднодоступними берегами засічки можна робити за допомогою секстанта з човна (рис 3.4). Човен рухається по створу, спостерігач у точках промірів секстантом визначає кут між лінією створу і променем візування на береговий орієнтир.

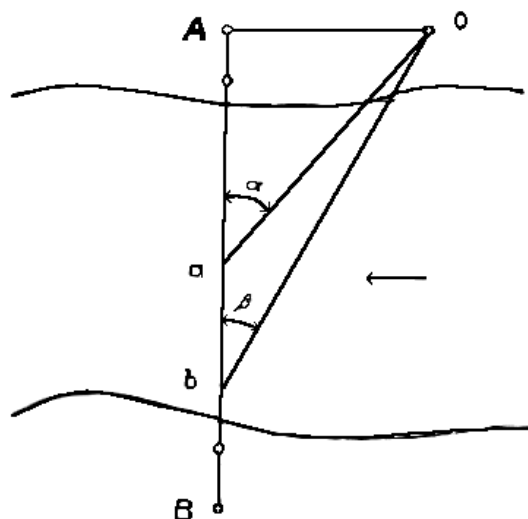


Рис.3.4 – Схема засічок промірних точок секстантом по берегових орієнтирах (А, О).

Проміри глибин по **косих галсах** застосовують при значних швидкостях течії води, що утруднює проведення промірів по поперечних профілях. При промірах по косих галсах човен перетинає річку у вільному напрямку (рис.3.5, а) під кутом не більш як 30° . Галси намічають через $1/4-1/2$ ширини річки. Положення промірних точок на галсах засікають з магістралі за допомогою двох кутомірних приладів. При значній ширині і великій швидкості течії рекомендується система перехресних галсів.

Проміри глибин по **поздовжніх профілях** організують тоді, коли потрібно обстежити значну ділянку річки з меншою точністю, іноді з одночасним вимірюванням напрямку і швидкості течії. Поздовжні профілі намічають рівномірно по ширині річки, приблизно через $1/10 - 1/25$ її ширини із збільшенням їх біля берегів. Човен під час цих промірів вільно спускається вниз за течією. Положення промірних точок профілях фіксують засічками по двом кутомірним приладам з берега (рис. 3.5, б).

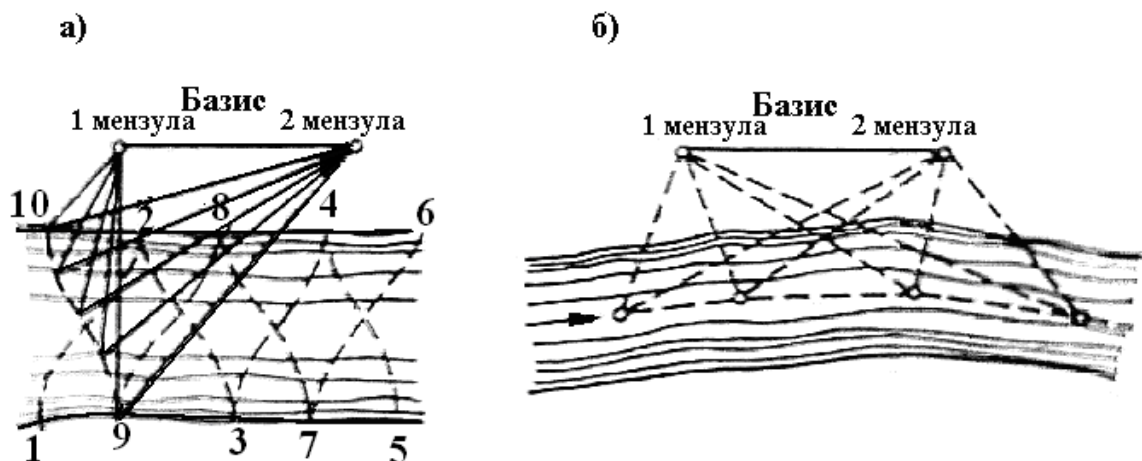


Рис. 3.5 – Схема промірів: а) по косих галсах; б) по поздовжниках

Найбільш повне висвітлення рельєфу дна при складній будові русла досягається **змішаним способом**, який об'єднує вимірювання глибин по косих галсах та по поздовжниках.

В зимових умовах при стійкому льодоставі вимірювання глибин характеризується високою точністю. Головним недоліком зимових промірів є їх велика трудоміскість. Зимові проміри на річках звичайно виконують по поперечних профілях, а на озерах – також і по засобу квадратів.

3.3 Метод безперервної зйомки глибин

Даний метод передбачає застосування ехолотів, які працюють на основі акустичного способу визначення глибин. Ці прилади забезпечують автоматизоване виконання промірів з високою точністю, швидкістю,

достатньо прості у використанні. Запис рельєфу дна ведеться на паперову стрічку або у пам'ять. Визначення глибини ехолотом засновано на зв'язку часу проходження ультразвукових імпульсів від вібратора-випромінювача через водне середовище до дна та назад до вібратора-приймача. На рис. 3.6 показана схема вимірювання глибин акустичним методом, з якої по геометричних співвідношеннях отримана формула для визначення глибини:

$$h = \sqrt{\left(\frac{CAt}{2}\right)^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2} + d, \quad (3.1)$$

де C – швидкість розповсюдження звуку в воді, м/с; t – час проходження імпульсу від вібратора випромінювача до дна та назад до вібратора-приймача; l – відстань між вібраторами, м; d – глибина занурення вібраторів, м.

Залежність глибини від часу реалізується з допомогою механічних або електричних розворотних пристроїв. Швидкість розповсюдження ультразвуку у воді залежить від її температури, солоності і змінюється в межах 1420-1500 м/с (за температури + 14°C у прісній воді швидкість ультразвуку 1462 м/с). Тому для забезпечення необхідної точності вимірювання глибин перед початком промірів виконують градуювання ехолота по з температурі і солоністі води в місці виконання робіт.

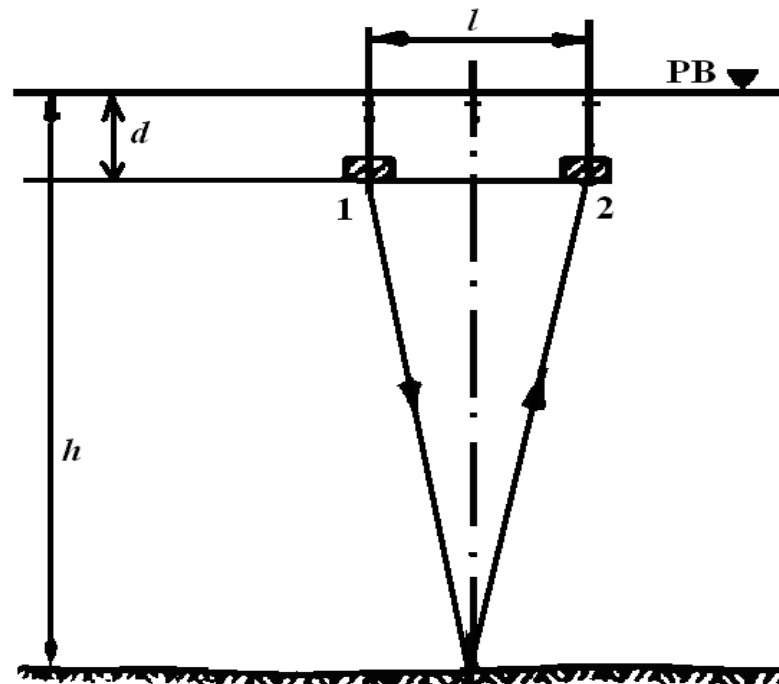


Рис. 3.6 – Схема промірів глибин акустичним методом: 1) вібратор випромінювач; 2) вібратор-приймач.

Для малих річок широке застосування знайшли малогабаритні ехолоти, які складаються з компактних центрального і забортного пристрою (рис. 3.7). В ехолоті **ТОР-5** для вимірювання глибин застосовується імпульсний метод. Імпульси, спрямовані у воду, відбиваються від дна, на шкалі фіксується глибина в метрах. При дотриманні вимог інструкції ехолот вимірює глибину в межах 0,2-5 м з точністю до 0,1 м. Точність вимірювання - близько 2%, швидкість промірів - до 15-17 км/год. Недоліки цього приладу: несталість горизонтального масштабу запису профілю, недостатня надійність вимірювання глибин при значній мутності і наявності водяної рослинності.

Для промірних робіт на середніх і великих річках зручний ехолот ЕПО-10м, на великих річках, озерах та водосховищах з глибинами до 20 м – ІРЕЛ, ЕІР, “Кубань”, а при більших глибинах – ПЕЛ-3, “Язь”. Основні характеристики ехолотів, які застосовують для гідрометричних робіт, приведені в табл. 3.4.

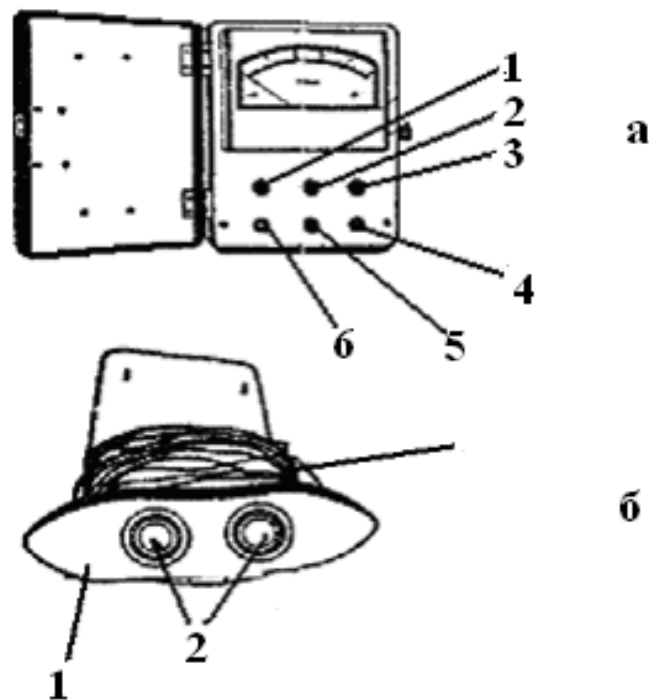


Рис. 3.7 – Малогабаритний ехолот: а) центральний прилад (1 – ручка «встановлення нуля»; 2 – кнопка «калібровка»; 3 – ручка «встановлення глибини»; 4 – кабельний роз'єм «приймач»; 5 – кабельний роз'єм «живлення»; 6 – кабельний роз'єм «передавач»); б) забортний пристрій (1 - обтічник; 2 - випромінювач; 3 – кабель з'єднання).

Основні частини ехолотів: центральний прилад, блок живлення, вібратор, допоміжні пристрої. Центральний прилад автоматично записує

глибини і керує ультразвуковими імпульсами. Запис профілю дна самописами здійснюється на паперовий стрічці методом пропалювання чи на електронне табло і в пам'ять приладу. Також можуть використовуватись стрілочні показники глибин.

Таблиця 3.4 – Основні характеристики ехолотів

Тип ехолота	Індикатор глибин	Діапазон вимірюваних глибин, м	Маса комплекту кг	Живляча напруга В	Спож. потужн. Вт
ПЕЛ-3	Самопис	0,4-200	90	24	80
ІРЕЛ	Самопис	0,2-20	34	12	80
ЕІР	Самопис	0,5-20	55	27	120
ЕПО-10м	Вказівник	0,3-10	8,8	12	3
Кубань	Самопис	0,2-20	63,8	24	75
НЕЛ-4м	Самопис	0,2-36	110	127/220	110
Язь	Самопис	0,2-160	4,7	12	5
Fishfinder	Електронний	0,1-360	5	12	12

Ручний ехолот ІРЕЛ-1М застосовують для вимірювання глибин від 0,2 до 20 м з точністю до 5-10 см, запис профілю дна йде на папері ЕТП-2 електротермічним методом у масштабі 1:100. Похибка вимірювань складає 2 %, живлення від акумулятора.

Ехолот ЕПО-10 є малогабаритним, вимірює глибини до 10 м, має вагу 15 кг, живлення 12 В. Застосовується на суднах або човнах, похибка вимірювань складає 1 %, робоча температура від – 10 до + 40 °С.

Промірний ехолот ПЕЛ-3 - це переносний ехолот, який застосовують для промірів у водосховищах глибиною до 40 м. Профіль дна фікується на термопапері електротермічним методом. Живлення мережеве або від акумулятора напругою 24 В, 2 масштаби - 1:200, 1:1000, похибка вимірювання $\pm 0,25$ м (для умов буревію, діапазону глибин 10-40 м).

Підготовчі роботи при використанні ехолотів включають: встановлення в робоче положення центрального приладу і вібраторів, підготовка та підключення живлення, перевірка самописа, польова градуїровка. Всі операції виконують згідно інструкцій до ехолоту. В процесі промірних робіт ехолот обслуговує один оператор, який вмикає прилад, робить оперативні помітки на ехограмі при виконанні засічок та вимикає прилад при закінченні галса. Робочий рівень води фіксується на ехограмі.

Координування ехолотних вимірювань, в залежності від умов роботи, може виконуватись геодезичними і радіогеодезичними методами.

На нешироких річках і озерах проміри ведуть вздовж розміченого тросу, при проходженні судна по тросу оператор наносить оперативні

позначки на ехограму в моменти суміщення вібратора з мітками на тросі. При цьому неохопленими залишаються прибережні мілини (неможливо підійти з приладом), ширину таких мілистих зон визначають рулеткою і фіксують на ехограмі. На більш широких річках і озерах проміри координують засічками 1,2,3-ма теодолітами з берега або ж засічками секстантом берегових орієнтирів з промірного судна. Момент засічки позначається на ехограмі оперативною відміткою. Також для координування використовують технологію GPS.

Радіогеодезичні методи застосовують на великих водних об'єктах, ці методи забезпечують координування промірів при відсутності прямої видимості берегів. Радіогеодезична апаратура може застосовуватись в двох варіантах: радіолаг та фазовий зонд. В першому варіанті реєструється приріст відстаней від берегових радіостанцій до вимірного судна, а в другому – приріст рівней і вказаних відстаней.

За допомогою ехолотів можна досліджувати ґрунти дна користуючись тим, що різні за механічним складом ґрунти неоднаково пропускають ультразвук.

Розшифрова ехограми промірів розглянута в практичній роботі №2.

3.4 Руслова зйомка

Руслові зйомки виконують для одержання плану ділянки річки або для визначення витрат води весняних та дощових паводків в тимчасових водотоках. Необхідність даного виду робіт визначається дослідженнями руслових процесів, проектуванням інженерних споруд в руслових та прибережних зонах, потребами річкового судноплавства і т.ін.

Руслові зйомки є комплексом геодезичних і промірних робіт.

Геодезичні роботи включають розбивку планової та висотної основи та топографічну зйомку ділянки. Планова основа звичайно складається на одному або обох берегах річки в залежності від розмірів річки і розміщується в місці, де нема затоплення. Для зручності виконання робіт напрям магістралі задають паралельним напрямку річки. Перпендикулярно магістралі на рівних відстанях призначають поперечники. Відстань між ними в залежності від ширини річки регламентується „Настановами гідрометстанціям і постаам”. Планова основа виконується теодолитом або мензулою із додержанням прийнятих в геодезії вимог. Пункти висотного обґрунтування поєднують з плановою основою і закріплюють реперами згідно з вимог діючої інструкції. Висотне і планове обґрунтування прив'язують до Державної геодезичної сітки. Поперечники нівелюють 4-м класом в два ходи від урізу води в річці до відміток вищих рівнів високих вод на 0,5-1,0 м.

Промірні роботи на річках звичайно виконують по поперечниках, косих галсах та повздожніх профілях. Ці засоби описані раніше.

3.5 Обробка матеріалів промірних робіт

При виконанні польових промірних робіт дані вимірювань записують до промірної книжки КГ-2. Для кожного поперечного профілю, галсу, поздовжнього профілю, в журналі відводять окрему сторінку, на початку якої записують такі відомості:

- розташування профілю відносно магістралі;
- спосіб визначення координат промірних точок;
- прилад, яким вимірювалися глибини;
- час початку і кінця проміру;
- висота рівня води на водпосту і на профілі до і після промірів;
- стан погоди і річки під час проміру.

Матеріали вимірів звичайно використовують для побудови:

- поперечних профілів русла;
- плану водного об'єкта в горизонталях або ізобатах;
- поздовжнього профілю ділянки річки.
- розрахунку комплексу морфометричних характеристик.

Методика побудови **профілю поперечного перерізу і розрахунку морфометричних показників** докладно розглядається на практичній роботі №2. Приклад побудови профілю приведено на рис. 3.8.

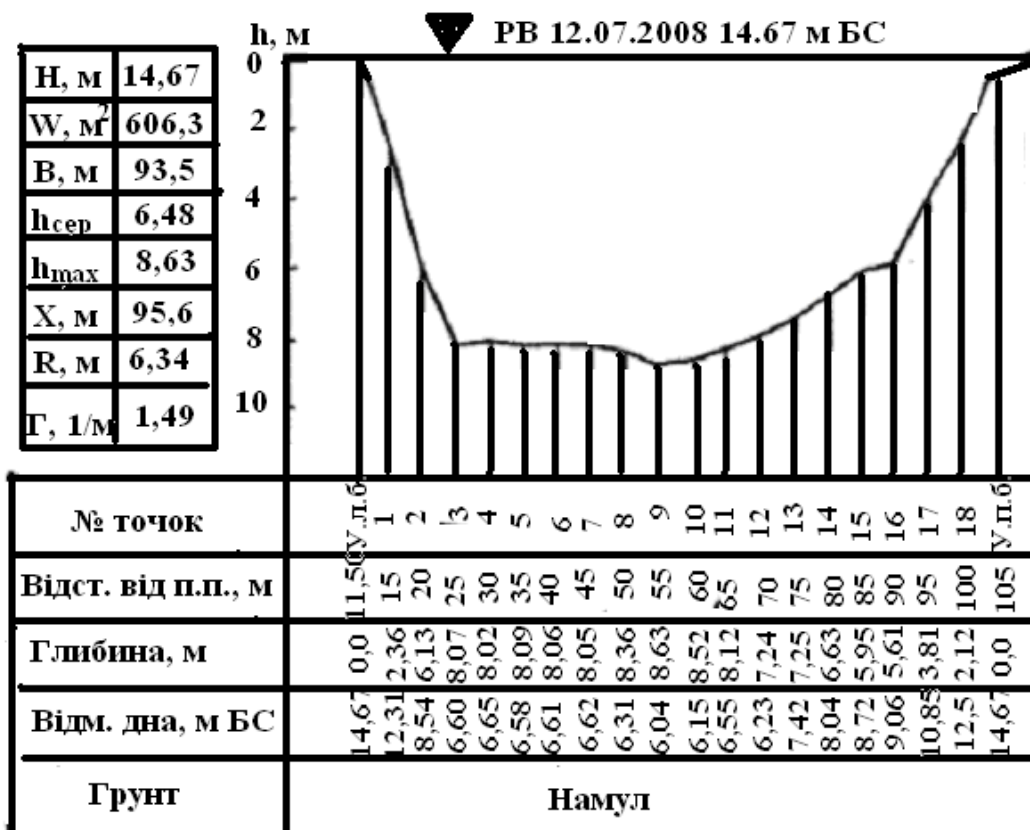


Рис. 3.8 – Профіль поперечного перерізу річки

Побудова плану річки в горизонталях (ізобатах) розглянута в практичній роботі №2. Приклад такого плану наведений на рис. 3.9).

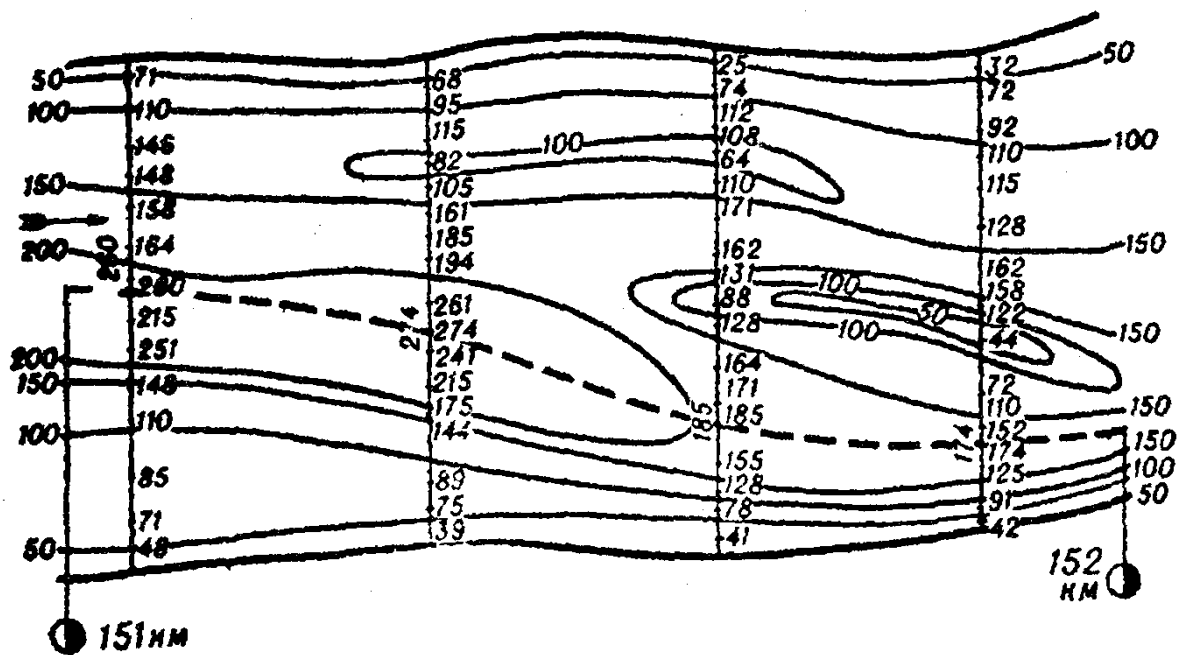


Рис. 3.9 – План ділянки русла в ізобатах

Повздовжній профіль будується по даних вимірів глибин, приведених до умовного рівня, і нівелювання. На профілі показують відмітки дна річки, умовний рівень та рівень високих вод, а також відмітки бровок правого і лівого берегів річки відповідно місця розміщення поперечників. Під профілем розміщують таблицю, яку називають сіткою профілю, в якій приводять числові значення характеристик – основи побудови профілю. Масштаби (вертикальний, горизонтальний) для профілю вибирають із розрахунку наглядності та інформативності.

Обробка результатів промірів водойм полягає в аналізі даних, побудови плану в горизонталях (ізобатах), розрахунків морфометричних характеристик. Спочатку приводять глибини до умовного рівня, розраховують відмітки дна у промірних точках та наносять їх на план. Промірні точки, визначені секстантом, наносять на план протрактором – інструментом, який складається із кола з лімбом, однієї нерухомої та двох рухомих лінійок, забезпечених мікрометричними гвинтами та ноніусом для відліку кутів з похибкою до 1'.

Промірні точки, які фіксують з берега теодолітом, знаходять шляхом вирішення трикутників, а точки, які засікались кіпрегелем, переносять з робочих планшетів на контурний план водойми. Перетин горизонталей чи ізобат підбирають так, щоб при побудові плану були відображені основні особливості рельєфу дна.

Схема розміщення промірних створів та план водойми в ізобатах приведені на рис. 3.10.

Основні морфометричні характеристики водойми: довжина, середня ширина, порізаність берегової лінії, площа водного дзеркала, об'єм води.

Довжина водойми – найкоротша відстань між двома віддаленими точками берегової лінії.

Середня ширина водойми $V_{сер}$ – відношення площі до довжини:

$$V_{сер} = \frac{F}{L}, \quad (3.2)$$

де F – площа, км²; L – довжина, км.

Порізаність берегової лінії k – відношення довжини берегової лінії S до довжини кола, яке має площу рівновелику площі водойми:

$$k = \frac{S}{2\pi\sqrt{\frac{F}{\pi}}}. \quad (3.3)$$

Площа водного дзеркала водойми F – визначається планиметром або палеткою (площа островів в площу водного дзеркала не включається).

Об'єм води в водоймі V – розраховують складанням часткових об'ємів між ізобатами (горизонталями), рівних v_1, v_2, \dots, v_n .

Часткові об'єми знаходять по формулі:

$$V_i = \frac{F_1 + F_2}{2} h_{пер}, \quad (3.4)$$

де F_i – площа, обмежена i -ю ізобатою; $h_{пер}$ – відстань між ізобатами по висоті.

Середня глибина водойми $h_{сер}$ визначається як частка від ділення об'єму води на площу його дзеркала

$$h_{сер} = \frac{V}{F}. \quad (3.5)$$

Для вирішення гідрологічних та водогосподарських задач зручно мати криві залежностей між рівнем води в водоймі та його площами і об'ємами (рис. 3.13), тобто $F=f(H)$ та $V=f(H)$. Вони будуються по площах та об'ємах при різних відмітках рівня.

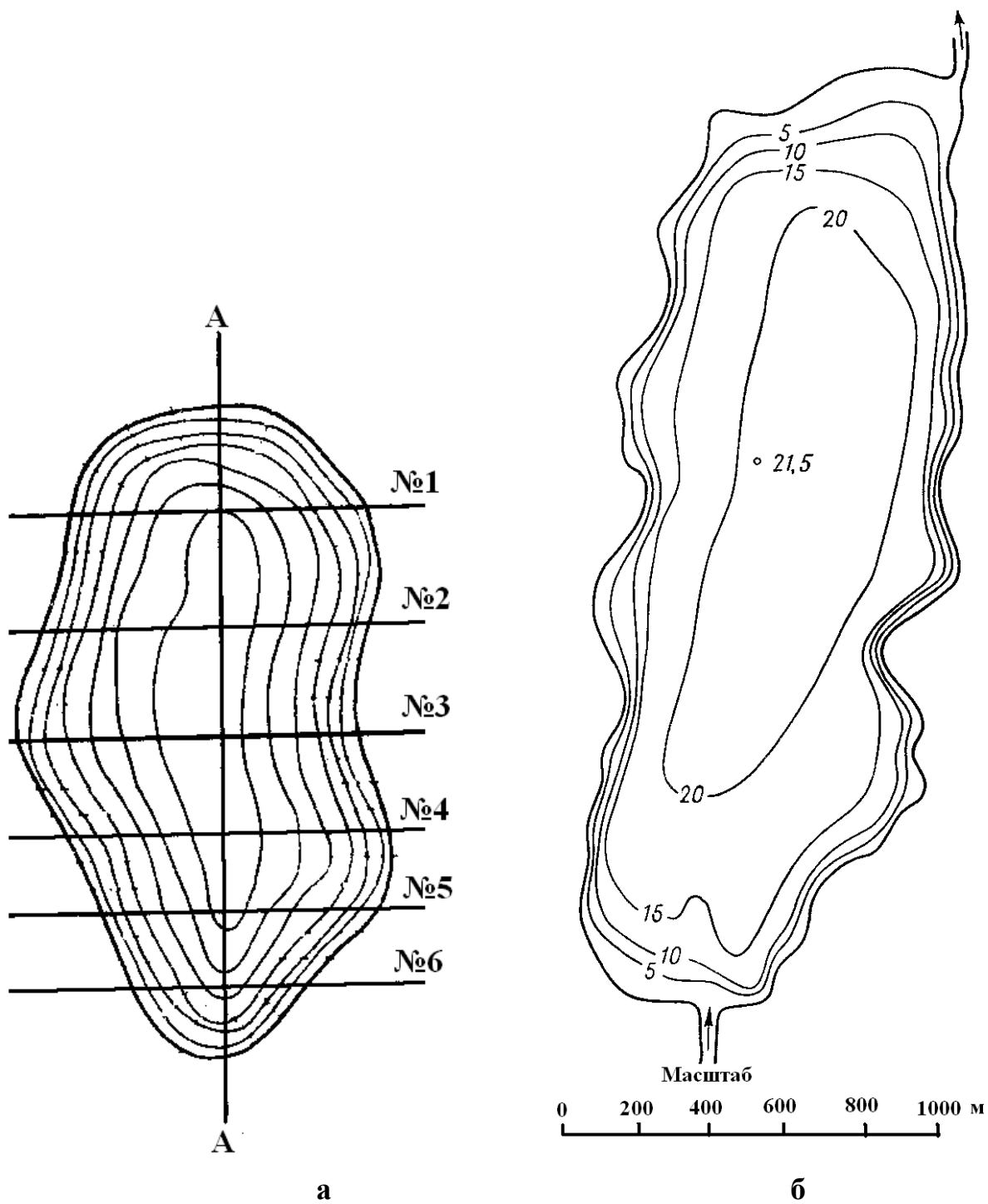


Рис. 3.12 – Обробка промірів водойми: а) схема розміщення промірних створів по акваторії; б) план водойми в ізобатах.

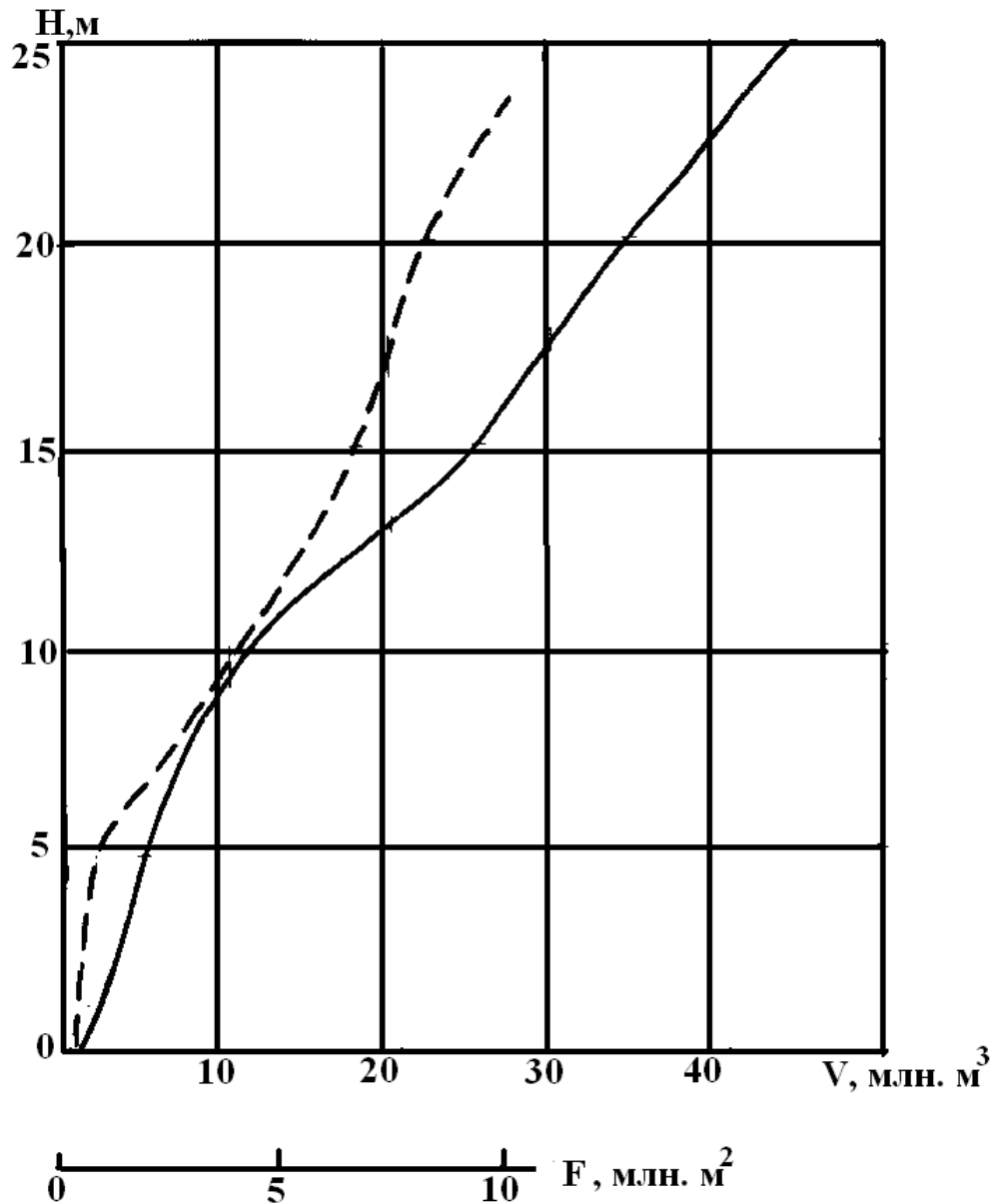


Рис. 3.13 – Залежності: 1) $F=f(H)$, 2) $V=f(H)$.

