

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЯРОВ Я. С., ГРАЦЕНКОВА Т. В.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЧИСЛЕННЯ СТОКУ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

Конспект лекцій

Одеса
Одеський державний екологічний університет
2020

УДК 54.01

Я76

Рекомендовано методичною радою Одеського державного екологічного університету Міністерства освіти і науки України як конспект лекцій (протокол № 9 від 29.06.2017 р.)

Яров Я.С., Гращенко Т.В.

Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2017. 168 с.

У конспекті лекцій викладені питання, передбачені робочою програмою дисципліни «Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин», які пов'язані з методами автоматизованого розрахунку стоку води і розчинених хімічних речовин у генетичних складових річкового стоку за даними регулярних спостережень, які виконуються на мережі постів моніторингу довкілля в системі Державної гідрометеорологічної служби ДСНС України.

Конспект лекцій призначений для забезпечення студентів можливістю самостійного поглибленого вивчення лекційних тем, самостійної роботи при підготовці до аудиторних і практичних занять.

Конспект лекцій рекомендується для студентів IV курсу ОДЕКУ, які навчаються за галуззю знань 0401 «Природничі науки», напрям підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», шифр ПДВ Е-7 (траєкторія навчання – «гідроєкологія»).

ISBN 978-966-186-015-4

© Яров Я.С., Гращенко Т.В., 2017
© Одеський державний екологічний університет, 2020

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
1. ОБЛІК ПОВЕРХНЕВИХ І ПІДЗЕМНИХ ВОД І ДЕРЖАВНИЙ ВОДНИЙ КАДАСТР (ДВК)	7
1.1 Основні відомості про водні кадастри	7
1.2 Державний облік вод та їх використання	18
1.3 Державний водний кадастр: підземні води	19
1.4 Державний водний кадастр: поверхневі води	28
1.5 Державний водний кадастр: використання водних ресурсів	43
1.6 Сучасні підходи до ведення водного кадастру	58
2. ПІДРАХУНОК СТОКУ ВОДИ У ВИПАДКУ НАЯВНОСТІ ТА ВІДСУТНОСТІ ОДНОЗНАЧНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ВИТРАТАМИ І РІВНЯМИ	62
2.1 Загальні положення	62
2.2 Побудова кривої витрат води при однозначній залежності між витратами і рівнями	67
2.3 Підрахунок стоку води при відсутності однозначної залежності між витратами і рівнями	69
2.3.1 Неусталений рух води	69
2.3.2 Льодові явища	72
2.3.3 Заростання русла	78
2.3.4 Нестійкі русла	81
2.3.5 Змінний підпір	93
3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ВОД	103
3.1 Загальні положення	103
3.2 Склад програмного комплексу «КАДАСТР»	104
3.3 Підбір оптимального рівняння кривої витрат	105
3.3.1 Гідравлічна залежність витрат від рівнів води	106
3.3.2 Розрахунок оптимальних параметрів рівняння кривої витрат	107
3.4 Екстраполяція кривої витрат до вищих рівнів	111
3.5 Обчислення добового стоку методом сплайн-інтерполяції	115
3.6 Автоматизована інформаційна система ДВК "Підземні води"	116
3.7 Автоматизована інформаційна система ДВК "Поверхневі води"	118
4. МЕТОДИ РОЗЧЛЕНУВАННЯ ГІДРОГРАФІВ РІЧКОВОГО СТОКУ	121
4.1 Типові схеми розчленування гідрографів річки	121
4.2 Розрахунок величини підземного живлення в річку за гідрографом за період паводка методом О.С. Попова	122
4.3 Визначення підземної складової річкового стоку в період водопілля за гідрохімічними даними	124
5. ОБЧИСЛЕННЯ СТОКУ НАНОСІВ	126

5.1	Основні відомості про наноси	126
5.2	Методи обчислення стоку завислих наносів	129
6.	ОБЧИСЛЕННЯ СТОКУ РОЗЧИНЕНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН	144
6.1	Чинники формування хімічного складу природних вод	144
6.2	Мінералізація річкових вод та її зв'язок з концентраціями речовин і витратами води	144
6.3	Методи обчислення стоку хімічних речовин	147
7.	АВТОМАТИЗОВАНЕ ОБЧИСЛЕННЯ СТОКУ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН	155
7.1	Програмна система (ПС) “ХІМСТОК” для автоматизованих розрахунків добового стоку води та хімічних речовин	155
7.2	Теоретичні основи методу обчислення добових витрат стоку хімічних речовин за ПС “ХІМСТОК”	156
7.3	Методичні вказівки до ПС “ХІМСТОК” для підрахунку на ПЕОМ добового стоку води та хімічних речовин в гідростворах річок	159
7.4	Автоматизоване обчислення щоденних концентрацій і витрат хімічних речовин програмною системою “ХІМСТОК”	161
	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	167

ПЕРЕДМОВА

Конспект лекцій складений відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин», що відноситься до пакету дисциплін професійно-орієнтованого циклу в підготовці бакалаврів з напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», шифр ПДВ Е-7, траєкторія навчання – «гідроекологія».

Загальна мета дисципліни «Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин» полягає в ознайомленні студентів з методами та алгоритмами обробки на ПЕОМ результатів гідрологічних і гідрохімічних спостережень, автоматизованого обчислення річкового стоку води, наносів та розчинених хімічних речовин, складання таблиць з щоденними, декадними, місячними витратами і концентраціями та річними характеристиками стоку для публікації цих даних у виданнях ДВК.

Вивчення дисципліни «Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин» базується на знаннях, одержаних студентами при вивченні таких дисциплін навчального плану, як «Вища математика», «Хімія з основами біогеохімії», «Фізика», «Гідрологія (суші)», «Метеорологія і кліматологія», «Моніторинг довкілля», «Гідравліка річок і водоймищ», «Гідрометрія та гідрохімія» та інших. Знання, отримані в результаті вивчення цієї дисципліни будуть використовуватися у подальших дисциплінах, що передбачені навчальним планом – «Математичне моделювання гідроекологічних систем», «Оцінка, прогнозування та управління якістю водних ресурсів», «Гідроекологічні основи водного господарства», «Раціональне використання і охорона водних ресурсів», при підготовці курсових проектів та у подальшій фаховій діяльності.

В результаті вивчення дисципліни «Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин» студенти повинні набути такі базові знання: основні алгоритми і методи автоматизованого контролю та первинної обробки даних гідрологічних і гідроекологічних показників водного середовища; вимоги офіційних нормативів при обчисленні витрат води, завислих наносів і розчинених речовин; автоматизовані методи апроксимації кривих витрат води, завислих наносів і розчинених хімічних речовин.

Після вивчення дисципліни студенти повинні оволодіти такими базовими вміннями: обчислювати витрати води, завислих наносів і розчинених речовин за нормативними методами; вводити дані гідрологічних, метеорологічних і гідрохімічних спостережень на технічні носії; встановлювати за допомогою програм на ПЕОМ параметри аналітичних рівнянь кривих витрат всіх видів стоку води, завислих наносів і розчинених хімічних речовин; вибирати оптимальний варіант підрахунку

добових значень стоку води, завислих наносів і розчинених хімічних речовин в створі річки; підготовлювати розрахункові підсумкові таблиці для їх публікації в складі видань ДВК та інших виданнях.

Компетенції, яких повинні набути студенти в результаті вивчення дисципліни «Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин»:

- 1) соціально-особистісного характеру:
 - здатність враховувати суспільні відносини під час здійснення діяльності;
 - здатність здійснювати читання і осмислення професійно орієнтованої та загальнонаукової іншомовної літератури, використання її у професійній сфері;
 - здатність реалізовувати – переводити оброблену знакову інформацію у вигляд зовнішніх процесів (практичне здійснення).
- 2) інструментальні:
 - здатність до письмової й усної комунікації рідною мовою;
 - навички роботи в комп'ютерних мережах, збір, аналіз та управління інформацією, навички використання програмних засобів;
 - навички із забезпечення екологічної безпеки.
- 3) загальнонаукового характеру:
 - базові знання фундаментальних розділів математики обсягом, що необхідний для володіння математичним апаратом відповідної галузі знань, здатність використовувати математичні методи з обраної професії;
 - базові знання хімії та гідрохімії в обсязі, необхідному для вивчення професійних дисциплін та для використання в обраній професії;
 - базові знання з гідрології для раціонального й комплексного використання водних ресурсів, вирішення екологічних проблем водокористування.
- 4) загально-професійного характеру:
 - здатність використовувати автоматизовані методики розрахунку характеристик водного та іонного стоку;
 - знання основних чинників біотичного та абіотичного характеру, що формують екологічний склад природних вод;
- 5) спеціалізовано-професійного характеру:
 - використовувати знання з гідрології для дослідження явищ та процесів, що відбуваються у водному середовищі;
 - використовувати знання теоретичних основ інформатики й практичного використання комп'ютерних технологій для автоматизованого підрахунку стоку хімічних речовин.

1. ОБЛІК ПОВЕРХНЕВИХ І ПІДЗЕМНИХ ВОД І ДЕРЖАВНИЙ ВОДНИЙ КАДАСТР (ДВК)

1.1 Основні відомості про водні кадастри

Велике значення в справі раціонального використання і охорони водних ресурсів має встановлення єдиної державної системи обліку та планування використання вод. Головними складовими частинами цієї системи є: державний водний кадастр, водогосподарські баланси та схеми комплексного використання й охорони водних ресурсів. Ці частини системи тісно пов'язані між собою, але кожна з них є досить самостійною.

У широкому тлумаченні під поняттям "водні ресурси" розуміють води поверхневого і підземного стоку, ґрунтові та підземні води, води льодовиків, морські та океанічні води, атмосферні води та води штучних водних об'єктів. Відповідно до потреб матеріального виробництва під *водними ресурсами* розуміють придатні до використання запаси поверхневих і підземних вод певної території.

За походженням і місцем розташування водні ресурси поділяють на *місцеві, регіональні та глобальні*, а за належністю — на *національні, міждержавні та загальні*.

За господарською значущістю водні ресурси поділяють на дві категорії:

- *природні або потенційні ресурси* — це поверхневі та підземні води, формування яких зумовлено природними процесами;

- *експлуатаційні ресурси* — це об'єм води, який можна забрати за одиницю часу із поверхневих водостоків і підземних горизонтів у певному районі без зниження продуктивності водозабору та якості води протягом періоду експлуатації.

Усі водні об'єкти як фізико-географічні одиниці становлять *єдиний державний водний фонд*.

Водний фонд України. Відповідно до Водного Кодексу України усі води (водні об'єкти) на території України становлять її водний фонд.

До *водного фонду* України належать:

1. Поверхневі води:

- природні водойми (озера);
- водотоки (річки, струмки);
- штучні водойми (водосховища, ставки) і канали;
- інші водні об'єкти.

2. Підземні води та джерела.

3. Внутрішні морські води і територіальне море.

До *земель водного фонду* належать землі, зайняті:

1) морями, річками, озерами, водосховищами, іншими водоймами, болотами, а також островами;

2) прибережними захисними смугами вздовж морів, річок та навколо водойм;

3) гідротехнічними, іншими водогосподарськими спорудами та каналами, а також землі, виділені під смуги відведення для них;

4) береговими смугами водних шляхів.

Водні об'єкти в Україні поділяються на об'єкти загальнодержавного та місцевого значення.

До водних об'єктів *загальнодержавного значення* належать:

1) внутрішні морські води і територіальне море;

2) підземні води, які є джерелом централізованого водопостачання;

3) поверхневі води (озера, водосховища, річки, канали), що знаходяться і використовуються на території двох і більше областей, а також їхні притоки усіх порядків;

4) водні об'єкти в межах територій природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, а також віднесені до категорії лікувальних.

До водних об'єктів *місцевого значення* належать:

1) поверхневі води, що знаходяться і використовуються в межах однієї області і які не зачислені до водних об'єктів загальнодержавного значення;

2) підземні води, які не можуть бути джерелом централізованого водопостачання.

Води (водні об'єкти) є виключно власністю народу України і надаються тільки у користування. Для забезпечення раціонального використання водних ресурсів провадять *облік вод*. Його завданням є встановлення відомостей щодо кількості і якості вод, а також даних щодо водокористування, на основі яких здійснюють розподіл води між водокористувачами та розробляють заходи щодо раціонального використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

З метою систематизації даних державного обліку вод та визначення наявних для використання водних ресурсів складають *водний кадастр*.

Водний кадастр — це систематизована збірка відомостей про водні ресурси країни, їхню кількість, склад і можливості використання. Водний кадастр є державним зведенням даних щодо водних об'єктів, земель водного фонду, водного режиму, водних ресурсів та їхнього використання, необхідних для соціально-економічної та екологічної оцінки водоресурсного потенціалу і забезпечення сталого розвитку регіональних утворень і функціонування водних екосистем.

Водний кадастр є базою державного управління водним фондом. Передбачає *державний облік вод* — систематичне визначення і фіксацію кількості та якості водних ресурсів, розташованих на певній території. Водний кадастр здійснюється з *метою* забезпечення поточного і перспективного планування використання водних об'єктів, їхнього відновлення та охорони. Державний облік підземних і поверхневих вод

базується на даних обліку використання поверхневих і підземних вод, наданих водокористувачами, і даних державного моніторингу водних об'єктів.

Принципи ведення державного водного кадастру:

- охоплення всієї території країни обліком водних ресурсів;
- єдина методична основа збору гідрологічної інформації;
- достовірність зібраних даних;
- відповідальність виконавців;
- інформованість користувачів про наявні дані;
- доступ до кадастрової інформації широкого кола користувачів;
- обов'язковість використання кадастрових даних у роботі різних організацій, установ тощо.

Державний водний кадастр провадять за єдиною системою. Надання водокористувачами у спеціально уповноважений державний орган управління водокористуванням і охорони водного фонду даних, необхідних для державного водного кадастру, є обов'язковим.

Дані державного водного кадастру слугують основою для ухвалення рішень зі здійснення державного управління в області використання та охорони вод.

Державний облік поверхневих і підземних вод, ведення державного водного кадастру здійснюють спеціально уповноважені органи управління використанням і охороною вод із участю державного органу управління в галузі гідрометеорології та моніторингу оточуючого середовища (з поверхневих водних об'єктів) і державного органу управління використанням і охороною надр (з підземних водних об'єктів).

Порядок здійснення державного обліку поверхневих і підземних вод встановлює Уряд країни. **Порядок ведення** державного водного кадастру визначено водним законодавством України.

Спеціально уповноважений державний орган управління використанням і охороною водного фонду зобов'язаний забезпечити доступ до інформації, що міститься у документації "**Державного водного кадастру**".

Структура державного водного кадастру. Державний водний кадастр є систематизованим зведенням відомостей про:

- поверхневі, підземні, внутрішні морські води та територіальне море;
- обсяги, режим, якість і використання вод (водних об'єктів);
- водокористувачів (окрім вторинних).

Державний водний кадастр налічує також відомості щодо водогосподарських об'єктів, які забезпечують використання води, очищення та скидання зворотних вод, а саме:

- споруди для акумуляції та регулювання поверхневих і підземних вод;

- споруди для забору і транспортування води;
- споруди для скидання зворотних вод;
- споруди, на яких здійснюють очищення зворотних вод (з оцінкою їхньої ефективності).

Відповідно до видів водних об'єктів та їхнього використання у державному водному кадастрі виокремлюють такі розділи і підрозділи:

Розділ 1. Поверхневі води.

- 1.1. Водотоки (річки, струмки).
- 1.2. Природні водойми (озера).
- 1.3. Штучні водойми (водосховища, ставки) і канали.
- 1.4. Морські води та джерела.

Розділ 2. Підземні води.

- 2.1. Ґрунтові води.
- 2.2. Підземні води.

Розділ 3. Використання вод.

Дані щодо ресурсів *поверхневих вод*, їхньої якості і змін під впливом виробничо-господарської діяльності узагальнюють за:

- водними об'єктами та їхніми ділянками;
- басейнами річок, озерами, внутрішніми морями;
- адміністративними районами, областями і в державі загалом.

Дані щодо ресурсів *підземних вод*, їхньої якості і змін під впливом виробничо-господарської діяльності узагальнюють стосовно:

- родовищ (басейнів) підземних вод;
- водоносних горизонтів;
- басейнів річок;
- адміністративних районів, областей і держави в цілому.

Дані щодо *використання вод* узагальнюють шляхом створення:

- каталогу водокористувачів;
- банку даних про ресурси поверхневих і підземних вод та обсяги їхнього використання (забори води).