Питання для самоперевірки

1. Що в себе включає комплекс промірних робіт?
2. Основні способи та прилади для промірювання глибин.
3. Основні типи ехолотів для промірювання глибин.
4. Способи закріплення промірних вертикалей на створах.
5. Проведення та обробка результатів руслових зйомок.
6. Основні морфометричні характеристики поперечного перерізу.

4 ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТЕЙ ТЕЧІЇ ВОДИ

4.1 Особливості поля швидкостей течії води у русловому потоці

Виміри швидкостей течії води виконуються для визначення витрат води, при будівництві гідротехнічних споруд, мостів, при використанні водотоків для судноплавства, лісосплаву, коли проводяться дослідження швидкісного поля потоку, руслових деформацій та ін.

Методичні питання цього виду вимірювань пов'язані з особливістю водного потоку, яка визначається його кінематичною структурою.

В річках спостерігається нерівномірний рух води. Залежно від обрисів русла, глибин, характеру берегів, наявності водної рослинності і льоду розподіл швидкостей в річці може бути дуже різноманітним. Якщо є виступи в руслі річки або значні розширення ширини русла, можуть виникнути деформації або навіть зворотні течії. Складність характеру руху води в річках полягає ще й у тому, що в кожній точці швидкість весь час змінюється за величиною і напрямом. Це явище називається **пульсацією** швидкості, воно властиве водотокам з турбулентним режимом течії. Якщо спостерігати швидкість на вертикалі, то можна встановити, що пульсація швидкості збільшується від поверхні до дна. По ширині річки пульсація швидкості зростає від її середини до берегів. У кожній точці потоку через пульсації має місце миттєва швидкість і місцева швидкість.

Миттєва швидкість - це швидкість у даній точці потоку в даний момент часу.

Якщо взяти миттєві швидкості за певний період часу і обчислити з них середню, то дістанемо **місцеву швидкість** потоку в даній точці.

Відповідний цій умові період часу називають **періодом визначення середньої місцевої швидкості**. З позицій точності тривалість виміру швидкості в окремій точці повинна бути не менше періоду визначення середньої величини швидкості (100 секунд). При великій турбулентності тривалість виміру в 100 секунд може бути недостатньою, в такому разі її збільшують, це враховують при використанні гідрометричних млиноків.

Надалі будемо розглядати місцеві швидкості і їх розподіл у потоці.

Річки різних типів та канали мають свої морфологічні та гідравлічні особливості, які визначають різноманітність характеру швидкості течії в руслових потоках. Але при цьому мають місце і деякі закономірності щодо розподілу швидкості по глибині та ширині потоку.

Якщо взяти будь-яку вертикаль у річці і по глибині від поверхні до дна відкласти значення виміряних у різних точках швидкостей, а потім з'єднати кінці векторів швидкостей, то отримаємо графік (профіль) розподілу швидкостей по глибині, який називається **епюрою швидкостей**. Епюри можна будувати для будь-яких векторів швидкості течії - поверхневих, на певних глибинах (рис. 4.1).

Як свідчить малюнок, у відкритому потоці при рівномірному русі найбільша швидкість звичайно спостерігається на поверхні або трохи нижче. Швидкість біля дна (донна) є найменшою, вона характеризує швидкість течії на невеликій відстані від дна. При наявності нерівностей, перед перешкодами швидкість біля дна різко зменшується (рис. 4.2), подекуди приймає зворотній напрям.

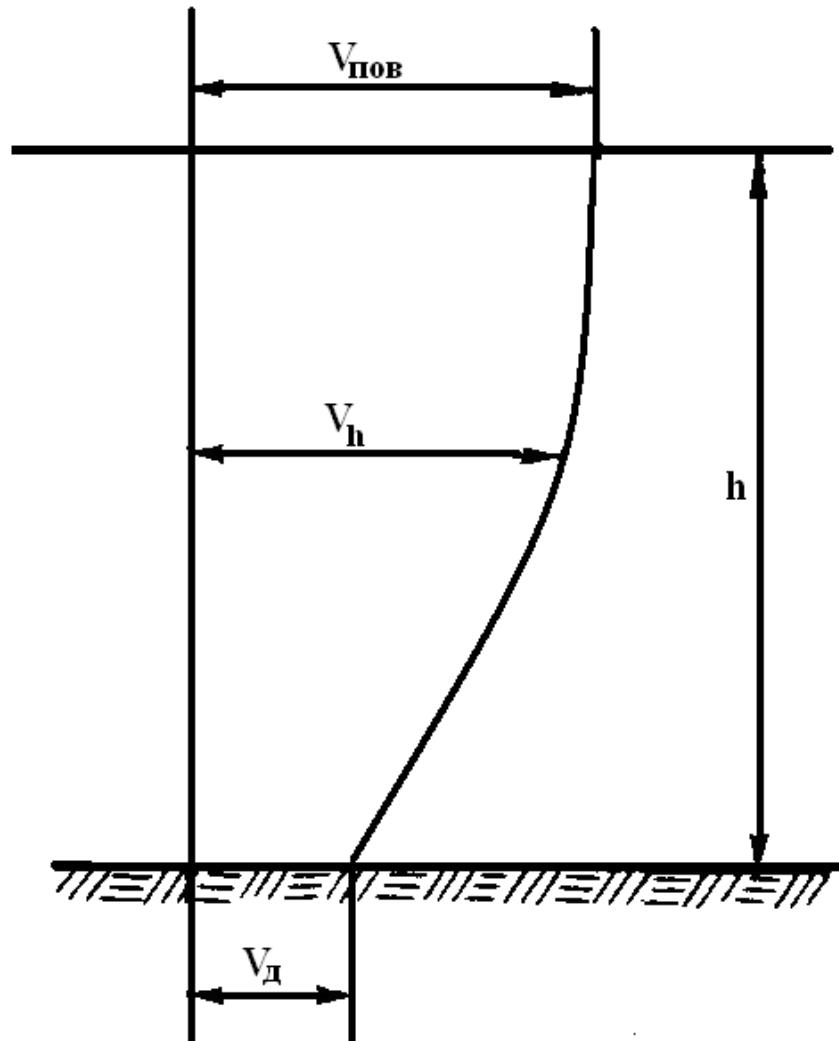


Рис. 4.1 – Епюра швидкостей течії на вертикалі.

Шорсткість дна визначає у природній області формування складної кінематичної і турбулентної структури потоку – так званого придонного шару. Його товщина пов'язана з висотою виступів та нерівностей дна. При гідрометричних вимірах швидкість визначають трохи вище придонного шару і графічно екстраполюють лінію профілю швидкостей до дна.

У гідрометричній практиці важливою характеристикою є середня швидкість на вертикалі V_B , яка може бути визначена діленням площі епюри ω_B на глибину h_B , а також за допомогою формул. Крім того, в багатьох випадках потрібно знати і розподіл середніх місцевих швидкостей

на вертикалі. На розподіл середніх місцевих швидкостей в потоці впливає багато факторів, що перешкоджає строгому його опису. Для математичного відображення профілю швидкості запропоновані рівняння параболи, еліпса, логарифмічна крива та інші, але теоретично найбільш обґрунтованою вважається формула, заснована на гіпотезі переносу кількості руху та теорії переносу вихорів. Практичні завдання розв'язують з допомогою більш простих емпіричних формул, які достатньо повно описують розподіл поздовжніх швидкостей на вертикалі відкритого потоку.

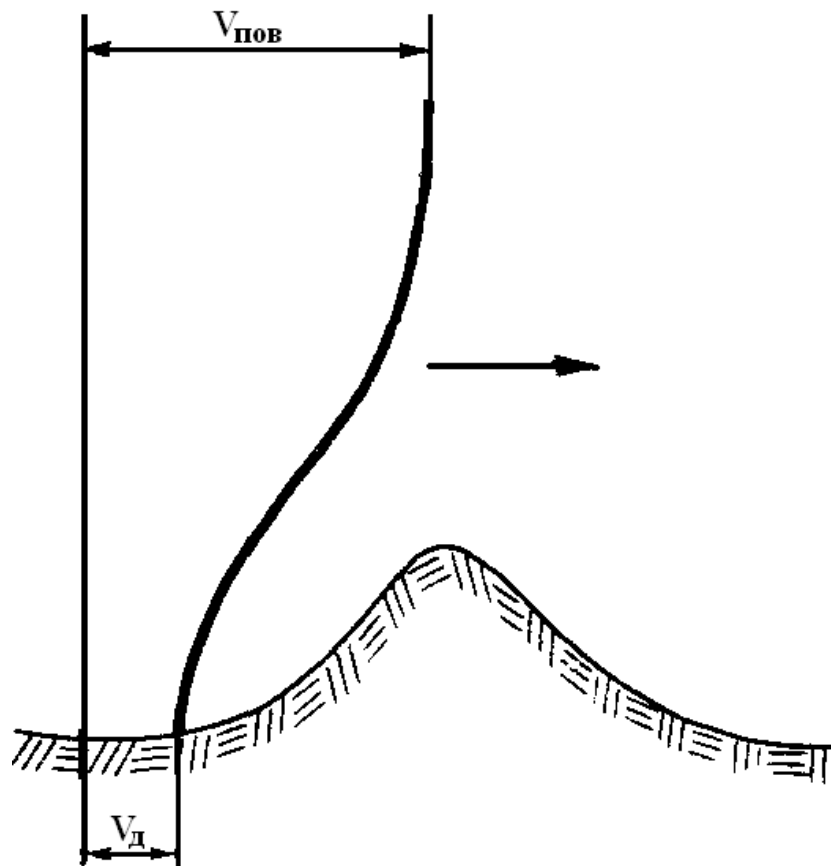


Рис.4.2 – Епюра швидкостей течії на вертикалі біля перепони

Вітровий режим теж впливає на зміну швидкості на вертикалі, тільки вже у верхньому шарі води. Залежно від сили і напрямку вітер може збільшувати або знижувати поверхневу швидкість. При цьому значення рівня води буде змінюватись, але в протилежному відношенні.

На гирлових ділянках річок в зоні приморських рівнин під дією приливно-відливних явищ клин морської води в природному шарі може переміщуватись вгору по річці, що приводе до складної конфігурації епюри швидкостей на вертикалі.

При наявності крижаного покриву вплив шорсткості нижньої поверхні криги викликає зміщення найбільшої швидкості на деяку глибину від поверхні, звичайно на 0,3 – 0,4 глибини на вертикалі. А якщо під кригою є шуга, то таке зміщення може досягати 0,6 – 0,7 глибини від поверхні (рис. 4.3 а,б). Розподіл швидкостей змінюється по вертикалях і по довжині річки. Так, на плесі, де глибини найбільші, швидкість значно нижче, ніж на перекаті з мінімальними глибинами.

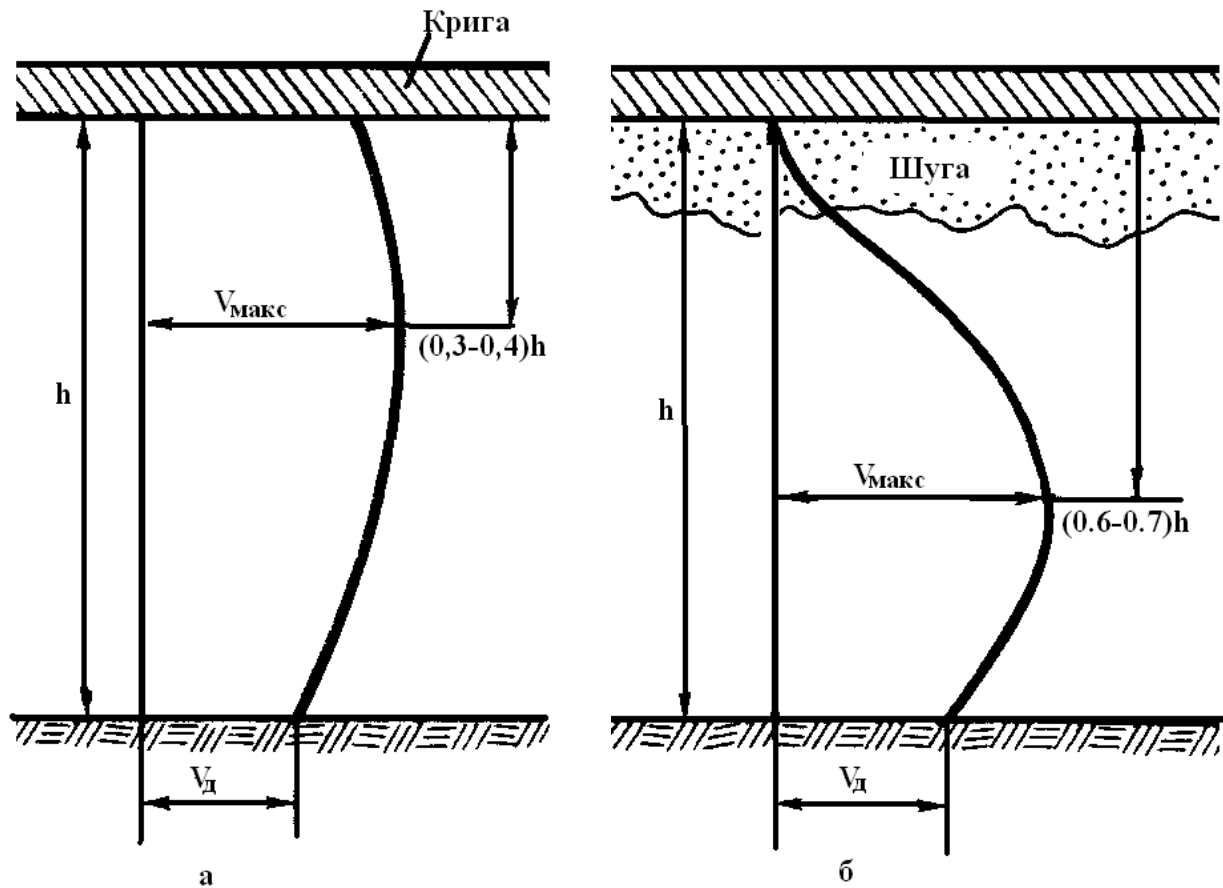


Рис.4.3 – Епюра швидкостей течії на вертикалі:
а) при крижаному покриві; б) при наявності шуги.

Розподіл швидкостей по живому перерізу потоку описують **ізотахи** (лінії однакових швидкостей, нанесені на профіль живого перерізу). Ізотахи будують по даним вимірів швидкості в окремих точках на швидкісних вертикалях в створі. Для відкритих потоків при рівномірному русі, ізотахи мають плавний вигляд і не замикаються в межах живого перерізу (рис. 4.4, а). При крижаному покриві деяка частина ізотак утворює замкнені криві (рис. 4.4, б). Вплив шорсткості дна, берегів та криги (шуги) на розподіл ізотак, відзначається їх згущенням.

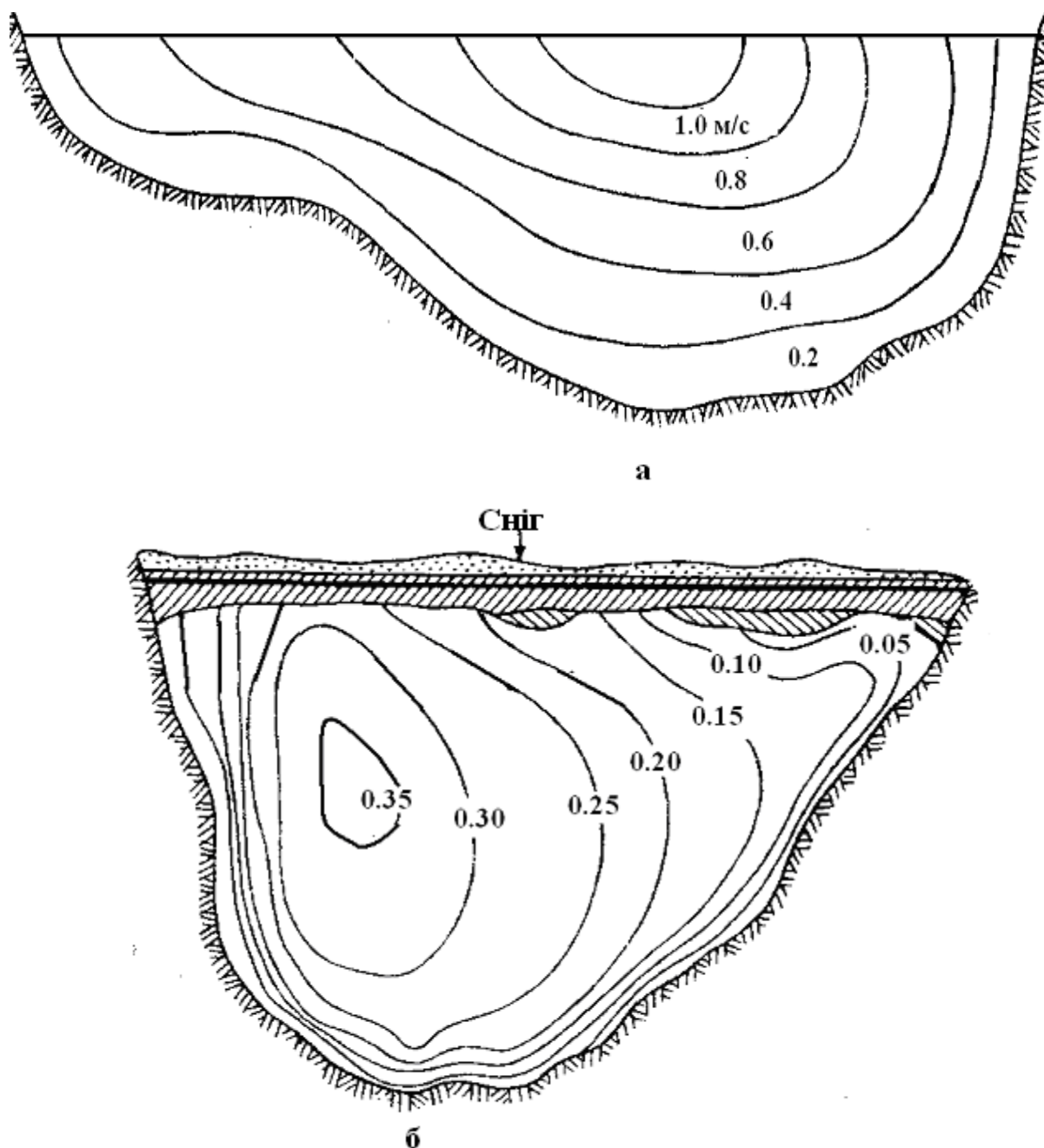


Рис.4.4 – Ізотахи: а) у відкритому руслі; б) при крижаному покриві.

4.2 Методи вимірювань швидкості течії води

Швидкість течії вимірюють різними методами.

1) Метод реєстрації числа обертів лопатевого гвинта (ротора).

На цьому методі ґрунтується принцип дії гідрометричних млинків, які мають лопатевий гвинт (ротор), під час вимірювань реєструють кількість обертів лопатевого гвинта та відповідну тривалість виміру. Кількість обертів фіксує перетворювач, що перетворює обертальний рух в

електричні сигнали, які надходять до реєстраційного пристрою. Значення швидкості визначають по градувальному графіку або таблиці. Швидкість вимірюється в окремих точках чи інтеграційно на вертикалях.

2) Метод реєстрації плавучого тіла.

Швидкість вимірюється поверхневими чи глибинними поплавцями, приймається рівною швидкості поплавця. Отримана швидкість є середньою по траєкторії руху поплавця.

3) Метод реєстрації швидкісного натиску.

Швидкість вимірюється гідрометричними трубками (наприклад, трубка Піто) в залежності від швидкісного натиску. Для цього трубка заводиться у потік отвором назустріч течії і натиск вимірюється безпосередньо по висоті підйому рівня у трубці. Гідрометричні трубки дають значення місцевої швидкості в окремих точках потоку.

4) Метод ультразвуку.

Швидкість течії визначається по різниці часу розповсюдження ультразвукової хвилі за течією та проти неї, застосовується для гідравлічних визначень трубопроводів, витрат води на ГЕС.

5) Метод реєстрації силової дії потоку.

Для вимірів швидкості використовують прилади, які мають чутливий елемент, що сприймає силову дію потоку. Такі прилади застосовують для науково-дослідних робіт з метою виміру та безперервної реєстрації значень швидкості в окремих точках потоку, наприклад, для вивчення пульсацій швидкості.

6) Метод теплового обміну.

Для вимірів швидкості використовують прилади, які використовують як робочий орган нагрітий елемент, який вводиться у потік. Швидкість течії визначається в залежності від охолодження чутливого елемента: чим більша швидкість, тим вище темп охолодження. Такі прилади застосовуються, як правило, в лабораторних умовах.

7) Безконтактні методи.

Особливістю та перевагою цих методів є можливість вимірів без введення в потік вимірювальних приладів, які порушують швидкісне поле. До таких методів можна віднести: вимірювання швидкості води з допомогою індукційного витратоміру, з допомогою лазера та ін.

Також використовують метод індикаторних міток в потоці.

4.3 Гідрометричні млиники: типи, конструкція, властивості

Гідрометричні млиники - найкращі вимірювальні прилади для визначення швидкості течії у відкритих потоках, принцип їх дії засновано на вимірюванні швидкості в залежності від числа обертів ротору. Всього існує близько 200 моделей млиників.

Гідрометричні млинки класифікують: по напрямку осі обертання ротора (горизонтальний, вертикальний); по будові лопатевого гвинта або ротора; по будові контактної та рахункової механізми; засобами опускання у воду та ін.

В більшості країн світу використовують млинки з горизонтальною віссю обертів ротору, бо вони дозволяють напрямку визначити повздовжню складову швидкості течії. До другого типу (з вертикальною віссю) відносять млинки типу Прайса (США).

По конструкції ротора млинки поділяються на дві основні групи:

- з лопатевим гвинтом, утвореним гвинтовою поверхнею;
- з ротором у виді конусоподібних чашок.

Деякі типи морських млинок мають ротор у вигляді крильчаток. Більшість сучасних млинок мають лопатеві гвинти, утворені гвинтовою поверхнею параболічного типу. Лише у млинок Прайса ротор чашковий.

По будові рахунково – контактної механізми розрізняють млинки з механічним (ГР-21), електричним (ИСТ), самописним (БПВ-2р) способом реєстрації обертів.

По засобам опускання в воду млинки бувають штангові і тросові, але більшість є універсальними.

Основними частинами млинок є:

- ходова частина з ротором і лічильно-контактним механізмом;
- корпус;
- стабілізатор напрямку;
- сигнальний пристрій;
- допоміжні пристрої і запасні частини

Ходова частина млинка представлена лопатевим гвинтом (ротором). Лопаті бувають різними за розмірами (діаметр від 4 до 20 см), забезпечують вимірювання швидкості. Замикання контактів відбувається через певну кількість обертів, що позначається світловим чи звуковим сигналом або імпульсом, який фіксується у лічильно-імпульсному механізмі. У більшості гідрометричних млинок лопаті надіто на вісь, на якій або з якою разом і обертаються. Для зменшення тертя вісь спирається на шарики підшипники і підп'ятники з агату тощо.

Лічильно-контактний механізм призначений для підрахунку кількості обертів лопатей млинка. У деяких млинок кількість обертів лопатей фіксується механічним лічильником безпосередньо на шкалах зубчастих коліщаток. Більшість млинок обладнано електричним лічильним пристроєм і кількість обертів лопатей фіксується замиканням електричного ланцюга на дзвінок, лампочку або зумер. У млинок з механічними лічильниками (морський млинок ВМ-М) кількість обертів визначається по відліку на шкалі лічильника. Покази млинок з електричною сигналізацією можна записати на паперовий стрічку з допомогою хронографа, або на стрічку осцилографа.

Корпус млинка має обтічну форму і об'єднує окремі його частини, забезпечує кріплення млинка до штанги чи тросу. В корпусі міститься вісь млинка і лічильно-контактний механізм. Для утримання млинка в напрямку течії використовують стабілізатор напрямку, який закріплюється в задній частині корпусу. Сигнальний пристрій слугує для передачі сигналів при замиканні контактів млинка. Застосовується звукова сигналізація через дзвінок, до якого підведені проводи від клем на корпусі млинка. Стабілізатор (хвіст, руль) потрібний для встановлення гідрометричного млинка проти течії. Для роботи з гідрометричним млинком потрібно мати: штангу, покажчик напрямку течії, трос, вертлюг, карабіни, вагу, кабель, електричний дзвінок (зумер, лампочка), батареї, секундомір (хронограф).

Гідрометрична штанга призначена для встановлення гідрометричного млинка на потрібну глибину на вертикалі. Роботу млинка зі штанги проводять при глибині річки до 3 м і швидкості течії до 1,5 м/с. Штанги виготовляють із сталевих труб діаметром 2-3 см, завдовжки 3-4 м (дві частини по 1,5-2 м). На штангах через 5-10 м нанесено поділки і через 10 см цифри. Під час роботи штанга може стояти на дні річки (упорна) або знаходитися у підвішеному стані (підвісна). Підвісну штангу разом з млинком закріплюють на човні за допомогою штанготримача у підвішеному стані. Щоб встановити млинок на потрібну глибину, штангу разом з ним пересувають вниз або вверх.

При глибинах більше 3 м, а також під час роботи з мостів і люльок млинка опускають у воду на тросі вручну або з допомогою лебідок. Застосовують сталеві троси діаметром 1-4 мм або спеціальні троси з вплетеними в них струмопровідними дротами. В такому випадку трос одночасно виконує функцію кабеля для передачі сигналів з ходової частини до сигнального пристрою.

Покажчик напрямку течії (візир) - застосовують для встановлення млинка паралельно течії, це металева планка із загостреним кінцем і круглим отвором для продівання через верхній кінець штанги.

Вертлюг застосовують для кріплення до млинка троса і ваги. Складається вертлюг з вертикального стрижня з круглими отворами на кінцях і втулки, яка вільно обертається навколо стрижня. До втулки прикріплюють гідрометричний млинок, а до стрижня за допомогою карабінів - трос і вагу. Діаметр троса і вагу підбирають залежно від швидкості течії (табл. 4.1).

Вага зменшує відхилення від вертикалі троса, на якому опускають млинок. Вага буває різної форми (частіше рибоподібної). Щоб уникнути підпору, вагу прикріплюють на 20-30 см нижче від млинка.

Кабель, електричний дзвінок (зумер, лампочка), батареї потрібні для реєстрації кількості обертів лопатей гідрометричного млинка, а **секундомір** - для фіксації часу роботи млинка.

Таблиця 4.1 – Вимоги до ваги і діаметра троса лебідки при різних швидкостях течії

Швидкість течії, м/с	<1	1-2	2-3	>3
Вага, кг	10-15	25-30	0-75	75-100
Діаметр троса, мм	1,0	1,5-1,8	2-3	3-4

Залежність між обертами ротора і швидкістю течії потоку неоднорідна – при малій швидкості вона криволінійна, бо на ротор діють сили гідравлічного і механічного опору (початкове обертання ротора нерівномірне).

По мірі зростання швидкості потоку дія опору зменшується і залежність набуває прямолінійного характеру (обертання ротора стає рівномірним), при подальшому зростанні швидкості потоку ротор відчуває дію кавітації і тертя, що знову таки порушує прямолінійність зв'язку.

За даними Н.П.Бурцева для різних млиноків верхня критична швидкість досить велика – від 5 м/с (ГР-55) до 8 м/с (ГР-21М).

Розглянемо найбільш важливі властивості млиноків, які мають практичне значення.

Інерційність гідрометричного млинка – здатність лопатевого гвинта „реагувати на потік” (змінювати оберти відповідно зміні швидкості течії). Млинки з відносно малими моментами інерції лопатевого гвинта (ГР-55, ГР-99) рекомендують застосовувати в потоках з великою інтенсивністю турбулентності. На рівнинних річках з невеликою турбулентністю використовують млинки, у яких лопатеві гвинти мають відносно великі моменти інерції (ГР-21М).

Компонентність млинка – здатність реєструвати повздовжню складову швидкості потоку при косострумінній течії. Млинки ГР-21М, ГР-55, ГР-99 мають компонентність 5 % при косострумінності течії 40°, отож за компонентними властивостями саме ці млинки найбільш придатні для польових вимірів.

Градуванням (таруванням) гідрометричних млиноків називають визначення залежності між швидкістю течії води та числом обертів лопатевого гвинта за секунду, яке виконується дослідним шляхом та подається у вигляді графіка, таблиці або рівняння. В Україні цим займається «КБ лазерної техніки» (Київ) – автоматична установка для калібрування і перевірки одночасно тестує 2 млинка 10 хвилин з похибкою 2-10 % в аеродинамічній трубі. Свідчення (рис. 4.5) – офіційний документ млинка. Для практичних потреб також складають робочу таблицю переходу від швидкості обертів ротора до швидкості потоку (табл. 4.2) – опорні значення швидкостей беруть з кривої, а проміжні обчислюють по інтерполяції.

Детально градування розглядається в практичній роботі №3.

Таблиця 4.2 - Градувальна таблиця гідрометричного млинка

n об/с	Швидкість, V м/с									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,10	0,070	0,075	0,079	0,081	0,083	0,085	0,087	0,089	0,09	0,09
0,20	0,095	0,099	0,101	0,103	0,106	0,109	0,112	0,115	0,11	0,12
і.т.д.										

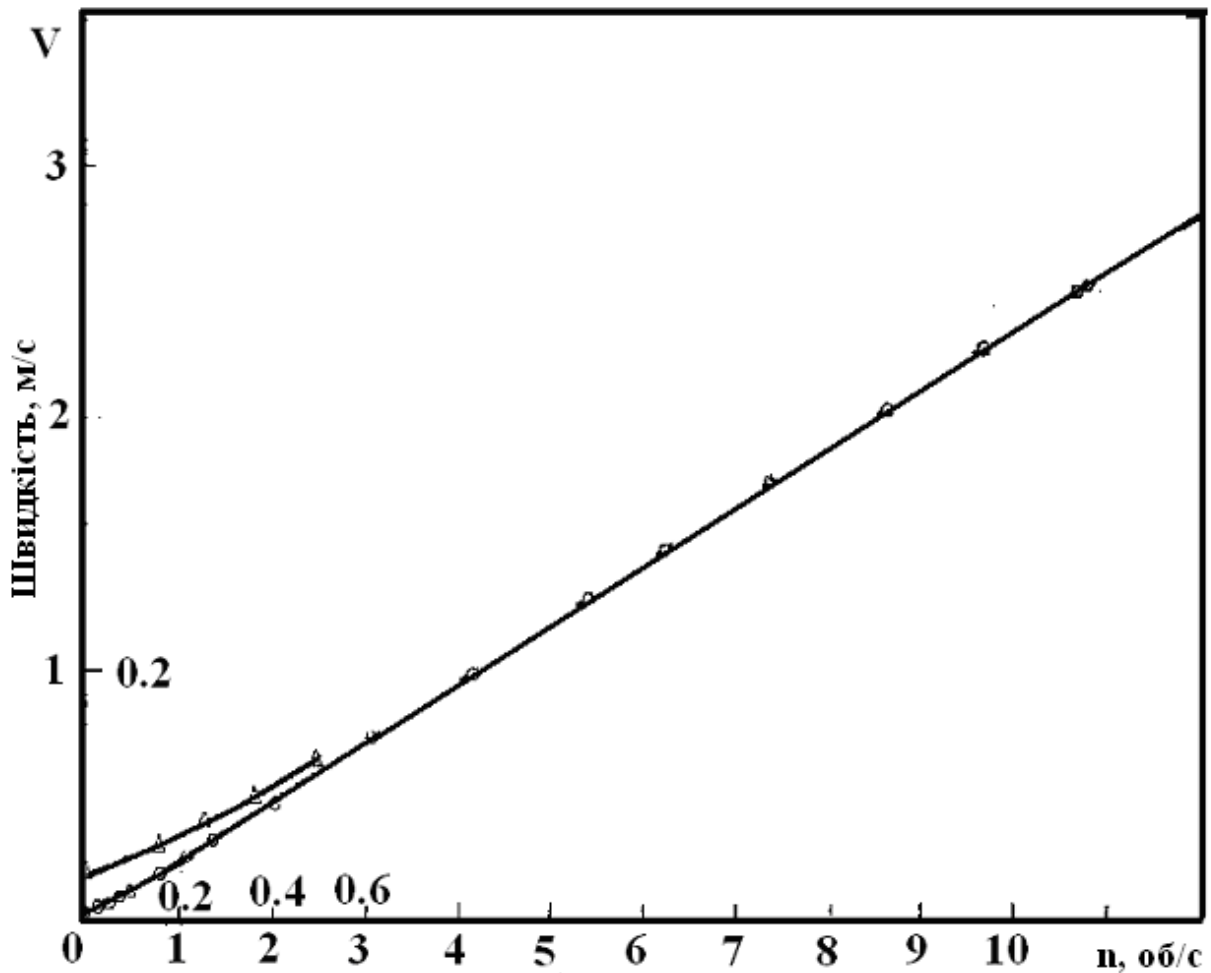


Рис. 4.5 – Градувальна крива гідрометричного млинка

4.4 Огляд основних моделей гідрометричних млиноків

Загальна кількість типів та конструкцій гідрометричних млиноків велика. Розглянемо основні типи млиноків, які застосовують у гідрометрії.