Три розділи "Державного водного кадастру" містять детальну характеристику поверхневих, підземних вод і водокористувачів.

Важливою складовою *першого розділу "Поверхневі води"* є загальна характеристика водного об'єкта (річки, озера, водосховища), а саме: назва; характеристика розміщення водного об'єкта (адміністративна область, район; фізико-географічна область, район); визначення категорії водного об'єкта (основна ріка, притока); довжина (км); характеристика площі водозбору (км кв), площі водного дзеркала і об'єму води, густоти річкової мережі (км/км кв), параметрів і властивостей рельєфу; відображення гідрологічних умов (режим та об'єм стоку різної забезпеченості); визначення модулів стоку (max, min).

Другою важливою структурною складовою цього розділу є характеристика антропогенних змін басейнових комплексів, яка містить дані про структуру угідь і ступінь освоєння території водозбору, антропогенні зміни корінного біогеоценотичного покриву (натуральних ландшафтів та їхніх компонентів), зокрема:

- освоєнність території водозбору (питома вага орних земель, ріллі, сіножатей і пасовищ, лісів, земель під водою), %;
- лісистість (природна, сучасна), %;
- населення, тис. осіб;
- забудовані землі, тис. га;
- щільність поселень (населених пунктів);
- кількість і площа ставків і водосховищ (шт., га);
- площа осушених (зрошуваних) земель, тис. га;
- площа еродованих земель, тис. га;
- площа зсувів, га;
- наявність селенебезпечних ділянок (шт., га);
- довжина ділянок руйнування берегів (км).

У наступному підрозділі подано характеристику техногенного навантаження. Він містить дані про існуючі і проєктовані водогосподарські об'єкти та їхні характеристики:

- водозабори (кількість і об'єми забору води);
- джерела забруднення водних об'єктів (характеристика промислових та інших об'єктів на водозборі);
- очисні споруди та ефективність очистки зворотних вод (кількість, % очистки);
- випуски зворотних вод (кількість випусків і об'єми скидання зворотних вод);
- види та об'єми скидання забруднювальних речовин із зворотними водами;
- внесення добрив і пестицидів, можливостей їхнього винесення з поверхневим стоком;
- винесення забруднювальних речовин із заселених територій, сільськогосподарських угідь тощо.

Далі увагу звернено на якість (ступінь забруднення) поверхневих і підземних вод. Тут відображають:

- узагальнені (щорічні, багаторічні) характеристики гідрохімічного режиму і санітарного стану річок, озер, водосховищ (показники, що характеризують якісний склад і властивості води у водних об'єктах);
- наявність перевищень гранично-допустимих концентрацій основних забруднювальних речовин (органічні забруднення, мінералізація, завислі речовини, сполуки азоту, фосфору, феноли, важкі метали, хлориди, сульфати, радіонукліди тощо). Окремим структурним підрозділом

подаються матеріали про сучасне та прогнозоване використання водних ресурсів:

- характеристика підприємств, які здійснюють забір і скидання вод (каталог водокористувачів);

- існуюча кількість водозаборів та обсяги забору води (обсяги водокористування);

- прогнозований забір води і можливість його забезпечення (обсяги водних ресурсів, які необхідні для задоволення питних і господарсько-побутових потреб, а також потреб галузей економіки).

Дуже важливою складовою водного кадастру є картографічні матеріали. На карту-схему наносять:

- 1) сучасні ландшафти з характеристиками компонентів природи: літогенної основи (геологія), ґрунтового покриву, гідрографічної мережі, родовищ підземних вод, водоохоронних зон і прибережних смуг уздовж річок і навколо водойм орних земель, осушених (зрошуваних) земель, еродованих земель, ділянок руйнування берегів річок;

- 2) водогосподарські об'єкти (водозабори, гідровузли, випуски зворотних вод та ін.). Зокрема, тут відображають: назву водогосподарського об'єкта, розташування об'єкта (населений пункт), віддаль від гирла ріки, мету водокористування (промислове, господарсько-побутове, сільськогосподарське, рибогосподарське), об'єми водокористування (забору води)

У *другому розділі* подано характеристику *підземних вод*. Насамперед, це загальна характеристика підземних вод: назва родовища підземних вод; розміщення родовищ, їхня площа; характеристика господарського використання території (структура угідь); запаси підземних вод (розвідані, експлуатаційні).

Обов'язковою складовою водного кадастру підземних вод є характеристика техногенного навантаження.

Третій розділ водного кадастру відображає шляхи *використання вод*. Первинна інформація щодо використання водних ресурсів налічує: каталоги водокористування; дозволи на спецводокористування, які видають місцеві органи з регулювання використання та охорони вод; щорічні дані державного обліку використання вод по водних об'єктах і водогосподарських ділянках; басейнові і територіальні схеми комплексного використання та охорони водних ресурсів; дані водогосподарських балансів; дані про сучасні і проектиовані обсяги використання водних ресурсів.

Перелік параметрів і терміни спостережень за кількістю та якістю вод, точність вимірів і розрахунків, а також форми представлення інформації повинні задовольняти вимогам щодо:

- планування з використання водних ресурсів;

- проектування водогосподарських, транспортних, промислових, сільськогосподарських та інших об'єктів;
- ведення водного державного кадастру;
- гідрологічного прогнозування;
- прогнозування якості вод;
- розробки заходів із запобігання й усунення шкідливого впливу вод;
- оперативного управління водними ресурсами;
- регулювання юридичних та економічних відносин між водокористувачами.

Використання даних водного кадастру. Дані державного водного кадастру необхідні для:

- оцінки та прогнозування змін гідрологічних і гідрогеологічних умов, ресурсів водних об'єктів та якості вод;
- розробки схем комплексного використання та охорони водних ресурсів;
- підготовки та видачі дозволів на користування водними об'єктами;
- державного контролю за використанням та охороною водних об'єктів;
- забезпечення водокористувачів необхідною інформацією про водні об'єкти;
- вирішення спірних питань, що виникають у зв'язку з використанням водних об'єктів тощо.

Вичерпну інформацію щодо особливостей гідрологічного режиму водних об'єктів використовують проектувальники під час проектування і будівництва гідротехнічних споруд, гідроелектростанцій, мостів, автошляхів, водосховищ, каналів, меліоративних систем. Її використовують також для прогнозування і попередження загрози та розвитку небезпечних стихійних гідрологічних явищ на річках України.

Головними споживачами гідрологічної інформації залишаються органи влади та управління усіх рівнів, організації системи ДСНС та галузей економіки, діяльність яких безпосередньо залежить від ситуації й показників гідрологічного режиму річок. Це, зокрема, водне господарство, гідроенергетика, водний транспорт, комунальне, сільське, рибне господарства.

Потреба у складанні водного кадастру виникла в 30-ті роки ХХ століття. На той час вже був накопичений значний матеріал про дослідження вод, але він містився у різних відомчих матеріалах або зберігався в архівах. Такий стан значно ускладнював використання матеріалів гідрологічних досліджень. Для забезпечення народного господарства гідрологічними даними необхідно було їх зібрати і опрацювати за єдиною методикою. Роботу зі складання першого водного кадастру колишнього СРСР виконував Державний гідрологічний інститут

разом із місцевими управліннями гідрометеорологічної служби. Видання його здійснювалося протягом 1939-1940 рр.

Перший водний кадастр включав три види узагальнень:

кадастр поверхневих вод;

кадастр підземних вод;

гідрометеорологічний кадастр.

Кадастр поверхневих вод складався з п'яти серій, з яких опубліковано три:

відомості про рівні води в річках і озерах;

матеріали про режим річок;

порайонні довідники з водних ресурсів;

неопублікованими залишилися кадастри боліт і озер.

У цих кадастрах розміщено матеріали спостережень за водними об'єктами від початку і до 1935 р. включно.

Для швидкого доведення матеріалів гідрологічних спостережень до зацікавлених споживачів у 1936 р. порядок їхньої обробки і публікації був переглянутий, їх почали публікувати за окремі роки у вигляді гідрологічних щорічників, які стали продовженням видань кадастру поверхневих вод. Додатково до гідрологічних щорічників публікувалися матеріали спостережень спеціальних стокових, озерних і болотних станцій, а також матеріали спостережень над випаровуванням з водної поверхні та поверхні ґрунту.

Виконання кадастрових робіт передбачало:

1. Облік і збирання усіх архівних і літературних даних про води Союзу, їхнє зведення, перевірку і систематизацію. Результатом цього етапу було складання гідрологічних довідників.

2. Спеціальні польові експедиційні і стаціонарні дослідження, які мали на меті заповнення "білих плям" у вивченні тих чи інших водних об'єктів, а також доповнення та уточнення вже виконаних робіт.

3. Узагальнююча камеральна обробка як архівних і літературних, так і польових матеріалів, яка мала на меті складання каталогу водних об'єктів Союзу і Гідрологічного атласу СРСР.

Кадастрові матеріали випускались із друку також як "Матеріали про режим річок СРСР". Їх видавали окремими випусками за басейнами окремих річок. Ці випуски об'єднували у томи за басейнами морів (наприклад, том 1 — басейн Каспійського моря, том 2 — басейн Чорного та Азовського морів, том 3 — басейн Балтійського моря і так далі, всього сім томів).

Створення першого водного кадастру було завершено перед початком Другої світової війни.

Перший в СРСР кадастр вод суходолу складено у 1933-1940 рр. Державним гідрологічним інститутом.

Він вміщував:

1. Районні довідники про водні ресурси.
2. Матеріали про режим річок.
3. Відомості про рівень річок (з 1936 року — Гідрологічні щорічники).

Додатково до гідрологічних щорічників публікували матеріали спостережень спеціальних стокових, озерних і болотних станцій, а також матеріали спостережень над випаровуванням із водної поверхні та поверхні ґрунту.

Роботи з водного кадастру території України до 1936 року здійснювали в науково-дослідному Гідрометеорологічному інституті (ГИМЕИИ), згодом — у режимних секторах Української гідрометеорологічної служби, з 1950 року — в Київській науково-дослідній гідрологічній обсерваторії, у 1954-55 роках — завершені в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті виданням 8 - томного Довідника з водних ресурсів Української РСР.

Перший водний кадастр колишнього СРСР мав важливе значення для планування розвитку різних галузей господарства, обґрунтування проектів потужних водогосподарських об'єктів і систем (у тім числі ГЕС на Дніпрі), виконання важливих наукових досліджень та узагальнень.

Із розвитком гідрологічних досліджень накопичилися нові матеріали спостережень за режимом водних об'єктів і виникла необхідність їхньої систематизації. В зв'язку з цим у 1958 р. було прийнято рішення про нове видання водного кадастру протягом 1960-1970 рр.

Другий водний кадастр складався з трьох серій: гідрологічна вивченість, основні гідрологічні характеристики, науково-довідникові монографії «Ресурси поверхневих вод СРСР». Кожна з цих серій поділяється на кілька десятків випусків.

У 1960-1973 роках виконано новий цикл кадастрових робіт, який завершився підготовкою фундаментального видання — другого водного кадастру.

Другий водний кадастр, що охоплював усю територію СРСР, був опублікований під назвою "Ресурсы поверхностных вод СССР".

Він налічує серії:

1. *Гідрологічна вивченість* — відомості про проведені стаціонарні спостереження та експедиційні дослідження водних ресурсів.

Довідник "Гідрологічна вивченість" налічує 20 томів, частину з яких представлено декількома випусками. В основу поділу довідника на томи і випуски покладено принцип приналежності тієї чи іншої території до важливих річкових басейнів з урахуванням в окремих випадках адміністративних одиниць тодішніх союзних республік.

Довідник "Гідрологічна вивченість" (том 6) присвячено водним об'єктам України і Молдавії та представлено трьома випусками:

- Випуск 1 - Західна Україна і Молдавія, басейни річок: Вісли, Дунаю, Дністра і Південного Бугу;

- Випуск 2 - Середнє і Нижнє Подніпров'я, басейн Дніпра нижче гирла Прип'яті;

- Випуск 3 - Річки Криму і Приазов'я.

2. *Основні гідрологічні характеристики* — відомості про стік річок за весь період спостережень, про рівневий, льодовий і термічний режим річок та озер, а також матеріали з гідрохімії і стоку наносів.

3. *Регіональні монографії: "Ресурси поверхневих вод СРСР"* — відомості з гідрографії і водного режиму окремих природних регіонів і рекомендації з розрахунку основних гідрологічних характеристик.

Водні ресурси УРСР та Молдавської РСР розглянуто у шостому томі другого водного кадастру СРСР, який налічує кілька випусків:

- Випуск 1. Західна Україна та Молдавія.

- Випуск 2. Середнє та Нижнє Подніпров'я.

- Випуск 3. Сіверський Донець та річки Приазов'я.

- Випуск 4. Крим.

4. *Опис окремих річок, озер та водосховищ.* У цій серії подано фізико-географічну та гідрологічну характеристику великих річкових басейнів, окремих озер і водосховищ.

Підготовка другого водного кадастру стала, важливим етапом у розвитку гідрології. Видання другого водного кадастру містили інформацію тільки про поверхневі водні ресурси. Тим самим порушувався основоположний принцип науки про води, відповідно до якого поверхневі і підземні води необхідно розглядати в єдності і взаємозв'язку.

Виникла необхідність як в удосконаленні технології збору, обробки і видачі гідрологічної інформації з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки, так і в створенні інформаційної системи, яка забезпечуватиме отримання взаємозв'язаних даних щодо поверхневих і підземних води і їхнього використання.

Одночасно з виданням другого водного кадастру велася підготовка нового видання довідників про клімат. Оцінюючи велике практичне і наукове значення виконаних з водного кадастру узагальнень, слід відзначити деяку невідповідність їх сучасним, а також перспективним завданням раціонального використання й охорони водних ресурсів. Існувала також розбіжність в організації обліку вод та їх використанні, яка вступала у протиріччя з вимогами системного підходу до вирішення проблем водозабезпечення, охорони водних ресурсів від виснаження та забруднення.

Третій водний кадастр. З 1977 року ведення Державного водного кадастру за єдиною для всього Союзу РСР системою покладено на Державний комітет СРСР з гідрометеорології.

Окрім цього, проблемами ДВК ще займалися Головне координаційно-геологічне управління "Укргеологія" (за розділом підземних вод) та Міністерство меліорації і водного господарства (за розділом використання вод).

Велосся три розділи Державного водного кадастру:

1. Поверхневі води.
2. Підземні води.
3. Використання вод.

Кожен розділ поділявся на серії:

- каталожні відомості;
- щорічні дані;
- багаторічні дані.

У них подано каталоги річок, каналів, озер, водосховищ, морів і гирл річок, селевих басейнів, льодовиків; дані про режим та ресурси поверхневих і підземних вод та їхню якість, а також відомості щодо використання вод.

Починаючи з 1981 року, публікацію даних Державного водного кадастру здійснювали за єдиним територіальним поділом, основаним на *адміністративно-басейновому принципі*.

Базовим рівнем узагальнення кадастрової інформації була союзна республіка. Кожній союзній республіці відповідав окремий том видань кадастру.

Нумерацію томів здійснювали в порядку перерахування союзних республік в тодішній Конституції СРСР. У кожному томі матеріали компонувалися за басейновим принципом. Для територій РСФСР, УРСР, Казахської РСР унаслідок значного обсягу матеріалу передбачався поділ томів на випуски за басейновим принципом. Випуски поділяли на дві частини і більше.

Територія України налічувала:

Том II.

Випуск 1. Басейн Західного Бугу, Дунаю, Дністра і Південного Бугу.

- Частина 1. Річки і канали.
- Частина 2. Озера і водосховища.

Випуск 2. Басейн Дніпра.

- Частина 1. Річки і канали.
- Частина 2. Озера і водосховища.

Випуск 3. Басейни Сіверського Дінця, річок Криму і Приазов'я.

- Частина 1. Річки і канали.
- Частина 2. Озера і водосховища.

Сучасний рівень водокористування й обмеженість водних ресурсів висувають підвищені вимоги до надійності та точності їх обліку. І якщо облік вод виконується гідрометслужбою давно, то облік їх використання в загальнодержавному масштабі раніше не виконувався. Без таких даних

неможливе вирішення багатьох господарських завдань. Тому Водним кодексом України передбачено ведення Державного обліку вод і їх використання, а також Державного водного кадастру.

1.2 Державний облік вод та їх використання

Державний облік вод і їх використання ведеться з 1976 р. і включає вимірювання та первинний облік кількості й якості поверхневих і підземних вод, кількості води, яка забирається із водотоків і водойм, кількості й якості вод, які в них скидаються, реєстрацію водокористувачів.

Державний облік вод і їх використання здійснюють:

- Державна гідрометеорологічна служба (поверхневі води);
- Державна служба геології та надр України (підземні води);
- Державне агенство України з водних ресурсів (використання вод);
- Міністерство охорони навколишнього природного середовища України (якість води).

Державна гідрометслужба забезпечує державний облік ресурсів поверхневих вод і спостереження за їхнім режимом, надає зацікавленим установам, організаціям і відомствам дані про водні об'єкти та їх гідрологічний режим, а також гідрологічні прогнози.

Аналогічні функції відносно підземних вод виконує Державна служба геології та надр України.

Міністерство охорони навколишнього природного середовища України здійснює державний контроль за використанням та охороною поверхневих і підземних вод.

Первинний облік зібраних із водних об'єктів і скинутих у них вод ведуть водокористувачі; вони ж забезпечують визначення хімічного складу скидних вод, складають звіти про їх використання.

Для обліку використання вод введена форма статистичної звітності 2ТП-водгосп, де наводяться дані про забір і скидання вод. Звіти подають до органів з регулювання використання й охорони вод, які, після узгодження, надсилають їх у статистичні управління за місцезнаходженням водокористувача та своєї вищестоящої організації.

Згідно з інструкцією зі складання звіту, державному обліку підлягають води, що використовуються промисловими, будівельними, транспортними, сільськогосподарськими та іншими підприємствами, організаціями і установами, незалежно від їх відомчої підпорядкованості, джерел водопостачання та скидання стічних вод. Звіти складаються на підставі даних журналів первинного обліку використання вод, наявність і ведення яких є обов'язковим для всіх водокористувачів.

Інформація про використання води має три розділи.

Перший розділ вміщує відомості про обсяги води, які забрані з природних водних об'єктів, одержані від інших водокористувачів,

використані певним водокористувачем і передані іншим водокористувачам для використання або скидання.

У другому розділі наводяться відомості про облік обсягів стічних вод і кількість забруднювальних речовин, які скидаються безпосередньо у поверхневі водні об'єкти та підземні водні горизонти або надходять до них з полів фільтрації, полів зрошення, з накопичувачів або ярів, балок, боліт та інших місць, куди ці води були скинуті водокористувачами.

Третій розділ вміщує дані, що характеризують використання води і облік показників, які не залежать від об'єктів водокористування (витрати води в системах зворотного і послідовного водопостачання, потужність очисних споруд, об'єми дренажних вод, вартість цінних речовин, які вилучаються зі стічних вод у процесі очистки, та ін.)

Органи з регулювання використання й охорони вод здійснюють контроль за правильністю ведення первинного обліку вод, за станом водовимірвальних приладів та обладнання, приймають від водокористувачів і перевіряють звіти, які потім відправляють до інформаційно-обчислювального центру для обробки й узагальнення.

Узагальнені дані про використання водних ресурсів використовуються плановими, проектними, науково-дослідними та іншими зацікавленими організаціями й установами при вирішенні різних господарських завдань, пов'язаних із використанням, охороною та відтворенням водних ресурсів, зокрема для поточного й перспективного планування використання вод і здійснення водоохоронних заходів; складання схем комплексного використання й охорони водних ресурсів і водогосподарських балансів; для ведення державного водного кадастру, оперативного управління водогосподарськими системами; прогнозування змін гідрологічного режиму, водності річок і якості води; розробки заходів попередження та ліквідації шкідливої дії вод; проектування водогосподарських, промислових та інших споруд; здійснення контролю за вживанням заходів з раціонального використання й охорони вод; нормування споживання і скидання вод, регулювання взаємовідношень між водокористувачами тощо.

1.3 Державний водний кадастр: підземні води

Підземні води є цінним видом природних ресурсів, які здавна використовує людство. Прісні підземні води завжди відігравали важливу роль у забезпеченні населення питною водою, вони є джерелом, виробничо-технічного водопостачання, зрошення сільськогосподарських земель. Мінеральні підземні води використовують у бальнеології як лікувальний засіб. Для потреб енергетики і теплопостачання використовують теплоенергетичні термальні води, а промислові — як

мінеральна сировина для видобування цінних розсіяних елементів, рідкісних металів і мінеральних солей.

В Україні станом на 1.01.2004 р. на Державному балансі запасів перебувало 383 родовища прісних, 119 — мінеральних, два — термальних та одне промислове родовище підземних вод.

Експлуатаційні запаси та прогнозні ресурси підземних вод. Сучасний етап розвитку водного господарства потребує підвищеної точності обліку водних ресурсів та їхнього раціонального використання у зв'язку з розширенням об'єму їхнього комплексного використання і виникаючим дефіцитом питної прісної води. **Експлуатаційні запаси** підраховуються по родовищах підземних вод за результатами геологорозвідувальних робіт.

Прогнозні ресурси оцінюються за басейнами підземних вод або їхніми частинами на основі аналізу та систематизації фондових матеріалів. Обсяг оцінених **прогнозних ресурсів підземних вод** (ПРПВ) сягає 61689,2 тис.м³/д, з них 57499 тис.м³/д з мінералізацією до 1,5 г/дм³. Розподіл ПРПВ за територією вкрай нерівномірний, що зумовлено відмінністю геолого-структурних і фізико-географічних умов різних регіонів України. Основна частина ресурсів зосереджена у північному та північно-західному регіонах держави в межах Дніпровського та Волино-Подільського артезіанських басейнів, які відзначаються сприятливими умовами формування чималих запасів підземних вод. Південний регіон має обмежені ПРПВ, що зумовлено несприятливими гідрогеологічними умовами їхнього накопичення.

Під час Державного обліку вод та ведення Державного водного кадастру виокремлюють **перспективні і розвідані експлуатаційні запаси** підземних вод.

Перспективні експлуатаційні запаси представляють собою кількість підземних вод, яку можна буде отримати в межах басейну підземних вод водозабірними спорудами, закладеними з урахуванням розміщення конкретних користувачів. Перспективні експлуатаційні запаси підземних вод оцінюють методом моделювання.

Найважливішим і найбільш захищеним у техногенних умовах резервом підземних вод є розвідані експлуатаційні запаси. **Розвіданими експлуатаційними запасами** називають кількість підземних вод, яку можна буде отримати за допомогою раціональних у техніко-економічному відношенні водозабірних споруд при заданому режимі експлуатації та якості води. Розвідані експлуатаційні запаси підземних вод підраховують за результатами виконаних на родовищі розвідувальних гідрогеологічних робіт і даних експлуатації підземних вод.

Розвіданість ПРПВ становила у 2003 році — 26%, а кількість експлуатаційних запасів — 15848,07 тис. м³/д. Найбільша кількість експлуатаційних запасів припадає на території з інтенсивно розвинутими

промисловістю та сільським господарством, передусім на площах з незначними ресурсами підземних вод та значною потребою в них. Це, здебільшого, центральні та південно-східні області України, в межах яких розвіданість до 50% характерна для більшої частини їхньої території. Максимальний відсоток розвіданості ПРПВ в АР Крим (91%), а також у Дніпропетровській (64%) та Кіровоградській (56%) областях. Серед басейнів підземних вод найбільшою розвіданістю визначається Дніпровський. Мінімальною розвіданістю характеризуються Волинська (14%), Рівненська (12%), Тернопільська (13%) та Чернігівська (8%) області.

Регулярний облік та оцінка стану експлуатаційних запасів і прогностичних ресурсів підземних вод, що здійснюється в межах Державного обліку вод і ведення Державного водного кадастру, призначені для оперативного забезпечення народного господарства даними щодо кількісних і якісних показників підземних вод. Вони слугують основою для розробки заходів з управління і регулювання водними ресурсами країни, їхнього раціонального використання та охорони від виснаження і забруднення.

На якість підземних вод суттєво впливають численні осередки забруднення, облікована кількість яких на території України станом на 01.01.2004 р. становила 293 од. Вагомим чинником запобігання забруднення території країни є створення спостережної мережі моніторингу за станом підземних вод державного рівня, яка на 01.01.2004 р. налічувала 1147 спостережних пунктів. Державним обліком підземних вод і веденням Державного водного кадастру займаються геологічні організації Державної служби геології та надр України. Вони здійснюють збір, систематизацію та узагальнення даних щодо експлуатаційних запасів і прогностичних ресурсів підземних вод.

Порядок робіт зі збору матеріалів, форми документів обліку даних про експлуатаційні запаси і прогностичні ресурси підземних вод та вказівки щодо їхнього заповнення визначені інструкціями та методичними рекомендаціями з ведення Державного водного кадастру.

Заповнення та ведення документів здійснюють за допомогою класифікаторів.

Документи обліку підземних вод. Документи обліку налічують оптимальний обсяг інформації, що дає змогу забезпечити потреби народного господарства даними про експлуатаційні запаси та прогностичні ресурси підземних вод за об'єктами адміністративно-територіального поділу, поверхневими і підземними водами і водогосподарськими об'єктами.

Документи обліку експлуатаційних запасів і прогностичних ресурсів підземних вод є документами Державного водного кадастру.

Документи обліку налічують:

1. паспорт родовища підземних вод;
2. каталог об'єктів обліку перспективних експлуатаційних запасів підземних вод;
3. журнал обліку перспективних експлуатаційних запасів підземних вод;
4. каталог об'єктів обліку потенційних експлуатаційних запасів підземних вод;
5. журнал обліку потенційних експлуатаційних запасів підземних вод;
6. довідник прив'язки площ адміністративно-територіальних одиниць, об'єктів поверхневих вод і водогосподарських об'єктів;
7. облікову картку водозабірної споруди;
8. журнал обліку водовідбору на діючих водозабірних спорудах підземних вод за визначений рік;
9. журнал обліку водовідбору підземних вод за об'єктами адміністративно-територіального поділу;
10. інші документи.

Каталоги об'єктів обліку перспективних і потенційних експлуатаційних запасів підземних вод слугують документами обліку запасів на період їхньої регіональної оцінки і подальших додаткових підрахунків на площах поширення водоносних горизонтів.

Журнали обліку перспективних і потенційних експлуатаційних запасів підземних вод — це документи обліку змін величин експлуатаційних запасів, що відбуваються в результаті зміни якості підземних вод або підвищення загальної гідрогеологічної вивченості регіону, а також впливу техногенних чинників. Їх також використовують для обліку стану розвіданості перспективних і потенційних запасів у результаті розвідки родовищ підземних вод на перспективних площах, виявлених у процесі регіональної оцінки запасів.

Ці журнали складали кожні 3 роки. Коли протягом цього періоду не встановлено змін якості підземних вод і розвідки, оцінки запасів підземних вод по родовищах в межах басейну підземних вод не виконували, то журнали не складали. А у відповідний центр ведення Державного водного кадастру надсилали довідку, в якій зазначали, що стан перспективних і потенційних запасів не змінився.

Довідники ув'язки площ облікових об'єктів призначені для забезпечення можливості отримання узагальнених характеристик потенційних експлуатаційних запасів підземних вод за допомогою їхнього перерахунку за модулями для адміністративно-територіальних, водогосподарських об'єктів та об'єктів поверхневих вод. Довідники складались одночасно з каталогами об'єктів обліку потенційних і перспективних запасів і доповнень до них.

Облікова картка водозабірної споруди підземних вод і журнал водовідбору слугують для обліку ступеня освоєння і режиму експлуатації родовищ підземних вод, а також можливості подальших переоцінок родовищ за досвідом їхньої експлуатації, визначення оптимального режиму роботи водозабірної споруди. Облікові картки складали один раз, журнали водовідбору — щороку.

Документи обліку призначені:

1) для збору, систематизації і збереження матеріалів про експлуатаційні запаси і прогнозні ресурси підземних вод, створення інформаційної бази даних Державного водного кадастру та АІС ДВК за підсистемою "Ресурси";

2) для підготовки матеріалів геологічної звітності територіальних геологічних організацій;

3) для створення частини Державного водного кадастру до опублікування;

4) для підготовки відповідей на запити народного господарства;

5) для підготовки обмінного фонду із підсистемами АІС ДВК "Поверхневі води" та АІС ДВК "Використання вод" на всіх ієрархічних рівнях ведення ДВК.

Під час розробки документів враховували вимоги:

- державних стандартів стосовно змісту і складання форм уніфікованих документів;

- керівних технічних матеріалів з розробки галузевої уніфікованої документації;

- науково-технічних документів зі складання документації, яку використовують при веденні Державного водного кадастру та АІС ДВК.

Склад і вичерпність інформації, яку вводили в документи, забезпечувалися вимогами інструкцій, методичними документами з регіональної оцінки експлуатаційних підземних вод.

Документи обліку експлуатаційних запасів і прогнозних ресурсів заповнювалися на основі звітів про регіональну оцінку запасів підземних вод, звітів з різних видів і масштабів гідрогеологічних зйомок і тематичних робіт.

Враховувалися акти обстеження території у зв'язку з роботами щодо контролю за охороною підземних вод, геолого-технічної документації при спорудженні водозаборів і звітності водокористувачів.

Документи складали в одному примірнику відповідальні виконавці, які здійснювали оцінку експлуатаційних запасів підземних вод, гідрогеологічну зйомку, тематичні роботи, і представляли разом із звітами на розгляд відповідних науково-технічних рад.

В документи вносили необхідні зміни і доповнення згідно з протоколами інстанції затвердження звіту, після чого документи надсилали в територіальний центр ведення Державного водного кадастру.

Складання документів за звітами минулих років здійснювали центри ведення Державного водного кадастру.

Працівники центрів ведення Державного водного кадастру після перевірки документів звітів і кодування показників надсилали документи у відповідні підрозділи АІС ДВК. При кодуванні показників в обов'язковому порядку використовували *класифікатори АІС ДВК* (підземні води).

Підрозділи з ведення АІС ДВК після обробки і занесення показників документів у базу даних повертали документи в центри ведення ДВК, де їх скеровували в архів.

Формування та ведення Державного водного кадастру території України до 1990 року відбувалося в єдиній системі СРСР.

Класифікатор водоносних і водонапірних горизонтів території України. З метою ведення ДВК за розділом "Підземні води" використовували "Гідрогеологічну стратифікаційну схему (класифікатор) водоносних і водонапірних горизонтів України".

В основу складання схеми покладено такі матеріали:

1. Зведені легенди державної гідрогеологічної карти масштабу 1:200 000 серій:

- Карпатська;
- Центрально-Українська;
- Дніпровсько-Донецька.

2. Робочі матеріали роботи "Оцінка відповідності попередньо складених листів масштабу 1:200 000 сучасним вимогам і їх інформативності" (Волино-Подільська серія листів).

3. Усі видані листи гідрогеологічних карт масштабу 1:200 000 території України.

4. Стратиграфічні схеми докембрійських і фанерозойських утворень Українського кристалічного щита для геологічних карт масштабу 1:50 000 (1:25 000).

5. Матеріали Держобліку підземних вод.

6. Класифікатор водоносних горизонтів і комплексів території України — 2504.

Під час складання кодів, дескрипторів водоносних горизонтів, виділенні і найменуванні водоносних і водонапірних горизонтів, зон тріщинуватості враховували методичні рекомендації МІНГЕО.

Складена "Гідрогеологічна стратифікаційна схема (класифікатор) водоносних і водонапірних горизонтів території України" з метою ведення Державного водного кадастру — "Підземні води" містила графі:

1. Повне найменування водоносних (водонапірних) горизонтів.
2. Дескриптор (скорочене найменування) водоносних (водонапірних) горизонтів.
3. Індекс за ДВК.
4. Індекс за ДВК України.

5. Номер водоносного горизонту.
6. Геологічний індекс водоносних (водонапірних) горизонтів.
7. Літологічний склад водоносних (водонапірних) горизонтів.

У процесі ведення Державного водного кадастру "Підземні води" гідрогеологічна стратифікаційна схема (класифікатор) поповнювалась при узгодженні з центром ДВК.

Опублікування кадастрових даних. Зміст видань державного водного кадастру за розділом "Підземні води" регламентувався відповідними методичними вказівками.

Видано три серії:

Серія 1. Каталожні дані. Каталог підземних вод.

Каталог містить відомості про басейни підземних вод і водоносні горизонти, їхню вивченість, списки пунктів спостережень, а також інформацію щодо водозаборів і пунктів закачування.

Оскільки каталог складається з двох частин, то в частині 1 описано басейни підземних вод і водоносні горизонти, а в частині 2 — водозабори і пункти закачування.

Такі видання були разовими. Надалі за необхідності публікували доповнення і здійснювали перевидання.

Серія 2. Щорічні дані. Щорічні дані про запаси та якість підземних вод.