Гідрометричний млинок ГР-21 М (рис. 4.6) - складається з корпусу, ходової частини з контактним механізмом і хвоста.

У передній частині корпусу є циліндрична порожнина, в яку вставляється і закріплюється вісь ходової частини. На корпусі є дві клеми для під'єднання кабеля сигналізації. У середній частині корпусу є отвір для

кріплення млинка на штанзі або вертлюзі під час роботи з тросу. У кінці корпусу прикріплюють хвіст у вигляді двох пластин увігнутої форми. Ходова частина млинка складається з лопатевого гвинта, осі з контактним механізмом, двох шарикопідшипників, зовнішньої упорної трубки, осьової гайки, гільзи з черв'ячної втулкою. Контактний механізм знаходиться у внутрішній камері вісі, яка заповнена трансформаторною олією. Він складається з черв'ячної шестерні з 20-ма зубцями, на вісь якої надіто ебонітовий диск з одним контактним штифтом контактної пружини, струмопровідного стрижня, ізольованого від корпусу; стрижень з'єднує контактну пружину з гніздом штепселя.

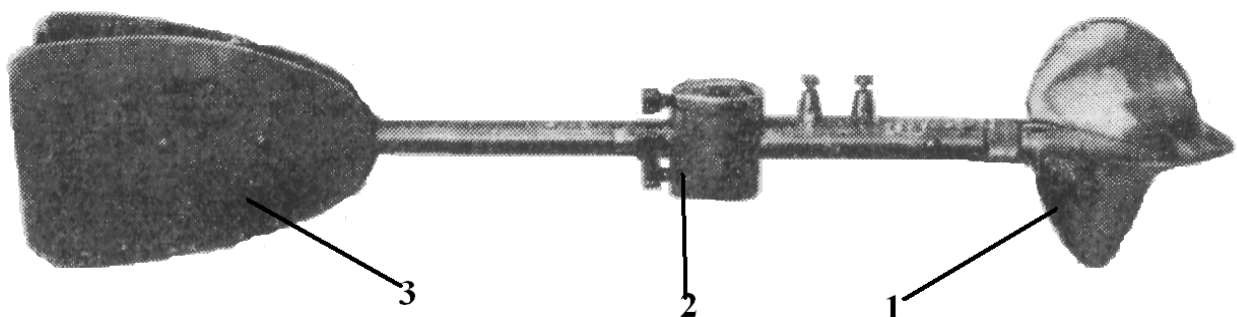


Рис. 4.6 – Гідрометричний млинок ГР-21М: 1) ходова частина (ротор); 2) корпус; 3) стабілізатор напрямку.

Схему електричного ланцюга млинка показано на рис. 4.7. Контактний механізм млинка замикає електричний ланцюг через кожні 20 обертів лопатевого гвинта, про що сповіщає сигнальна система млинка, яка має лампу і дзвінок. Живлення електричного ланцюга від гальванічних елементів напругою 3В.

Млинок ГР-21М має два лопатеві гвинти:

гвинт № 1 – основний, компонентний, діаметром 120 мм має геометричний крок 215 мм, його використовують при роботі зі штанги без стабілізатора напрямку при швидкостях течії від 0,1 до 2,0 м/с;

гвинт № 2 – некомпонентний, діаметром 120 мм має геометричний крок 500 мм, його використовують при роботі з тросу при швидкостях течії від 2 і більше м/с.

Гідрометричний млинок Бурцева (ГР-55) складається з корпусу, ходової частини, контактної механізми і хвоста (рис. 4.8). Сигнали через 20 обертів лопатевого гвинта передаються на дзвінок або лампочку. Лопатевий гвинт обертається на двох шарикопідшипниках, порожнина гвинта заповнена трансформаторною олією. Під час обертання лопатевого гвинта вісь залишається нерухомою. Прилад рекомендують застосовувати на малих річках і водотоках.

Млинок забезпечений лопатевими гвинтами діаметром по 70 мм:

1 – компонентний, геометричний крок 110 мм, використовується при швидкості від 0,05 до 2,5 м/с, похибка вимірювання до 5%;

2 – геометричний крок 200 мм, застосовується з троса при швидкостях 2,5 – 5 м/с.

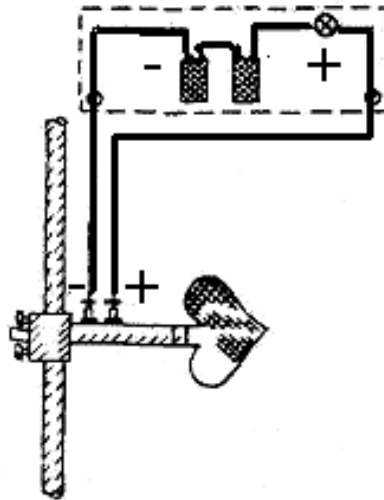


Рис. 4.7 – Схема електричного ланцюга млинка

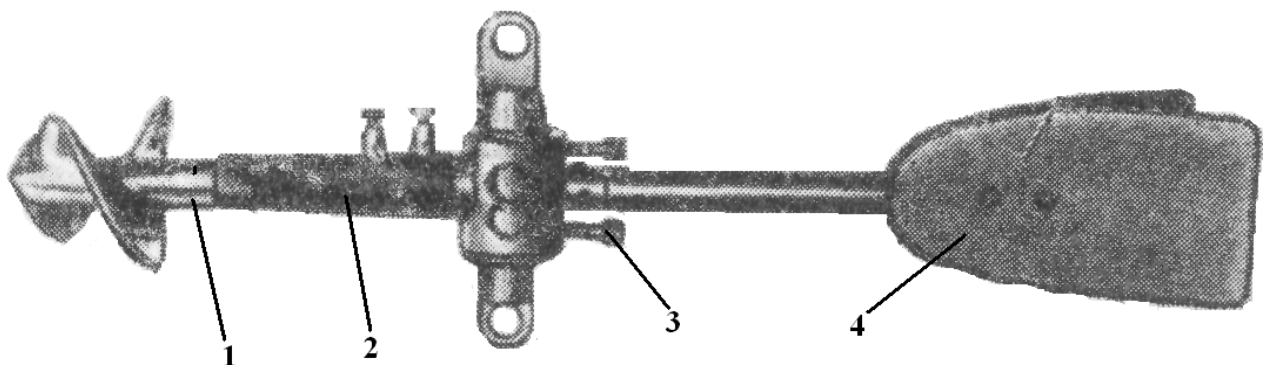


Рис. 4.8 – Гідрометричний млинок ГР-55: 1) ходова частина; 2) корпус; 3) затискачі; 4) стабілізатор.

Гідрометричний млинок ГР-99 має компонентний гвинт з трьома лопатями, діаметром 80 мм, з геометричним кроком 130 мм, який дозволяє виміряти проекцію вектора швидкості з похибкою до 5% при косоstrумності до 40°. Діапазон вимірів швидкості 0,6 – 5 м/с. Приладова похибка при швидкостях до 0,2 м/с не більше 6%, при більших швидкостях - в межах 2%. Лопатевий гвинт відрізняється малим моментом інерції, що дозволяє використовувати млинок в потоках зі збільшеною турбулентністю. Контактний механізм розміщується в корпусі, здійснює контакт при кожному оберті лопатевого гвинта. Імпульсно – лічильний

механізм складається з електромагнітного лічильника імпульсів, секундоміра та важільного пристрою для вмикання та вимикання приладу.

При вимірах швидкості прилад вмикають на визначений час і потім по шкалі лічильника знімають величину кількості обертів гвинта, по секундоміру – число секунд. Знаходять кількість обертів за секунду, по градувальній залежності визначають величину швидкості течії води.

Вимірювач швидкості течії („ИСТ”) - до складу комплексу вимірювача течії входить млинок ВГ – 1-120/70, який складається з: корпусу, лопатевого гвинта та перетворювача обертів гвинта в електричні імпульси. Два лопатевих гвинта мають діаметр 120 мм і 70 мм. Для орієнтації млинка в потоці є стабілізатор.

Важливою частиною вимірника швидкості течії є обчислювач, який призначається для розрахунків швидкості течії по числу електричних імпульсів, які надійшли від вимірного перетворювача. Результат вимірювання висвітлюється на табло.

На лицевій панелі обчислювача розміщені: вимикач живлення, клеми для підключення сигнального ланцюга млинка, табло, перемикач режимів роботи, кнопка "Пуск", кнопка "Інд", сигналізатор режиму вимірів та сигналізатор млинка. Перемикач режимів роботи забезпечує дію приладу в режимі контролю, в режимі вимірів при тривалості періоду визначення швидкості до 60 та 100 секунд, а також в режимі рахування кількості сигналів від млинка.

Сигналізатор режиму вимірювань, зроблений у вигляді світодіоду, вмикається через 60 або 100 секунд. Сигналізатором роботи млинка є два світодіоди, які вмикаються один за другим.

За кордоном домінують млинки з горизонтальною віссю обертання.

Млинки серії ОТТ (фірма ОТТ, Німеччина) виробляються в декількох модифікаціях, вони малогабаритні і універсальні, застосовуються в лабораторних умовах та на малих водотоках. Так, модель С-31 має електромагнітний рахунково-лічильний механізм, фіксується кожний оберт гвинта, в комплекті 6 гвинтів різного діаметру.

В лабораторних і натурних дослідженнях широко використовують мікромлинки, які дозволяють вимірювати швидкість течії з великою точністю. Вони мають малі розміри, застосовуються серіями на штангах, покази фіксуються на осцилографі. Типові представники цього класу – млинки ГР-96 та серії ОТТ. Їх кріплять на мікροштангах, під час вимірювань рахунково-імпульсний механізм замикає контакт через кожний оберт гвинта, діапазон вимірювання швидкостей течії складає від 0,025 до 2 м/с. При цьому похибка не перевищує 5 %.

Млинок "Нейрфлюкс" (фірма "Нейрпик", Франція) має пластиковий лопатевий гвинт та сталевий корпус. Діаметр лопатевого гвинта – 100 мм, геометричний крок 250 мм. Проміжний перетворювач – магнітнокерований контакт. Реєструючий прилад – лічильник з

секундоміром, які вмикаються синхронно. Діапазон вимірювання швидкостей 0,04 – 6 м/с.

Малогабаритний млинок №180 (фірма РОСТ) застосовують на штанзі на дуже малих водотоках при забрудненій воді і наявності наносів (рис. 4.9). Лопатевий гвинт діаметром 30 мм закріплений на захисній дузі, замикання контакту кожні 50 обертів, про що сигналізує лампочка.

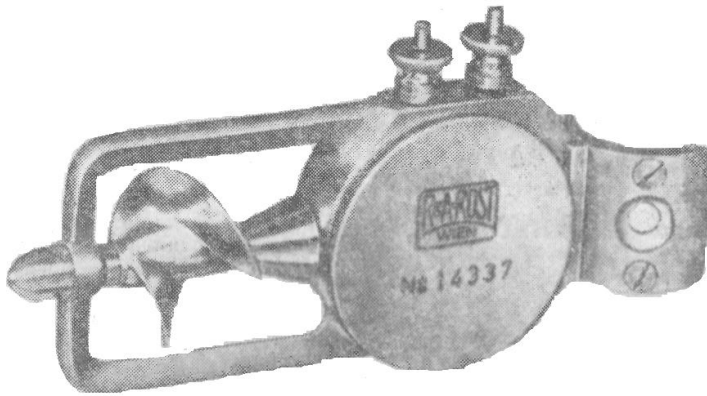


Рис. 4.9 – Малогабаритний млинок РОСТ

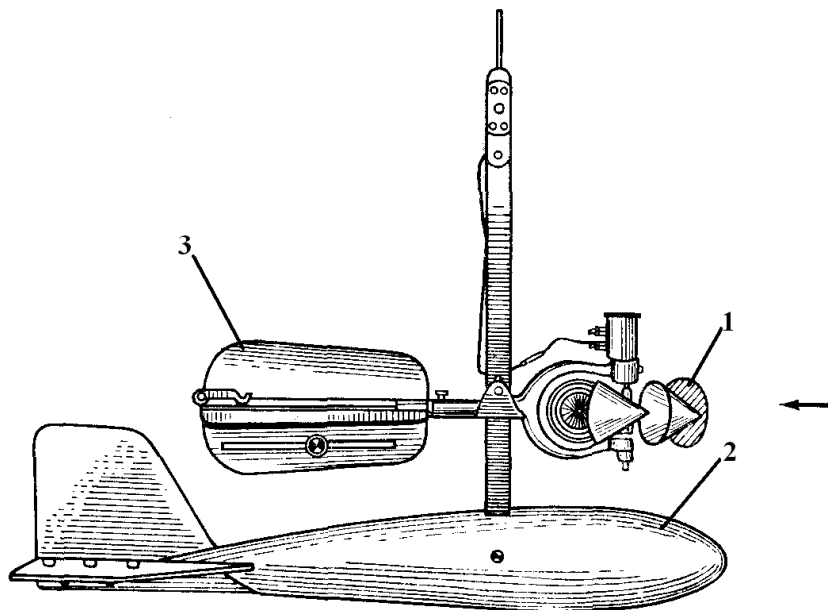


Рис. 4.10 – Млинок Прайса: 1) ротор; 2) вага; 3) стабілізатор.

Млинок Прайса (США, моделі F582, F584) складається з ходової частини з чашковим ротором, корпуса, стабілізатора напряду (рис. 4.10). Ротор складається з шести конусоподібних чашок, які закріплені на вертикальній вісі, кінець якої входить у контактну камеру, яка герметично закрита від попадання води. Для вимірів швидкості течії млинок

опускають на штанзі або тросі (при використанні штанги глибина має бути до 3 м, швидкість до 1,5 м/с; для опускання млинка на тросі застосовується лебідка та гідрометричний вантаж. Вірний напрям та горизонтальне положення млинка в потоці забезпечується стабілізатором напрямку та поплавцем, який закріплюється на виносній штанзі.

Морський млинок ВММ (рис. 4.11) застосовують для вимірювань швидкості і напрямку течії в морях, озерах і річках при глибині більш як 1,5 м. Прилад складається з корпусу, ротора, лічильного механізму, компасної коробки і хвоста. Лічильник обертів ротора має три зубчастих коліщата з стрілками для відліку одиниць, десятків і сотень обертів гвинта. Над лічильним механізмом міститься трубка, в яку закладають 20-23 бронзові кульки. Під час обертання лопатевого гвинта кульки проходять через лічильний механізм (по три кульки на 100 обертів) і падають у компасну коробку через отвори в її кришці. Кульки завжди скочуються в напрямку на північ (за стрілкою компаса), але оскільки компасна коробка повертається разом з млинком в напрямку течії, то кульки падають щоразу в різні сектори компаса. Морський млинок встановлюють у точці на тросі з вагою 10, 25, 50 кг і більше залежно від швидкості течії. Вмикається і вимикається лічильник обертів за допомогою посильного тягарця, а для запису кількості обертів і напрямку течії млинка виймають з води. Є два лопатевих гвинти для роботи на великих і малих швидкостях з початковими швидкостями 2 см/с і 4,5 см/с, стопор, який запобігає холостому обертанню лопатевого гвинта.

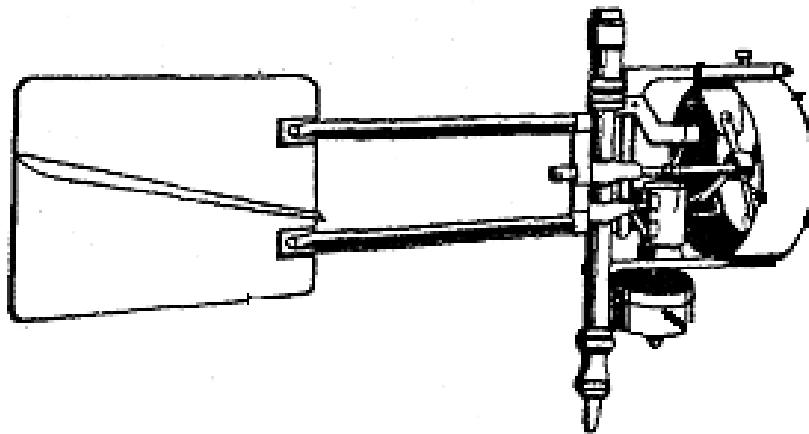


Рис. 4.11 – Морський млинок ВМ-М

Млинок ИСПВ-1 (Росія) - реєстрація обертів електромагнітна, реєстратор ПСВ-1 може бути інтегрованим з млинком інших типів замість дзвінків. Змазка ходової частини здійснюється водою. В даний час модель в стадії доробки, при великій мутності дає значну похибку, є великий знос електромагнітних контактів і підшипників, погано працює взимку.

Вектор-2 – вимірювач течії (Росія), у млинка відкрита ходова частина, електронний реєстратор фіксує швидкість, напрям течії, температуру води, глибину занурення, нахил приладу. Погано працює взимку.

ПИСТ-1 (переносний вимірювач швидкості течії, Україна) Швидкість течії від 0,005 до 5 м/с з похибкою $\pm 5\%$, температура води від - 2 до + 35°C з похибкою $\pm 0,6^\circ\text{C}$, глибина від 0 до 30 м. Складається з поружного блоку (2 кг), бортового блоку (1 кг), кабель 50 м. Датчик рівня – гідростатичний, датчик швидкості – акустичний. Дані виводяться на дисплей і записуються на флеш картку пам'яті, інтеграція з ПК по СОМ порту, інтеграція з GPS, програмне забезпечення дає можливість вводу градувальників коефіцієнтів, обробку і графічне представлення результатів вимірювань. Використовують з штанги і тросу, працює в телеметричному і автоматичному режимах.

4.5 Гідрометричні поплавці

Поплавці використовуються в гідрометрії для вимірів швидкості течії з припущення, що швидкість течії дорівнює швидкості руху поплавця. Звісно, що тіло, яке пливе по течії, переміщується швидше, ніж рідина, яка його оточує. Таке явище залежить від маси, форми пливучого тіла та уклону водної поверхні. Розміри поплавців, які застосовуються в гідрометрії, звичайно невеликі, тому похибки визначення швидкості знаходяться в межах гранично допустимих.

Поплавці бувають: поверхневі, глибинні, інтегруючі (рис. 4.12).

Поверхневі поплавці використовують для вимірів швидкостей та напряму течії на поверхні річки: виробляють їх у вигляді кружків з сухої деревини діаметром 15-30 см, товщиною 3-5 см, або в вигляді хрестовин з дощок (для річок шириною 100 – 300м) (рис. 4.12, а). Вони мають бути добре помітними, тому їх інколи обладнують прапорцями, а для стійкості знизу підвішують важок. Також поплавцем може слугувати майже наповнена водою пляшка з прапорцем біля корки. Під час льодоходу поплавцем може бути крижина, яка рухається відокремлено. У вітряну погоду (при швидкості вітру більш 6 м/с) поплавці не слід застосовувати.

Виміряна поплавцями швидкість є середньою по траєкторії руху поплавця і її приймають за місцеву швидкість в точці перетину лінії створу та траєкторії поплавця.

Глибинні поплавці застосовують для вимірів швидкості і напряму течії на певній глибині. Такі поплавці складаються з двох – поверхневого і глибинного, зв'язаних тонким шпагатом (рис. 4.12, б). Верхній поплавець виготовляють з корка або дошки, а нижній - з провареної в олії дерев'яної кульки, кульки зі скла або із скріплених навхрест целулоїдних пластинок. Верхній поплавець невеликого розміру є показником руху всієї системи і

прирівнюється за швидкістю течії на глибині до нижнього поплавця. Глибинні поплавці частіше всього застосовуються для вимірів малих швидкостей, які не можуть бути виміряні гідрометричним млинком.

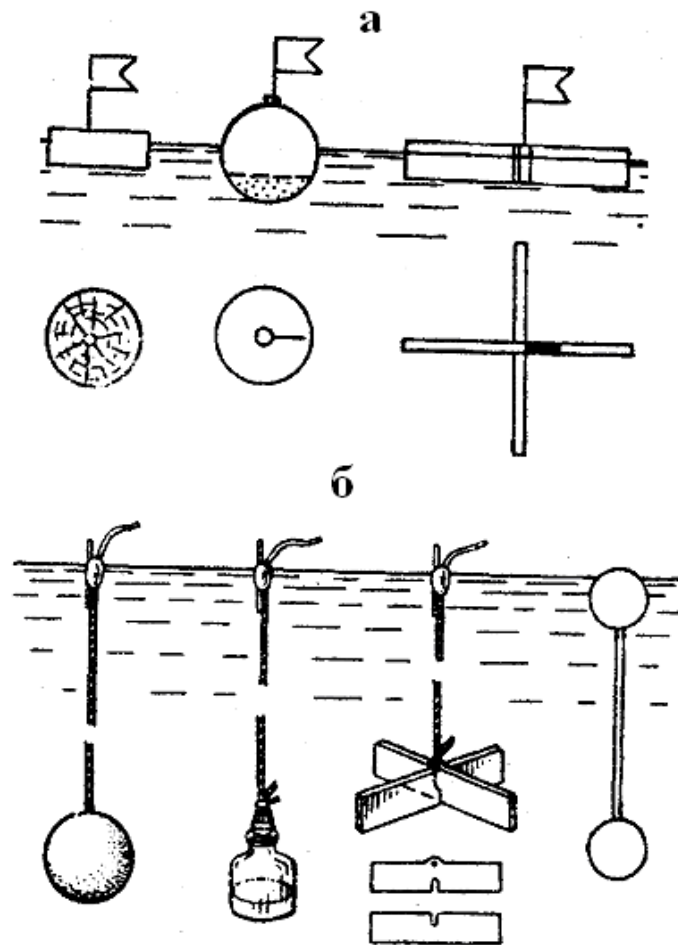


Рис. 4.12 – Гідрометричні поплавці: а) поверхневі; б) глибинні.

Поплавці-інтегратори використовують для вимірювання середніх швидкостей на вертикалі, їх застосовують при швидкостях течії до 0,2 м/с.

Принцип дії поплавця-інтегратора в тому, що поплавець, занурений на вертикалі в точці біля дна, спливаючі, зноситься течією і спливе на поверхню на певній відстані від вертикалі - місця пуску, а ця відстань пропорційна швидкості течії на вертикалі. Для вимірювання швидкості течії потрібно визначити відстань від даної вертикалі до точки появи поплавця на поверхні води l і час від моменту пуску і до появи поплавця на поверхні t . Тоді середню швидкість на вертикалі можна визначити за формулою 4.1:

$$v_{сер} = \frac{l}{t}. \quad (4.1)$$

4.6 Виміри швидкості течії на вертикалі

Методи вимірювання швидкості течії на вертикалі поділяють на точкові та інтеграційні. Спочатку встановлюють робочу глибину вертикалі, яка є відстанню від поверхні води до дна, а при наявності льоду - від нижньої поверхні льоду до дна. Далі при точковому методі намічають розташування точок, в яких мають виміряти швидкість течії і обчислюють для них глибини занурення гідрометричного млинка.

Точковий метод реалізується у вигляді детального, основного, скороченого та спеціального способів, які детально розглянуті у практичній роботі №3.

Після встановлення гідрометричного млинка в точці вимірювання швидкості треба пропустити 1-2 сигнали і при наступному («нульовому») вмикнути секундомір. Запис часу ведуть по початку або кінцю сигналу (краще по початку) без зупинки секундоміра.

При значній швидкості течії, коли сигнали слідуєть один за одним, запис часу ведуть через 1-3 сигнали. Кількість сигналів, які надходять за проміжок часу між записами, називається **прийомом**.

При великій швидкості течії, коли сигнали надходять частіше як через 2 с, вимірювання можна припинити після 1000 обертів лопатей млинка, не чекаючи, коли мине 100 с. Якщо тривалість між сигналами складає більше 80 с. (течія надто мала), то млинок використовувати не можна, переходять на глибинні поплавці.

Для обчислення виміряних гідрометричним млинком швидкостей течії на вертикалі застосовують аналітичний і графічний (більш точний) способи. Вони детально розглянуті у практичній роботі №3.

Інтеграційний метод детально розглянуто у практичній роботі.

Питання для самоперевірки

1. Особливості швидкісного поля в турбулентному потоці.
2. Основні методи вимірювання швидкостей течії.
3. Складові частини гідрометричних млиноків.
4. Принцип дії гідрометричного млинка.
5. Градування гідрометричних млиноків і обробка його результатів.
6. Типи гідрометричних поплавців.
7. Методи визначення середньої швидкості на вертикалі.

5 ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ВОДИ

5.1 Методи визначення витрат води

Витратою води називають середній за час вимірів об'єм води, який протікає через поперечний переріз потоку за одну секунду. Витрати води виражаються в м³/с чи в л/с і є найважливішою характеристикою річок і водотоків, яка визначає такі її параметри як рівень води, швидкість течії, уклон водної поверхні та ін.

На основі вимірів витрат води визначають ресурси поверхневих вод і здійснюють їх розподіл на потребу тих чи інших галузей народного господарства. Розрізняють прямі і непрямі методи визначення витрат води.

До **прямих** вимірів відносять об'ємний метод, заснований на вимірах витрат мірними посудинами, які підставляють під струмінь води, при цьому вимірюють час наповнення мірної посудини. Витрата визначається діленням об'єму води в посудині на час наповнення. Цей метод використовують на малих водотоках – струмках, джерелах, лабораторних лотках з витратою води 5-10 л/с, де потік можна відділити від річища і спрямувати у посудину. Також цей же принцип використовують при підрахунку витрат води через отвори в гідротехнічних спорудах з метою обліку стоку води на гідровузлах. Цей метод дає максимальну точність.

Суть **непрямих** вимірів полягає у вимірюванні певних елементів потоку і подальшому обчисленні витрати. До цих методів належать:

- визначення витрати по вимірних швидкостях течії і площі поперечного перерізу потоку по моделі «швидкість – площа». Метод дає точність: 6% - при детальному, 10% - при основному, 12% - при скороченому способах вимірів;

- визначення витрат води з допомогою мірних пристроїв: гідрометричних лотків і водозливів; при цьому вимірюють напір на водозливі, вході лотка, а витрату визначають по гідравлічних залежностях, точність 5%;

- решта непрямих методів (метод змішування, фізичні методи, радіоактивний, аерофотографічний) не мають широкого застосування.

Метод “швидкість – площа” складає метрологічну базу сучасної річкової гідрометрії. Створ розбивається промірними і швидкісними вертикалями на окремі відсіки, в яких протікають часткові витрати води, які в сумі дорівнюють повній витраті води.

Достойність даної моделі в тому, що вона припускає різну ступінь дискретизації поля швидкостей та глибин; кількість промірних вертикалей, як правило, призначається у 2-3 рази більшою, ніж швидкісних.

5.2 Гідрометричний створ – види, проектування, обладнання

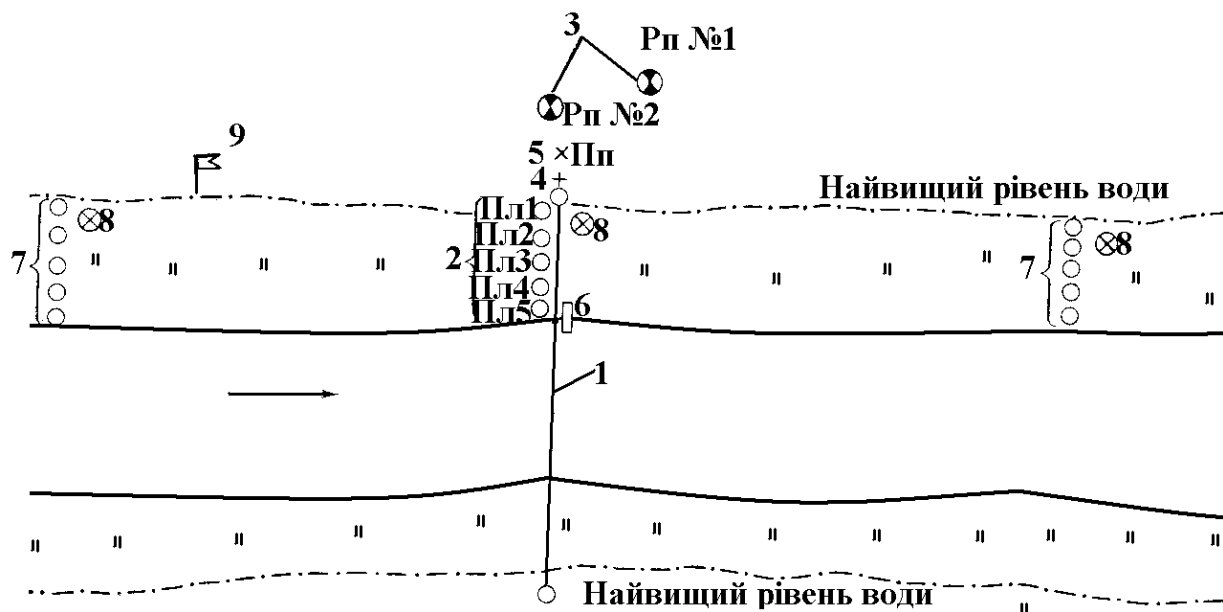
Гідрометричний створ – це закріплений на місцевості поперечник через річку, у створі якого проводять вимірювання витрат води та наносів, який є складовою частиною гідрологічного поста і розміщується безпосередньо в ньому або неподалік. Гідрометричний створ має бути розміщений на ділянці з найбільш сприятливими умовами. Вони збігаються з умовами до розміщення водпосту і мають деякі особливості:

- русло має бути однорукавним, бажано без заплави в межах лощини;
- рух води має бути рівномірним при швидкостях від 0,08 до 4 м/с;
- напрям течії в межень і паводки має бути, по можливості, перпендикулярним до перерізу і мало змінюватися по ширині русла (відхилення або косострумність до 20°);
- не повинно бути мертвого простору, зворотних течій, вони повинні мати чіткі кордони і не займати більше 10% площини водного перерізу;
- відсутність водної рослинності в смузі створу до 30 м вище і нижче;
- в зимовий період має утворюватись суцільний льодовий покрив або річка не повинна замерзати зовсім; недопустиме нагромадження шуги, яка займає більше 25% площі водного перерізу;
- ділянка має бути поза зоною несталого руху та змінного підпору.

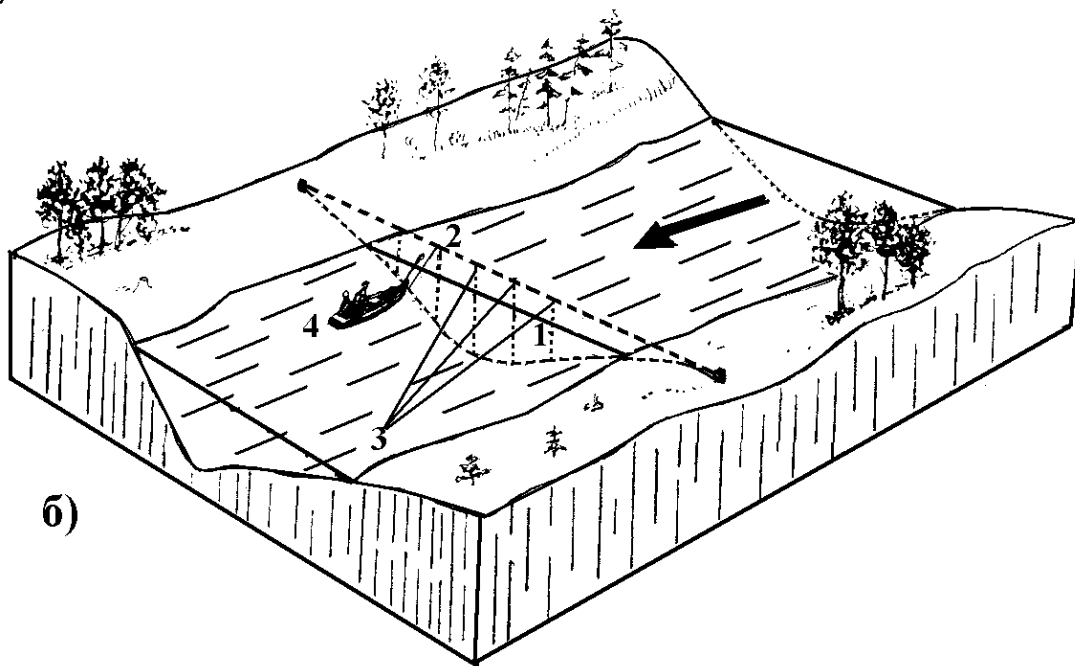
Гідрометричні створи закріплюються на двох берегах міцними стовпами-реперами. Один з реперів слугує постійним початком, від якого визначається відстань до промірних та швидкісних вертикалей. На великих річках, окрім реперів, виставляють створні тички на двох або одному березі в залежності від рельєфу місцевості та видимості; в 5-10 м вище і нижче створу видаляють рослинність. Також в 20 м вище і нижче створу проводять очистку дна від топляків і каміння. Схеми гідрологічних поста та гідроствору наведені на рисунку 5.2.