Видання містять відомості щодо прогнозних та експлуатаційних запасів підземних вод, їхнього видобування та якості, а також дані стандартних спостережень на режимній гідрогеологічній мережі за рівнем, температурою, мінералізацією і хімічним складом води. Ви давали щорічники за попередній рік.

Серія 3. Багаторічні дані. Багаторічні дані про запаси та якість підземних вод.

Видання містять узагальнені за роками (за останні п'ять років і весь період спостережень) характеристики, опубліковані у щорічниках підземних вод (за тими ж басейнами і районами). Видавали один раз у п'ять років (на рівні років кратних п'яти).

Згідно Водного кодексу, Державна служба геології та надр України здійснює державний облік підземних вод та ведення водного кадастру шляхом спостереження за кількісними і якісними характеристиками підземних вод за спеціальною програмою. Ця установа проводить таку діяльність:

1. Здійснює розробку і ведення ДВК за розділом "Підземні води", у тім числі:
 - розробку і вдосконалення системи ведення ДВК за цим розділом;
 - розробку класифікаторів підземних вод;
 - розробку методів, алгоритмів і програм контролю, обробки та узагальнення інформації щодо підземних вод;

- розробку способів збереження інформації;
- ведення бази даних засобами електронно-обчислювальної техніки;
- розробку методичних вказівок щодо ведення ДВК для територіальних центрів і місцевих органів ДВК, макетів видань ДВК та інших нормативно-технічних документів ДВК;
- збір, контроль, обробку, збереження і видачу даних щодо підземних вод користувачам за запитами;
- поточну і перспективну оцінку ресурсів підземних вод, їхньої якості і змін під впливом господарської діяльності;
- підготовку до друку та опублікування видань ДВК;
- керівництво, планування і контроль виконання робіт з розробки і ведення ДВК, що виконуються підвідомчими закладами та організаціями;
- забезпечення органів державної виконавчої влади даними Державного водного кадастру в необхідному обсязі безкоштовно;
- забезпечення даними Державного водного кадастру підприємств, установ, організацій та громадян у встановленому порядку.

2. Передає Держкомгідромету матеріали щодо підземних вод, які необхідні для підготовки об'єднаних видань ДВК і ведення ДВК за розділом "Поверхневі води".

3. Передає Держводгоспу дані, які необхідні для ведення ДВК за розділом "Використання вод".

Поняття єдиного державного водного фонду встановлено водним законодавством України. Згідно з ним, водний фонд країни налічує об'єкти поверхневих і підземних вод, загальну класифікацію яких закріплене державним стандартом.

Поняття **водного фонду** країни має водогосподарське та юридичне тлумачення.

Підземні водні об'єкти — це вивчені та оцінені гідрогеологічні структури, які використовують (або перспективні для використання) у водогосподарських та інших потребах.

Виявлення, вивчення та оцінку підземних водних об'єктів здійснюють у два етапи.

На першому етапі, в результаті гідрогеологічного знімання заданого природного регіону або території, водний об'єкт виявляють, вивчають його межі і внутрішню структуру, оцінюють просторові характеристики.

Вивчення режиму підземних вод на цьому етапі та оцінка тимчасових характеристик є власне попередніми. Пошукові і розвідувальні роботи першого етапу завершуються разовими характеристиками та оцінками водного об'єкта.

Вивченість водних об'єктів на першому етапі дає змогу здійснювати їхнє подальше вивчення на другому етапі — етапі ведення ДВК як системи моніторингу підземних вод.

Обов'язковою умовою включення водного об'єкта в єдиний державний водний фонд країни і постановки моніторингу підземних вод є загальна вивченість цього водного об'єкта та наявність відомостей, що характеризують:

- площу, яку він займає, та його межі;
- глибину залягання і потужність (для водоносних горизонтів);
- фільтраційні властивості гірських порід;
- умови водообміну;
- рівні і п'єзометричні поверхні підземних вод;
- використання підземних вод.

На етапі *моніторингу* поряд з просторовими характеристиками вивчаються й оцінюються зміни стану водних об'єктів в часі. Щодо цього враховуються кількісні та якісні показники підземних вод, що дає змогу оцінити стан експлуатаційних запасів і водовідбору, їхній режим, забруднення.

Під час провадження моніторингу обов'язково виокремлюють групу показників і характеристик, які мають контрольні величини (глибина динамічного рівня, продуктивність водозабірних споруд або задані межі концентрації компонентів хімічного складу).

Розрізняють три стадії моніторингу підземних вод:

1. Оцінювання вивченості об'єкта, розробки програми спостережень і створення мережі спостереження.
2. Регулярні роботи зі спостереження за станом об'єкта.
3. Обробка даних, оцінка стану водного об'єкта за попередній період та останній рік спостережень і складання прогнозу його змін. Стадія обробки даних та оцінювання стану водного об'єкта циклічно повторюється і щорічно її результати використовують для нового циклу моніторингу.

При розміщенні пунктів спостережень за підземними водами необхідно враховувати такі ознаки і критерії:

- зовнішній вигляд ландшафту, що відображає єдність природних вод і вплив кліматичних, геоморфологічних, соціально-економічних і загальних фізико-географічних чинників та умов на динаміку стану підземних вод;
- структурно-геологічні і тектонічні особливості літогенної основи, які зумовлюють формування, розподіл і динаміку підземних вод в геологічному просторі;
- гідрогеологічні ознаки організації оточуючого середовища, ієрархічну структуру і зв'язки різнорангових підземних водних об'єктів.

Оцінка динаміки стану водного об'єкта дає змогу отримати відомості, що характеризують:

- загальний баланс підземних вод, режим рівня, фізичні і хімічні показники;

- експлуатаційні запаси підземних вод, їхню якість, вплив існуючого водовідбору і забезпеченість відновлення запасів (джерела формування експлуатаційних запасів, їхню динаміку);

- умови і динаміку зв'язку підземних і поверхневих вод;

- показники і ступінь забруднення підземних вод.

Оцінювання стану використання водного об'єкта здійснюють за даними власних спостережень на гідрогеологічній мережі, дослідження водозабірних споруд, а також за даними звіту Водгоспу (форма 2).

Виявлення перенавантажених ділянок, ознак виснаження і характеру змін якості підземних вод та розробка рекомендацій щодо експлуатації водного об'єкта в майбутньому слугують основним змістом заключної фази регулярного циклу ведення ДВК.

1.4 Державний водний кадастр: поверхневі води

Державний водний кадастр поверхневих вод (ДВК) – це систематизоване зведення відомостей про водні об'єкти, їхній режим, якісні та кількісні показники водних ресурсів і їх використання, а також систему доведення цих відомостей до споживачів.

Особливості цього водного кадастру такі:

– ДВК ведеться на загальнодержавній (міжвідомчій) основі та містить відомості про всі види вод і їх використання;

– матеріали ДВК є офіційними державними даними;

– ДВК – це постійнодіюча динамічна система накопичення, обробки, зберігання та видачі інформації про водні ресурси, їх режим і використання, що заснована на використанні ЕОМ.

Основне завдання ДВК – забезпечення всіх водокористувачів необхідними даними про водні об'єкти, водні ресурси, режим, якість і використання вод, а також відомостями про водокористувачів.

ДВК публікується у чотирьох серіях.

Серія 1 – це каталоги водних об'єктів і водокористування (разові видання, які за необхідності оновлюються і доповнюються);

Серія 2 – охоплює низку видань:

– «Щорічні дані про режим і ресурси поверхневих вод суші» (з 1978 р. замінили гідрологічні щорічники);

– «Щорічні дані про якість поверхневих вод суші»;

– «Щорічні дані про режим та якість вод морів і морських гирл річок»;

– «Щорічні дані про використання вод».

Серія 3 – охоплює ті самі видання, що й серія 2, але матеріали, розміщені в них, узагальнені за останні п'ять років і за весь період спостережень.

Серія 4 – водні ресурси, водні баланси і використання вод (видається 1 раз у 5-10 років).

Серії 1-3 – це томи і випуски для окремих регіонів; серія 4 – це одна книга, в якій наводяться узагальнені дані про ресурси поверхневих і підземних вод, якість вод, їх використання та тенденції до змін у часі для басейнів великих річок, областей та економічних районів.

Ведення кадастру традиційними методами, які базувалися на ручній обробці матеріалів і доведення інформації до споживачів тільки у вигляді періодичних і разових публікацій, не задовольняло сучасні вимоги народного господарства. Тому була розроблена автоматизована система ведення ДВК, основою якої є щорічно оновлювані відомості про води за весь період спостережень, що занесені на технічні носії та до банків даних на ЕОМ, які здійснюють систематизацію, пошуки, обробку й узагальнення до потрібного рівня вихідних даних і видачу необхідної інформації.

Серед чисельних завдань прикладної гідроекологічної науки не останнє місце займає забезпечення народного господарства інформацією щодо стану водних ресурсів країни загалом та окремих її регіонів. Своєчасна та якісна інформація щодо стану водойм і їхніх ресурсів допомагає вести господарство ефективніше, запобігати непоправній шкоді природі. Чим оперативніше надходитиме інформація про запаси і стан вод господарським, адміністративним і проектним організаціям, і чим надійнішою вона буде, тим більших економічних результатів можна досягти, не порушуючи екологічної рівноваги. Реалізацію цих завдань покладено на Державний водний кадастр.

Завданням державного обліку вод є встановлення відомостей щодо кількості та якості вод, а також даних щодо водокористування, на основі яких здійснюється розподіл води між водокористувачами та розробляються заходи щодо раціонального використання та охорони вод і відтворення водних ресурсів.

Державний облік поверхневих вод здійснює Державна гідрометеорологічна служба України шляхом виконання безперервних гідрометричних, гідрохімічних спостережень за кількісними та якісними характеристиками поверхневих вод згідно з програмою, затвердженою за погодженням з Міністерством охорони навколишнього природного середовища і Державним агентством водних ресурсів України.

Державний водний кадастр за розділом "Поверхневі води" включає дані щодо водних об'єктів: рік; каналів, що з'єднують різні водні системи або служать для територіального перерозподілу стоку; озер і водосховищ; льодовиків; внутрішніх морів і територіальних вод зовнішніх морів країни.

Дані державного водного кадастру поділяють на:

1. Архівні матеріали.
2. АІС ДВК.
3. Опубліковані дані.

Склад даних ДВК визначається окремим нормативним документом "Склад даних Державного водного кадастру", затвердженим Держгідрометслужбою, Держгеонадрами, Держводагенством за погодженням з Мінприроди.

Склад видань ДВК визначається "Структурою публікованої частини Державного водного кадастру". Дані ДВК представляються користувачам як платні видання і за запитом (у встановленому порядку).

З метою інформування користувачів про видання ДВК, що вийшли з друку, про види даних, які надаються за запитом, і порядок їхнього надання Держгідрометслужба разом із Держгеонадрами, Держводагенством видавали **"Інформаційний бюлетень Державного водного кадастру"**.

Спеціально уповноважений державний орган (Мінприроди) управління використанням та охороною водного фонду зобов'язаний забезпечити доступ до інформації, що міститься у Державному водному кадастрі. Залежно від видів водних об'єктів і розподілу обов'язків щодо вивчення вод і їхнього використання ДВК поділяють на **такі розділи і підрозділи:**

1. Поверхневі води.
 - 1.1. Ріки і канали.
 - 1.2. Озера і водосховища.
 - 1.3. Якість вод суші.
 - 1.4. Селеві потоки.
 - 1.5. Льодовики.
 - 1.6. Моря і морські гирла річок.
2. Підземні води.
3. Використання вод.

Така інформаційна структура дає змогу отримувати відповіді на широкий спектр питань теоретичного і практичного спрямування.

Починаючи з 1960 року, на території України в межах Держгідрометслужби діють 11 басейнових управлінь і 27 спеціальних гідрохімічних лабораторій, які регулюють використання та контролюють рівень забруднення поверхневих вод.

Основний обсяг робіт з моніторингу річок виконують пункти спостережень гідрометеослужби, де виконують дослідження гідрометричних і гідрологічних характеристик водостоків та водойм, а також визначають гідрохімічні та гідробіологічні показники якості поверхневих вод. Ці пункти розділено за 10-ма річковими басейнами України. Найбільше пунктів спостережень за кількісними та якісними показниками розташовано в басейні Дніпра, розвинена мережа спостережень в басейнах Дунаю та Дністра.

Основою розміщення гідрологічних пунктів спостережень є принцип отримання основних характеристик (з визначеною точністю) водного режиму — рівня води і річкового стоку. Кількість і густота

розташування пунктів спостережень визначають за природно-кліматичними чинниками, а також за запитами народного господарства і служби прогнозів.

Здебільшого пости виконують спостереження у терміни 51-100 років, деякі у терміни — 31-50 років:

- від 1-го до 10-ти років — 2;
- від 11-ти до 30-ти років — 27;
- від 31-го до 50-ти років — 51;
- від 51-го до 100 років — 243;
- понад 100 років — 40.

За останні 25 років відбулися зміни у кількісному складі гідрологічної мережі. Якщо у 1975 році діяло 510 гідрологічних постів, з яких на 472 вивчали стоковий режим річок, а на 198 — стік наносів, тобто твердий стік, то в 1985 році вивченням елементів гідрологічного режиму рік України займалося 477 постів, з яких 448 вивчали рідкий стік і 204 — твердий стік.

Наприкінці 80-х років ХХ століття відділом гідрології УкрГМЦ проведені дослідження і виконані розрахунки з метою обґрунтування необхідної кількості реперних (опорних) постів та їхнього раціонального розміщення. Динаміку чисельності постів гідрологічної річкової мережі відображено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Динаміка чисельності гідрологічних постів на річках України (1975-2005 рр.)

Рік	1975	1986	1995	2005
Кількість гідрологічних річкових постів	510	477	371	374

Сучасна гідрологічна мережа України налічує 374 пости, з яких на 339 вимірюють витрати води, а на 119 — вивчають твердий стік. Озерна мережа налічує 60 постів.

Програми спостережень на гідрологічних станціях і постах регламентовані нормативними документами, які підготовлені ще Державним гідрологічним інститутом (тепер Російський гідрологічний інститут).

Кількість пунктів спостережень у зв'язку з проблемами у загальному економічному становищі країни дещо зменшено. В УкрНДГМІ в 1996-1999 рр. виконано науково-дослідні роботи з оптимізації мережі гідрологічних спостережень (за твердим і рідким стоками) на річках України. Сьогодні вона реалізовує основні завдання і функції щодо забезпечення органів державної влади та управління, галузей господарства, прогностичних організацій гідрометеослужби оперативною та режимною інформацією.

Знання багаторічних характеристик елементів гідрометеорологічного режиму і даних поточних спостережень дає змогу розв'язувати конкретні завдання, що стосуються інформування і прогнозування, а також гідрологічних розрахунків.

Функції Держгідрометслужби щодо ведення державного водного кадастру. Згідно з Водним кодексом України від 6 червня 1995 року (гл. 6; ст. 26, 28), державний облік поверхневих вод та ведення водного кадастру здійснює Держгідрометслужба України шляхом проведення постійних гідрометричних, гідрохімічних спостережень за кількісними і якісними характеристиками поверхневих вод згідно з програмою, затвердженою за погодженням з Міністерством охорони навколишнього природного середовища України в порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України. Порядок ведення Державного водного кадастру затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 8 квітня 1996 року №413. Цією постановою визначено також функції відомств, зокрема і Держгідрометслужби щодо ведення ДВК за розділом "Поверхневі води". Функції Держкомгідромету щодо ведення ДВК також регламентовано методичними вказівками, інструкціями.

Держгідрометслужба України виконує такі *функції*:

1. Разом з Держгеонадрами і Держводагенством розробляє загальні принципи і науково-методичні основи ДВК, порядок ведення ДВК, проектування і функціонування АІС ДВК.

2. Розробляє разом з Держгеонадрами і Держводагенством міжвідомчу нормативно-технічну документацію ДВК (у тім числі і макети об'єднаних видань), а також міжвідомчу проектну документацію стосовно АІС ДВК.

3. Узгоджує методичні вказівки з ведення ДВК, макети видань ДВК та інші нормативно-технічні документи щодо ДВК, які розробляються з Держгеонадрами і Держводагенством, а також проектну документацію на АІС ДВК.

4. Виконує зведений аналіз, ув'язку та узагальнення даних щодо поверхневих і підземних вод і їхнього використання.

5. Здійснює підготовку (разом з Держгеонадрами і Держводагенством) і видання "Інформаційного бюлетеня Державного водного кадастру".

6. Здійснює розробку і ведення ДВК за розділом "Поверхневі води", а саме:

- розробку і вдосконалення системи ведення ДВК (включаючи АІС ДВК) за розділом;
- розробку класифікаторів поверхневих вод;
- розробку методів, алгоритмів і програм з контролю, обробки та узагальнення інформації про поверхневі води;
- розробку способів кодування і збереження інформації;

- проектування, випробування, ведення і вдосконалення функціональних і видових підсистем АІС ДВК за цим розділом;
- розробку методичних вказівок з ведення ДВК для територіальних центрів і місцевих органів ДВК, макетів видань та інших нормативно-технічних документів за цим розділом;
- збір, контроль, обробку, збереження і видачу даних щодо поверхневих вод користувачам за запитами;
- поточну і перспективну оцінку ресурсів поверхневих вод і їхніх змін під впливом господарської діяльності;
- підготовку до друку і публікацію видань ДВК;
- керівництво, планування і контроль виконання робіт з розробки і ведення ДВК, що виконуються відомчими закладами та організаціями.

7. Забезпечує передачу Держгеонадрам і Держводагенству даних щодо поверхневих вод, необхідних для ведення ДВК по розділах "Підземні води" і "Використання вод".

Сьогодні, відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 21 червня 2004 р. № 792, ДВК за розділом "Поверхневі води" провадить Мінприроди. Цей центральний орган виконавчої влади є **замовником робіт** щодо складання державного водного кадастру та затверджує кадастрові матеріали.

Схема організації робіт з опрацювання даних спостережень на річках і каналах. Збір та опрацювання гідрологічних даних відбувається постадійно. Головні суб'єкти цих робіт — гідрологічний пост, гідрологічна станція, обласний центр з гідрометеорології, Центральна геофізична обсерваторія.

1. Гідрологічний пост:

- здійснює спостереження, заповнення і первинне опрацювання рукописних книжок;

- пересилає місячні книжки на гідрологічну станцію (обсерваторію).

2. Гідрологічна станція.

- щомісячно здійснює первинний контроль даних спостережень;

- виконує первинне опрацювання даних матеріалів;

- пересилає місячні (річні) масиви у відповідні обчислювальні центри (ОЦ);

- виправляє матеріали, поставлені під сумнів системою контролю ОЦ;

- підготовляє матеріали щодо річок і каналів у складі щорічника по території діяльності станції.

3. Управління гідрометеослужби (наприклад, обласне)

- контролює схему підрахунку середньодобових витрат води, запропоновану гідростанцією;

- отримує обмінний фонд матеріалів із Держводагенства, геологічних організацій, а також метеоданих;

- пише огляди;
- складає руслові водні баланси;
- здійснює комплектацію, редагування та об'єднання даних по території басейнів, що подаються у щорічнику;
- пересилає щорічник для видання у Світовий центр даних;
- передає матеріали в Укргідрометеоінститут та Центральну геофізичну обсерваторію.

4. Відділ гідрології і Державного водного кадастру Центральної геофізичної обсерваторії:

- здійснює ведення ДВК на території України з розділу "Поверхневі води".

У відділі готують гідрологічні щорічники, довідники "Багаторічні дані про режим і ресурси поверхневих вод суші", "Матеріали спостережень за випаровуванням з водної поверхні". Ці видання містять дані щодо рівнів витрат, температури води, товщини льоду та льодових явищ на річках, а також основні гідрологічні характеристики весняної повені, дощових паводків та інших гідрологічних сезонних явищ відповідно до науково обґрунтованих форматів. Зберігаються перелічені дані на паперових і технічних носіях у Галузевому державному архіві гідрометслужби України, який діє у складі ЦГО з 1995 року.

Відділ налічує методичну групу, сектор Державного водного кадастру та Комплексну гідрографічну партію. **Комплексна гідрографічна партія** (КГП) здійснює експедиційні обстеження та вивчення гідрологічних явищ: повеней, паводків та селевих потоків, снігових лавин і снігового покриву в горах, картографічні та топогеодезичні роботи з уточнення основних гідрографічних характеристик, а також ведення "Каталогу річок, озер і водосховищ". На основі експедиційних обстежень, матеріалів селестокових і сніголавинних станцій, які здійснює КГП, створено банк даних про селі та лавини Гірського Криму та Українських Карпат, який постійно поповнюється.

Розділ перший "Державного водного кадастру" ("Поверхневі води") сформовано з трьох серій:

Серія 1. Каталожні дані. Каталог річок, каналів, озер і водосховищ. Він містить основні відомості про річки, канали, озера і водосховища; гідрографічні та морфометричні характеристики цих водних об'єктів і їхніх водозборів, а також відомості щодо пунктів спостережень за гідрологічним і гідрохімічним режимами водних об'єктів за період спостережень. На першому етапі каталогом ДВК слугував довідник "Ресурси поверхневих вод СРСР" (частина 1 — "Гідрологічна вивченість"), виданий Головним управлінням гідрометеорологічної служби при Раді Міністрів СРСР в 1963-1967 рр. (45 випусків по всій території країни), який містив зазначені вище відомості.

Доповнення з питань вивченості водних об'єктів щорічно публікували в "Довіднику Державного гідрометфонду СРСР" (частина 3 "Гідрологія суші"), що видавався з 1965 року Головним управлінням гідрометеорологічної служби при Раді Міністрів СРСР.

Каталог селевих басейнів і вогнищ. Він містить основні відомості про селеві басейни і вогнища, їхні гідрографічні, фізико-географічні і геологічні характеристики, а також відомості про активні селі.

Як доповнення до каталогу опубліковано **"Атлас селевих явищ"** на території СРСР, який містить інформацію про географічне поширення селевих басейнів і явищ (схематичні карти окремих селевих районів).

На першому етапі використовували **"Каталог селевих басейнів і очагів на території СРСР"**, виданий у 1960 р. Головним управлінням гідрометеорологічної служби при Раді Міністрів СРСР.

Каталог морів і морських гирл. Каталог містить основні гідрографічні і морфометричні характеристики внутрішніх морів, морських територіальних гирл річок (у тім числі дані про водотоки і водойми, що розташовані в гирлових районах річок), а також відомості щодо пунктів спостережень на морях і в гирлах річок.

Каталог льодовиків. Поділ каталогу льодовиків на томи та випуски цілком відповідає поділу на томи і випуски видання "Ресурси поверхневих вод СРСР". Оскільки області сучасного зледеніння є не в кожному із 20 районів — томів видання "Ресурси поверхневих вод СРСР", каталог льодовиків складено лише на райони, охоплені томами 1, 3, 8, 9, 13-17, 19, 20 цього видання.

Каталог льодовиків налічує інформацію щодо лінійних розмірів і площ кожного льодовика зокрема, його розташування на місцевості відносно басейнів річок, морфологічного типу, експозиції, висоти над рівнем моря.

Залежно від наявності відомостей, подано також дані щодо положення фірмової лінії, площі живлення та абляції, об'єму льоду, площі з моренним покривом тощо.

Окрім морфометричних даних, каталог налічує коротку фізико-географічну характеристику областей зледеніння, деякі відомості про типи і морфологію льодовиків, закономірності їхнього розміщення на території, режим, зміни параметрів та еволюції сучасних льодовиків. В окремих таблицях наведено дані щодо найближчих до льодовиків метеостанцій і гідропостів, щодо експедиційних і стаціонарних досліджень льодовиків, подано бібліографічний опис найважливіших робіт, які налічують відомості про льодовики.

У каталозі подано схеми розташування льодовиків, а також "Список сумарних опадомірних і снігомірних пунктів у районах льодовиків".

Висоту найнижчих і найвищих точок льодовиків визначали за картами, а деякі з них уточнені шляхом барометричного нівелювання.

Тривалий період в якості даного каталогу ДВК використовували "Каталог льодовиків СРСР", що видавали з 1968 року у Головному управлінні гідрометеорологічної служби при Раді Міністрів СРСР спільно з Академією наук СРСР.

Серія 2. Щорічні дані. Щорічні дані про режим і ресурси поверхневих вод суші. Щорічні дані про режим і ресурси поверхневих вод публікує Держгідрометслужба, починаючи з матеріалів за 1978 р., як одне з видань другої серії розділу поверхневих вод публікованої частини ДВК.

Щорічник містить дані державного обліку вод і їхнього використання за минулий рік (дані про льодові явища, характерні рівні і витрати води друкують за гідрологічний рік). Це перевірені та опрацьовані результати стандартних гідрологічних спостережень на державних і вгдомчих постах основної гідрологічної мережі (на річках, каналах, озерах і водосховищах), узагальнені дані обліку вод, розраховані характеристики водних ресурсів і водних балансів.

Видання сформовано з двох частин. У першій частині "**Річки і канали**" містяться відомості про рівні води, стік води, забори води з водних об'єктів і скиди в них, руслові водні баланси, каламутність води, стік наносів, їхній гранулометричний склад і щільність, температуру води, товщину льоду і висоту снігу та льоду, льодові явища, ресурси поверхневих вод.

В процесі ведення ДВК необхідно розрізняти дві категорії каналів.

- Канали, що з'єднують водні системи або слугують для територіального (міжбасейнового і внутрібасейнового) перерозподілу стоку, розглядаються як водні об'єкти і об'єкти водокористування (штучні річки). Дані спостережень на постах, розташованих на таких каналах, публікуються у відповідних таблицях щорічника так само, як і по річковим постах.

- Канали, за допомогою яких здійснюють забір води із водних об'єктів для безпосереднього використання або використовуються для скидання в них використаних зворотних вод із зрошуваних полів (стічних вод промпідприємств), розглядаються у розділі поверхневих вод ДВК тільки як забори або скиди води у водні об'єкти. Облік стоку цих каналів і збір інформації здійснюють за програмою обліку використання вод.

Друга частина щорічника "**Озера і водосховища**" містить відомості про рівні води, просторовий і часовий розподіл температури води, вміст тепла у водній масі, льодові явища, режим вітру і хвилювань, водний баланс водойм, каламутність води і гранулометричний склад наносів у відкритих частинах деяких водосховищ.

Залежно від обсягу матеріалів і терміну їхньої підготовки до друку частини 1 і 2 щорічника публікувались в одній книзі або окремо двома книгами.

Щорічні дані про селеві потоки. Видання містить відомості щодо селевих потоків, які проходили протягом року (дані безпосередніх спостережень на створах і результати польових обстежень).

Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Видання містить відомості щодо хімічного складу води річок, каналів, озер і водосховищ, які раніше публікувалися в гідрологічному щорічнику, а також дані щодо стану забруднення водних об'єктів, які публікували у щоквартальних гідрохімічних бюлетенях.

Дані про хімічний склад поверхневих вод за попередні роки публікували з 1935 до 1975 року в "Гідрологічних щорічниках" у формі таблиці "Хімічний склад води". Дані про хімічний склад води озер і водосховищ за період з 1961 по 1975 роки розміщували в "Матеріалах спостережень на озерах і водосховищах" і в щоквартальних "Гідрохімічних бюлетенях".

У цей період видання ДВК (єдине видання) налічувало дві частини. В першій частині "**Річки**" публікували результати спостережень на річках за хімічним складом води. Структура цієї інформації налічувала:

1. Схему розташування пунктів спостережень за якістю води.
2. Таблицю 1.1. Список пунктів спостережень за якістю води на річках.
3. Огляд гідрохімічного режиму річок.
4. Таблицю 1.2. Хімічний склад води річок.

У другій частині "**Озера і водосховища**" публікували результати гідрохімічних спостережень за хімічним складом води на озерах і водосховищах. У структурі цих даних виділяли:

1. Таблиця 2.1. Список пунктів спостережень за якістю води на озерах і водосховищах.
2. Огляд гідрохімічного режиму озер і водосховищ.
3. Таблиця 2.2. Хімічний склад води озер і водосховищ.
4. Додаток.

На території України матеріали компонується за *басейновим принципом* у 3 випуски:

- Випуск 1. Басейни Західного Бугу, Дунаю, Дністра і Південного Бугу.
- Випуск 2. Басейн Дніпра.
- Випуск 3. Басейни Сіверського Дінця, річок Криму і Приазов'я.

Щорічні дані якості води призначені для народногосподарських, проектних і науково-дослідних організацій, діяльність яких пов'язана з використанням поверхневих вод, вивченням їхнього хімічного складу.

Щорічні дані про режим та якість води морів і морських гирл річок. Видання містить відомості щодо режиму та якості вод морів і морських гирл річок і складається із двох частин.

У першій частині *"Моря"* публікують дані стандартних гідрологічних і гідрохімічних спостережень на берегових пунктах та акваторії моря за рівнем і температурою води, льодовими явищами, товщиною льоду, течіями, хвилюваннями, густиною і хімічним складом вод, ме-теоелементами, а також водні баланси внутрішніх морів.

У другій частині *"Морські гирла річок"* публікують дані стандартних гідрологічних спостережень за гідрологічним і гідрохімічним режимом і водним балансом гирлових областей річок.

Видання є продовженням опублікованих раніше Головним управлінням гідрометеорологічної служби морських щорічників.

Серія 3. Багаторічні дані. Багаторічні дані про режим і ресурси поверхневих вод. Видання містить щорічні узагальнені за п'ять попередніх років і весь період спостережень характеристики гідрологічного режиму річок, каналів, озер і водосховищ, які публікують у "Щорічних даних про режим і ресурси поверхневих вод суші", а також гідрографічні параметри водозборів річок для пунктів спостережень за стоком води та морфометричні характеристики озер і водосховищ.

Видання сформовано з двох частин (частина 1 — річки і канали, і частина 2 — озера і водосховища) і є продовженням опублікованих раніше Головним управлінням гідрометеорологічної служби довідників "Основні гідрологічні характеристики".

Матеріали третьої серії "Багаторічні дані" на територію України видані у другому томі видань ДВК. Це видання налічує три випуски, кожен з яких присвячено окремим басейнам — басейни Західного Бугу, Дунаю, Дністра, Південного Бугу; басейн Дніпра; басейни Сіверського Дінця, річок Криму і Приазов'я. Випуски поділено на дві частини.

У першій частині *"Річки і канали"* розміщено серію таблиць, які містять інформацію про: список постів на річках і каналах; характерні рівні води; середні і характерні витрати води; стік весняної повені; дощовий паводковий стік; витрати води, визначені за позначками рівня високих вод; мінімальні витрати води; витрати і стік завислих наносів; гранулометричний склад завислих і донних наносів; температуру води; льодові явища; товщину льоду; розрахункові характеристики стоку води і наносів.

Друга частина — *"Озера і водосховища"*. Основну інформацію цієї частини відображено у таблицях: основні відомості про озера і лимани; список постів на озерах і лиманах; пункти спостережень за випаровуванням з водної поверхні; середні місячні рівні води; характерні рівні води; температура води; льодові явища; товщина льоду; випаровування з водної поверхні.

Тут містяться узагальнені відомості щодо гідрологічних характеристик зокрема з окремими постами за весь період спостережень, а за окремими характеристиками — щорічні дані за весь період спостережень.

При складанні "Багаторічних даних про режим і ресурси поверхневих вод суші" використано дані, опубліковані в Гідрологічних щорічниках, щорічних даних про режим і ресурси поверхневих вод суші.

Деякі характеристики гідрологічного режиму публікуються *окремими випусками* (наприклад, рівні води).

У виданні "**Характерні рівні води (порічні дані)**" подаються порічні рівні на всіх постах (відповідної території, залежно від тому), а також відомості про характерні рівні води в сантиметрах над нулем поста за існуючий період спостережень.

Вихідними матеріалами для складання таблиць слугували дані про рівні води, розміщені в гідрологічних щорічниках, а також матеріали спостережень, що зберігаються в гідрометеофонді Укргідромету.

Частину першу цього видання "**Річки і канали**" представлено таблицею "Характерні рівні води", яка має повну і скорочену форми:

- Форма А — для річок зі стійким льодоставом.

- Форма Б — для річок з нестійким льодоставом. До водотоків зі стійким льодоставом умовно відносять такі, на яких протягом багаторічного періоду в 50% випадків і більше спостерігається нерухомий льодяний покрив протягом 20 діб.

У таблиці наведено вищі рівні за календарний рік і дати їхнього настання. Вищі і нижчі рівні зимового періоду обрані за гідрологічний рік, від дати появи стійких льодяних утворень в минулому році до дати, що передує даті початку весняної повені в підзвітному році. Вищий рівень весняних льодових явищ обирали за період весняного руйнування льоду. Вищий і нижчий рівень літньо-осіннього періоду обирали від кінця весняної повені до появи стійких осінніх льодяних утворень. Тут міститься також інформація про весняні льодові явища.