По лінії створу розбивається пікетаж і проводиться нівелювання берегів до незатоплюємих відміток, а в руслі, старицях і діючих протоках вимірюються глибини. За даними промірів і нівелювання берегів будують профіль поперечного перерізу по гідрометричному створу, на якому показують розміщення швидкісних вертикалей, характер ґрунтів дна та угідь на заплаві.

Для вірного визначення витрат води необхідно на обраній ділянці річки призначити напрям гідрометричного створу так, щоб поперечний переріз створу був розміщений перпендикулярно до середнього напрямку течії. На річках, які мають широку заплаву, напрям меженного створу (в основному руслі) може не збігатися з загальним напрямом течії на заплаві, утворюючи з ним деякий кут. При куті менше 10° можливо призначити один напрям для русла і заплави; при куті більше 10° напрям створу призначають у вигляді ламаної лінії, кожний відрізок якої перпендикулярний напрямку течії пересіченої ним частини русла.



а)



б)

Рис. 5.2 – План-схема обладнання гідропоста та гідроствору:

- а) гідрологічний пост: 1) гідроствор; 2) водомірний пристрій пальового типу; 3) основний і контрольний постові репера; 4) місце вимірювання температури повітря; 5) постійний початок; 6) місце вимірювання температури води; 7) уклонні пости; 8) максимальні рейки; 9) місце для спостережень за льодовими явищами;
- б) гідрологічний створ: 1) лінія гідроствору; 2) їзовий трос; 3) вертикалі; 4) човен з лебідкою та млинком на тросі.

На ділянці вимірів намагаються призначити один гідрометричний створ, який має бути неподалік або збігатись з створом водомірного поста. В окремих випадках встановлюють декілька створів.

Якщо гідрометричний створ віддалений від створу основного водомірного поста, обладнують водомірний пост при гідрометричному створі, «нуль графіка» основного і встановленого постів має збігатись.

Напрямок створу треба обирати так, щоб середня косоstrуминність на швидкісних вертикалях не перевищувала $\pm 10^\circ$, визначення напрямку гідроствору поверхневими поплавцями (рис. 5.3) детально розглядається у практичній роботі №4.

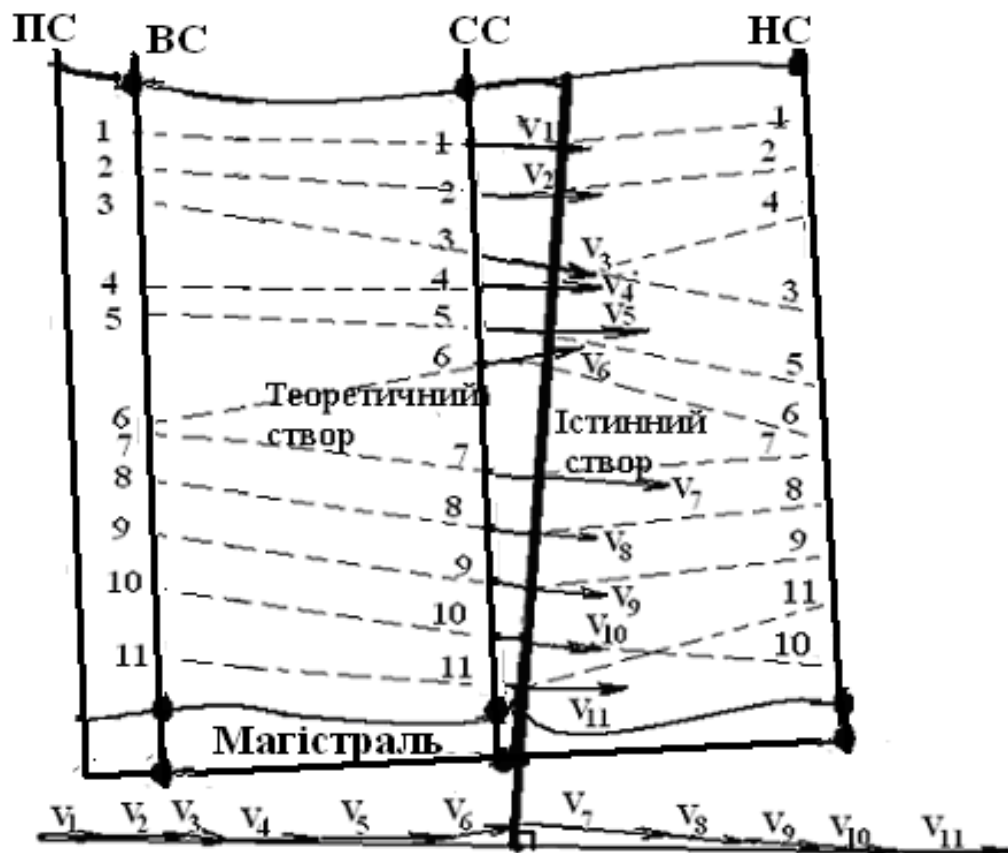


Рис. 5.3 – Схема визначення напрямку гідроствору за допомогою поверхневих поплавців

Гідрометричний створ обладнують: створним вод постом (якщо основний пост далеко від створу); реперами, створними тичками, стовпами; гідрометричною переправою для вимірів глибин, швидкостей течії; уклонними водомірними постами.

Після визначення і закріплення гідроствори устатковують. Гідрометричні створи режимних гідрологічних постів обладнуються гідрометричними переправами різних типів - місточками, підвісними люльками, човнами, катерами, поромами (рис. 5.4).

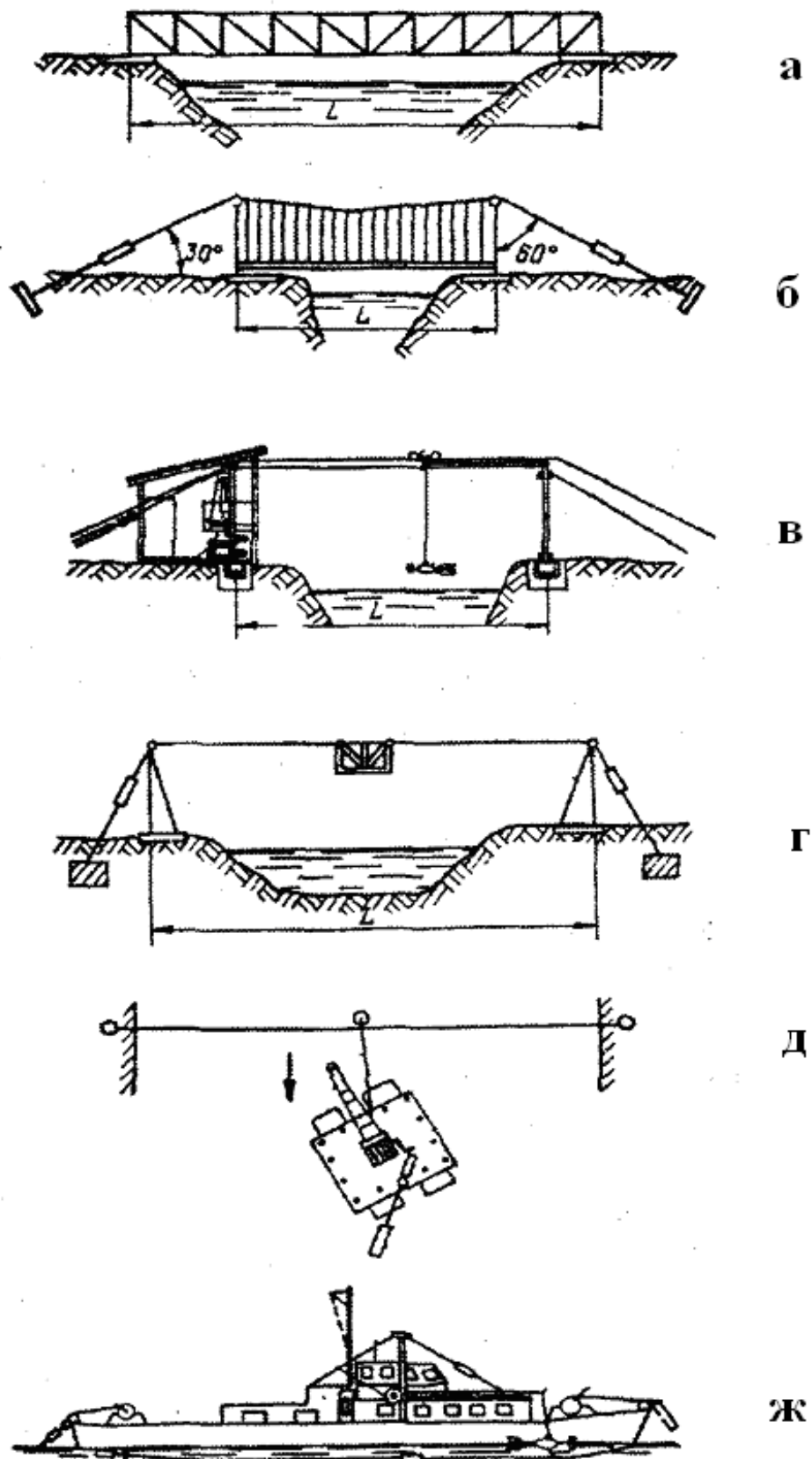


Рис. 5.4 – Основні типи обладнання гідрометричних створів:
а,б) гідрометричні містки; в) дистанційні установки; г) підвісні люльки;
д) понтон; ж) катери.

Гідрометричні містки бувають балкові і підвісні. Балкові містки застосовують на річках завширшки до 15 м. Підвісні містки влаштовують на більш широких річках. У цьому випадку настил містка прикріплюють до двох тросів діаметром 10 - 15 мм, які якорями кріплять на берегах.

Дистанційні установки будують за типовими проектами, вони дозволяють одночасно вимірювати глибини, швидкості, температуру, відбирати проби на річках шириною до 100 м і глибиною до 12 м.

Установка ГР-64М (рис. 5.5) складається з берегових опор, перекинутої між ними системи сталевих канатів, лебідки з електроприводом, каретки, блок-лічильників глибин та горизонтальних відстаней. Для визначення глибини гідрометричний вантаж забезпечується поверхневим та донним контактами, вмикання яких дозволяє визначити момент торкання поверхні води та дна шляхом замикання електричної схеми і загоряння відповідних лампочок на табло приладу. Вантаж стійкий в потоці завдяки поплавцевому стабілізатору позаду. Гідрометричний млинок закріплюється попереду вантажу. Оберти лопатевого гвинта реєструються лічильником імпульсів, який автоматично вмикається та вимикається при вимірах швидкості синхронно з секундоміром.

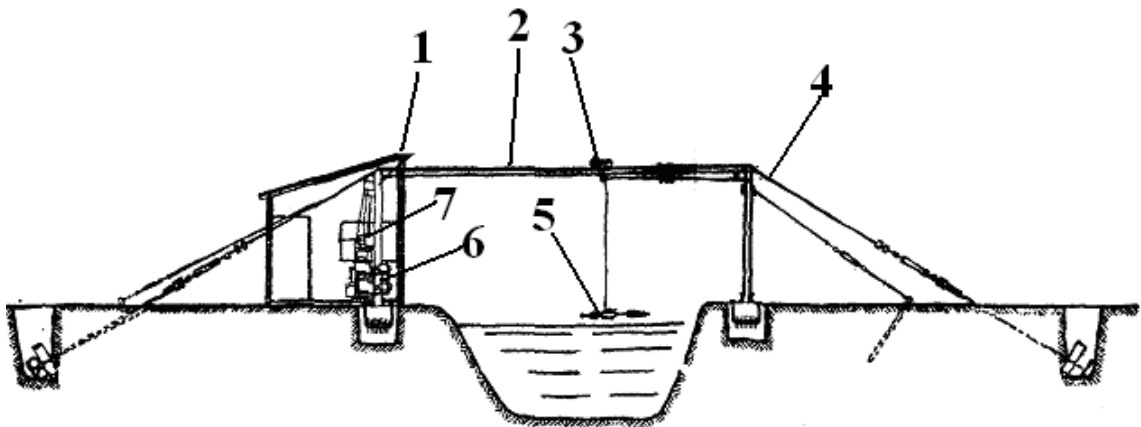


Рис. 5.5 – Установка ГР-64М: 1,4 – опори; 2 – трос; 3 – каретка; 5 – млинок; 6 – лебідка; 7 – електродвигун.

Гідрометричний прилад ГР-70 (рис. 5.6) схожий на ГР-64, але обладнаний ручним приводом вантажної лебідки. Прилад має живлення від акумулятора напругою 12 В.

Підвісні люльки влаштовують на гірських річках з великою швидкістю течії і високими берегами. Їх можна влаштовувати на одному або двох їздових тросах, закріплених на берегах. Переміщується люлька через річку за допомогою лебідки або вручну. Конструкція деяких люлек дає змогу їм переміщуватися в горизонтальному і вертикальному напрямках. Визначають відстань вертикалей від постійного початку з допомогою розміченого троса діаметром 2-3 мм.

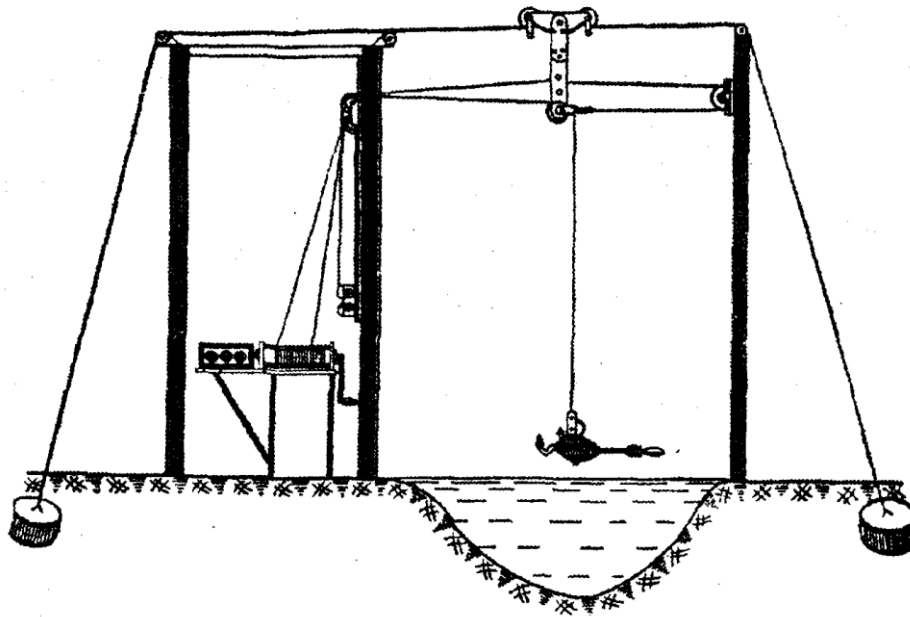


Рис. 5.6 - Дистанційна гідрометрична установка ГР-70.

Понтони використовують на великих річках зі значною течією і глибиною. Понтон роблять з двох човнів, з'єднуючи їх дощатим настилом. Щоб човни не впливали на поверхневу швидкість, відстань між ними має бути не менше 1,5-2,0 м. На великих річках під час водопілля при вимірюванні швидкостей користуються катером. Взимку, коли річка вкрита льодом, вимірювання відстані від постійного початку і швидкостей на вертикалях проводять з льоду. На річках шириною до 200 м виміри витрат води виконують з **човнів та паромів, які** оснащуються канатом і лебідкою для їх переміщення. Для визначення місць розміщення вертикалей використовують розмічений канат, який натягують по створу.

5.3 Визначення витрат води гідрометричними млинками

При вимірюванні швидкості течії гідрометричним млинком потрібно намітити на профілі гідроствору швидкісні вертикалі, кількість яких залежить від способу вимірювання витрат води, ширини річки і конфігурації дна. В загальному випадку треба, щоб прибережні вертикалі були по можливості ближче до урізу води, одна була в найглибшій частині русла, решта при правильній (коритоподібній) формі русла розподіляється рівномірно по ширині річки. При різких переламах у профілі русла швидкісні вертикалі намічають в місцях переламів профілю. При розміщенні вертикалей важливо, щоб відсіки між ними пропускали рівні долі загальної витрати, тож швидкісні вертикалі мають бути рівновіддалені одна від одної (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Залежність відстаней між швидкісними вертикалями від ширини річки

Ширина річки, м	Відстань між вертикалями, м	Ширина річки, м	Відстань між вертикалями, м
Менше 20	0.5-2.0	100-200	10
20-30	2.0	200-300	20
30-40	3.0	300-500	30
40-60	4.0	500-800	40
60-80	6.0	більш 800	50
80-100	8.0		

При реалізації методу «швидкість-площа» в гідрометричному створі одночасно визначають глибини (на промірних вертикалях) та швидкості течії (на швидкісних вертикалях).

За промірними даними розраховують площі водного перерізу в окремих секторах водного перерізу, по швидкісним даним розраховують середню швидкість на вертикалях, потім часткові витрати води, сума яких і дасть повну витрату у гідростворі.

При вимірах витрати води обов'язковим є спостереження за рівнями води за весь час проведення вимірів витрат води. При стійкому руслі - не менше чотирьох разів: на початку та в кінці вимірів глибин, перед початком та в кінці вимірів швидкостей течії. Якщо рівень води змінюється за час вимірів витрат води більш ніж на 10 см, то рівень води вимірюють додатково 3-4 рази. При цьому фіксується час вимірів рівня води і час визначення швидкості на кожній вертикалі. Це необхідно робити для надійного визначення розрахункового рівня води, який згодом буде відповідати виміряній витраті води. Також при вимірах витрат води визначають повздовжній уклон водної поверхні по уклонним постамам або нівелюванням урізних кілків.

При вимірах витрат води застосовують такі способи: детальний, основний, скорочений та прискорений:

- **детальний спосіб** застосовують для вивчення особливостей швидкісного поля потоку та на знов відкритих створах в перші 2-3 роки роботи. Відстань між швидкісними вертикалями призначають рівномірно по ширині річки (табл. 5.1). При наявності різких переламів профілю дна швидкісні вертикалі слід призначати і в цих переламах. Біля заплави, де течія спокійніша, вертикалі розміщують рідше, а ближче до стрижня швидкісні вертикалі розміщують через одну промірну вертикаль.

- **основний спосіб** передбачає виміри витрат води мінімальною кількістю швидкісних вертикалей (не менше п'яти), а також точок на вертикалі (дві-три) за умови, що результати вимірів витрат води основним способом будуть відрізнятись від витрат, вимірянних детальним способом,

не більше ніж на $\pm 3\%$. Кількість швидкісних вертикалей і їх розміщення на створі здійснюють на основі аналізу 20-30 витрат, виміряних детальним способом в різні сезони року при різних умовах.

- **скорочений спосіб** передбачає визначення витрат води на одній або двох точках на вертикалі при вільному руслі і двох-трьох при льодоставі або при заростанні русла. Кількість і розміщення швидкісних вертикалей та точок вимірів швидкостей на них визначається на основі ретельного аналізу даних, одержаних в результаті вимірів витрат води детальним та основним способом. Застосування скороченого способу доцільно на річках з стійким руслом, коли необхідні часті та швидкі виміри витрат води при несталому русі води.

Швидкісні вертикалі закріплюють на настилі місточків, марками на розтягнутому тросі або засічками теодолітом з берега чи секстантом з судна (рис. 5.7 а,б, в). Місця вертикалей на широкій заплаві закріплюють стовпами, на яких роблять надпис номерів вертикалей.

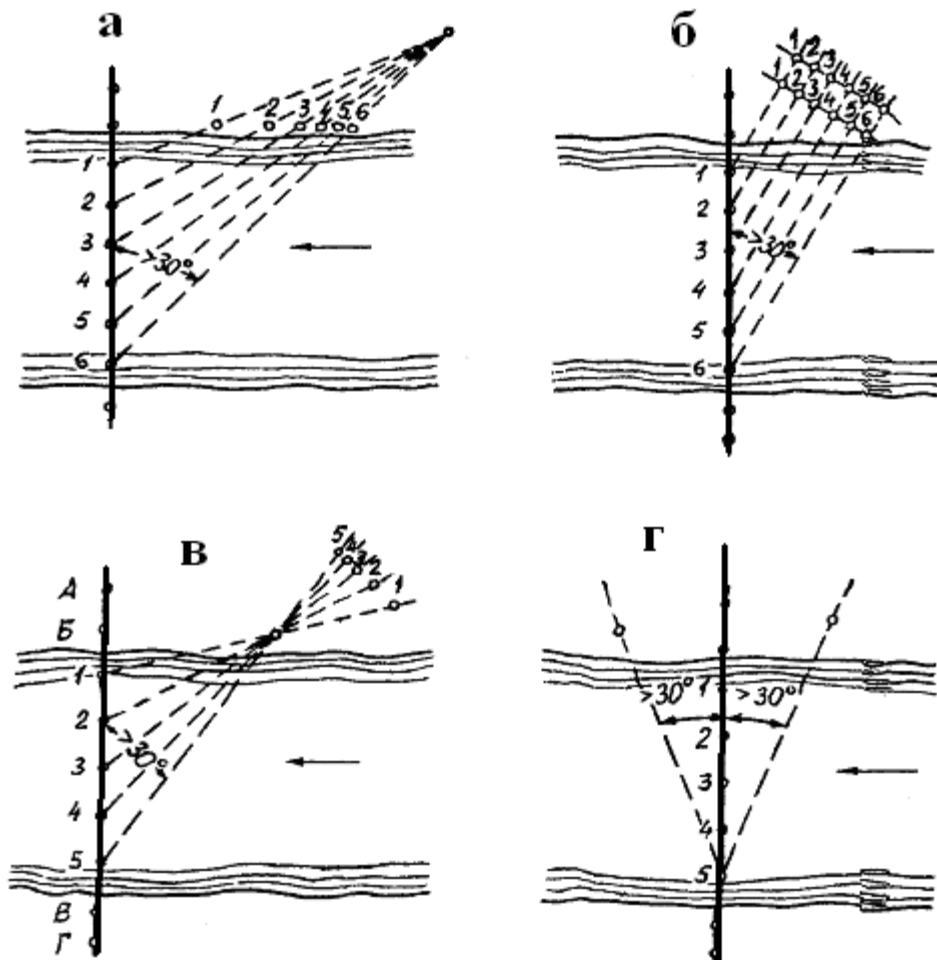


Рис. 5.7 – Схема косих та віялових створів для закріплення швидкісних вертикалей на широких річках.

Вимірювання витрати води гідрометричним млинком на річках і каналах проводиться двома способами - точковим та інтеграційним, а результати вимірювання витрати заносяться до польової книжки КГ-3М(н) (або КГ-3 для детального, КГ-4 для основного способу).

Основним способом вимірювання витрати води гідрометричним млинком на річках і каналах є **точковий спосіб**, який в залежності від кількості швидкісних вертикалей, точок вимірювання швидкості на вертикалі та часу вимірювання швидкості в точці поділяється на варіанти - детальний, основний, скорочений та прискорений. Алгоритм дій по вимірюванню та обчисленню витрат води гідрометричними млинками розглянуто на практичній роботі № 6.

Розрахункова формула повної витрати води:

$$Q = kv_1w_1 + \frac{v_1 + v_2}{2}w_2 + \dots + \frac{v_{n-1} + v_n}{2}w_{n-1} + k v_nw_n, \quad (5.1)$$

де $v_1, v_2 \dots v_n$ – середні швидкості на вертикалях; $w_1, w_2 \dots w_n$ – площі живого перерізу між швидкісними вертикалями; k – прибережний коефіцієнт, який вводиться для прибережних відсіків і залежить від характеру берега.

Схематизація створу на відсіки показана вище (рис. 5.8-5.9).

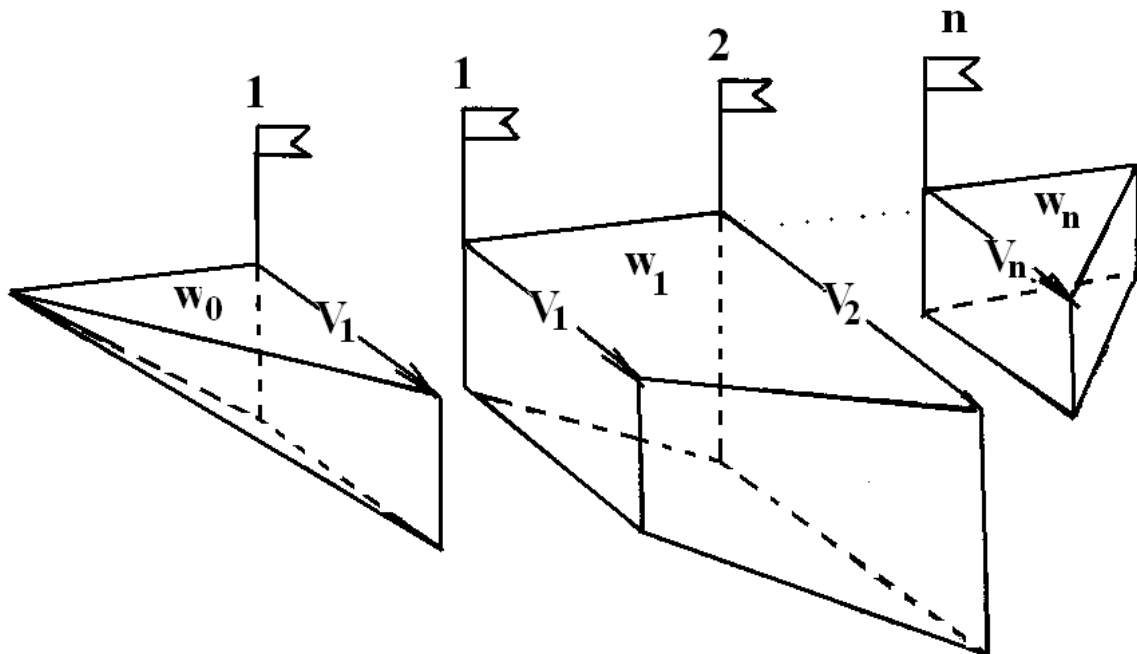


Рис. 5.8 – Схема до обчислення витрати води аналітичним способом

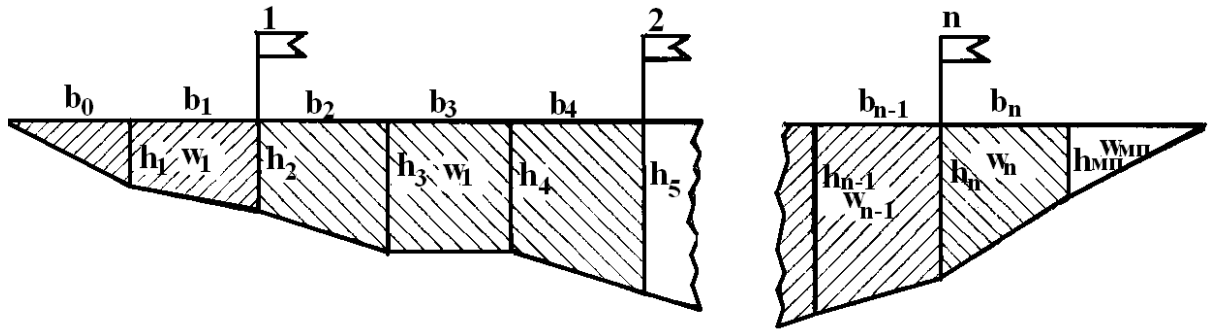


Рис. 5.9 – Схема до обчислення часткових площ живого перерізу

5.4 Визначення витрат води гідрометричними поплавцями

Глибинні поплавці використовуються для вимірів при малих швидкостях течії (до 0,20 м/с), коли млинкові заміри недостатньо надійні, також їх добре використовувати для визначення меж мертвого простору. Порядок виконання промірів глибин, операції по визначенню площі живого простору і призначення швидкісних вертикалей такий же, як при замірах млинком. Швидкості течії вимірюються в тих же точках, що і при основному способі визначення витрати води млинком. Швидкості вимірюються з човна, на якому із трьох горизонтальних рейок закріплені три створи: верхній, середній та нижній. Рейки розміщують на відстані 1 м одна від одної і скріплюють жорсткою рамою (схема на рисунку 5.10).

Швидкість в точці обчислюється діленням довжини базису – відстань між створами, на середню тривалість переміщення поплавця. Витрата води розраховується аналітичним способом аналогічно витраті води, виміряної млинком.

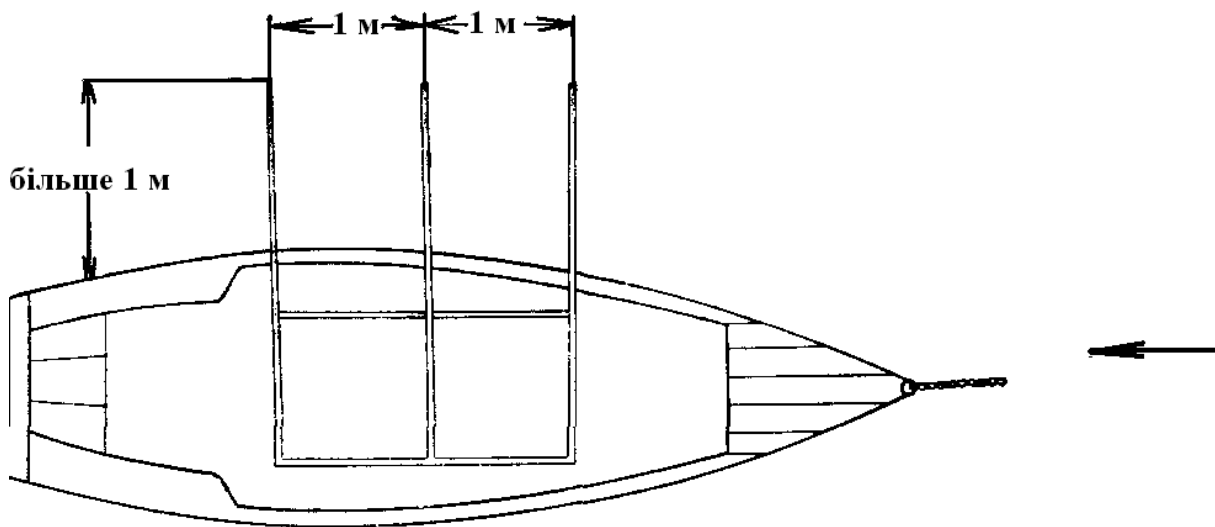


Рис. 5.10 – Схема обладнання човна для вимірювання швидкостей глибинними поплавцями

Поверхневі поплавці дають приблизні результати, тому їх використовують при рекогносцирувальних обстеженнях річок, при малих швидкостях течії та інших умовах. При льодоході, льодоставі і вітрі більше 6 м/с їх не використовують. Для роботи вибирається прямолінійна ділянка річки з одноманітними глибинами, шириною та повздовжнім уклоном водної поверхні. Довжина ділянки звичайно приймається трьох - п'ятикратною ширині річки. На березі паралельно основному напрямку течії прокладають магістраль і перпендикулярно до неї закріплюють три створи: верхній, середній та нижній (схема на рисунку 5.11). Відстань між крайніми створами визначають з такою умовою, щоб тривалість руху поплавців між ними була не менше 20 секунд. Якщо не можливо пустити поплавці по всій ширині річки, наприклад, на річках з швидкою течією, де поплавці зносяться до середини потоку, витрати води визначаються по найбільшій поверхневій швидкості.

Гідрометричним створом слугує середній створ, а верхній та нижній створи розміщуються паралельно йому на однакових відстанях. В 10 м вище верхнього створу призначають пусковий створ, з якого при вимірах швидкості течії запускають поплавці так, щоб при наближенні до верхнього створу кожен поплавець набирав швидкості течії, в якій він переміщується. Всі створи закріплюють на обох берегах тичками.