Частина друга "**Озера і водосховища**" представлена таблицею "Характерні рівні води".

Таблиця містить щорічні відомості про характерні рівні води, дати їхнього настання і річних коливань рівня. Наведено також вихідні дані за весь період спостережень. Таблиця має дві форми:

- Форма А — для озер із вираженим сезонним ходом рівня.

- Форма Б — для лиманів, що не мають вираженого сезонного ходу рівня.

Вищий рівень періоду максимальної повені і нижчий рівень зимового періоду при складанні Форми А визначені за гідрологічний рік (цикл), за межами якого прийнято терміни найбільшого пониження рівня води.

Вищий рівень періоду максимального наповнення обрано за період від початку стійкого підвищення рівня до його максимальної повені. Нижчий рівень зимового періоду відповідає найбільшому пониженню рівня, зафіксованому наприкінці попереднього або на початку наступного

року. Вищий рівень за рік (форма А) і характерні рівні при складанні форми Б обрано за календарний рік (01.01 — 31.12). Значення характерних рівнів обрано за даними термінових спостережень.

Коливання рівня за календарний рік розраховані як різниця між вищим і нижчим рівнем за рік. Коливання рівня за гідрологічний рік розраховані як різниця між вищим рівнем за гідрологічний цикл і нижчим з урахуванням нижчих рівнів як на початку, так і наприкінці циклу.

Багаторічні дані про якість поверхневих вод суші. Видання містить узагальнені за роками (за останні п'ять років і весь період спостережень) характеристики гідрохімічного режиму і санітарного стану річок, каналів, озер і водосховищ, опубліковані в "Щорічних даних про якість поверхневих вод суші" і складається з двох частин (частина 1 — річки і канали, і частина 2 — озера і водосховища).

Багаторічні дані про режим і якість вод морів і морських гирл. Видання містить узагальнені за роками (за останні п'ять років і весь період спостережень) характеристики, опубліковані в "Щорічних даних про режим і якість вод морів і морських гирл річок". Складається з двох частин (частина 1 — моря, частина 2 — морські гирла річок).

Видання є продовженням раніше опублікованих Головним управлінням гідрометеорологічної служби довідників "Основні характеристики морів і морських гирл річок".

Окремі видання. Видання Водного кадастру під загальною назвою: "**Ресурси поверхневих вод СРСР**" складається з 20-ти томів науково-прикладного довідника (34 випуски).

Кожен том (випуск) містить чотири частини:

- Гідрологічна вивченість.
- Основні гідрологічні характеристики.
- Водні ресурси.
- Опис окремих річок, озер і водосховищ.

Шостий том "Гідрологічна вивченість" присвячено території України і Молдавії. Його представлено трьома випусками:

- Випуск 1. Західна Україна і Молдавія. Басейни річок: Вісли, Дунаю, Дністра і Південного Бугу.

- Випуск 2. Середнє і Нижнє Подніпров'я, басейни річок Дніпра нижче гирла Прип'яті.

- Випуск 3. Річки Криму і Приазов'я.

У таблицях містяться дані, які висвітлюють стан гідрологічної вивченості певного району. Також подаються схеми розташування гідрологічних постів (станцій) і схеми розташування озер, водосховищ, ставів.

Узагальнено викладено принципи, які покладені в основу складання таблиць. Основними джерелами слугували: відомості про рівень води на річках і озерах; матеріали про режим річок; довідники з водних ресурсів;

гідрологічні щорічники; списки річок; матеріали з типізації річок; матеріали з інвентаризації та обслідування ставів; польові матеріали спостережень та ін.

Використовувались також великомасштабні карти, планшети карт.

У виданні "Гідрологічна вивченість" є інформація про:

- довжину річок;
- відстань від гирла до постів;
- площу водозборів;
- озерність водозборів;
- площу дзеркала водойм;
- притоки та ін.

У наступній частині — *"Опис окремих річок і водосховищ"* матеріали на територію України і Молдавії представлені чотирма випусками шостого тому. Зокрема:

- Випуск 1. Західна Україна і Молдавія (басейни річок Дунаю, Дністра і Західного Бугу).

- Випуск 2. Середнє і Нижнє Подніпров'я.

- Випуск 3. Сіверський Донець і Приазов'я.

- Випуск 4. Крим.

Списки річок подано у послідовності, відображеній на гідрографічній схемі. З метою полегшення знаходження опису будь-якої річки у випуску міститься алфавітний покажчик річок. Кожен опис річки відображає:

- Загальні відомості про річку та її басейн.

- Відомості про долину, заплаву і русло.

- Основні гідрологічні характеристики (характер живлення і тип режиму, таблиці середніх розрахунків характеристик режиму для окремих створів).

- Термічний режим річки.

- Якість води.

- Короткі відомості про її використання.

Усі кількісні характеристики водного і льодового режиму подано в описах за даними фактичних спостережень. Для складання описів, окрім матеріалів гідрографічної рекогносцировки, використано літературні джерела, архівні дані.

Поздовжні профілі річок і графіки наростання площ басейнів побудовано за великомасштабними картами. Побудовано графіки основних характеристик русла:

- графік висоти берегів;
- графік глибин річки;
- графік швидкостей течії;
- план річки.

ДВК містить також інші окремі кадастрові видання, наприклад, лавин.

Кадастр лавин — систематизований матеріал довідкового спрямування про територіальне поширення і режим лавин країни. Призначення кадастру — інформаційне забезпечення оцінки лавинної небезпеки на етапі попереднього висновку при розміщенні і будівництві проектів об'єктів і населених пунктів у лавинонебезпечних районах.

Оскільки снігові лавини є джерелом живлення і фактором зміни режиму стоку гірських річок, їх необхідно розглядати в єдиній сукупності з іншими ресурсами поверхневих вод.

Головними вихідними відомостями для складання кадастру слугують спеціалізовані спостереження за формуванням, сходженням, територіальним поширенням лавин та іншими характеристиками лавинного режиму.

Додаткові відомості щодо лавин отримують завдяки експедиціям або шляхом опитування чи на підставі літературних даних, або методом аналізу картографічних джерел, аеро- і космознімальних матеріалів.

Детальні відомості про лавини, необхідні для розробки проектної документації, збирають при спеціальних вишукуваннях згідно з методичними вказівками і розробками.

Кадастр лавин СРСР видано у трьох книгах:

1. Європейська частина і Кавказ.
2. Середня Азія і Казахстан.
3. Сибір і Далекий Схід.

Кадастр ділиться на томи і випуски відповідно до прийнятої структури довідника "Ресурси поверхневих вод СРСР".

Територія України охоплює шостий том, до якого належать чотири випуски:

- Випуск 1. Західна Україна. Частина 1. Басейни річок Тиси, Прута (Дунай), Дністра.

- Випуск 4. Крим. Частина 1. Басейни річок Криму.

Перший випуск цього кадастру складено на основі матеріалів експедиційних досліджень лавинної діяльності на території Українських Карпат (у басейнах річок Тиси, Прута, Дністра). Всього у досліджуваному регіоні виділено 21 район лавиноутворення: в басейні р. Тиси (у межах території, що адміністративно належить до Закарпатської області) виокремлено 12 районів лавиноутворення (1-12), в басейні р. Прут, охоплено частково Івано-Франківську область — три райони (13-15), в басейні р. Дністер (більша частина Івано-Франківської області і частково Львівської області) — шість районів лавиноутворення (16-21).

1.5 Державний водний кадастр: використання водних ресурсів

Кадастр водокористування налічує дані обліку вод за кількісними та якісними показниками, реєстрації водокористувань, а також дані щодо водокористувачів. Державному обліку і зачисленню до державного водного кадастру підлягають водогосподарські об'єкти:

- гідровузли і водосховища;
- споруди для забору води з водних об'єктів (канали, насосні установки, експлуатаційні свердловини тощо);
- канали, що слугують для воднотранспортного з'єднання систем і територіального перерозподілу стоку;
- споруди для скидання у водні об'єкти використаних і шахтних вод (колектори, дренажні і водозбірні канали, трубчасті випуски тощо);
- споруди для очищення використаних вод.

У Водному кодексі України зазначено, що державний **облік водокористування** здійснюється з метою систематизації даних про забір та використання вод, скидання зворотних вод та забруднюючих речовин, наявність систем оборотного водопостачання та їхню потужність, а також діючих систем очищення стічних вод та їхню ефективність.

Державний облік та аналіз стану водокористування здійснюється шляхом подання водокористувачами звітів про водокористування до державних органів водного господарства за встановленою формою.

Форму звітів про водокористування, порядок їхнього заповнення та періодичність подання затверджено Міністерством статистики України за поданням Держводагенством України та за погодженням з Міністерством охорони навколишнього природного середовища України.

Державний водний кадастр за розділом використання водних ресурсів здійснює Держводагенство України в порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України.

Термін "державний" стосовно до водного кадастру означає, що ці матеріали є єдиними офіційними даними, обов'язковими для використання під час вирішення усіх питань, що стосуються планування, проектуванням та оперативного управління водним господарством країни.

Кадастр використання водних ресурсів — це систематизований, постійно поповнюваний і за необхідності уточнюваний звід відомостей щодо фактичного і планованого використання води.

Він налічує:

- Умовно-постійні (періодично поповнюючі) паспортні дані каталогів водокористування.
- Щорічні дані про використання водних ресурсів.
- Багаторічні характеристики використання водних ресурсів.

Каталоги водокористування. Містять в собі дані про сучасне і заплановане використання водних ресурсів, а також про існуючі, ті, що

будуються і планові об'єкти (водозабори, випуски стічних, дренажно-стічних та інших вод, ставки, водосховища, очисні споруди і так далі, усе що впливає на стан природних вод).

Найбільші водогосподарські об'єкти нанесено на картосхему річкового басейну. За необхідності, карту-схему доповнюють лінійною схемою, на якій позначають:

- основні гідровузли;
- водозабори;
- скиди;
- колектори зрошувальних систем;
- пункти гідрометричних і гідрохімічних вимірювань тощо.

Під час складання каталогів здійснюють прив'язку цих об'єктів до гідропостів річок.

Для кожного з водогосподарських об'єктів, зареєстрованих у каталогах водокористування, наведено такі дані:

1. Місцезнаходження об'єкта:

- адміністративно-територіальна одиниця;
- відстань від гирла річки до створу забору або греблі водосховища;
- міністерство і підприємство, якому належить водогосподарський об'єкт.

2. Рік вводу в експлуатацію.

3. Тип вимірювальних пристроїв.

4. Мета водокористування:

- комунальне;
- промислове;
- сільськогосподарське водопостачання;
- зрошення і т. д.

5. Проектна і фактична продуктивність або пропускна здатність. Для великих водозаборів, каналів, очисних споруд і водосховищ наводять додаткові техніко-економічні показники:

- а) корисний об'єм;
- б) площа водної поверхні;
- в) тип регулювання стоку;
- г) вартість водосховищ і каналів;
- д) собівартість очищення стічних вод;
- е) довжина каналів;
- є) площа зрошення водою і т. д.

Каталоги водокористування містять також характеристики використання води для інших потреб без її забирання з джерела:

- вилов риби;
- обсяг пасажирських і вантажних перевезень;
- потужність і виробіток енергії на гідроелектростанціях;
- обсяг лісосплаву;

- ступінь рекреаційного використання водних об'єктів.

Окрім того, наводять дані щодо меліорованих площ (зрошення, обводнення, осушення) по річкових басейнах і їхніх частинах.

Каталоги водокористування складаються за уніфікованими формами, які придатні до автоматизованої обробки інформації.

Дані узагальнюються в різних розрізах:

- адміністративному;
- басейновому;
- галузевому та ін.

Однією з важливих форм узагальнення слугують *водогосподарські баланси*. Їх складають за річковими басейнами та їхніми водогосподарськими ділянками в результаті зіставлення розрахункових водних ресурсів з фактичними за рік реєстрації або максимальними потребами у воді за минулий період.

Основні узагальнені дані щодо використання водних ресурсів підлягають опублікуванню у міжвідомчому виданні Державного водного кадастру, в якому також характеризуються найбільші водогосподарські об'єкти.

Складання каталогів водокористування є разовим заходом. Їхнє щорічне корегування відбувається за введення в експлуатацію нових, реконструкції або ліквідації існуючих водогосподарських об'єктів.

За складеними каталогами водокористування визначають водогосподарські об'єкти, для яких необхідно представляти щорічну інформацію про об'єми води, що забирається та скидається, а також показники її якості.

Щорічні дані. Щорічні дані про використання водних ресурсів ґрунтуються на звітних даних і налічують:

1. Показники державної статистичної звітності водокористувачів за єдиною для країни формою:

- об'єми води, яку забирають, використовують і скидають;
- кількість забруднювальних речовин, що міститься в стічних водах за різними інгредієнтами;
- витрати води в системах оборотного і послідовного водопостачання.

2. Звіти служб експлуатації великих водосховищ і гідровузлів, що містять дані про:

- щомісячні об'єми води у водосховищах;
- пропускання води у нижній б'єф для задоволення потреб гідроенергетики, водного транспорту, рибного господарства;
- щомісячні і кварталні витрати води, яку забирають головні споруди великих каналів;
- об'єми води, яка надходить у річки, озера, безстічні області та западини колекторно-дренажних і зрошувальних систем.

3. Звітні дані управлінь меліоративних систем щодо фактично зрошуваних і обводнюваних площ за річковими басейнами та їхніми ділянками.

Щорічні дані щодо водних об'єктів і водогосподарських ділянок публікують у щорічниках водокористування державного водного кадастру разом із даними про поверхневі і підземні ресурси, а також видають в автоматизованому режимі за запитом користувачів.

За основними річковими басейнами і найважливішими розрахунковими створами складаються звітні **водогосподарські баланси** в результаті зіставлення розрахункового і фактичного річкового стоку із фактичним водоспоживанням.

Складаються також баланси для найбільших каналів іригаційного призначення.

Багаторічні характеристики. Багаторічні характеристики використання водних ресурсів розробляють за даними каталогів і щорічних зведень, що зберігаються в інформаційних фондах державного водного кадастру.

Вони містять узагальнені за останні п'ять років і весь період спостереження розрахункові водогосподарські характеристики і показники, які безпосередньо використовуються у проектній та експлуатаційній практиці.

Також вони необхідні для гідрологічних розрахунків з визначення природних (відновлених) величин річкового стоку і прогнозуванню водних ресурсів з урахуванням впливу на них господарської діяльності.

За багаторічними характеристиками встановлюють дефіцитні за забезпеченням водою регіони і відшуковують резерви для покриття можливих дефіцитів води.

Багаторічні узагальнення використовуються для техніко-економічного обґрунтування таких водогосподарських заходів, як перекидання стоку в маловодні райони, створення водосховищ комплексного призначення тощо.

Кадастрові відомості необхідно базувати на єдиній методичній основі, що забезпечує сумісність, однозначність кодування, узгоджені одиниці вимірювання показників та організацію даних як у первинних документах, так і на технічних носіях інформації.

Структура головних інформаційних потоків. Первинна (вхідна для системи ведення ДВК) інформація щодо використання водних ресурсів налічує:

- Каталоги водокористування, які складають проектно-пошукові інститути.
- Дозволи на спецводокористування, які видають загальнодержавні і місцеві органи з регулювання та охорони вод.
- Щорічні дані державного обліку вод.

- Звіти служб експлуатації великих гідровузлів і водосховищ, а також водосховищ спільного користування (дані про режим роботи гідровузлів і водосховищ).

- Звіти обводресурсів щодо площ зрошених, обводнених та осушених земель.

- Дані щодо витрат води на каналах і колекторах за гідрометричними постами.

- Затверджені басейнові і територіальні схеми комплексного використання та охорони водних ресурсів.

Необхідні для складання водогосподарських балансів дані про поверхневі і підземні водні ресурси, які отримують від кадастрових підрозділів Держгідрометслужби і Держгеонадрами в порядку, визначеному спільно трьома відомствами, відповідальними за ведення ДВК.

Замовники та виконавці робіт з ведення кадастру водокористування.

Замовником робіт з ведення кадастру використання водних ресурсів є Держводагенство України.