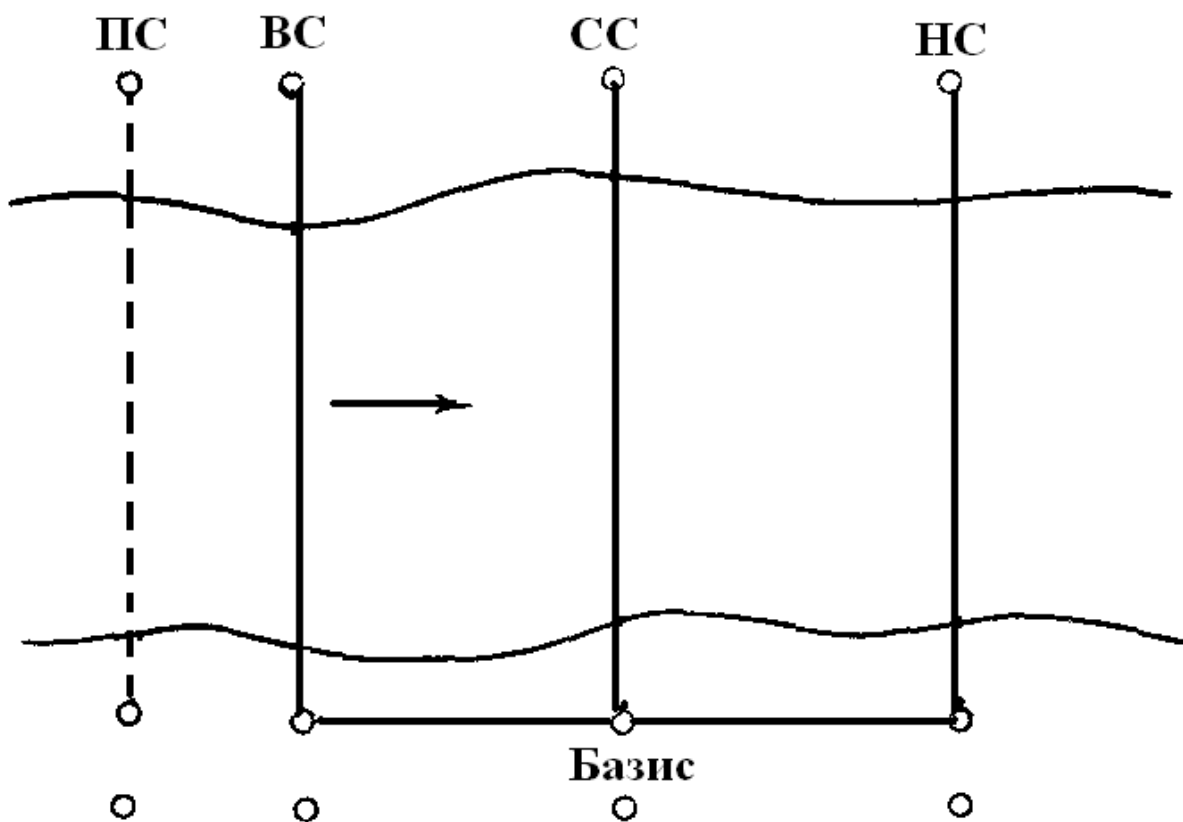


Рис. 5.11 – Схема розташування створів для вимірювань витрати води поплавцями

В книжці КГ-7М(н) будують епюру швидкостей поплавців (рис. 5.12), яку використовують в розрахунках. Детально вимірювання і обчислення витрат води поверхневими поплавцями розглянуто в практичній роботі №5.

В підсумку отримують фіктивну витрату води, яку перераховують в дійсну витрату Q_d :

$$Q_d = KQ_f, \quad (5.2)$$

де K - перехідний коефіцієнт від фіктивної витрати до дійсної.

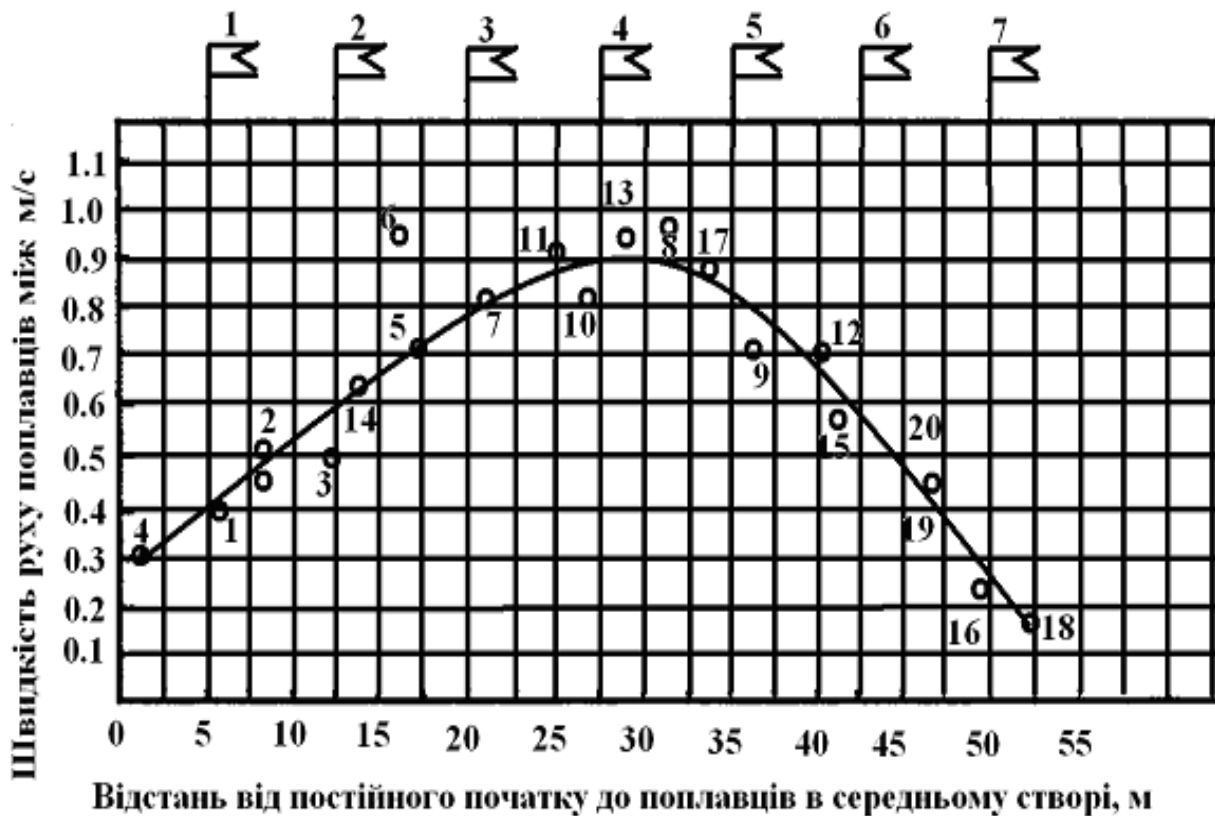


Рис. 5.12 – Епюра розподілу швидкості руху поплавців по ширині річки

Питання для самоперевірки

1. Основні методи визначення витрат води.
2. Математична реалізація моделі «швидкість – площа».
3. Вимоги до розміщення гідроствору для вимірювання витрат води.
4. Методи визначення справжнього напрямку гідроствору.
5. Обладнання гідроствору, закріплення швидкісних вертикалей.
6. Обчислення витрат води, виміряних гідрометричними млинками.
7. Обчислення витрат води, виміряних поверхневими поплавцями.

6 ВИВЧЕННЯ ЛЬОДОВОГО РЕЖИМУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

6.1 Програми спостережень

Дослідження та прогноз елементів льодового режиму водних об'єктів має велике науково – практичне значення. Льодовий режим досліджується шляхом проведення натурних спостережень (по стандартній і спеціальній програмам).

Стандартна програма передбачає проведення спостережень в межах посту: строків настання і ходу розвитку окремих фаз льодового режиму (утворення шуги, льодохід, льодостав, скресання); вимірювання товщини льоду і снігового покриву на ньому; тощо.

Спеціальна програма передбачає проведення спостережень поза межами посту: за льодовими явищами; ходом заторно – зажорних процесів; розподілу товщини льоду на певних територіях (льодомірна зйомка); вимірювання витрат льоду і шуги; дослідження деформацій льоду; за розвитком ополонки в нижніх б'єфах гідроелектростанцій та ін.

Програми та методики спеціальних спостережень повинні відображати особливості місцевих умов та технічні можливості.

В льодовому режимі водних об'єктів виділяють три періоди: замерзання, льодостав, скресання. Процес замерзання відбувається поступово – вода охолоджується, в ній утворюються малі кристали льоду, які потім змерзаються в суцільну масу (сало), утворюються маси плавучого або зануреного льоду (льодохід, шугохід), потім відбувається наростання та переніс льоду у потоці (льодохід, шугохід), згодом проходить накопичення льоду (затори, зажори), формується суцільний льодовий покрив. Протягом зими льодовий покрив відчуває деформації (динамічні, термічні). Навесні поступово проходить скресання льоду.

6.2 Основні роботи під час льодомірних спостережень

Щоденні спостереження за льодовою обстановкою на посту проводять двічі на добу у стандартні строки або частіше. Додатково проводять маршрутні дослідження льодової обстановки в районі поста, складають описи, карти льодової обстановки, рисунки, фотографії.

При описі виділяють три градації густоти льодоходу (шугоходу) – рідкий (до 0,3 площі перерізу), середній (0,4-0,6), густий (0,7-1). Матеріали льодових спостережень з книжок КГ-1 переносять у вигляді умовних знаків в таблицю „Щоденні рівні води” Гідрологічного щорчника.

При вимірюванні *товщини льоду і снігу* спочатку визначають середню товщину снігу в трьох точках навколо майбутньої лунки (точність ± 1 см). Далі визначають характер поверхні льоду (рівний, нерівний,

тороси). Потім влаштовують лунку (пішнею або буром) і вимірюють товщину льоду (шуги). Результати заносять у книжку КГ-1 М(Н). Обробка результатів льодомірних спостережень полягає у визначенні середніх арифметичних з показів спостережень за льодовими явищами.

Товщина льоду вимірюється в постійних точках: біля берега і посередині (великі і середні річки) або лише на середині (малі річки). Ділянка повинна мати глибини не менше 1,5-2,0 м та не промерзати до дна навіть в дуже холодні зими. Виміри товщини льоду менше 30см та в період танення виконують по пентадам (5, 10, 15, 20, 25 числа та в останній день місяця), а при товщині льоду більше 30см - по декадам (10, 20 та в останній день місяця). Льодомірні роботи виконують лише в світлий період доби, вихід на лід дозволяється при товщині льоду не менше 7 см і при суворому виконанні вимог ТБ.

Для пробивання льоду використовують відповідні прилади.

Льодовий бур ГР-4 має свердло діаметром 4 см і коловорот для його обертання, металеву льодомірну рейку (поділк через 1 см) з упором, який після занурення низу рейки під лід горизонтально відкидається пружиною.

Бур льодовий ГР-113 (рис.6.1, а) зі зйомними ножами, ручний, довжина свердла 120 см, діаметр 8 см.

Льодовий бур ГР-7 (рис. 6.1, б) має свердло діаметром 7 см, в лунці можна виміряти товщину льоду, глибину промірним лотом, температуру води термометром в оправі. Льодомірна рейка має поділки також через 1 см, її нижній кінець зігнутий під прямим кутом.

Льодовий кільцевий бур ПВ-8 (рис 6.1, в) має сталеве кільце з різцем, шток і коловорот з двома ручками. Можна робити ополонки при товщині криги до 2 м і відбирати при цьому зразки льоду для вивчення будови льодового покриву. Кільця є діаметрів: 120, 180, 210 і 310 мм.

Механізований льодовий бур ГР-54 застосовують при великому обсязі льодомірних робіт і значній товщині льоду. Діаметр бура 10 см, працює він за допомогою двигуна, що прискорює роботу в 10 разів.

Бур льодовий механічний ГР – 114 має зйомний шнек з різальною голівкою з бензомотора пилки “Дружба-4”. Свердло діаметром 10 см, таким буром можна просвердлити до глибини 2м.

Льодомірна рейка (рис.6.1 г,д) довжиною 120 см з сантиметровою шкалою. На нижньому кінці рейки є відкидна планка – опора, для сполучення нуля рейки з нижнім краєм льоду.

Льодоснігомірна рейка з підкосом ГР-31 (рис. 6.2) довжиною 150 см, поділки через кожні 2 см, призначена для вимірів товщини льоду в лунках. Нульова поділка співпадає з площиною підкосу. Верхній кінець гострий з металевією окантовкою для виконання снігомірних робіт.

Радіолокаційний вимірювач “Метель” призначений для електромагнітного вимірювання товщини льоду, розміщується на

снігоході, застосовується при льодомірних зйомках. Товщина льоду вимірюється від 15 см до 3-х метрів з похибкою 8 – 10%.

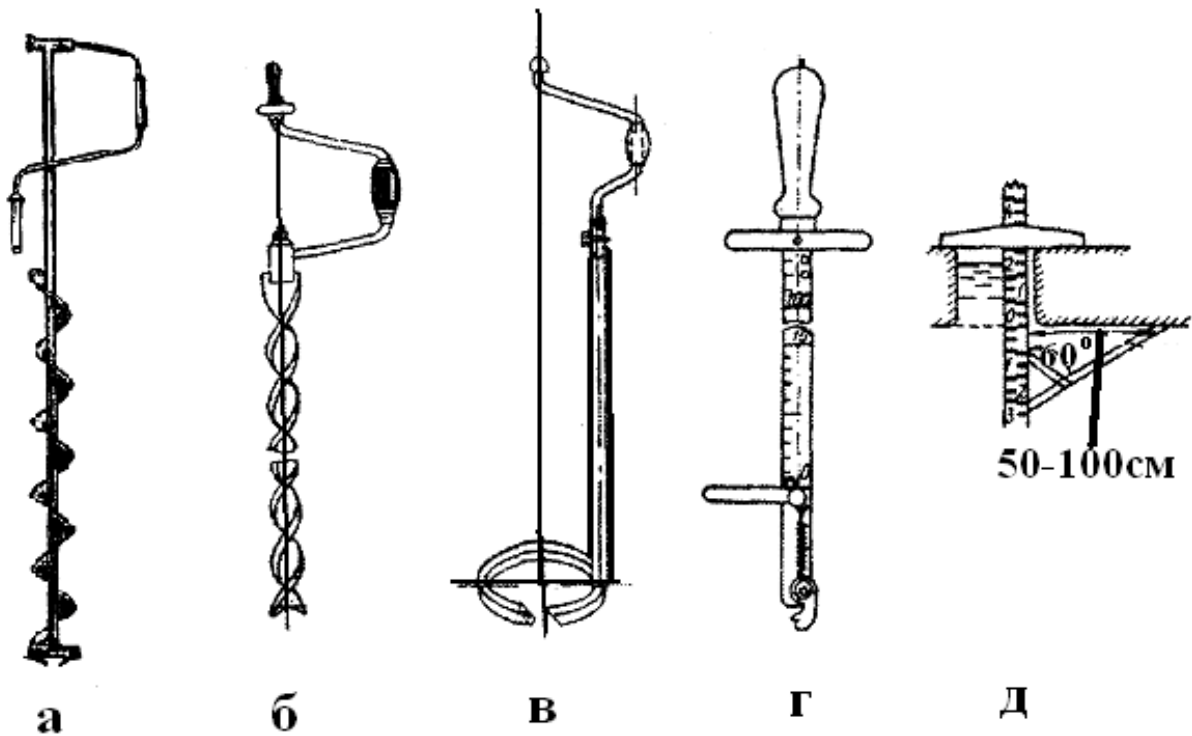


Рис. 6.1 – Прилади для льодомірних робіт: а) бур льодовий ГР-113; б) бур льодовий ГР-7; в) бур льодовий ПВ-8; г, д) льодомірна рейка.

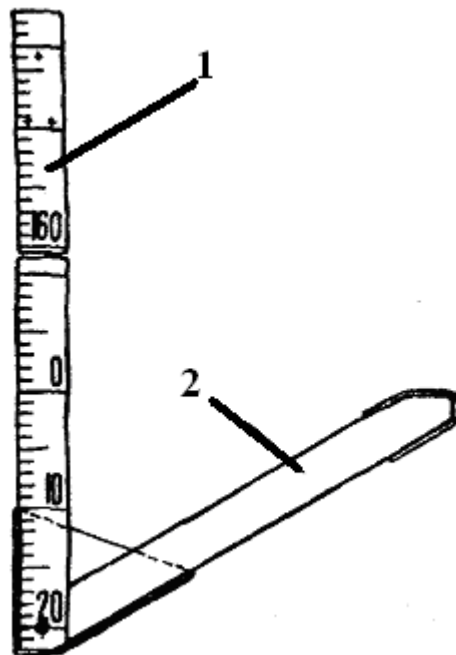


Рис. 6.2 – Льодоснігомірна рейка з підкосом ГР-31: 1 – рейка; 2 – підкос.

В зимовий період на річках утворюється шуга, її товщина під льодом виміряється спеціальними шугомірними рейками або шугомірною планкою в тих же свердловинах, де вимірюється товщина льоду.

Шугомірна рейка (довжина 3-6 м, поділки через 5 см) має внизу гострий металевий наконечник і відкидну планку. Для вимірювання товщини шуги рейку з планкою у вертикальному положенні занурюють у воду, відпускають трос (планка стає горизонтально), рейку піднімають вгору до упору планки в нижню поверхню шуги. У цьому положенні рейки роблять відлік на рівні води в лунці. Для виймання рейку опускають униз, тросом планку приводять у вертикальне положення.

Льодомірну зйомку проводять двічі на рік (на початку і в кінці зими). Перші 3 зими проводять детальні зйомки, надалі на річках зі сталим льодовим покривом зйомки роблять раз у 10 років; на річках з несталим льодовим покривом щороку ведуть скорочені зйомки протягом 10 років.

На малих річках льодомірна зйомка полягає у вимірюванні товщини льоду в одній лунці у створі поста, додатково 10, 20 числа і в останній день місяця вимірюють товщину льоду в п'яти лунках по фарватеру через 25 м залежно від особливостей русла на ділянці поста (плеси, перекати).

На великих річках льодомірні зйомки проводять на ділянці поста по п'яти профілям відносно магістралі, на кожному профілі в 7 точках.

Після льодомірної зйомки складають план зйомки, поперечні профілі і додають пояснювальну записку. Результати зйомки наносять на план інструментальної або окомірної зйомки.

Спостереження за внутриводяним льодом (шугою) проводять щодня з моменту її появи до льодоставу (на незамерзаючих ділянках спостереження проводять всю зиму). Для цього застосовують спеціальну металеву сітку, яку зважують без льоду, опускають і витримують на певній глибині з 20 до 8 години, виймають і зважують з льодом. Різниця мас дає вагу донного шуги. Після підйому сітки записують вид, форму і розміри кристалів донного льоду.

На шугоносних річках для обслуговування зацікавлених організацій проводять спеціальні спостереження за утворенням і рухом шуги. Спостереження проводять у створі водомірного поста або в іншому місці, звідки добре видно рух шуги.

Для визначення кількості шуги на одиницю площі застосовують **шугобатометр ГР-3М** (рис. 6.3), який складається з металеві кватратної труби площею 50 см² і завдовжки 1 м. До комплекту приладу входять також шугомірна рейка, цебро і ваги. До нижнього кінця труби прикріплено сталевий башмак із загостреними краями. Для затримання шуги, яка потрапила в батометр, у нижній частині труби є кришка, що відкривається всередину. Вода з труби витікає через отвори. Щоб узяти пробу шуги, батометр втискають у шар шуги. Товщину шару шуги в трубі вимірюють рейкою. Потім шугу з труби висипають у цебро і зважують з

точністю до 50 г вагами. Щоб одержати кількість шуги в т/м², потрібно вагу шуги в грамах, віднесену до площі в 1 см², поділити на 100.

Швидкість руху шуги визначають часом проходження окремими, добре помітними накопиченнями шуги ділянки завдовжки 25-100 м, як і при вимірюванні швидкості течії води поплавцями.

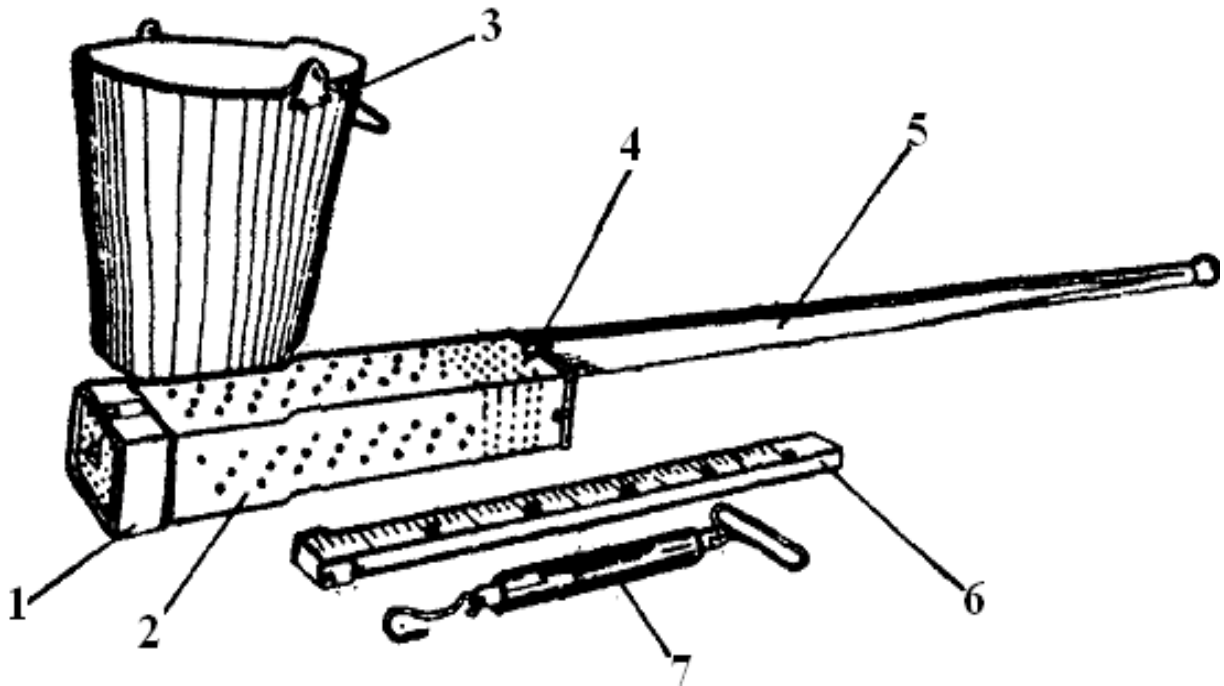


Рис. 6.3 – Шугобатометр: 1 – сталевий башмак; 2 – труба; 3 – цебро; 4 – вушки для тросу; 5 – ручка; 6 – рейка; 7 – ваги

Взимку також виконують інші стандартні види досліджень (водомірні спостереження, вимірювання витрат води і наносів, гідрохімічні роботи), які, втім, мають специфіку, враховуючи зимові погодні умови і вимоги техніки безпеки.

Питання для самоперевірки

1. Програми спостережень за льодовим режимом річок.
2. Порядок і прилади виконання льодомірних вимірювань.
3. Льодомірні зйомки та складання планів льодової ситуації.
4. Шугомірні спостереження.

7 ВИВЧЕННЯ ТВЕРДОГО СТОКУ І ДОННИХ ВІДКЛАДІВ

7.1 Елементи твердого стоку

У річкових водах завжди є певна кількість твердих частинок (наносів) і розчинених речовин. Тверді частинки мінерального та органічного походження, які переносяться водою, називаються **наносами**.

Загальна кількість твердих частинок та розчинених речовин, яку проносить річка за певний часовий період, називається **твердим стоком**.

Наноси утворюються внаслідок ерозії. Розчинені речовини у воді присутні внаслідок потрапляння у річку підземних вод, розчинення тих гірських порід, які залягають в річковому басейні, антропогенних процесів. Вивчення стоку наносів має велике значення і полягає у встановленні залежностей витрат наносів від гідравлічних характеристик потоку.

Наноси у водному потоці поділяють на **завислі**, які перебувають в завислому стані в товщі води, і **донні** (рухомі), які переміщуються в придонному шарі. Такий поділ наносів умовний, тому що при зміні швидкості потоку наноси можуть переходити від здійсненого стану до придонного і навпаки, але методично такий поділ виправданий, бо вимірювання завислих і донних наносів проводять різними методами.

Витрата наносів – це кількість наносів, яку проносить вода через поперечний переріз річки в одиницю часу.

Стік наносів (P , кг) – це кількість наносів, яку проносить вода через поперечний переріз за певний проміжок часу (доба, місяць, рік).

Вимірюються витрати наносів у вагових одиницях за секунду (кг/с). Звичайно при гідрометричних вимірах окремо вимірюються **витрати завислих наносів** (R , кг/с), **витрати донних наносів** (G , кг/с) та **витрати розчинених речовин** (S , кг/с).

Визначення вказаних витрат ґрунтується на врахуванні таких характеристик, як мутність води, елементарні витрати рухомих наносів та мінералізація води.

Мутність води в окремих точках визначається кількістю наносів в одиниці об'єму та виражається залежністю:

$$\rho = \frac{P_n 10^6}{A}, \quad (7.1)$$

де P_n – маса наносів в пробі, г; A – об'єм проби води, мл; ρ – мутність води, г/м³.

Елементарна витрата рухомих наносів – це кількість наносів, яка переміщується через одиницю довжини змоченого периметра за секунду:

$$q = \frac{100P_d}{tl}, \quad (7.2)$$

де P_d – маса наносів в пробі, г; t – час відбирання проби, с; l – ширина вхідного отвору приладу, см; q – елементарна витрата донних наносів, г/(м/с).

Мінералізація води (α , г/м³) визначається по відношенню сухого залишку в відібраній пробі води до об'єму проби:

$$\alpha = \frac{P_c 10^6}{V}, \quad (7.3)$$

де P_c – вага сухого залишку, г; V – об'єм проби води, мл.

Вивчення твердого стоку дозволяє оцінити річний стік завислих, донних наносів та розчинених речовин і його внутрішньорічний розподіл, гранулометричний склад завислих і донних наносів, сольовий склад води. Такі відомості досить важливі для раціонального використання водойм.

На розподіл наносів в живому перерізі потоку впливає їх крупність, існує дві характеристики крупності – геометричний розмір частинок та гідравлічна крупність.

Гідравлічна крупність Z (мм/с) – це швидкість вільного рівномірного падіння частинок в нерухомому водному середовищі.

Класифікацію наносів по розмірам частинок подано в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Поділ річкових наносів по розміру частинок (мм)

Градації фракцій	Фракції						
	Глина	Мул	Пил	Пісок	Гравій	Галька	Валуни
дрібні	<0,001	0,001-0,005	0,01-0,05	0,1-0,2	1-2	10-20	100-200
середні	-	-	-	0,2-0,5	2-5	20-50	200-500
крупні	-	0,005-0,01	0,05-0,10	0,5-1,0	5-10	50-100	500-1000

Відповідність між розміром частинок та гідравлічною крупністю дано в таблиці 7.2 для температури води 15° С. Такий зв'язок дозволяє виконати механічний аналіз найменших частинок наносів. При використанні цієї таблиці в умовах іншої температури необхідно вводити поправки.

Характер руху частинок пов'язаний з характеристиками частинок (розмір, форма, щільність) і особливостями водного потоку (швидкісне поле) в якому вони переміщуються.

Таблиця 7.2 – Значення гідравлічної крупності та геометричних розмірів частинок наносів

Діаметр частинок, мм	Гідравлічна крупність, мм/с	Діаметр частинок, мм	Гідравлічна крупність, мм/с
0,001	0,0008	1,2	128
0,005	0,02	1,5	154
0,01	0,08	1,8	177
0,05	1,95	2,0	192
0,1	6,10	2,2	204
0,2	17,4	2,5	227
0,5	55,5	3,0	242
1,0	110		

Завислі наноси переносяться потоком води завдяки турбулентному режиму руху води (наявність вертикальної складової швидкості). Якщо вертикальна складова швидкості більша за гідравлічну крупність частинок, то вони можуть підійматись високо. Розподіл зважений наносів по живому перерізу узгоджується з полем швидкостей, у дна ця закономірність порушується. На ділянках з великими швидкостями течії (перекатах) утворюються ями через масове здійснення частинок з дна, на більш спокійних ділянках (плесах) частинки акумулюються (осідають).

Донні наноси переміщуються в придонному шарі потоку перекочуванням та ковзанням. Рідше відмічається стрибкоподібний характер переміщення частинок (сальтація). Рух частинок починається по досягненні критичної швидкості течії. В придонному шарі рух наносів складний через велику турбулентність.

На рівнинних річках з піщаним дном формуються пасма (піщані вали) різного розміру. Переформування пасм нестабільне і залежить від водного режиму річки, швидкостей в придонному шарі. Переміщення пасм схоже на рух хвиль по воді (рис. 7.1). На гірських річках з кам'янистим дном, складеним крупним гравієм, галькою або валунами, характерним є режим перекочування, а для більш малих фракцій – сальтація, при цьому донні пасма не утворюються.



Рис. 7.1 – Схема переміщення донних пасм

7.2 Виміри кількісних характеристик завислих наносів

Показником вмісту завислих наносів у воді виступає її мутність, яку визначають шляхом відбору проб води приладами-батометрами (миттєвого, поступового наповнення) або вимірюють фотометрично.

Батометри миттєвого наповнення дозволяють визначити миттєві значення мутності, що важливо в експериментальних роботах. При цьому в кожній точці відбирають декілька окремих проб. До цього типу відноситься **батометр М.М.Жуковського**, який являє собою циліндр з двома суцільними корками. Після установки батометра в точку через опускаючий пристрій корки батометра зачиняються, ізолюючи частину потоку, який до того вільно перетікав через циліндричну камеру.

В гідрометрії широко застосовують батометри поступового наповнення, які дають більш точні значення мутності: батометр-пляшка на штанзі (ГР-16М), батометр-пляшка на вантажі (ГР-15М), вакуумний батометр (ГР-61М), батометр – тахіметр.

Батометр-пляшка на штанзі ГР-16 застосовується на рівнинних річках, складається з літрової пляшки в металевій оправі, закріпленої на штанзі під кутом 25° до горизонталі. Горловину пляшки закриває металева головка з повітрявідвідною і водозабірною трубками, що протилежно спрямовані. На кінці трубок нагвинчуються насадки, діаметр яких залежить від швидкості течії. Нахилене положення батометра покращує умови входу води в нього та забезпечує його експлуатацію при глибинах від 0,5 до 2,5 м та швидкості течії до 1,5-2,5 м/с. Прилад дозволяє брати проби води на мутність точковим та інтеграційним способами. Для взяття проби води прилад на штанзі занурюють у воду так, щоб водозабірна трубка була проти течії, і витримують його в точці доти, поки пляшка не наповниться на 90-95% об'єму. Взятую пробу з батометра переливають у іншу пляшку і надсилають у лабораторію для визначення кількості завислих наносів. Перед переливанням проби з батометра визначають її об'єм, для чого на верхню частину батометра-пляшки наносять поділки через 40-20 мл і надписують цифри.

Батометр-пляшка на вантажі ГР-15М складається з рибоподібного вантажу, на якому розміщена пляшка з відповідними трубками та насадками, як і в ГР-16. Вантаж забезпечує стійкість у потоці, що дозволяє застосувати батометр як самостійно з лебідки, так і в складі дистанційних гідрометричних установок. Батометри ГР-15М можуть мати вантажі масою 15, 50, 75 кг, які розраховані на відповідні швидкості течії до 1 м/с, від 1 до 3 м/с та більше 3 м/с. Батометрами вагою 15 кг слід користуватися на рівнинних річках з швидкостями до 1 м/с і завглибшки до 10 м, батометрами у вазі в 50 кг - на річках з швидкістю до 2-3 м/с і завглибшки понад 10 м, батометрами у вазі в 75 кг - на гірських річках з швидкістю більш як 3,0 м/с. Вага в 50 і 75 кг дає змогу прикріплювати

одночасно і гідрометричний млинок для вимірювання швидкості течії води. Під час роботи батометр прикріплюють до троса і лебідкою опускають на потрібну глибину.

Батометри-пляшки призначені як для точкових, так і для інтеграційних вимірів мутності на вертикалях. При цьому об'єм проби, яка відбирається, повинен бути в межах від 800 до 950 мл, що дає гарантію репрезентативності проб, що відбираються.

Вакуумний батометр ГР – 61 призначений для відбору проб точковим та інтеграційним способом на гірських і великих річках при глибинах до 20 м і швидкостях до 2,5 м/с. Висотна межа використання батометру – не вище 2000 м БС (розміщення вакуумної камери над водою до 3-4 м). Принцип дії - примусове утворення вакууму в камері батометра, під дією якого вода з водойми засмоктується до камери по шлангу. Батометр складається з: вакуумної камери ємністю 3 л, ручного насоса та водозабірної насадки. У вакуумній камері є чотири крани, вакуумметр та оглядова щілина з шкалою. До приладу додається комплект насадок для регулювання швидкості надходження проби до камери в залежності від швидкості течії. При роботі з батометром водозабірну насадку ставлять в точку відбору проби, насосом утворюють початковий вакуум (в залежності від течії, довжини шлангу та висоти вакуумної камери над поверхнею води – визначається з доданої до приладу таблиці), проводять відбір проби і її злив. Точність роботи забезпечується щільним з'єднанням шлангів, добрим станом насоса, можливе заниження каламутності через неврахування крупних частинок наносів, які проскакують повз насадки.

Пробовідбірник наносів ОТТа (фірма ОТТ) використовують в закордонній практиці, він містить набір з 6 пляшок місткістю по 2л, наповнення яких від водозабірної насадки (відкоркування та закоркування пляшок) проводиться з електропульта. Вимірювання можуть бути точкові чи інтеграційні, глибини 0,2 – 20 м, швидкості течії 0,3 – 3 м/с.

Також для відбору проб води на мутність можна використати звичайні літрові пляшки, корки з яких висмикуються ланцюжком. Пляшки треба прикріпити до вантажу або штанги під кутом 25° до горизонту.

Для визначення мутності використовують фотометричний метод, котрий заснований на явищі ослаблення світла в мутній воді за рахунок розсіювання чи відбивання його від часток наносів. Такі прилади мають загальну назву **фотомутноміри**, вони фіксують зміни електричного струму, який виникає в фотоелементі під дією світлого потоку в водному середовищі з наносами.

Також застосовують фотоелектричний метод, фіксуючи зменшення світлового променя залежно від кількості наносів. Для цього в річці розміщують датчик, що фіксує послаблення світлового променя у воді під впливом наносів. Інтенсивність впливу світлового променя на фотоелемент

датчика записує осцилограф. Залежність концентрації завислих наносів від величини зменшення світлового променя встановлюють наперед.

В наукових дослідженнях для вимірювання витрат наносів використовують радіоактивні ізотопи. Для цього в річці розміщують джерело і детектор гамма-променів. Коли гама-промені проходять через шар води з наносами, інтенсивність їх випромінювання зменшується залежно від кількості твердих речовин (залежність інтенсивності випромінювання від кількості наносів встановлюють наперед).

Витрати завислих наносів вимірюють одночасно з вимірюванням витрат води (ті ж створи і швидкісні вертикалі) шляхом: відбору проб води (різними способами); визначення вмісту у воді наносів; обчислення значень мутності.

При дослідженні завислих наносів відбирають такі проби води:

- 1) проби на мутність для обчислення витрат наносів;
- 2) контрольні одиничні проби для встановлення зв'язку між мутністю одиничної проби і середньою мутністю річки;
- 3) проби для визначення крупності завислих наносів.

Перші проби беруться в точках, де вимірюються швидкості течії (або на швидкісних вертикалях при інтеграційному способі).

Контрольні проби відбираються для обчислення стоку наносів в тому ж місці живого перерізу, в якому проводиться відбір одиничних проб води на мутність.

На рівнинних річках на початковому етапі вивчення стоку наносів кількість вимірів витрат за рік повинна бути не менше 20-25, з найбільш повним висвітленням багатоводних фаз гідрологічного режиму. На гірських річках таких вимірів слід приводити до 30-40. Проби води відбирають такими способами: точковим, сумарним, інтеграційним.

Точковий спосіб – проби відбирають в окремих точках на швидкісних вертикалях, різновиди: детальний (поверхня, 0.2h, 0.6h, 0.8h, дно); основний (0.2h, 0.8h), скорочений (0,6h). При водній рослинності відбір проб проводиться в точках 0,15h; 0,5h; 0,85h або в точці 0,5h (при малих глибинах). Застосовується при середній мутності більше 100 г/м³, він точний та важкий, тому використовується в перший рік спостережень для обґрунтування переходу до менш трудомістких способів вимірів. Кожна проба обробляється окремо та далі використовується в розрахунках. Результати фіксуються в книжку КГ-5.

Сумарний спосіб застосовується при мутності до 50 г/м³ і полягає в об'єднанні проб об'ємом 1л, які відібрані в точках 0,2h і 0,8h в одну пробу для подальшої обробки та одержання середньої мутності на вертикалі. При мутності менше 20 г/м³ можна об'єднувати проби з усього живого перерізу. Об'єм точкових проб при цьому повинен бути однаковим, а сумарний об'єм через малу мутність повинен бути не менше 10л. Якщо

відбір проб виконувався одноточковим способом і сумарний об'єм менше 10л, то в точках відбору слід брати не по одній, а по дві проби.

Інтеграційний спосіб передбачає відбір проб на кожній швидкісній вертикалі шляхом плавного рівномірного переміщення батометра (забірної пристрою) від поверхні до дна та в зворотному напрямку. Він застосовується при швидких змінах рівня води з метою скорочення часу вимірювань. Результатом інтеграційного відбору проб є середня мутність на вертикалі. Інтеграційний спосіб застосовують при глибинах від 1 м до глибини, яка гарантує неповне заповнення ємності батометра при її витяганні з води.

Обов'язковими умовами при інтеграційному способі повинні бути:

- постійність швидкості переміщення батометра по вертикалі;
- неповне заповнення ємності батометра ($V_{\text{проби}} < V_{\text{приладу}}$).

Результати по сумарному і інтеграційному способам фіксують в книжку КГ-6. Незалежно від способів відбору проб їх об'єм визначають в залежності від мутності потоку (табл. 7.3), щоб забезпечити належну точність (маса наносів на фільтрі повинна бути не менше 0,1 г).

Контрольна одинична проба води на мутність відбирається при кожному вимірі витрат завислих наносів. Це виконується в постійному місці відбору одиничних проб води тими ж приладами і засобами. При помітних змінах мутності за період вимірів витрат води слід брати дві контрольні проби мутності: на початку і наприкінці вимірювання витрат. Об'єм контрольних проб визначається по величині мутності (табл. 7.3). Контрольні одиничні проби забезпечують визначення зв'язку між середньою мутністю води в річці та мутністю одиничної проби і можливість розрахунків щоденних витрат завислих наносів. Дані по таким пробам записують в книжку КГ-10.

Таблиця 7.3 – Залежність об'єму проби від мутності

Переважає мутність, г/м ³	Об'єм проби, л
>100	Не менше 1
5-100	2
20-50	5
<20	10

Проби для визначення крупності завислих наносів беруться під час вимірів витрат води і завислих наносів на всіх швидкісних вертикалях окремо від проб, які відбираються для вимірів витрат завислих наносів. При мутності більше 1000 г/м³ і плавній зміні її по ширині, кількість швидкісних вертикалей може бути скорочена вдвічі.

Прилади і засоби відбору проб на крупність такі ж, як і раніше при вимірах витрат наносів, але на відміну від останніх, проби об'єднуються в одну сумарну пробу по всьому перерізу потоку.

Як правило, проби для визначення крупності завислих наносів відбирають в характерні фази гідрологічного режиму – повінь, паводок, межень – не менше 4 проб за рік.

Розрахунок витрат завислих наносів ведуть аналітично чи графічно.

Перший спосіб набув більшого практичного застосування, другий дає точніші результати і використовується при детальному способі вимірів. Для розрахунків витрат завислих наносів необхідні дані вимірів витрат води та значення мутності, які одержані за підсумками аналізу проб води з наносами, які беруть в створі при вимірах витрат води. Для обчислення мутності проб використовують дані їх лабораторної обробки, мутність розраховують за формулою 7.1.

Аналітичний метод реалізується по способу відбору проб води.

Точковий спосіб відбору проб на мутність звичайно пов'язують з розрахунком середньої одиничної витрати завислих наносів для кожної швидкісної вертикалі. Формули визначення одиничних витрат на вертикалі ті ж, що й при визначенні середніх швидкостей:

– для відкритого русла:

$$\alpha_{сер} = 0,1(\alpha_{нов} + 3\alpha_{0,2} + 3\alpha_{0,6} + 2\alpha_{0,8} + \alpha_{дно}), \quad (7.4)$$

$$\alpha_{сер} = 0,5(\alpha_{0,2} + \alpha_{0,8}), \quad (7.5)$$

$$\alpha_{сер} = \alpha_{0,6}; \quad (7.6)$$

– заростаюче русло:

$$\alpha_{сер} = \frac{(\alpha_{0,15} + \alpha_{0,5} + \alpha_{0,85})}{3}, \quad (7.7)$$

$$\alpha_{сер} = \alpha_{0,5} \quad (7.8)$$

Індекси біля α позначають відносну глибину точки.

Витрату завислих наносів розраховують за формулою:

$$R = 0,001(K\alpha_1 w_0 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} w_1 + \dots + \frac{\alpha_{n-1} + \alpha_n}{2} w_{n-1} + K_n \alpha_n w_n), \quad (7.9)$$

де a_1, a_2, \dots, a_n – середні одиничні витрати завислих наносів на швидкісних вертикалях, г/(с·м²); K – коефіцієнт, який залежить від характеру розподілу швидкостей біля берегів (він такий, який береться при розрахунках витрат води); w_0, w_1, \dots, w_n – часткові площі живого перерізу, які визначаються як і при розрахунках витрат води.

При відборі проб мутності сумарним або інтеграційним способами по окремих вертикалях, мутності цих проб відповідають середній мутності на вертикалі.

Витрати завислих наносів в такому випадку визначаються з виразу:

$$R = 0,001(\rho_1 Q_0 + \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} Q_1 + \dots + \frac{\rho_{n-1} + \rho_n}{2} Q_{n-1} + \rho_n Q_n), \quad 7.10$$

де $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ – середні мутності на швидкісних вертикалях, г/м³; Q_0, Q_n – часткові витрати води в прибережних відсіках, м³/с; Q_1, Q_2, \dots, Q_{n-1} – часткові витрати води між сусідніми вертикалями, м³/с (часткові витрати води обчислюються при розрахунках витрат води).

Розрахунки середньої мутності річки виконують за формулою, яка наведена в графічному способі.

Якщо мутність потоку мала і доводиться в сумарному чи інтеграційному способі зливати разом проби води з усіх вертикалей, витрати завислих наносів розраховують за формулою:

$$R = 0,001 \rho_{сеп} Q, \quad (7.11)$$

де $\rho_{сеп}$ – мутність сумарної проби, г/м³; Q – витрата води, м³/с.

7.3 Виміри кількісних характеристик донних наносів

Величина стоку донних наносів на рівнинних річках становить не більш як 10% загальної кількості наносів. Але на гірських річках донних наносів набагато більше (близько 50%).

Для вимірів різних характеристик донних наносів послідовно виконується відбір проб наносів із річки та їх лабораторна обробка. Відбір проб наносів виконують приладами, які називають донними батометрами. Батометр ставлять на дно і витримують визначений проміжок часу. Батометр виловлює наноси на ділянці дна поперечного перерізу, яка по ширині дорівнює ширині вхідної частини приладу. Потім, після підйому батометра, визначають об'єм, масу проби та її гранулометричний склад.

З врахуванням крупності фракцій наносів батометри поділяються на дві групи – батометри для малих донних наносів (пісок, гравій) та батометри для великих донних наносів (гравій, галька).

Визначення витрат донних наносів батометрами першої групи на рівнинних річках дають значні похибки. Кращі результати в цих умовах дають засоби визначення стоку донних наносів по об'єму відкладів в відстійниках та водосховищах та по реєстрації елементів рухомих пасм.

На гірських річках з крупними фракціями донних наносів (галька, валуни) і великими швидкостями течії води вплив приладу на транспорт наносів незначний, що дозволяє використовувати для відбору проб сітчасті батометри, незважаючи на те, що і для них необхідно удосконалення.

Батометр "Дон" використовується в руслах з піщаними та гравійними наносами розміром до 1 см. Маса приладу 30 кг, він складається з двох основних частин – пастки та кожуха. В пастку вкладається рама з перетинками для затримання наносів. Час витримки приладу – до 10 хвилин.

В батометрах для відбору крупних фракцій на гірських річках основною частиною є сітчасті ящики або мішки.

Батометр Шамова складається з корпусу, сітчатого ящика, керма і пристрою для опускання та підйому. Прилад застосовують з лебідки, швидкість потоку має не перевищувати 2 м/с.

Батометр-сітка ДГІ складається з металевої рами 20x20 см і прикріпленої до неї дротяної сітки. Прилад встановлюють на дно за допомогою штанги. Прилад не застосовують при течії більше 2м/с, є труднощі застосування на гірських річках, нема єдиного часу витримки в точці, наноси уловлюються не повністю.

Батометр-сітка Пі-29 призначений для відбору рухомих частинок діаметром від 5 до 100 мм (є дві сітки) зі штанги довжиною до 6 м при швидкості течії до 4 м/с. Батометр складається з установлених на штанзі сітчастої пастки і лебідки. Пастка - сітчатий мішок і рамка - є робочою частиною батометра, що ловить наноси.

Реєстратор Соловйова - фіксує кількість наносів на основі ефекту ударів рухомих частинок об чутливий фотоелемент. Прилад складається з спеціальної штанги, п'єзоперетворювача і аналізатора імпульсів і може працювати в дистанційному режимі на шести каналах, реєструючи кількість частинок, які ударяють по штанзі у відповідних інтервалах крупності (масою від 0,00155 до 0,765 кг і при швидкості руху до 2 м/с). Помножуючи площу фотоелемента на силу ударів часток прилад одразу обчислює елементарну витрату донних наносів.

Виміри витрат донних наносів поєднують з вимірами витрат води і завислих наносів. Проби донних наносів беруть на всіх швидкісних вертикалях гідрометричного створу. Для взяття проб донних наносів батометр опускають на дно і тримають його там стільки часу, щоб у

прилад потрапило не менш як 50 г наносів (до 10 хв). На кожній вертикалі проби беруть не менше трьох разів і обов'язково з однаковим часом витримки батометра, щоб запобігти помилці. За розрахункову величину беруть середнє значення з усіх вимірів.

Наноси з уловлювача перекладають спочатку в таз, а потім у мірний циліндр (мензурку) для визначення об'єму проби. Об'єм проби наносів вимірюють через 5-10 хв після ущільнення їх. Потім проби наносів просушують на повітрі, пересипають в окрему банку або торбинку і надсилають у лабораторію для визначення ваги і крупності наносів. Якщо проби донних наносів складаються з крупних фракцій (галька, гравій), то об'єм проб не визначають.

Обчислення витрати донних наносів проводять графічним і аналітичним способами. Незалежно від прийнятого способу обчислення спочатку для кожної швидкісної вертикалі, де було взято проби, визначають величину елементарної витрати донних наносів за формулою:

$$g_{\partial} = \frac{100P_{\partial}}{tl}, \quad (7.12)$$

де m - вага наносів у пробі, г; t - тривалість витримки батометра в точці спостереження, с; l - ширина вхідного отвору батометра, см.

Загальну витрату донних наносів обчислюють за формулою:

$$G_1 = 0.001 \left(\frac{g_1}{2} b_0 + \frac{g_1 + g_2}{2} b_1 + \dots + \frac{g_{n-1} + g_n}{2} b_{n-1} + \frac{g_n}{2} b_n \right), \quad (7.13)$$

де g_1, g_2, \dots, g_n - елементарні витрати донних наносів на відповідних вертикалях, г/м;

b_1, b_2, \dots, b_n - відстань між швидкісними вертикалями, м;

b_0, b_n - відстань між крайніми вертикалями і урізами води, м.

Графічний спосіб обчислення витрати донних наносів полягає в тому, що підраховані за формулою елементарні витрати донних наносів наносять на рисунок живого перерізу річки зверху від поверхні води і по одержаним точкам будують епюру розподілу елементарних витрат донних наносів по ширині річки. Площа епюри, визначена планіметром, кількісно дорівнює величині загальної витрати донних наносів.

7.4 Визначення характеристик донних відкладів

При гідролого-гідрохімічних та гідробіологічних дослідженнях, а також при вивченні деформації русел річок, каналів, берегів водосховищ та їх замулення, необхідно знати склад донних відкладів.

Донні відклади в річках – це тимчасово нерухомі наноси, які беруть участь в процесі розмиву та акумуляції в різних фазах режиму і залягають на дні річки шаром певної потужності. Донні відклади в озерах, водосховищах беруть участь в процесі акумуляції і мають більш малі розміри фракцій порівняно з річковими.

Донні відклади відіграють важливу роль у формуванні якості води, на них інтенсивно відбуваються сорбційно-десорбційні процеси присутніх у воді хімічних речовин; зокрема, донні відклади є добрими індикаторами забруднення природних вод сполуками важких металів.

За походженням донні відклади поділяються на мінеральні (намули, глини, піски, гравій, галька) і оргеногенні (сапропель), які входять до складу озерних відкладів. Для вивчення будови і складу донних відкладів беруть проби ґрунту дна на відповідній ділянці річки або водойми. На гідрометричних створах проби донних відкладів беруть одночасно з пробамися завислих і донних наносів на всіх швидкісних вертикалях. Вивчення донних відкладів на водосховищах проводять в основному за спеціальною програмою, яка передбачає строки і кількість взяття проб. На стаціонарній гідрологічній мережі проби беруть на основному гідростворі в основні фази режиму водного об'єкта. При водотехнічних дослідженнях місце відбору проб визначається конкретним місцем досліджень, все залежить від поставленої мети. Відібрані проби повинні достатньою мірою характеризувати змінність крупності наносів по ширині потоку. Тому в різних точках одночасно можуть відбиратись від 5-ти до 10-ти проб. Винятком є спеціальні дослідження донних відкладів, які передбачають більш значну деталізацію їх вивчення. Відібрані проби доправляють до лабораторії для визначення гранулометричного складу (крупності фракцій) і, при необхідності, їх мінерального чи органічного складу.

Прилади для відбору проб донних відкладів поділяють на прилади для відбору проб з порушенням і без порушення структури ґрунту. До першої групи відносять відбірник проб донних наносів ГР-86, штанговий дночерпак ГР-91, дночерпак ДЧ-0,025. До другої групи відносять донний щуп ГР-69 та ґрунтові трубки різної конструкції.

Дночерпалку ДЧ-0,025 застосовують для відбору проб ґрунтів в широкому спектрі механічного складу – від пилювато-мулистих до гравійно-галечних. Числова частина індексу приладу відповідає площі дна у м², яка захоплюється створками дночерпалки. Розкриті при опусканні створки закриваються з допомогою спеціального пристрою. Це відбувається після удару приладу об дно і перед початком підйому. Після підняття дночерпака на поверхню пробу з нього виймають, а прилад всередині промивають. Вага приладу 13,2 кг.

Штангова дночерпалка ГР-91 призначається для відбору проб мулистих та піщано-гравійних ґрунтів у водотоках з глибинами до 2 м і швидкостями течії до 2 м/с, а в стоячих водоймищах – і при більших

глибинах, що визначається можливістю опускання приладу на штанзі. Об'єм забірної ковша – 300 см³. Дночерпак працює зі штанги.

Відбірник проб донних відкладень ГР-86 розміщується у вантажі і може працювати на глибинах до 30 м із застосуванням лебідок та дистанційних пристроїв ГР-64 та ГР-70. Призначений для відбору проб слабкозв'язаних мулистих та пісчано-гравелистих ґрунтів з дна річок та каналів при швидкості течії до 2,00 м/с. Об'єм ковша відбірника 300 см³, маса відбірника 43,5 кг.

Драга являє собою найпростіше знаряддя відбору проб донних ґрунтів або бентосу, складається з металевої рами та мішка для зібраного ґрунту. Металева рама має загострені кінці, які зішкрябують ґрунт і заводять його до мішка. Драгу зкидають на тросі з човна і деякий час тягнуть по ходу руху човна, потім прилад підіймають, пробу вилучають.

Донний щуп ГР-69 застосовують на водоймах з мулистими, піщаними та гравійними ґрунтами дна. Щуп опускають на штанзі або жердині, глибина до 6 м, течія до 1м/с. Прилад складається з забірної склянки для відбору проби, противаги для її збереження (забезпечує перегортання склянки), поршню для виштовхування проби. Об'єм забірної склянки 175 см³, маса проби 3,8 кг.

Донний щуп Аполлова призначений для відбору проб на піщаних та інших рихлих ґрунтах по ходу судна при великих глибинах. Прилад складається з трубки, на одному кінці є стабілізатор, на другому - склянка для проби. Прилад з тросом закидають, під власною вагою він вривається в ґрунт, при підйманні склянка перегортається і забезпечує цілісність проби.

Ґрунтові трубки використовують для відбору проб ґрунту з великих глибин (до 50 м). Вони мають довжину 1,0 та 1,5 м, ємність 1800 та 2700 см³, масу 13,5 та 19 кг. Трубки опускаються на тросі при холостому ході лебідки, що під дією власної ваги та швидкості падіння забезпечує їх входження в ґрунт дна. Робота з трубками виконується з судна.

Перспективним в дослідженнях донних відкладів є ультразвуковий метод, який дозволяє виконувати автоматичний запис стратиграфічного характеру на стрічці.

На гірських річках з валунно-галечним руслом дослідження гранулометричного складу відкладів виконують в межінь фотографічним методом або способом замірів. Для цього вибирають ділянку 5-7м в типових руслових утвореннях (прибережні ділянки, острови, осередки, побочні) в районі поста. При фотографуванні застосовується рама вказаного розміру, з дециметровими квадратами. У випадках неможливості застосування фотографічного способу, заміри частинок поверхневого шару води виконуються безпосередньо на вибраних ділянках.

7.5 Лабораторна обробка наносів та донних відкладів

Після відбору проб наносів та донних відкладів на посту здійснюють їх первинну обробку, згодом – остаточну обробку в лабораторії.

При обробці проб на водомірному посту проводять такі роботи:

- виділення наносів з проб води (відстоювання, фільтрування);
- висушування і надсилання виділених наносів до лабораторії;
- поділ донних відкладів на фракції.

Для виділення завислих наносів з проб води застосовують:

- автоматичне фільтрування;
- фільтрування з попереднім відстоюванням наносів;
- фільтрування під тиском;
- відстоювання наносів у трубці.

Виділення наносів з проб води для визначення їх крупності проводять лише способом відстоювання.

Автоматичне фільтрування застосовують при об'ємі проби води до 1 л. Пляшку з пробною перегортають і встановлюють над лійкою з фільтром (рис. 7.2). Під лійку підставляють пляшку для профільтрованої води. Лабораторія готує, нумерує і зважує паперові фільтри діаметром 11-13 см, які надсилаються на водомірний пост зазадалегідь. При автоматичному фільтруванні застосовують спеціальні шафи, які призначені також для висушування фільтрів з наносами і зберігання устаткування й матеріалів, потрібних під час фільтрування. Після фільтрування фільтр з наносами підсушують у лійці на повітрі, а потім виймають з лійки і досушують у скриньці, в якій протилежні стінки закриті лише марлею. Висушені фільтри складають наносами всередину, кожний упаковують в окремий пергаментний конверт, на якому пишуть номер фільтра, і надсилають до стаціонарної лабораторії.

Фільтрування з попереднім відстоюванням наносів застосовують для проб об'ємом понад 1 л, їх переливають у трилітрові пляшки або скляні банки діаметром 10 см. На посудину наклеюють етикетку з номером проби, потім ставлять її для відстою у затемнене місце. Тривалість відстоювання залежить від висоти шару води в посудині, температури води і розміру частинок наносів. Тривалість відстоювання в добах можна обчислити за формулою:

$$T = 0.4hK, \quad (7.14)$$

де, h – висота шару води, см; K – коефіцієнт, який залежить від температури води і визначається за таблицею 7.4.

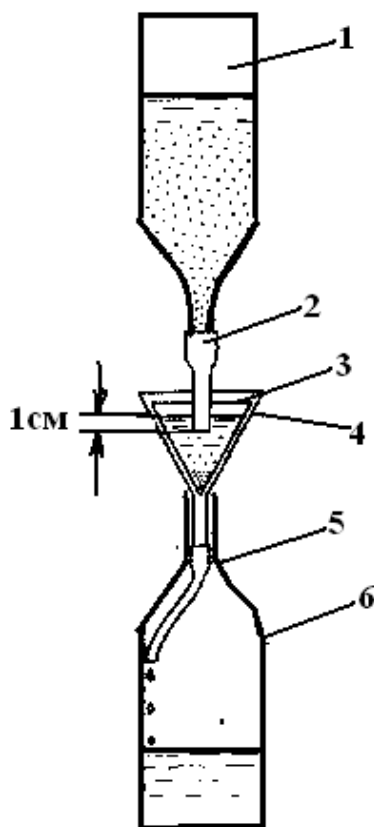


Рис. 7.2 – Автоматичне фільтрування: 1) пляшка з пробєю води; 2,5) резиновий наконечник; 3) паперовий фільтр; 4) воронка; 6) пляшка для профільтрованої води.

Таблиця 7.4 – Величина K в залежності від температури води

Температура води, град	40	30	25	20	15	12	10	6
Коефіцієнт K	0,58	0,70	0,78	0,88	1,00	1,08	1,15	1,30

Температура води повинна дорівнювати температурі повітря в приміщенні, де проводять відстоювання наносів.

Тривалість відстоювання проб у добах визначають за таблицею 7.5.

Після відстоювання прояснену воду з посудини зливають за допомогою сифона, а решту проби переливають у пляшку меншого об'єму і ставлять на фільтрування, якщо пробу було взято для визначення мутності. Якщо ж пробу брали для визначення крупності наносів, то пляшку з пробєю пересилають у лабораторію. Перед цим пляшку міцно закривають корком і заливають зверху парафіном або сургучем. Для консервації в пляшку треба влити кілька крапель 10-% розчину формаліну.

Таблиця 7.5 – Тривалість відстоювання у добах.

h, см	Температура води, °С							
	40-30	30-25	25-20	20-15	15-12	12-9	9-7	7-5
44-40	12	13	15	16	18	20	21	23
39-35	10	12	13	14	16	17	19	20
34-30	9	10	11	12	14	15	16	17
29-25	7	8	9	10	11	12	13	14
24-20	6	7	8	8	9	10	11	12
19-15	5	5	6	6	7	8	8	9
14-10	3	4	4	4	5	5	6	6

Фільтрування під тиском проводять для проб обсягом до 6 л за допомогою фільтрувального **приладу Купріна ГР-60**, який складається з циліндричного балона об'ємом 1 л, лійки з сіткою, манометра, насоса і гумового шланга. Перед фільтруванням відкривають балон, на сітку лійки кладуть паперовий фільтр, балон закривають. У балон наливають пробу води і закривають, насосом подають повітря, під тиском якого проба прискорено фільтрується. Тиск у балоні не має перевищувати 3 атм. Відфільтрована вода з лійки стікає в чисту банку. Після закінчення фільтрування змивають з внутрішніх стінок балона наноси, які залишилися, на фільтр. Потім фільтр знімають, просушують, надсилають у лабораторію.

Відстоювання наносів у трубі ґрунтується на наявності зв'язку між висотою шару наносів, які осіли в трубі за добу, і середньою величиною мутності проби. Застосування цього способу значно скорочує об'єм роботи по висушуванню і зважуванню фільтрів. Для цього кожену взятую на мутність пробу в приміщенні поста ставлять у станок для відстоювання наносів у скляній трубі на 24 год. Пляшку з пробкою закріплюють на станку горловиною донизу, так як і під час автоматичного фільтрування, і наноси осідають у трубі (рис. 7.3, а). Через добу шар наносів вимірюють з точністю до 1 мм. Мутності проби визначають за графіком зв'язку між шаром наносів і мутністю (рис. 7.3, б).

Для побудови графіка зв'язку $\rho=f(h)$ в перший рік спостереження над мутністю на фільтрування після відстоювання в трубі відбирають 12-18 проб, які рівномірно характеризують амплітуду коливання мутності за рік на даному посту. В основному використовують автоматичне фільтрування. Фільтри з наносами надсилають у лабораторію для визначення ваги наносів. Після визначення ваги наносів обчислюють мутність води за формулою 7.1. За значеннями висоти шару наносів проби в трубі h і мутності води цієї самої проби будують графік зв'язку. За цим графіком після визначення висоти шару наносів у трубі для останніх проб взятих за рік, визначають їх мутність.

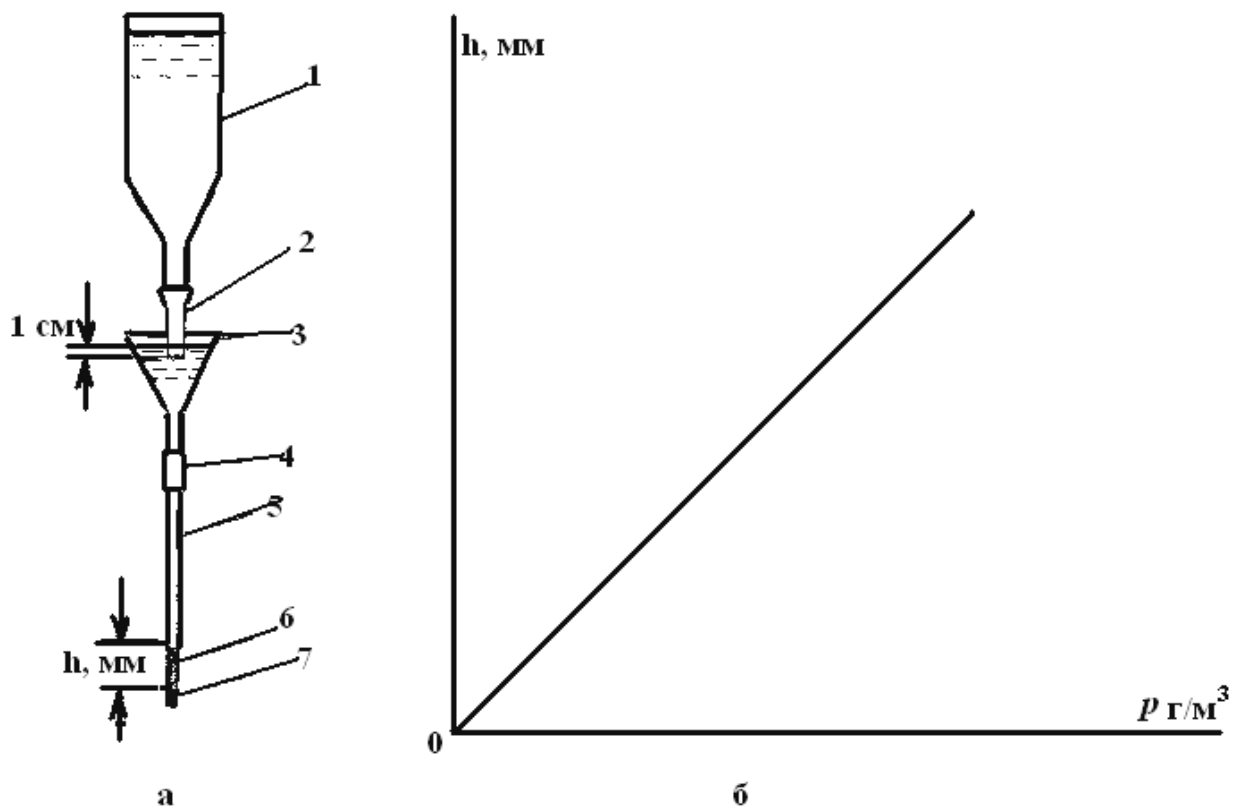


Рис. 7.3 – Спосіб добового відстоювання в трубках: а) пристрій для відстою (1 – пляшка з коркою, 2,4,5 – трубки, 3 – воронка, 6 – шар осівших наносів, 7 – корка); б) графік зв'язку між шаром наносів і мутністю.

Поділ донних відкладів на фракції здійснюють шляхом просіювання проби донних відкладів через сита з отворами 10, 20, 50 і 100 мм. В результаті цього кожна проба поділиться на такі фракції: крупніше 100 мм, 100-50, 50-20, 20-10 і дрібніше 10 мм. Найбільш крупні фракції в донній пробі визначають безпосереднім обмірюванням.

Визначену вагу фракцій показують у відсотках від ваги всієї проби ґрунту.

У стаціонарній лабораторії виконують такі роботи:

- зважування чистих фільтрів;
- визначення кількості наносів у пробі;
- поділ завислих наносів і донних відкладів за крупністю частинок;
- визначення гігроскопічної вологи, питомої і об'ємної ваги донних відкладів;
- визначення хімічного складу (вміст органіки, важких металів).

Лабораторія має забезпечити водпости чистими зваженими фільтрами, це кружки діаметром 11-13 см з спеціального беззольного паперу. Перед відправленням на водпост фільтри номерують простим олівцем і зважують. Для зважування кожний фільтр кладуть в окремий уже зважений бюкс і ставлять у термостат на 2-3 год, де й витримують з відкритими кришками при температурі 105-110°. Через 2-3 год бюкси в

термостаті закривають кришками і переносять у ексикатор на 30-40 хв для охолодження до кімнатної температури. Охолоджені бюкси з фільтрами зважують на аналітичних терезах з точністю до 0,0001 г. Вагу фільтра визначають за різницею між вагою бюкса з фільтром і вагою самого бюкса і записують у журнал. Чистий фільтр після зважування вкладають у конверт з пергаментного паперу і надсилають на водпост.