Воно виконує такі *функції*:

1. Здійснює розробку і ведення ДВК за розділом "Використання вод", у тім числі:

- розробку і вдосконалення системи ведення ДВК (включаючи АІСДВК);

- розробку методів, алгоритмів і програм з контролю, обробки та узагальнення інформації про використання вод;

- розробку способів кодування і збереження інформації;

- проектування, випробування, впровадження і вдосконалення функціональних підсистем АІС ДВК;

- розробку методичних вказівок щодо ведення ДВК для територіальних центрів і місцевих органів ДВК, макетів видань ДВК та інших нормативно-технічних документів ДВК;

- збір, контроль, обробку, збереження і видання інформації щодо водокористувачів, використання поверхневих і підземних вод;

- поточну і перспективну оцінку використання вод і складання звітних водогосподарських балансів;

- підготовку до друку і публікацію видань ДВК;

- керівництво, планування і контроль за виконанням робіт з розробки і ведення ДВК, які виконують підвідомчі заклади та організації.

2. Представляє в Держгідрометслужбу на узгодження проекти методичних вказівок щодо ведення ДВК, макети видань ДВК та інших нормативно-технічних документів ДВК, а також проектну документацію на АІС ДВК за розділом "Використання вод".

3. Забезпечує Держгідрометслужбу матеріалами щодо використання вод, необхідними для підготовки об'єднаних міжвідомчих видань ДВК і ведення ДВК за розділом "Поверхневі води".

4. Забезпечує Держгеонадрами даними, необхідними для ведення ДВК за розділом "Підземні води".

Перелік організацій, які здійснюють *ведення кадастру* використання водних ресурсів, визначено Держводагенством. Ці організації несуть відповідальність за вичерпність і достовірність вихідних даних. Дані необхідно надавати у терміни, встановлені окремими положеннями. Головними з цих організацій є:

- Головний центр кадастру (відділ державного водного кадастру).
- Відділ водного кадастру при Держводагенстві.
- Регіональні центри кадастру (відділи або групи при проектно-пошукових інститутах).
- Кадастрові підрозділи басейнових (територіальних) управлінь і інспекцій.
- Служби експлуатації великих водосховищ та інші.

Технологічна схема ведення кадастру використання водних ресурсів.

1. Вихідні дані з використання водних ресурсів надходять від первинних кадастрових підрозділи до загальнодержавного центру в наступні терміни:

- заповнення каталогів водокористування — відповідно до складання, у місячний термін після їхнього попереднього розгляду та узгодження з відповідними організаціями;
- дані щорічного корегування каталогів водокористування — до 31-го березня року, що йде за звітним;
- дозволи на спецводопостачання, видані за встановленою формою — у місячний термін після офіційного видання дозволу;
- вихідні дані державного обліку використання вод (за затвердженою формою), занесені на технічні носії;
- дані про використання великих водосховищ (спеціальна форма), про меліоровані площі (спеціальна форма), витрати води в каналах та колекторах (спеціальна форма) — до 15-го березня року, що йде за звітним;
- характеристики водних ресурсів за звітний і минулі роки згідно з окремим документом "Про взаємне передавання даних обліку вод, їхнє використання і водний кадастр".

2. Регіональними центрами кадастру виконується контроль та обробка інформації у наступні терміни:

- дані каталогів водокористування і дозволів на спецводокористування — протягом року відповідно до їхнього надходження;

• поточна (щорічна) інформація — до 15-го березня.

3. Регіональні центри кадастру передають загальнодержавному центру кадастру узагальнену за обов'язковим переліком запитів інформацію, а також вихідні дані.

4. Головний центр кадастру здійснює контроль вичерпності отримуваної інформації та обробки її за обов'язковим переліком запитів у місячний термін після отримання узагальнених даних. Вибірковий контроль вихідних даних та отримання розрахункових характеристик за багаторічний період здійснюється протягом року за необхідності.

5. Головний державний і регіональні центри кадастру видають інформацію зацікавленим організаціям за їхніми запитами згідно з двосторонньою домовленістю або положеннями, зумовленими окремими документами. В обов'язковому порядку інформацію надсилають органам Держгідрометслужби і Держгеонадрами.

6. Розподіл інформаційної бази між центрами кадастру здійснювався відповідно до територіального поділу ДВК, заснованого на адміністративно-басейновому принципі (за морським і річковими басейнами). Усі центри кадастру мали у своєму архіві інформацію щодо закріплених за ними територій, а при необхідності — доступ до інформації щодо інших територій.

Зміст вихідної інформації. Узагальнена (вихідна для системи ведення ДВК) інформація щодо використання водних ресурсів **містить:**

- Узагальнені за басейновим, галузевим та адміністративними ознаками показники сучасного використання водних ресурсів (у тім числі водогосподарські баланси).

- Узагальнені за басейновим, галузевим та адміністративними ознаками показники якості вод, що скидаються (у тім числі дані за басейнами в розрізі різних відомств).

- Показники водокористування і водовідведення залежно від ступеня господарського освоєння земель, фізико-географічних, кліматичних та інших чинників.

- Фактичні технічні характеристики водогосподарських об'єктів (водозаборів, каналів, водосховищ, очисних споруд і т. д.).

- Інші характеристики використання водних ресурсів, які враховуються для забезпечення ефективного обслуговування окремих користувачів кадастровою інформацією.

До вихідної інформації кадастру використання водних ресурсів висуваються такі **вимоги:**

- забезпечення публікації основних даних ДВК відповідно до "Структури публікованої частини ДВК";

- своєчасне і цілковите забезпечення запитів користувачів.

З каталогів водокористування, щорічників водокористування та багаторічних характеристик використання водних ресурсів у практиці застосовують такі **види інформації**:

- первинні дані;
- узагальнені дані;
- водогосподарські баланси;
- дані про зміну водних ресурсів під впливом заборів, скидів і регулювання стоку;
- розрахункові залежності і встановлені закономірності.

Головними **користувачами** кадастрової інформації за розділом використання водних ресурсів є:

1. Загальнодержавні і місцеві органи регулювання використання та охорони вод.
2. Планові органи і проектно-пошукові інститути Держводагенства України, а також інших відомств.
3. Держводагенство України, Держплан, міністерства і відомства.
4. Науково-дослідні організації Держводагенства України та інших відомств.
5. Органи Держгідрометслужби, Держгеонадрами України.

Кадастрову **інформацію використовують** під час:

- видання дозволів на спецводокористування;
- здійснення регіонального, обласного, районного і міжгосподарського водоподілу;
- контролю за використанням та охороною водних ресурсів;
- призначення режимів роботи існуючих водогосподарських систем;
- здійснення схем комплексного використання та охорони водних ресурсів, довготермінового прогнозування;
- розробки планів розвитку водного господарства;
- проектування водогосподарських систем і споруд;
- планування і проектування водоохоронних заходів;
- нормування водоспоживання і водовідведення;
- врахування водного чинника при плануванні розвитку і розміщення продуктивних сил країни;
- складання міжгалузевих балансів;
- контролю за використанням води окремими відомствами;
- перевірки наукових гіпотез, встановлення існуючих закономірностей і взаємозв'язків;
- оцінки змін поверхневих і підземних водних ресурсів під впливом господарської діяльності та ін.

Кадастрову інформацію широко використовують і в **науково-дослідній та практичній роботі**, зокрема студентів:

- під час обґрунтування проектів природокористування;
- під час виконання практичних робіт;

- під час написання курсових, дипломних та магістерських робіт;
- під час написання рефератів;
- під час написання наукових робіт, публікацій.

Публікація матеріалів кадастру використання водних ресурсів.

Матеріали *кадастру використання водних ресурсів публікують* у виданнях ДВК у серіях:

- Узагальнені дані каталогів водокористування.
- Щорічники водокористування.
- Багаторічні характеристики використання водних ресурсів.

У цих серіях виокремлено розділи, присвячені характеристиці якості вод, що забираються та скидаються.

Підготовку до друку матеріалів видання здійснює головний центр кадастру.

Тираж видання встановлює Держводагенство з урахуванням запитів зацікавлених відомств.

Головний центр здійснює підготовку матеріалів для об'єднаного міжвідомчого видання "Водні ресурси. їх використання та якість".

Узагальнені дані каталогів водокористування видають залежно від підготовленості матеріалів до публікації.

Щорічники водокористування складали до 1 липня і видавали кожен рік із публікацією даних не пізніше, ніж 1 вересня наступного року.

Багаторічні характеристики використання водних ресурсів видавали, починаючи з 1987 року, один раз у п'ять років.

Видання кадастрових матеріалів здійснювали відповідно до "Структури публікованої частини державного водного кадастру".

Інформаційне обслуговування користувачів в оперативному порядку здійснюється за допомогою каналів зв'язку.

Обслуговування індивідуальних користувачів здійснюється на платній основі за принципом самоокупності.

З метою підвищення оперативності надійності забезпечення директивних і планових органів, науково-дослідних та інших підприємств, організацій і закладів необхідними відомостями про використання водних ресурсів створено *автоматизовану інформаційну систему* кадастру використання водних ресурсів (АІС ДВК ВВР).

Це дало змогу розширити склад відомостей, підвищити рівень обробки та узагальнення вихідних даних.

Інформаційне обслуговування користувачів здійснюється у такий спосіб:

- публікація у стандартних виданнях для широкого користування;
- тиражування матеріалів для обмеженого кола користувачів;
- надання інформації індивідуальним користувачам за системою "запит-відповідь".

Конкретний зміст *кадастрових робіт*, терміни їхнього виконання, форми первинних документів, методи збору, обробки інформації і так далі регламентовано відповідними вказівками і документами.

Ведення АІС ДВК "Використання вод". Широке застосування отримали дані щодо використання вод, які видають автоматизованим шляхом у рамках функціонування АІС ДВК за розділом *"Використання вод"*.

У складі цих даних містяться:

1. Відомості про розташування та основні параметри водогосподарських об'єктів.

2. Узагальнені дані щодо фактичного водоспоживання понад як 80-ти тисяч водокористувачів.

Дані про водоспоживання видають за:

- річковими басейнами;
- галузями господарства;
- економічними районами;
- окремими організаціями і підприємствами.
- загалом по країні.

За повнотою охоплення водокористувачів і номенклатурою відомостей, що видаються, автоматизована система видачі даних про використання вод стоїть на рівні світових стандартів.

Нормативно-правове регулювання та методичне забезпечення.

Директивними, нормативно-технічними та інструктивно-методичними документами з ведення державного водного кадастру слугують:

- *Постанова* Кабінету Міністрів України "Про ведення державного водного кадастру."

- *Методичні вказівки*: "Структура публікованої частини державного водного кадастру"; "Номенклатура методичних вказівок з ведення державного водного кадастру"; "Склад даних державного водного кадастру"; "Методичні вказівки з ведення державного водного кадастру. Розділ 3. Використання вод. Випуск 1. Загальні положення"; "Методичні вказівки з ведення державного водного кадастру. Розділ 3. Використання вод. Випуск 2. Складання каталогів водокористування, узагальнених даних каталогів, підготовка до друку узагальнених відомостей"; "Методичні вказівки з ведення державного водного кадастру. Розділ 3. Використання вод. Випуск 3. Підготовка первинної інформації і складання щорічників водокористування"; "Методичне керівництво з складання водогосподарських балансів і ведення водного кадастру".

- *Інструкції*: "Інструкція з кодування інформації при веденні державного водного кадастру (розділ "Використання вод")".

- **Завдання:** "Технічне завдання на створення автоматизованої інформаційної системи державного водного кадастру (Розділ 3. "Використання вод")".

- **Наказ Держводгоспу** "Про ведення державного водного кадастру (розділ "Використання вод")".

Підрозділи з виконання робіт по водному кадастру (наприклад, Львівський регіональний відділ комплексного використання водних ресурсів) у своїй роботі також керуються офіційними листами-рекомендаціями щодо принципів питань. Технічні питання (програмне забезпечення) вирішують на існуючій методичній основі.

Каталоги водокористування — це сукупність представлених за єдиною формою даних про сучасне і плановане використання водних ресурсів, а також про існуючі, ті, що будують і будуватимуть водогосподарські об'єкти, які впливають на стан водних ресурсів.

Вони складаються проектно-пошуковими інститутами разом з басейновими (територіальними) управліннями з регулювання використання та охорони вод, а також іншими організаціями водогосподарського профілю за даними реєстрації водокористувачів, дозволів на спеціальне водокористування, матеріалів паспортизації річкових басейнів і проектних даних.

Річні плани робіт зі складання каталогів затверджуються Держводагенством країни. Каталог водокористування як окремий документ складають для головної річки, її приток, водогосподарських ділянок великої ріки тощо. Він налічує коротку пояснювальну записку, картосхему річкового басейну з нанесеними основними водогосподарськими об'єктами, сім таблиць.

У **пояснювальній записці** містяться базові відомості для річкового басейну загалом.

На **картосхемі річкового басейну** (або його частині) позначають розташування існуючих гідровузлів, водосховищ, водозаборів, випусків відпрацьованих вод, меліоративних систем і т. д.

Ті, що будуються, та перспективні об'єкти можуть бути відображені на другій карті. Основою картосхем слугують адміністративні карти.

В **табличних матеріалах** наводять дані щодо розташування та основні параметри водогосподарських об'єктів, щодо зрошуваних, обводнюваних і осушуваних площ, використання води без її вилучення із джерела, скидів відпрацьованих вод, використання водосховищ і ставків.

Кількість екземплярів каталогів водокористування встановлюється Держводагенством при видачі технічного завдання на складання каталогів залежно від кількості місцевих органів з регулювання та охорони вод, інших зацікавлених організацій, розташованих в межах річкового басейну або водогосподарського об'єкта.

Складені каталоги водокористування розглядаються і затверджують компетентні експертні комісії при Держводагенстві. Після затвердження каталоги передають :

1. Регіональному центру кадастру.
2. Басейновому управлінню з регулювання використання та охорони вод.
3. Держводагенству.
4. В архів виконавця.

Дані каталогу заносять в базу даних і зберігають в інформаційних фондах регіонального центру кадастру.

Узагальнення даних каталогів водокористування здійснюють у центрах кадастру.

Узагальнені відомості каталогів водокористування — це зведені (за водогосподарськими ділянками, річковими басейнами та адміністративно-територіальними одиницями) дані про сучасне і заплановане використання водних ресурсів, а також про існуючі, ті, що будуються і запроектовані водогосподарські об'єкти, які впливають на стан водних ресурсів. Вони налічують пояснювальну записку, картосхему річкового басейну загалом з нанесеними межами водогосподарських ділянок і дев'ять таблиць.

У **пояснювальній записці** містяться основні відомості про річковий басейн або територію країни загалом. Вона закінчується загальними висновками і рекомендаціями щодо використання водних ресурсів.

На **картосхемі** показують траси міжбасейнових і внутрібасейнових перекидань стоку.

У **табличних матеріалах** наводяться дані про водогосподарські об'єкти, зрошувані, обводнювані і осушувані площі, використання води без вилучення із джерела, скиди відпрацьованих вод, використання водосховищ і ставів.

Основні відомості систематизують і представляють в таблиці водогосподарського балансу для кожної водогосподарської ділянки та басейну річки загалом.

Узагальнена для окремих річкових басейнів інформація включає дані по басейну загалом, його водогосподарських ділянках та адміністративно-територіальних одиницях.

Узагальнена для країни інформація налічує дані загалом для країни, для економічних районів, для областей і міст, щодо яких здійснюють узагальнення в системі обліку вод, для річкових басейнів і їхніх ділянок.

Залежно від потреб, узагальнення інформації може здійснюватися за районами, а також дрібними водогосподарськими ділянками чи окремими створами.

Після завершення робіт з узагальнення даних каталогів водокористування окремого річкового басейну матеріали узагальнення

розглядають на технічних радах організацій-виконавців за участі відповідальних представників басейнових управлінь, облводгоспів.

Матеріали узагальнення для одного або декількох річкових басейнів (на другій стадії кадастрових робіт для усіх басейнів одночасно) розглядають і затверджують компетентні експертні комісії при Держводагенстві.

Узагальнені дані каталогів водокористування публікують у виданнях Державного водного кадастру згідно зі "Структурою публікованої частини державного водного кадастру"

На першому етапі кадастрових робіт узагальнені матеріали публікувалися, починаючи з 1981 року, відповідно до їхньої готовності, а на другому етапі і далі — один раз у п'ять років.

Складені і затверджені каталоги водокористування піддаються періодичному коригуванню унаслідок виникнення нових, реконструкції або ліквідації старих водогосподарських об'єктів.

Коригування каталогів відбувається щорічно відділами підготовки кадастрової інформації басейнових (територіальних) управлінь.

З надходженням уточнених даних до каталогів водокористування в узагальнені матеріали один раз у п'ять років вносять відповідні зміни.

Рішення щодо перевидання уточнених відомостей ухвалює Держводгосп залежно від обсягу внесених змін.