Фільтри з наносами, надіслані з водомірного поста, протягом 5 год просушують у термостаті при температурі 105-110°. Потім охолоджують у ексикаторі і зважують на аналітичних терезах з точністю до 0,0001 г. Вагу наносів у пробі визначають за різницею між вагою бюкса з фільтром з наносами і вагою порожнього бюкса і чистого фільтра. Вагу чистого фільтра знаходять у журналі за його номером.

Методи визначення крупності наносів і донних відкладів ґрунтуються на механічному і гідравлічному принципах.

До механічного принципу належать методи:

- безпосереднього обмірювання частин;
- просіювання частинок через грохоти і сита.

До гідравлічного принципу належать методи:

- фракціометричний;
- піпетковий.

Зазначені методи застосовують залежно від крупності частинок та виду наносів кожний окремо і в поєднанні одного з одним. Для різнорідних за крупністю зразків застосовують комбіновані методи, наприклад піпетка - фракціометр, сита - фракціометр, обмірювання - сита - фракціометр.

Питання для самоперевірки

1. Основні елементи твердого стоку.
2. Особливості переміщення в потоці завислих і донних наносів.
3. Гідравлічна і геометрична крупність наносів.
4. Порядок вимірювання і обчислення витрат наносів.
5. Прилади для дослідження завислих і донних наносів.
6. Дослідження донних відкладів.
7. Первинна обробка проб наносів на посту.
8. Обробка проб наносів в лабораторіях.

8 ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ВИВЧЕННЯ ІОННОГО СТОКУ

8.1 Організація спостережень за якістю поверхневих вод суші

Гідрохімічний моніторинг на мережі Гідрометслужби проводиться в складі Загальнодержавної системи спостережень і контролю за забрудненістю об'єктів навколишнього середовища (ЗДССК) по фізичним, хімічним, гідробіологічним показникам.

Матеріали гідрохімічного моніторингу дають змогу:

- прогнозувати склад та властивості води з врахуванням впливу господарської діяльності людини;
- розробляти заходи з охорони, раціонального використання водних ресурсів, поточні і перспективні природоохоронні програми;
- оцінювати ефективність водоохоронних заходів.

На мережі гідрохімічного моніторингу проводять:

- **систематичні спостереження** (в стаціонарних пунктах) за складом, властивостями природних і забрудненості вод;

- **спеціальні спостереження** (в спеціалізованих пунктах) по дослідженню забрудненості річок з врахуванням процесів самоочищення для рішення прогностичних і оперативних завдань, по вивченню процесів накопичення забруднюючих речовин в донних відкладах і впливу їх на якість води і для рішення інших завдань;

- **експедиційні спостереження** (в тимчасових пунктах) для отримання даних на водних об'єктах, не охоплених стаціонарними спостереженнями (рекогносцирувальні обстеження) і для оперативного виїзду в райони, де внаслідок аварій знайдені високі рівні забруднення.

ЗДССК реалізована на базі центральних і регіональних підрозділів Держгідрометслужби ДСНС, Державного агентства водних ресурсів, Міністерства охорони здоров'я, Міністерства охорони навколишнього середовища. Гідрохімічний моніторинг здійснюється на мережі відповідних пунктів спостережень.

Пункти гідрохімічного моніторингу організуються в:

- районах розташування населених пунктів і промислових підприємств, стічні води яких скидаються у водні об'єкти;
- місцях скидів сільськогосподарських стічних вод;
- місцях нересту і зимівлі цінних видів риби;
- замикальних створах річок, які мають велике господарське значення і впадають в моря і внутрішні водойми;
- транскордонних ділянках річок;
- в гирлах забруднених приток головної річки в межах важливих для народного господарства річкових систем, озер, водосховищ.

Основна вимога до місця розташування пунктів моніторингу – репрезентативність (типовість і відповідність реальному екологічному стану водного об'єкта).

Всі пункти стаціонарної мережі спостережень поділені на чотири категорії в залежності від значення пункту, складності і об'єму програми спостереження, кількості показників, що визначаються.

В основу поділу покладено:

- значення водного об'єкта як джерела водокористування;
- ступінь рибогосподарського використання водного об'єкту;
- ступінь забрудненості води.

Пункти спостережень I категорії розташовуються на водоймах з важливим народногосподарським значенням:

- в місцях скиду забруднених стічних вод, внаслідок чого спостерігається забруднення понад 100 ГДК по будь-якому інгредієнту чи показнику складу і якості води;

- в місцях нерестилиць і зимовок цінних порід риб;
- в районах постійних аварійних ситуацій, у випадках загибелі риби.

На пунктах I категорії в головному контрольному створі (перший після випуску стічних вод) щодня відбирають проби води для наступного зберігання (без аналізу) на випадок аварійної ситуації на строк до 10 діб.

В Україні пункт I категорії: р.Сіверський Донець-м.Лисичанськ.

Пункти спостережень II категорії розташовуються:

- в районах великих промислових підприємств і населених пунктів, де спостерігається стійке забруднення води на рівні 10-100 ГДК по будь-якому інгредієнту або показнику складу і якості води;

- в районах населених пунктів, населення яких використовує воду для задоволення питних, господарсько-побутових, рекреаційних потреб;

- в місцях скидання сільськогосподарських стоків;

- в транскордонних створах річок;

- в замикаючих створах великих і середніх річок, які впадають у моря та внутрішні водойми, що мають велике народногосподарське значення;

- в замикаючих створах річкових басейнів, по яким складають водногосподарські баланси з характеристикою якості водних ресурсів;

- в гирлах основних притоків великих річок, озер та водосховищ.

В Україні пункт II категорії: Київське водосховище - гребля.

Пункти спостережень III категорії розташовуються на водоймах:

- в районах, де за даними спостережень фіксується стійке забруднення на рівні 1-10 ГДК по будь-якому інгредієнту чи показнику складу і якості води;

- в районах населених пунктів і рекреаційних зон;

- в місцях поступання сільськогосподарських стоків.

В Україні 73 пункти III категорії.

Пункти спостережень IV категорії розташовуються на незабруднених водоймах (фонових ділянках). Спостереження за складом і властивостями води проводяться з метою вивчення природних процесів, перспектив господарського використання водойм.

В Україні 163 пункти IV категорії.

Існують такі програми *гідрохімічних спостережень* (табл. 8.1):

- програма А передбачає візуальні спостереження, визначення витрати води, температури води, показника рН, електропровідності, ХСК, БСК₅, завислих речовин, розчиненого кисню, головних характерних забруднювачів;

- програма Б передбачає вимірювання витрати води, температури води, рН, кисню, БСК₅, ХСК, завислих речовин, вміст всіх характерних забруднювачів;

- програма ЗП (загальна) передбачає візуальні спостереження, визначення витрати води, температури, кольоровості, прозорості, запаху, кисню, діоксиду вуглецю, завислих речовин, рН, електропровідності, ХСК, БСК₅, вмісту головних іонів, біогенних речовин, нафтопродуктів, СПАР, фенолів, пестицидів, важких металів.

Таблиця 8.1 – Програми і строки проведення гідрохімічних робіт в пунктах ЗДССК

Строки проведення спостережень	Категорія пункту спостережень			
	I	II	III	IV
Щоденно (в головному контрольному створі)	Візуальні спостереження, визначення кисню, показника рН, електропровідності, відбір проб води	Візуальні спостереження	–	–
Щодекадно	Програма А	–	–	–
Щомісячно	Програма Б	Програма Б	Програма Б	–
В основні гідрологічні фази	Програма ЗП	Програма ЗП	Програма ЗП	Програма ЗП

Гідробіологічні спостереження проводяться за такими програмами:

- повна програма (щоквартально в пунктах I-IV категорії проводяться дослідження фіто, зоо- планктону, зообентосу, перифітону, макрофітів (чисельність, кількість видів, біомаса, індикатори сапробності), мікробіологічних показників, процесів фотосинтезу і деструкції органіки);

- скорочена програма (щомісячно в пунктах I-III категорії проводяться дослідження фіто-, зоопланктону, зообентосу і перифітону (чисельність, кількість видів,біомаса, сапробність).

На кожному пункті ЗДССК може бути декілька створів спостережень (наприклад, вище і нижче джерел забруднення). Кількість, категорія, розташування пунктів моніторингу, строки і програми спостережень встановлюються на підставі вивчення інформації по водним об'єктам і рекогносцирувальних гідрохімічних зйомок. Також бажано прив'язувати пункти гідрохімічного і гідрологічного контролю.

Кількість точок відбору проб становить: при глибині до 5 м - лише з поверхні (0,5 м); при глибині 5-10 м – з поверхні і у дна (0,5 м від поверхні і дна); при глибині більше 10 м відбирають в трьох точках - (0,5 м від поверхні і дна, на 0,5h). На фоновому створі достатньо відбирати пробу з однієї вертикалі з поверхневого горизонту, в інших випадках кількість вертикалей і горизонтів на них збільшують.

Подальший розвиток системи гідрохімічного моніторингу: оптимізація системи і програм спостережень (розміщення пунктів контролю,терміни і частота відбору проб, контрольовані речовини); удосконалення хіміко-аналітичного і біологічного забезпечення системи контролю (нові методи аналізу вод, їх уніфікація); перехід на автоматизовані і дистанційні методи здобуття, обробки, передачі моніторингової інформації; оптимізація електронних баз даних; розвиток математичного моделювання, оцінки і прогнозу якості вод.

У ряді країн утворено національні басейнові системи оперативних автоматичних станцій контролю якості води. Наприклад, подібні системи (АНКОС-ВГ) діють у Росії на річках Дон, Кура, Москва, Нева, Томь, Біла. Такі системи включають: центр обробки інформації (диспетчерський пункт, обчислювальний комплекс); стаціонарні і пересувні гідрохімічні та гідробіологічні лабораторії (СГХЛ, ПГХЛ); автоматичні станції контролю забруднення вод (АСКЗВ), які разом забезпечують контроль 30 показників хімічного складу води (потенційно в кооперації з іншими ланками моніторингу довкілля можливо вимірювати до 50 показників).

Перспективними методами спостережень і контролю за станом водних об'єктів є дистанційні і аерокосмічні методи.

8.2 Відбирання проб та їх підготовка до аналізу

Гідрохімічний моніторинг передбачає проведення комплексних спостережень, всі методики викладені у відповідних нормативних документах. Для отримання точних результатів всі дослідження виконують в такій послідовності:

- в полі вимірюють нестійкі гідрохімічні показники (температура, рН, розчинені гази, тощо);

- в польовій лабораторії гідрологічної станції одразу після відбору проби визначають органолептику води, прозорість по шрифту, наповнюють і фіксують проби у склянках на розчинений кисень, БСК₅, готують проби до відправки у стаціонарну хімічну лабораторію;

- в атестованій стаціонарній хімічній лабораторії по спеціальним методикам визначають всі гідрохімічні показники води згідно програми спостережень.

Проби води бувають простими і змішаними:

- *прості проби* отримують одноразовим відбиранням об'єму води, потрібного для аналізу, дають уявлення про хімічний склад води в місці відбору на момент відбору проби;

- *змішані проби* отримують шляхом змішування простих проб, відібраних одночасно в різних місцях водного об'єкта або в одному місці через різні інтервали часу, дають уявлення про середній хімічний склад води в просторі або за певний інтервал часу (не підходить для показників, які швидко змінюються).

Відбирання проб може бути одноразовим або серійним:

- *одноразовий (нерегулярний) відбір проб* застосовують в при аналізі глибинних підземних вод або для поверхневих вод, для яких буди встановлені чіткі закономірності хімічного складу;

- *серійний (регулярний) відбір проб* передбачає відбір серії проб в різних станціях по акваторії водного об'єкта або в одному місці через певні часові інтервали, це дає найбільш надійну і репрезентативну інформацію про хімічний склад води.

За винятком спеціальних спостережень, *не слід відбирати проби води* для хімічного аналізу в таких пунктах:

- які знаходяться під безпосереднім впливом приток;
- поблизу населених пунктів, з яких відводяться стічні води, або їх береги забруднені відходами;
- біля підприємств, які забруднюють воду відходами виробництва, поблизу пристаней, банно-пральних комбінатів тощо;
- у місцях слабого водообміну (мілководдя, затоки, рукави, біля самого берега).

В залежності від повноти аналізу, об'єм проб може коливатись від 1 до 20 л. Проби відбирають в пластикові, поліетиленові чи скляні судини. Посуд для проб перед використанням ретельно миють і сушать. Перед відбиранням проби посудину попередньо кілька разів промивають досліджуваною водою, а потім заповнюють її так, щоб під коркою не залишалися бульбашки повітря.

Проби води з поверхні відбирають відром, з глибини – батометрами.

Батометр Рутнера (рис. 8.1, б) має вигляд циліндра, відкритого з обох кінців, місткістю 1-3 дм³. Його використовують для відбирання проб

із глибини до 30 м. Батометр занурюють у воду у відкритому стані, а на необхідній глибині закривають спеціальним важком або тросом.

Батометр Молчанова ГР-18 (рис. 8.1, в) складається з рами, двох пластикових циліндрів по 2 дм³, в кожному закріплено водні термометри. Для відчинення циліндрів прилад перед опусканням на глибину зводять і спеціальні собачки тримають відкрите положення до того моменту, як прилад опускають на потрібну глибину і витримують там. Потім ударом посильного вантажа, який продівається в трос лебідки і пускається на глибину з поверхні, прилад одночасно зачиняється. Потім його підіймають, пробу зливають, фіксують температуру. Маса приладу 7,5 кг, максимальна глибина застосування – 50 м.

Батометр морський БМ-48 (рис. 8.1, г) – складається з металевого циліндра, на обох кінцях є крани для набору і зливу проби. До приладу кріпиться глибоководний перекидний термометр. Прилад на тросі опускається на потрібну глибину, витримується, посильним важелем закривається, прилад підіймають, знімають температуру і зливають пробу. Маса приладу 4,3 кг, обсяг проби води – 1 л.

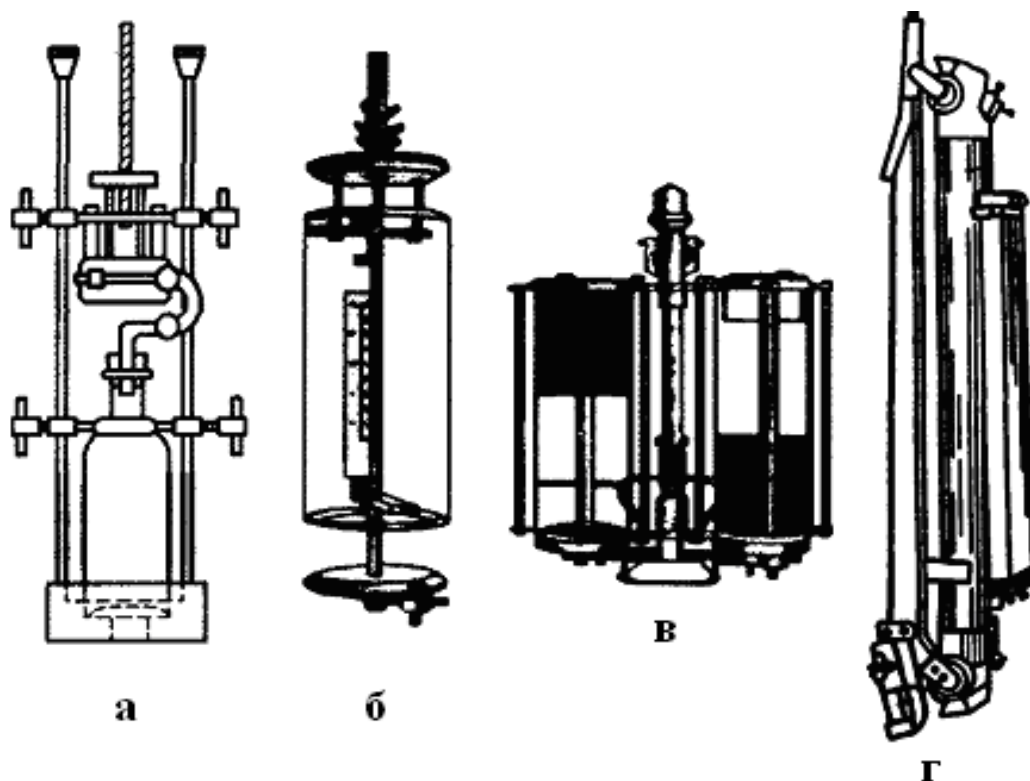


Рис. 8.1 – Прилади для відбору проб води: а) батометр Майєра; б) батометр Рутнера; в) батометр Молчанова; г) батометр морський БМ-48.

Для запобігання зміни хімічного складу проби від моменту відбору до моменту аналізу проводять консервування проби. Потім пляшки

закорковують, наклеюють етикетку з вказівкою місця, дати і часу відбору, потім пробу надсилають в лабораторію. Треба враховувати, що консервація не запобігає біохімічним змінам складу проби, а лише гальмує їх. Тому відібрані проби слід швидше доправляти в лабораторію, а до того моменту відповідно зберігати. Типові способи консервування проб води наведено в табл. 8.2. Іноді аналіз проб проводиться на місці відбору в польових гідрохімічних лабораторіях (Резникова, МЛАВ, ПЛАВ тощо).

Таблиця 8.2 – Способи консервування проб води

Показник	Консерванти, термін аналізу
Температура	Не консервують, вимірюють одразу
pH, E _h , CO ₂ , HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻	Не консервують: а) визначають на місці; б) посуд заповнюють, закорковують, аналіз впродовж 1 доби
Розчинений кисень	Не консервують, фіксують реагентами
Смак, запах, кольоровість	Не консервують, визначають протягом 2-3 годин
Мутність, прозорість, електропровідність	а) не консервують, визначають протягом 1 доби; б) додають 1-2 см ³ хлороформу на 1 дм ³ води
Органічні сполуки	Не консервують, визначають якнайшвидше після відбору
БСК	Не консервують, пробу можна 1 добу зберігати при 3-4 °С
Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , F ⁻	Не консервують, пробу можна зберігати до 3 діб
XСК, C _{орг} , N _{заг} , N _{орг} , NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , Zn ²⁺	1 см ³ концентрованої H ₂ SO ₄ на 1 дм ³ води
Mn ²⁺ , Cu ²⁺ , Ni ²⁺ , Cd ²⁺ , Pb ²⁺ , Cr	5 см ³ концентрованої HNO ₃ на 1 дм ³ води
фосфати, СПАР, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻	2-4 см ³ хлороформу на 1 дм ³ води
Fe _{заг}	20 см ³ концентрованої HNO ₃ на 1 дм ³ проби води
Fe ²⁺ , Fe ³⁺	25 см ³ ацетату натрію та 25 см ³ розчину оцтової кислоти до 1 дм ³ проби
Розчинені сульфідні	10 см ³ 10% розчину ацетату кадмію або цинку на 1 дм ³ проби

В хімічній лабораторії по спеціальним методикам визначають всі гідрохімічні показники води згідно програми спостережень.

Гідрохімічні компоненти умовно поділяються на групи: розчинені гази — кисень, азот, сірководень, діоксид вуглецю тощо; головні іони (макрокомпоненти) — K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^{2-} , CO_3^{2-} ; біогенні речовини — сполуки азоту, фосфору, силіцію і заліза; органічна речовина — різноманітні органічні сполуки, які належать до органічних кислот, складних ефірів, гумусових речовин, азотовмісних сполук (білки, амінокислоти, аміни) тощо; мікроелементи — всі метали, крім головних іонів (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), а також деякі інші компоненти, зокрема радіоактивні елементи; забруднювальні речовини (пестициди, синтетичні поверхнево-активні речовини, феноли, нафтопродукти тощо).

Також до гідрохімічних показників входять інші (твердість, лужність, окиснюваність, агресивність, окиснюваність, БСК₅). Для характеристики сумарного вмісту у воді розчинених мінеральних речовин вживають близькі поняття «мінералізація», «сухий залишок», «прокалений залишок», «солоність».

Природні води — це складні багатокомпонентні системи, в яких окремі хімічні інгредієнти містяться в широкому інтервалі концентрацій, у різних формах та агрегатних станах. Тому в багатьох випадках для отримання надійних і вірогідних результатів аналізу потрібна попередня пробопідготовка, тобто відділення зависей та колоїдно-дисперсних форм від істинно розчинених, а також часто концентрування мікрокомпонентів і відділення або маскування речовин, які заважають аналізу. Тому перед аналізом проводять фільтрування і концентрування проби.

8.3 Методи хімічного аналізу природних вод

Розвиток аналітичної гідрохімії характеризується трьома періодами.

До початку 50-х років у гідрохімії переважали **неінструментальні методи** (ваговий, об'ємний, колориметричний, органолептичний). В їх основу було покладено класичні методи напівмікроаналізу. Призначалися вони для визначення досить обмеженого класу компонентів: рН, розчинених кисню і вуглекислого газу, головних іонів, декількох форм азоту, фосфору, силіцію, заліза, ряду металів, окиснюваності, біохімічного споживання кисню.

До середини 60-х років у результаті розвитку нових галузей народного господарства і підвищення вимог до якості води, а також під впливом досягнень суміжних наук почали розвиватись **інструментальні методи**: потенціометричні, кондуктометричні, фото- і спектрофотометричні, полярографічні, спектрографічні. Поширилось застосування хроматографії: колонкової, паперової, тонкошарової, пізніше — газорідинної. Значно зросли чутливість і точність методів, перелік компонентів, які визначаються, особливо забруднювальних речовин.

Для сучасного періоду (з середини 60-х років) характерний інтенсивний розвиток складних, високоефективних методів. До них належать газорідинна і рідинна хроматографія, сполучення хроматографії з мас-спектрометрією, ІК-спектрофотометрія. Отримали подальший розвиток атомно-абсорбційні, рентгенівські, ядерно-фізичні та інші методи визначення елементів, лазерна техніка. Актуальним напрямом стає автоматизація методів аналізу й обробки результатів вимірювань. Створюються високоефективні аналітичні системи, які включають, крім аналітичних блоків, електронно-обчислювальну техніку, яка дає змогу швидко виконувати операції з ідентифікації та визначення малих кількостей речовини.

Сучасні методи хімічного аналізу природних вод поділяються на:

- 1) хімічні (ваговий, об'ємний аналіз);
- 2) електрохімічні (потенціометричний, кондуктометричний, полярографічний);
- 3) оптичні (фотометричні та спектрофотометричні, люмінесцентний, спектральний аналіз);
- 4) фотохімічні;
- 5) хроматографічні (рідинна колонкова хроматографія, тонкошарова хроматографія, газова хроматографія);
- 6) радіохімічні методи аналізу.

1. Хімічні методи

Передбачають проведення хімічної реакції і кількісне визначення її продуктів.

а) Вагові методи. Досліджуваній компонента виділяють в осад, який відокремлюють від розчину, зважують. Чутливість методів — 10^{-4} % (масова частка), похибка визначення — 0,5—1 %. Зараз ці методи використовують для визначення сухого залишку і сульфатів (арбітраж).

б) Об'ємний аналіз. В пробу додають реактив певної концентрації (титрований розчин), який взаємодіє з досліджуванним компонентом до того моменту, коли кількість реактиву не стає еквівалентною кількості досліджуваного компонента (цей процес називається титруванням, а момент закінчення титрування — точкою еквівалентності). Закінчення титрування визначають за зміною кольору індикатора, тобто речовини, яка змінює своє забарвлення при концентраціях реагуючих речовин, близьких до точки еквівалентності. Індикатор і умови титрування обирають так, щоб точка титрування індикатора збігалася з точкою еквівалентності чи була якомога ближче до останньої.

Чутливість методів об'ємного аналізу — 10^{-5} — 10^{-4} % (масова частка), похибка визначення — 0,5—1,5 %. Методи об'ємного аналізу є основними при визначенні макрокомпонентів природних вод.

2. Електрохімічні методи

Ця група методів ґрунтується на вимірюванні електрохімічних властивостей компонентів: окисного потенціалу, електропровідності, сили полярографічного струму тощо. Чутливість методу — 10^{-15} — 10^{-7} % (масові частки), похибка — 0,5—5 %. Методи прості у виконанні визначень, легко автоматизуються, мають високу чутливість.

а) Потенціометричний метод. Вимірюється потенціал електрода, зануреного у досліджуваній розчин (залежить від температури і концентрації розчину). Використання іонселективних електродів дозволяє визначати багато показників (рН, іони натрію, кальцію, магнію, амонію, фториди, хлориди, нітрати тощо). Прилади рН-метри та іономіри фактично є польовими гідрохімічними лабораторіями. Наприклад, «Екотест-2000» з набором відповідних електродів дозволяє виміряти до 30 показників якості води. Використання цього приладу та додаткове визначення фізико-хімічних показників дозволяє витратити на повний гідрохімічний аналіз в польових умовах до 2 годин.

б) Кондуктометричний метод. Вимірюють електропровідність досліджуваних розчинів, яка залежить від природи електроліту, температури і концентрації розчину.

Електропровідність розчинів електролітів зумовлюється рухом іонів під дією електричного поля, які переносять струм. Як і всі провідники, розчини електролітів характеризуються певним опором. Величина, обернена цьому опору, називається електропровідністю. Розрізняють питому та еквівалентну електропровідність.

Кондуктометричний метод ґрунтується на вимірюванні питомої електропровідності розчину і може бути використаний для аналізу води.

в) Полярографічний метод. В пробу вводиться два електроди (катод і анод), на них подається напруга і вимірюється сила току, яка проходить крізь розчин і залежить від вмісту у ньому досліджуваного компонента. Чутливий метод для визначення вмісту важких металів у природних водах (універсальний полярограф ПУ-1).

3. Оптичні методи

Засновані на залежності оптичних властивостей розчину від концентрації у ньому гідрохімічних показників.

Фотометричний метод – в розчин додається індикатор, вимірюється оптична густина розчину з подальшим перерахунком на концентрацію компонента по градуовальному графіку або візуально. Прилади - фотоелектроколориметри — ФЕК-60, КФК-2 або спектрофотометри. Чутливість методу 10^{-5} — 10^{-8} % (масова частка), похибка 15—20 %, сфера застосування – визначення біогенних сполук, важких металів, фенолів, детергентів, нафтопродуктів, ксантогенатів, ціанідів, метилового спирту, фторидів та ін.

Люмінесцентний метод має чутливість — 10^{-15} % (масова частка), використовується для визначення нафтопродуктів, поліциклічних

канцерогенних сполук, фенолів, органічних кислот, гумусових та інших речовин.

Спектральний аналіз – пробу спалюють, отриманий таким чином графічний спектр розшифровують на приладі. Це дозволяє комплексно дослідити вміст важких металів (емісійний спектральний аналіз), вміст натрію і калію (полум'яна фотометрія). Метод має чутливість 10^{-3} — 10^{-7} % (масова частка), він досить точний, простий і селективний.

4. Фотохімічні методи

Використовуються для визначення органічних речовин.

Пробу опромінують ультрафіолетовим світлом, що призводить до повної мінералізації (розкладу) органічних сполук (вуглець переходить у двоокис вуглецю, фосфор — у фосфати, азот — у суміш нітритів і нітратів). Отримані мінеральні форми в подальшому аналізуються кількісно стандартними методами.

Це дає змогу виконувати аналіз елементного складу органічних речовин, не відділяючи їх одна від одної.

5. Хроматографічні методи

Тонкошарова хроматографія

Рідинну колонкову хроматографію застосовують для визначення органічних кислот, амінокислот, цукрів.

Гель-хроматографію застосовують для визначення гумінових і фульвокислот, нафтопродуктів, жирів, органічних кислот, пестицидів, фенолів.

Газова хроматографія: компоненти суміші наносяться на колонку, де вони селективно утримуються нерухомою фазою, утворюючи окремі зони в газі-носію, які потім реєструються детектором у вигляді сигналів. Метод використовують для визначення летких фенолів, пестицидів, органічних кислот, амінів, чутливість (10^{-9} - 10^{-12} мг/мл).

8.4 Визначення фізико-хімічних показників у воді

При відборі проби води треба одразу на місці визначити її головні фізико-хімічні властивості, що дуже важливі але швидко змінюються («аналіз першого дня»): температуру, колір, прозорість, вкус, запах, показник рН, розчинені гази (кисень, сірководень).

Температура води впливає на швидкість перебігу фізико-хімічних і гідробіологічних процесів, розчинність у воді газів. Вимірювання входить в програми стандартних водомірних спостережень, під час експедиційних досліджень, при відборі проб води на хімічний аналіз.

Місце вимірювання температури призначається в створі або неподалік, на проточному місці з глибиною від 0,3 м поза впливом аномальних факторів або в точках відбору проб води на хімічний аналіз.

Температура може вимірюватись на поверхні або по глибині, термометр витримують в точці вимірів не менше 5 хвилин.

Для вимірів температури води використовують (рис. 8.2): водний термометр в оправі (похибка 0,1 °С), мікротермометри (похибка 0,01 °С), електротермометри (похибка 0,1 °С), ртутні термометри. Окрім вимірювання температури у поверхні також вимірюють температуру на різних глибинах, використовуючі для цього термометри, які вбудовані у батометри, температуру знімають з точністю до 0,1 °С. Дані по температурі води використовують в науково-практичних дослідженнях.

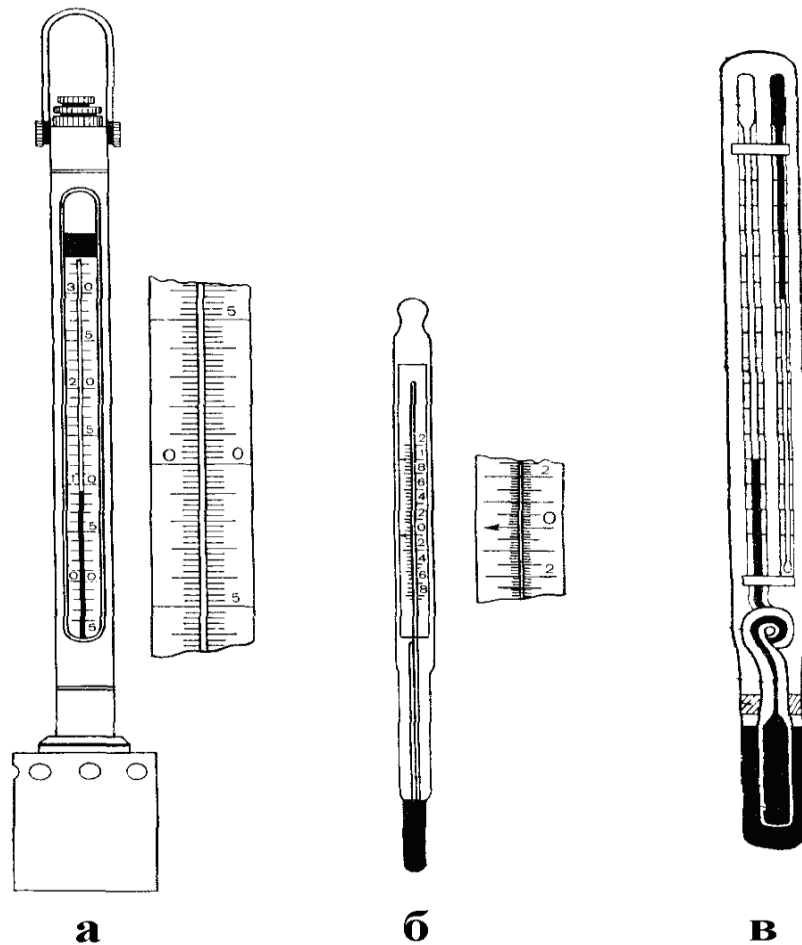


Рис. 8.2 – Термометри: а) водний термометр в оправі; б) мікротермометр; в) глибоководний перекидний термометр.

Мутність води зумовлена наявністю в ній дрібнодисперсних і колоїдних речовин неорганічного та органічного походження – мулу, кремнієвої кислоти, гідроксидів заліза та алюмінію, органічних колоїдів, мікроорганізмів, планктону. Мутність визначають орієнтовно як вміст завислих часток на паперових фільтрах або більш точно методами турбідиметрії (нефелометрії) на відповідних приладах.

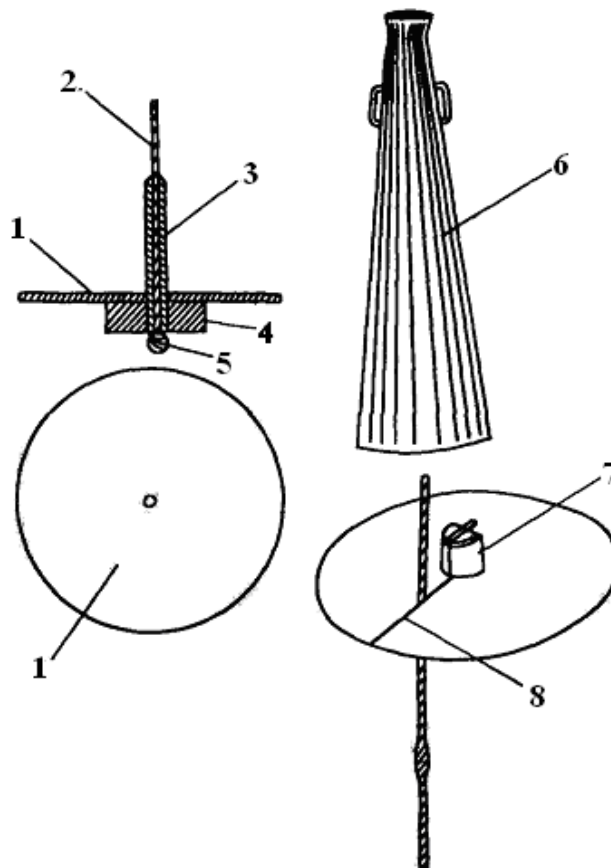


Рис. 8.3 – Диск Секі для визначення прозорості води: 1) диск; 2) трос; 3) латунна трубка; 4) вантаж; 5) вузол; 6) трубка; 7) вантаж; 8) прорізь.

Прозорість води визначається її кольоровістю і мутністю. Мірою прозорості є висота водяного стовпа, крізь який ще можна спостерігати білий колір чи прочитати друкарський шрифт розміром 3,5 мм.

Відносну прозорість (м) визначають з допомогою білого диска Секі (рис. 8.3) – білого металевого круга діаметром 30 см з вагою, крізь центр якого проходить втулка з розміченим марками мірним тросом. Визначають прозорість з тіньового борта судна повільним опусканням диска в воду і фіксуванням по мірному тросу глибини занурення, яка відповідає зниканню видимості диска. Повторне визначення прозорості відбувається при підйомі диска. Глибину визначають при зникненні та появі диска з точністю до 0,1м. Розбіжність при визначенні після двох вимірів не повинна перевищувати 0,5м. В іншому випадку спостереження повторюють.

Прозорість також можна визначити якісно, розглядаючи прозору пляшку з відібраною пробєю води на світло: «дуже прозора вода» (відсутні частинки наносів); «прозора» (має місце незначна кількість наносів); «слабко мутна» (мають місце добре видимі наноси); «мутна» (наносів так

багато, що вода не прозора). В примітках вказують характер наносів та їх походження (водні рослини при їх цвітінні, мінеральні наноси і т.ін.).

В лабораторії для визначення прозорості (в см) використовують мірний циліндр, під який підкладають папір з текстом і наливають пробу до моменту зникнення видимості шрифту на дні циліндра.

Кольоровість поверхневих вод пов'язана з наявністю в них забарвлених гумусових речовин та сполук заліза (III). В багатьох випадках колір води спричинений також вмістом в ній мікроорганізмів, часточок мулу, колоїдних сульфідів металів. Кольоровість визначають у профільтованій або центрифугованій воді. Пробу води не консервують, а її кольоровість визначають протягом 2-3 годин після відбору проби. Кольоровість визначають колориметричним титруванням і фотометрично.

Колір води визначають за стандартною шкалою кольоровості води, яка складається з 21 пробірки з номерами. Кожна пробірка заповнена кольоровим розчином, кольорова гама усіх розчинів представляє поступовий перехід між основними кольорами води в водоймах – синьою, зеленою, коричневою. Шкала забезпечується сертифікатом, в якому вказується час перевірки. За два-три роки кольорові розчини можуть стати безбарвними. Ось чому при роботі необхідно мати дві шкали: одна робоча, друга – еталон. Шкалу-еталон потрібно охороняти від впливу світла. Спостереження за кольором води проводять одночасно з вимірами її прозорості. Для визначення кольору води пробірку з водою розглядають на фоні білого паперу і підбирають найбільш близький колір за стандартною шкалою кольоровості води.

Смак і запах природних вод в основному визначають в місцях їх можливого промислового і сільськогосподарського забруднення. В деяких випадках (при оцінюванні придатності води для питного користування) смак і запах визначають у водах чистих гірських озер і струмків, а також у районах виходу на поверхню підземних вод.

Запах поверхневих вод зумовлений вмістом летких органічних речовин, які потрапляють до них внаслідок життєдіяльності водяних організмів, за біохімічної деструкції органічних речовин в аеробних та анаеробних умовах, за хімічної взаємодії компонентів, що є у воді, а також зі стічними водами різних підприємств. Основними групами речовин, які надають воді певного запаху, є аміни, вуглеводні, ефіри, аліфатичні сполуки, феноли, спирти. Запах води визначається за даними досліджень проби води об'ємом 250 мл, який розміщують в конічну колбу та закривають коркою. Після повільного нагріву води до 20°C, збовтування корку відкривають і органолептично визначають характер запаху, його інтенсивність, використовуючи при цьому таблиці “Вид запаху” та “Інтенсивність запахів”. Визначення запаху проводять в кімнаті, в котру не проникають інші запахи. Види запаху бувають різні, зокрема: пряний, огірковий, фіалковий, хімічний, хлорний, трав'янистий, тощо.

Інтенсивність запаху в балах змінюється від 1 (ніякого запаху) до 5 (дуже сильний).

Смакові якості води залежать від наявності в ній речовин природного походження. Смак визначають тільки для води, яка вживається для пиття. Розрізняють чотири основні категорії смаку: солоний, солодкий, гіркий, кислий. Також існують присмаки (лужний, металічний тощо) та інтенсивності смаку (без смаку, слабкий, сильний). В записах відмічають визначені присмаки: гірко-солоний, солонуватий, залізистий та ін.; при відсутності визначеного смаку відмічають “Без смаку”. Смак води визначають за температури води в момент її відбирання.

Показник рН характеризує присутність у воді іонів водню та гідроксильних іонів. При $pH < 7$ вода має кислу реакцію, > 7 – лужну, 7 – нейтральну. В незабруднених природних водах рН коливається в межах 4,5-8,3, в літній період при інтенсивному фотосинтезі водної рослинності кислотність середовища змінюється і рН підвищується, при деструкції органічних рештоу у воді показник рН знижується. На кислотність також впливає вміст гумусових речовин і солей, які гідролізують. Також в забруднених водах певні забруднювачі теж впливають на рН води.

Показник рН можна визначати потенціометрично (якщо проба води має велику мутність і колірність) або колориметрично.

Для потенціометричного визначення використовують портативні прилади рН-метри: рН-150М, рН-47М.

Прилад рН-47М дозволяє вимірювати рН в діапазоні 2-12 з відносною похибкою $\pm 0,05pH$. Перед використанням прилад треба налаштувати по еталонному буферному розчину води з наперед відомим показником рН, який до цього готують в лабораторії. При замірі рН у відібрану пробу води одночасно поміщують чуттєвий електрод та термометр, заміряють температуру води, здійснюють термокомпенсацію (встановлюють потрібний температурний режим для електроду), вмикають електрод і знімають значення рН з табло.

Також показник рН можна встановити з використанням колориметричної шкали - набору з індикаторів, 19 еталонних пробірок, заповнених розчином з наперед відомим значенням рН та 2 порожніх пробірок для проби води. В кожній еталонній пробірці розчин має власний колір. Одну порожню пробірку заповнюють пробєю води; помішуючи, трохи додають туди розчин індикатора і чекають зміни кольору проби. Потім між собою співставляють кольори проби і еталонів шкали і так знаходять рН. У випадку невдачі для повторного пошуку рН проби застосовують другу порожню пробірку та інший індикатор. Метод менш точний за потенціометрію.

Розчинені гази завжди присутні у поверхневих водах завжди, надходять при контакті з атмосферою і виділяються при різних фізико-хімічних і гідробіологічних процесах. Найважливішими серед них є

кисень, діоксид вуглецю, сірководень. Інші гази потрапляють у водойми за специфічних умов і їх визначають при спеціальних дослідженнях.

Розчинений кисень потрапляє у воду під час фотосинтезу, з атмосфери, з поверхневим стоком. Він є показником активності біологічних процесів і якості води. Визначається в абсолютних (мг/дм³) та відносних (% насичення) одиницях. У поверхневих водах концентрація розчиненого кисню може змінюватись від 0 до 14 мг Ог/дм³ залежно від інтенсивності двох протилежно спрямованих процесів — надходження і споживання — і як правило не перевищує 100%-го насичення. Однак за інтенсивного фотосинтезу, зокрема під час «цвітіння» води, у поверхневому шарі насиченість води киснем може перевищувати 100 %.

Для визначення вмісту кисню у воді застосовують титриметричний йодометричний (метод Вінклера) та електрохімічний методи.

Йодометричний метод проводиться в два етапи: фіксують розчинений кисень відразу на місці відбирання проби і потім титрують пробу. Пробу відбирають в склянку об'ємом 200 мл, одразу консервують, додаючи по 1 мл хлористого марганцю і йодистого калію, потім щільно закорковують склянку, заповнюють етикетку. Доправлення проби до лабораторії і її аналіз має бути зроблений протягом однієї доби з моменту відбору проби. Якщо таке неможливо – визначають на посту. Для цього в склянку додають 5 мл соляної кислоти, збовтують до утворення жовтого кольору. Потім титрують тіосульфатом до світло-жовтого кольору, далі додають 1 мл розчину крохмалю до посиніння проби і продовжують додавати тіосульфат до знебарвлення розчину. В залежності від витраченого індикатора підраховують вміст кисню у воді. Метод дозволяє визначити кисень при його концентрації від 0,05 мгО/дм³.

Електрохімічно кисень визначають за допомогою спеціальних приладів-киснемірів, обладнаних відповідними датчиками, які вимірюють силу струму відновлення кисню, який дифундує до срібного індикаторного електрода (катода) крізь напівпроникну мембрану. Сила цього струму пропорційна концентрації кисню у воді. При вимірах також враховують температуру повітря, що впливає на процес дифузії. Тому перед вимірюванням прилад слід відкалібрувати по розчинам з наперед відомим вмістом кисню та різними температурами води, за необхідності підрегулювати покази табло. Датчики слід витримувати у пробі 5 хвилин до встановлення сталих показів, такі датчики дозволяють визначати кисень при його концентраціях 0,3-12 мгО/дм³ і температурах 0-30 °С

Діоксид вуглецю CO₂ міститься в природних водах у молекулярній формі та продуктів дисоціації вугільної кислоти в концентраціях 0-4 мг/дм³ залежно від пори року. При великих концентраціях CO₂ вода стає агресивною до бетону через підвищену кислотність.

Для визначення вмісту CO₂ у воді використовують два методи – розрахунок вмісту CO₂ у воді по значенню рН та концентрації іонів HCO₃⁻

або пряме титрування содою. Перший спосіб більш надійний і не залежить від наявності у воді гумінових кислот і солей, другий спосіб використовують лише для малозабруднених і маломінералізованих вод (до 1 г/дм³) з рН <8. Карбонатні іони CO₃²⁻ визначають титруванням проби розчином соляної кислоти.

Сірководень утворюється при розкладанні органічних решток в придонних шарах зі слабким водообміном та дефіцитом кисню. Як результат розкладання органіки, сірководень свідчить про забруднення стічними водами. Вміст сірководню у воді швидко зменшується при взаємодії з киснем (до сірки та сульфатів). Сірководень має високу токсичність і неприємний запах, що погіршує органолептичні властивості води і робить її непридатною для пиття та технічного водопостачання. Тому наявність сірководню у воді неприпустима. Саме тому факт його наявності свідчить про забруднення, і серед методів контролю провідними є органолептичний (запах) і фотометричний. Фактично, сірководень аналітично у природних водах не контролюється.

Електропровідність поверхневих вод пов'язана з наявністю в них сольових компонентів (головних іонів). Наявність органіки, іонів заліза, алюмінію, амонію, нітратів, нітритів, фосфатів, температура води не враховується електропровідністю. Електропровідність не дорівнює величині мінералізації, а лише опосередковано характеризує її. В лабораторних умовах її вимірюють кондуктометрами.

Окисно-відновний потенціал E_h (ОВП) впливає на геохімічну рухливість елементів і на форми їх міграції, а також на хіміко-біологічний стан водойм. Від ОВП та рН середовища залежать життєдіяльність гідробіонтів, напрям і швидкість трансформації органічних речовин природних вод. ОВП утворюють іони та сполуки елементів, які можуть існувати в різних ступенях окиснення. Головними з них є розчинений кисень, сполуки заліза, марганцю, сірки. При збільшенні розчиненого кисню значення E_h може досягати +700 мВ; при високих значеннях E_h у воді домінують сполуки Fe³⁺, MnO₂, SO₄²⁻. При зменшенні E_h домінуючими стають сполуки Fe²⁺, Mn²⁺, сірководень і сульфіди. В безкисневих сірководневих зонах, при наявності органічних сполук, які біохімічно розкладаються, E_h досягає -100 мВ. ОВП вимірюють потенціометрично на рН-метрі. Електроди (разом з термометром) занурюють в пробу, чекають 5 хвилин і знімають з шкали приладу відповідне значення E_h.

В практиці оперативного гідрохімічного моніторингу використовують тест-методику аналізу, які експресні, дають результат на місці в польових умовах, прості, доступні, дозволяють виконувати якісний і напівкількісний аналіз концентрацій елементів на рівні їх ГДК. При цьому не потрібно використовувати складну кошовну апаратуру і спеціально готувати пробу. При виявленні високої концентрації певного компонента її можна визначити більш точно в лабораторії стандартними

методами аналізу. Тому тест-методи і стандартні методи аналізу доповнюють один одного.

Тест-методики аналізу засновані на хімічних і біохімічних реакціях, застосовують реактивні індикаторні системи (РІС) — паперові смужки, волокнисті матеріали, тканини, порошок силікагелю, шматочки пінополіуретану, на поверхні яких іммобілізовані органічні реагенти, що утворюють з визначуваними інгредієнтами забарвлені сполуки. Найпростішим способом визначення наявності та приблизного вмісту визначуваного інгредієнта є візуальне порівняння інтенсивності забарвлення РІС зі стандартною шкалою, отриманою в лабораторних умовах. Досить ефективним є використання імітатора стандартної шкали, виконаного на білому папері за допомогою кольорових олівців або маркерів. Інтенсивність забарвлення РІС можна оцінити також за допомогою спеціальної портативної апаратури. При використанні індикаторних папірців певної довжини або трубок, заповнених РІС на основі силікагелю, вміст визначуваного інгредієнта визначають за висотою забарвленої зони.

Однак слід зауважити, що з РІС реагують переважно вільні катіони металів або аніони неметалів. Разом в тим відомо, що в умовах природних вод більша частина катіонів важких металів зв'язана в комплексні сполуки з органічними речовинами, в основному з гуміновими та фульвокислотами. Повнота визначення важких металів з використанням РІС залежить від того, наскільки повним є витіснення іонів металів з природних комплексних сполук реагентом, що входить до складу РІС. Тому чим стійкішими є комплексні сполуки визначуваних металів з реагентами РІС, тим надійнішими є результати аналізу. Подібні застереження не стосуються визначення більшості аніонів-неметалів та органічних сполук, які містяться в природних водах у вільному стані.

Так, маючи індикаторний папір (фільтрувальний папір з нанесеним на нього розчином реагенту „ПАН” жовтого кольору) і набір контрольних кольорових розчинів з наперед відомими концентраціями, можна визначати вміст у воді іонів важких металів. Краплю проби наносять на індикатор, при цьому колір змінюється з жовтого на оранжево-червоний, інтенсивність якого пропорційна концентрації іонів важких металів. Порівнюючи індикатор і стандарти визначають концентрацію елемента.

Подібні методики експрес-аналізу існують для кожного хімічного інгредієнта, при цьому використовують готові стандартні реагенти, зараз цей напрям польової гідрохімії набуває широкого застосування при моніторингу якості води.

8.5 Обчислення іонного стоку річок

Розчинені речовини потрапляють в річки з поверхнево-схилним стоком та підземними водами. При цьому в періоди підвищеної водності (водопілля, паводки) концентрації сольових компонентів в річкових водах зменшуються, а в межень – значно підвищуються. Головна причина – висока мінералізація підземних вод порівняно з поверхнево-схилним стоком. Стік розчинених речовин зумовлюється водністю річки, тому в періоди підвищення стоку води зростає і стік розчинених речовин (навіть якщо концентрації при цьому зменшуються). Окрім водності, на обсяги іонного стоку впливають природні умови водозбору, антропогенний тиск на водойму.

Стік розчинених речовин (іонний, хімічний стік) – це кількість неорганічних і органічних сполук в іонно-молекулярному і колоїдному стані, які виносяться річками з даної території за певний часовий проміжок (рік, сезон, місяць тощо).

За генезисом розрізняють стік розчинених і колоїдних речовин, стік органічних і неорганічних речовин. Стій неорганічних речовин поділяється на стік головних іонів (іонний стік), мікроелементів і біогенних речовин. Іонний стік – найбільш вивчений, становить основну масу речовин, які переносяться. Під іонним стоком розуміють суму макрокомпонентів, які виносяться річками з даної території за певний проміжок часу.

Існують різні методи розрахунку іонного стоку. За стандартним методом вхідною інформацією є витрата води і концентрація речовини на певну дату (наприклад, мінералізація води $\sum M$).

Іонний стік (R_i т/рік) обчислюється за формулою:

$$R_i = WC, \quad (8.1)$$

де W —водний стік, м³/рік; C — сума головних іонів в 1 м³ води за досліджуваний період.

Аналогічно обчислюють показники стоку біогенних елементів, органічних речовин тощо.

Порядок виконання робіт:

1) обчислюються щоденні витрати іонного стоку за даними вимірювань S (кг/с):

$$S = \frac{[\sum M] * Q}{1000}; \quad (8.2)$$

2) за обчисленими S будують на аркуші міліметрового паперу формату А₄ залежність $S=f(Q)$ (приклад – на рис. 8.4);

3) з отриманого графіку знімають витрати іонного стоку на кожен добу по відомій величині Q (по річній таблиці щоденних витрат води);

4) заповнюють річну таблицю щоденних витрат іонного стоку S_i - обчислюють середньомісячні та середньорічні значення, максимальне та мінімальне за рік;

5) в річній таблиці витрат іонного стоку додатково розраховують **абсолютні і питомі показники водного та іонного стоку**: середньорічну витрату води \bar{Q} , м³/с; об'єм стоку води за рік W , млн. м³; середньорічний модуль стоку води M , л/(с*км²); середньорічну витрату іонного стоку \bar{S} , кг/с; об'єм іонного стоку r , тон/рік; середньорічний модуль іонного стоку R , т/(рік*км²); (за формулами 8.3 – 8.6):

$$W = T * \bar{Q} , \quad (8.3)$$

$$M = \frac{1000\bar{Q}}{F} , \quad (8.4)$$

$$r = T * \bar{S} , \quad (8.5)$$

$$R = \frac{r}{F} , \quad (8.6)$$

де T - час в секундах, F – площа басейну, км²;

6) на аркуші міліметрового паперу формату А₃ будують річний графік ходу водного та іонного стоку річки (приклад – на рис 8.5).

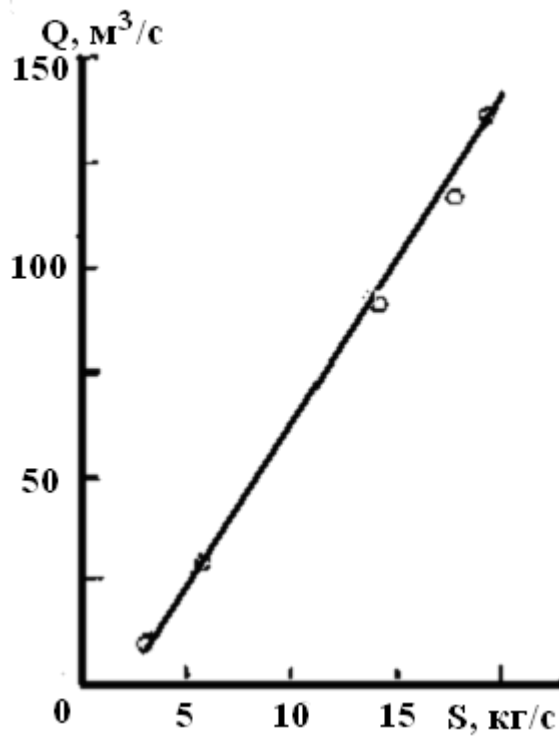


Рис. 8.4 – Залежність $S=f(Q)$ р. Прут – м.Чернівці 2008 р.

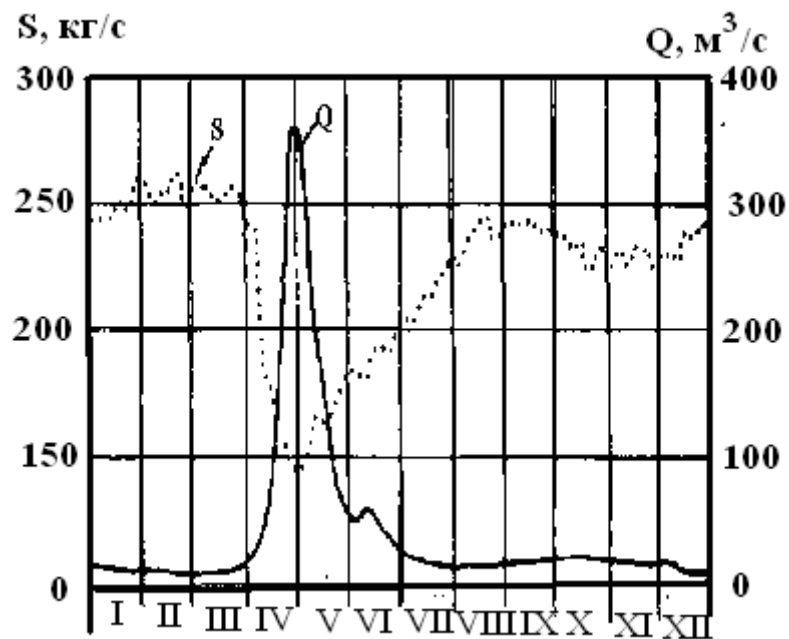


Рис. 8.5 – Графік ходу водного та іонного стоку р. Прут – м.Чернівці за 2008 р.

Гідролого-гідрохімічними показниками річкових вод вважають: водність річки (витрата води Q) і набір гідрохімічних характеристик

(концентрацій іонів). Враховуючи те, що будь яку вказану характеристику доводиться вимірювати, а іноді ці вимірювання виконувати неможливо, важливими є спроби встановити графічний та розрахунковий взаємозв'язок між гідролого-гіdroхімічними показниками. Наявність таких зв'язків дозволяє оптимізувати (скоротити) кількість лабораторних досліджень, перелік контрольованих речовин, програму моніторингу (в 1988 р. за даними таких досліджень було оптимізовано систему постів моніторингу якості води ЗДССК, що дозволило спрямувати зусилля контролюючих установ на найбільш пріоритетні річки і спростило програми спостережень на багатьох постах).

Найбільш доцільно спробувати пов'язати концентрації окремих іонів з водністю річки $C=f(Q)$. В деяких випадках такий зв'язок виявляється досить тісним (рис. 8.6). Наявність подібного зв'язку пояснюється тим, що гіdroхімічний режим річок визначається участю вод різного походження (підземних, поверхневих) в живленні річки. До того ж, в певні фази водного режиму води різного походження в стоці річки переважають, а так як ці води найчастіше мають стабільний і притаманний лише ним хімічний склад, то і концентрації іонів залежать від витрати води. Наприклад, в межінь (мала водність) переважають ґрунтові води і в річках домінують іони хлору, натрію, сульфатів. В паводки і водопілля (підвищена водність) переважає поверхневий стік і характерні для нього іони кальцію, магнію, гіdroкарбонату займають домінуюче положення в іонному складі.

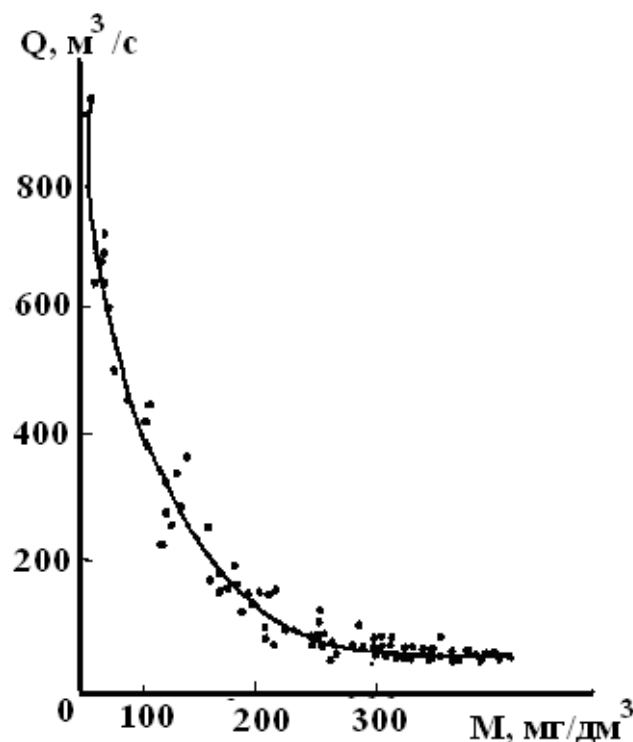


Рис. 8.6 - Зв'язок вимірних концентрацій мінералізації та витрат води у р. Дніпро – м. Смоленськ (1990-1995 рр.)

Також досить важливим з наукової точки зору є пошук міжонних взаємозв'язків (рис 8.7). Їх наявність дозволяє графічно підібрати до них розрахункове рівняння, що дозволяє вирішувати питання прогнозування якості води в річках, автоматизувати обчислення стоку розчинених речовин. Однак варто зазначити, що подібні зв'язки існують далеко не завжди, що пов'язано як зі складністю умов формування хімічного складу води річок на конкретних водозборах, так і з антропогенним фактором (скидання стічних вод спотворює природний гідрохімічний режим річок).

Критерій тісноти зв'язку між двома величинами – **коефіцієнт кореляції** r_{xy} , який може приймати значення від 0 до 1. Чим ближче r_{xy} до одиниці, тим кращий зв'язок. На практиці вважають, що зв'язки з кореляцією $r_{xy} \geq 0,6$ достатньо тісні для розрахунків.

Знак коефіцієнту кореляції вказує на характер зв'язку: «+» - зв'язок прямий (із зростанням однієї характеристики зростає друга); «—» - зв'язок обернений (із зростанням однієї характеристики друга зменшується).

Коефіцієнт кореляції (r_{xy}) між рядами двох характеристик (x, y) обчислюється за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum (y_i - y_0)(x_i - x_0)}{\sqrt{\sum (y_i - y_0)^2 \sum (x_i - x_0)^2}} = \frac{\sum (\Delta x \Delta y)}{\sqrt{\sum \Delta y^2 \sum \Delta x^2}}, \quad (8.7)$$

де x_i, y_i – члени відповідних рядів, x_0, y_0 – середньоарифметичні значення відповідних рядів.

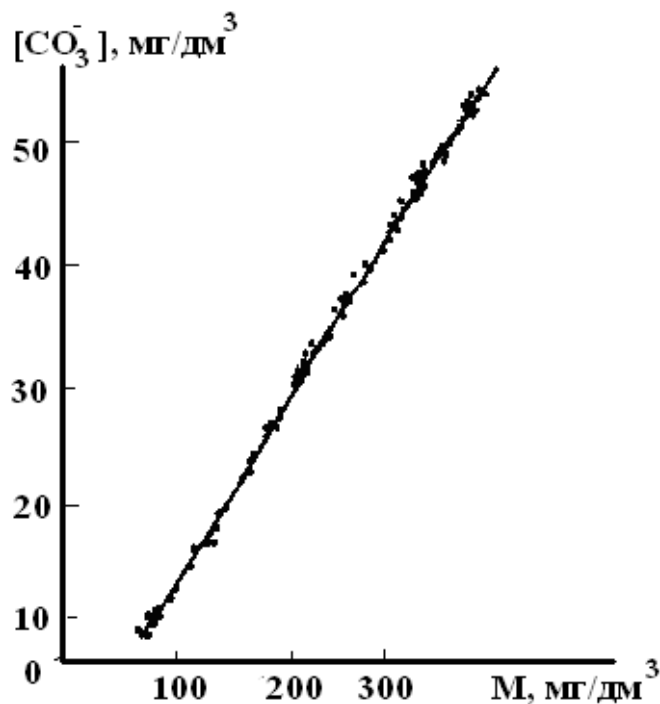


Рис. 8.7 - Зв'язок вимірних концентрацій іонів $[CO_3^-]$ і мінералізації води р. Дніпро – м. Смоленськ (1990-1995 рр.)

Для масових кореляційних розрахунків найзручнішою є таблична форма запису. При дослідженні взаємної кореляції між багатьма гідролого—гідрохімічними показниками складають **кореляційну матрицю** (таблицю, в якій перший рядок і перший стовбчик містять ті показники, які досліджуються; парні коефіцієнти кореляції обчислюються та записуються на перехрестя відповідного стовбчика і рядка; така форма запису дозволяє легко проводити аналіз існуючих внутрішньоіонних зв'язків та працювати з тими, які мають кореляцію $r_{xy} \geq 0,6$ більш детально.

Для отримання рівняння зв'язку з високим коефіцієнтом кореляції використовують **рівняння регресії двох величин**:

$$y - y_0 = r_{xy} \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - x_0) \quad (8.8)$$

де x_0, y_0 – середньоарифметичні значення відповідних рядів, r_{xy} - коефіцієнт кореляції, σ_x, σ_y - середньоквадратичні відхилення x, y від їх середніх значень.

Середньоквадратичні відхилення розраховують за формулами:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - y_0)^2}{n-1}}, \quad (8.9)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_0)^2}{n-1}}, \quad (8.10)$$

де n – кількість членів відповідних рядів.

Для значимих зв'язків також обчислюють **середню похибку складових рівняння регресії S і вирогідну похибку коефіцієнта кореляції E_r** за формулами:

$$S_x = \pm \sigma_x \sqrt{1 - r_{xy}^2}, \quad (8.11)$$

$$S_y = \pm \sigma_y \sqrt{1 - r_{xy}^2}, \quad (8.12)$$

$$E_r = \pm 0.67 \frac{1 - r_{xy}^2}{\sqrt{n}}, \quad (8.13)$$

Питання для самоперевірки

1. Система гідрохімічного моніторингу поверхневих вод в Україні.
2. Види та етапи відбору проб води на хімічний аналіз.
3. Способи консервації проб на окремі гідрохімічні показники.
4. Підготовка проб до гідрохімічного аналізу.
5. Методи хімічного аналізу проб води.
6. Визначення основних фізико-хімічних показників води.
7. Сучасні методи оперативного польового гідрохімічного аналізу.
8. Обчислення іонного стоку річок.

Література

1. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 448 с.

2. Гидрологические приборы и гидрометрические сооружения /под ред. Г.С.Клейна и И.Г.Шумкова. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 175 с.
3. Железняков Г.В. Теория гидрометрии. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 344 с.
4. Знаменский В.А. Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 248 с.
5. Карасев И.Ф., Васильев В.А., Субботина Е.С. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 376 с.
6. Кондратьев К.Я., Поздняков Д.А. Качество природных вод и определяющие его компоненты. – Л.: Наука, 1984. – 54 с.
7. Колодєєв Є.І., Чернов М.І. Основи річкової гідрометрії: Навчальний посібник. – Одеса, „ТЕС”, 2002. – 159с.
8. Колодєєв Є.І., Чернов М.І., Швєбс О.Г. Лабораторний практикум з гідрометрії. Навчальний посібник. – Одеса: “ТЭС”, 2004. – 105 с.
9. Ліпінський В.М. Гідрометеорологічна служба України// Український гідрометеорологічний журнал, 2006.-№1. – с.5 – 13.
- 10.Набиванець Б.Й., Осадчий В.В., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. – К.: «Наукова думка», 2007. – 600с.
- 11.Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2, ч.II. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 264 с.
- 12.Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.6, ч.І. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 382 с.
- 13.Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.6, ч.II. – Л.: 1972. – 266 с.
- 14.Никаноров А.М. Гидрохимия. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
15. Павлов П.В., Манацков Л.Я., Пасталатий Л.С «Гидрометрические сооружения». – Л.: Гидрометеиздат,1971. – 180 с.
- 16.Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія. – К.: Либідь, 1997. – 384с.
17. Правила измерения расхода жидкости при помощи стандартных водосливов и лотков. – М.: Изд-во Стандартов, 1977. – 51 с.
18. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 540 с.

Яров Ярослав Сергійович

ГІДРОМЕТРІЯ ТА ГІДРОХІМІЯ

Конспект лекцій

Підп. до друку 2010
Умовн. друк. арк. 10

Формат 60×84/16
Тираж 100

Папір офс.
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15