Заповнення первинних кадастрових таблиць. Таблиці, які налічують каталоги водокористування, орієнтовані на подальше опрацювання даних на базі мов програмування. Отож до їхнього заповнення ставлять певні вимоги.

З метою забезпечення автоматизованого опрацювання даних деякі відомості, які зазначають у кадастрових таблицях, кодують. Для цього існують відповідні інструкції. Наприклад, "Інструкція з кодування інформації по веденню державного водного кадастру".

Каталог водокористування містить, окрім пояснювальної записки, ще й карти-схеми і таблиці, зокрема:

- Таблиця "Відомості про розташування та основні параметри водозаборів, водосховищ, випусків відпрацьованих вод та інших водогосподарських об'єктів".

- Таблиця "Загальні відомості про водокористування (без забирання води із джерела) по ділянках річкових басейнів".

- Таблиця "Додаткові відомості про канали пропускної здатності понад 1м³/с.

- Таблиця "Додаткові відомості про водосховища".

- Таблиця "Відомості про очисні споруди".

- Таблиця "Відомості про зрошені, обводнені та осушені землі по ділянках річкових басейнів".

- Таблиця "Відомості про використання ставів по ділянках річкових басейнів".

Розрахунок узагальнених показників. Узагальнення даних каталогів водокористування здійснюється безпосередньо після узгодження вихідних даних з басейновими (територіальними) управліннями.

Результатом узагальнення даних слугують таблиці:

- Таблиця "Відомості про включені в каталог водозабори і випуски стічних вод по річкових басейнах та їхніх ділянках".

- Таблиця "Загальні відомості про водокористування (без забирання води із джерел) по річкових басейнах та їхніх ділянках".

- Таблиця "Відомості про включені в каталог водозабори і випуски стічних відпрацьованих вод по адміністративно-господарських одиницях".

- Таблиця "Відомості про використання водосховищ і ставів по річкових басейнах і їхніх ділянках".

- Таблиця "Відомості про сільськогосподарське водопостачання, зрошення, обводнення і осушення по річкових басейнах і їхніх ділянках".

- Таблиця "Відомості про сільськогосподарське водопостачання, зрошення, обводнення та осушення по адміністративно-територіальних одиницях".

- Таблиця "Відомості про природні ресурси річкових вод в розрахункових створах, що замикають водогосподарські ділянки річкових басейнів".

Таблиця 7 формується за даними Держкомгідромету з виконанням (за необхідності) гідрогеологічних розрахунків.

Після заповнення таблиць 1-7 складаються водогосподарські баланси для замикаючого створу кожної водогосподарської ділянки і басейна річки загалом.

- Таблиця "Водогосподарський баланс річки (ділянки)".

Складання водогосподарських балансів. *Водогосподарські баланси* складаються для річкових басейнів загалом та їхніх водогосподарських ділянок, затверджених Держводгоспом.

Баланси складаються для ділянок басейну "зверху-вниз". Результати складання балансу для верхньої ділянки використовуються для складання балансу по розташованій нижче ділянці.

Засновані на даних каталогів водокористування водогосподарські баланси як результат зіставлення розрахункових водних ресурсів з фактичними потребами у воді відображають рівень задоволення потреб у воді в різні за водністю роки при умові стабілізації водопостачання і водовідведення.

При складанні балансів водогосподарські розрахунки здійснюються за *спрощеною методикою*:

- Не враховують вплив агролісомеліоративних заходів на річковий стік.

- Використовують спрощені прийоми розрахунку регулювання річкового стоку.

- Наближено характеризують внутрішньорічний розподіл водоспоживання, водовідведення, додаткового випаровування з поверхні ставів і водосховищ.

- Вважають, що фільтрація води із ставів і водосховищ досягає русла річки в межах водогосподарського об'єкта.

- Бічну припливність визначають за різницею між річковим стоком у вихідному і вхідному створах ділянок.

Водогосподарський баланс складають за даними пояснювальних записок каталогів водокористування і зведених відомостей таблиць 1,4,7. Наприкінці таблиці 8 "Водогосподарський баланс річки" рекомендують у примітці вказувати перелік використаних для її заповнення матеріалів і способів розрахунку, прийнятих щодо визначення окремих статей водогосподарського балансу.

Підготовка до публікації узагальнених відомостей. Підготовка і до друку узагальнених відомостей каталогів водокористування полягає у:

- складанні пояснювальної записки для території, щодо якої здійснюють публікацію;

- редагуванні підсумкових кадастрових таблиць, що містять узагальнені відомості;

- виборці основних даних для найбільших водогосподарських об'єктів з первинних кадастрових таблиць.

Матеріали каталогів водокористування друкували, починаючи з 1981 року, у всесоюзних і республіканських виданнях державного водного кадастру.

На *першому етапі* ведення кадастру (до завершення робіт зі складання каталогів водокористування для всіх річкових басейнів) кадастрові матеріали видавали залежно від їхньої готовності, на *другому етапі* — один раз у п'ять років.

Підготовку до друку кадастрових матеріалів здійснювали відповідні управління Держводагегнства разом з проектно-пошуковими інститутами.

Коригування каталогів водокористування. Коригування каталогів водокористування здійснюють щорічно відділи підготовки кадастрової інформації басейнових (територіальних) управлінь та інспекцій або хімлабораторій.

Його суть полягає в реєстрації введених в експлуатацію, реконструйованих або ліквідованих водогосподарських об'єктів.

Зареєстровані протягом року зміни фіксують шляхом заповнення наступних таблиць:

- Таблиця "Відомості про місцезрешташування та основні параметри водогосподарських об'єктів, введених в дію у ... році".

- Таблиця "Відомості про уточнені параметри реконструйованих водогосподарських об'єктів".

- Таблиця "Відомості про водогосподарські об'єкти, ліквідовані протягом ... року".

Складають також коротку пояснювальну записку для басейнового (територіального) управління загалом.

Уточнені дані *каталогів водокористування* передають щорічно до 31 березня:

- Регіональному центру кадастру для ведення інформаційних фондів та обслуговування користувачів кадастровою інформацією за їхніми запитами.

- Головному проектно-пошуковому інституту в зоні діяльності басейнового (територіального) управління для використання при складанні техніко-економічного обґрунтування, схем водокористування та інших видів проектних робіт.

- Облводресурсів, Держводагенству для використання у своїй водогосподарській діяльності.

Повне корегування каталогів водокористування здійснюють раз у п'ять років регіональні центри кадастру в зоні їхньої діяльності.

1.6 Сучасні підходи до ведення водного кадастру

Сьогодні космічне знімання є необхідною частиною комплексного дослідження і моніторингу багатьох природних та антропогенних процесів і явищ, які відбуваються на земній поверхні. Без дистанційного зондування не обходиться жодна велика робота, яку присвячено оцінці ресурсного потенціалу території або перспектив її розвитку.

Кадастрові дослідження, моніторинг, створення і ведення географічних інформаційних систем різноманітного технічного змісту вимагають наявності достатньо досконалої апаратної бази, вимірювального (приймального і розрахункового) обладнання з сучасними програмними засобами обробки матеріалу.

Окрім того, необхідне формування достатньо універсальних технологій опрацювання матеріалів дистанційного зондування, які враховуватимуть як генетичні особливості конкретного об'єкта, так і загальні фізичні закономірності його розвитку.

Формування кадастру поверхневих вод за матеріалами космічного зондування вимагає використання всього технологічного ланцюга збору та опрацювання інформації. Як *перший крок* унаслідок специфічності фізичних параметрів розвитку процесів у водному середовищі різних регіонів виконується робота з формування банку одночасних космічних знімків на досліджувану територію. Це дає змогу надалі отримати зіставлювані результати для усієї досліджуваної території.

Наступним етапом є визначення основних морфометричних показників водних об'єктів (площинних і лінійних водних об'єктів окремо). Космічні знімки високої роздільної здатності дають змогу визначити морфометричні показники з похибкою не більше як 10-15%.

Зазначимо, що похибки визначення основних морфометричних показників водних об'єктів на космічних зйомках пов'язані значною мірою з розшифруванням спектральних характеристик, які розділяють лінію суші і водного об'єкта. Справа в тому, що невеликі за розмірами і дрібні водойми, зазвичай, мають значну кількість завислих у воді мінеральних та органічних частинок. Саме це спричинює до "розмивання" берегових ліній і, відповідно, до збільшення помилок при дешифруванні контурів.

Третім етапом є дешифрування берегової лінії та власне водної поверхні за допомогою роздільних спектральних каналів. Це дає змогу ввести додатковий елемент "самоконтролю", заснований на вибіркових характеристиках поглинання водною поверхнею різноманітних спектральних каналів.

Четвертим етапом аналізу водних об'єктів за даними дистанційного зондування є обов'язкове польове порівняння результатів камерального дешифрування космічних знімків, яке здійснюється вибірково, проте одночасно з датою виконання космічної зйомки. Останнє необхідне для отримання еталонів спектральних характеристик різних генетичних типів водних об'єктів, притаманних досліджуваній території.

Зрештою, на **п'ятому етапі** здійснюється формування геоінформаційної системи водних об'єктів і водного кадастру.

За подібною схемою опрацьовано технологію підтримки системи водного кадастру на базі використання ГІС і космічних зйомок у Нижньогородській області (Росія).

Створення і використання **регіональних кадастрів природних ресурсів (РКПР)** визначено Постановою Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2001 року "Про затвердження Положення про регіональні кадастри природних ресурсів".

РКПР — це офіційне поєднання даних щодо природних ресурсів й об'єктів, необхідне для управління в галузі забезпечення стійкого розвитку адміністративних територій. РКПР є основою територіальних інформаційних систем.

Протягом декількох років Український науково-дослідний інститут екологічних проблем розробляє і впроваджує регіональний кадастр природних ресурсів Харківської області. Створено методичні і методологічні документи, інструментарій регіонального кадастру, проводиться збір інформації для заповнення баз даних. З метою створення організаційно-методичної бази РКПР підготовлено загальні нормативно-методичні документи, а саме: Концепція РКПР Харківської області,

Положення про РКПР і Положення про уповноважений центр їхнього ведення.

Програмне забезпечення підсистеми РКПР розроблено на базі ГІС Map Info 5.0 з використанням методики інтегрованої картографії. Оболонка інформаційної системи і програмні модулі, що реалізують комплексні "оцінки, створені на мові C⁺⁺ ; окремі модулі, виконуючі в середовищі ГІС, написані на мові MapBasic. Системи працюють в середовищі операційних систем Windows 98/NT/2000.

Регіональний кадастр природних ресурсів призначений для обліку кількісних, якісних та інших характеристик природних ресурсів й об'єктів визначеної території, обсягів, характеру і режиму їхнього використання, аналізу та оцінки природно-ресурсного потенціалу області, її окремих територій, раціональності його використання в інтересах органів державного управління і місцевого самоврядування, об'єктів економічної діяльності і потенційних інвесторів (Макаровський, 2004).

Регіональний кадастр Харківської області створювався поетапно шляхом розробки і введення в експлуатацію окремих підсистем, побудованих на єдиних методологічних принципах. Кожна підсистема налічує визначений тип ресурсів, створена за єдиною технологією, функціонує автономно, може використовуватися самостійно.

Доведено, що регіональний кадастр природних ресурсів повинен функціонувати як спеціалізована інформаційно-аналітична система типу АРМ (автоматизоване робоче місце) спеціаліста-управлінця відповідного профілю, створена на базі ПС-технологій, і виконувати роль регіональної інформаційної системи в галузі управління природокористуванням та охороною навколишнього середовища.

Вже створено дві окремі підсистеми РКПР — "Регіональний кадастр корисних копалин" і "Регіональний кадастр водних ресурсів".

Підсистема "Регіональний кадастр водних ресурсів" (РКВР) призначена для обліку водних ресурсів та об'єктів, аналізу водозабезпечення області та її окремих територій, інформаційного забезпечення здійснення різних видів водокористування, порівняльної оцінки екологічного стану вод. Вона дає змогу кількісно охарактеризувати поверхневі водні ресурси, їхній розподіл за окремими адміністративно-територіальними районами, водозборами окремих річок, а також якісно оцінити екологічний стан вод, їх забрудненість і придатність до використання (господарсько-питного і культурно-побутового, промислового, рекреаційного, бальнеологічного, сільськогосподарського тощо), виявляти основні інгредієнти-забруднювачі. У підсистемі реалізовано типову схему обробки інформації.

До умовно-постійної інформації зачислено електронну карту підсистеми із шарами: адміністративні райони і межі; центри адміністративно-територіальних одиниць; населені пункти; поверхневі

водні об'єкти (річки, озера, водосховища, водопроводи і канали); пункти контролю якості вод, дані про характеристики водних об'єктів, нормативи водокористування, ГДК тощо. Змінна інформація містить дані про водні ресурси — кількісні (запаси води у водосховищах, стокові характеристики річок різної забезпеченості) та якісні (результати моніторингу якості вод на пунктах контролю різних суб'єктів).

Якісні характеристики не стільки виявляють забрудненість води окремими компонентами-забруднювачами, скільки комплексно визначають властивості води як ресурсу з точки зору екологічної безпеки водної екосистеми та її придатності для різних видів використання. Окрім комплексних оцінок, у підсистемі реалізована можливість аналізу забруднення за обраними інгредієнтами, що відповідає практиці водогосподарського менеджменту. Спеціалізоване програмне забезпечення дає змогу наочно представляти результати комплексних оцінок якості та оцінювати якість води як комплексною, так і з виявленням "внеску" в забруднення окремих контрольованих забруднюючих речовин.

Питання для самоперевірки засвоєння матеріалу розділу 1

1. Поняття про Державний водний кадастр, його структуру та призначення.
2. Основні відомості про водні кадастри.
3. Державний облік вод та їх використання.
4. Які об'єкти належать до водного фонду України?
5. Що називають водним кадастром?
6. Яка структура державного водного кадастру?
7. Хто був ініціатором здійснення обліку водних ресурсів та ведення водного кадастру в СРСР?
8. Охарактеризуйте зміст першого водного кадастру.
9. Які серії налічує другий водний кадастр?
10. З яких основних розділів складався третій водний кадастр?

2. ПІДРАХУНОК СТОКУ ВОДИ У ВИПАДКУ НАЯВНОСТІ ТА ВІДСУТНОСТІ ОДНОЗНАЧНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ВИТРАТАМИ І РІВНЯМИ

2.1 Загальні положення

Стоком води називається кількість останньої, що протікає через поперечний переріз потоку за деякий час. У гідрологічних щорічниках стік виражається в середньодобових (щоденних), середньодекадних, середньомісячних і середньорічних секундних витратах води.

Вибір способу обчислення стоку залежить від умов гідрологічного режиму і пов'язаних з ним гідравлічних умов потоку на ділянці станції. Вибір способу нерозривно пов'язаний із складом і програмою спостережень, і питання встановлення останньої повинні вирішуватися спільно з питаннями обчислення стоку. В процесі аналізу матеріалів з метою вибору способу обчислення стоку при встановленні розрахункових залежностей повинні вироблятися пропозиції щодо удосконалення програми спостережень для забезпечення надалі якнайповнішого і точнішого обліку стоку при мінімальній витраті сил і засобів. Виконавець, який обчислює стік, зобов'язаний вжити всіх залежних від нього заходів для усунення недоліків в польових роботах, що ведуться станцією з метою обліку стоку.

Методика обчислення стоку сама по собі може і повинна забезпечити якнайповніше, а в той же час і найбільш просте використання цих спостережень для вказаної мети. Рекомендації, що викладаються, по вибору і застосуванню способів обчислення стоку перед бачають тільки основні, найбільш типові, випадки і повинні розглядатися як керівні вказівки, а не як правила для механічного і невідступного застосування. Виконавець у кожному конкретному випадку повинен свідомо вирішувати питання про вибір способу обчислення на основі розуміння характеру гідравлічного режиму потоку. При можливості вибору між декількома способами обчислення стоку, рівноцінними по своїй точності, перевагу слід віддавати найменш трудомісткому і найбільш наочному способу.

Обчислення стоку виробляються, як правило, щорічно за минулий рік. Слід підкреслити, що при цьому в системі обчислень і використовуваних розрахункових залежностях (кривих витрат води, графіках коефіцієнтів і тому подібне) між 31 грудня і 1 січня наступного року не повинно бути ніяких розривів, якщо тільки у вказаний момент випадково не сталося яких-небудь фізичних змін в стані потоку.

У середині річного циклу доводиться, як правило, виділяти декілька періодів з різними умовами, що визначають застосування відповідно різних способів обчислення стоку. Межі цих періодів визначаються виникненням і зникненням сезонних явищ, що впливають на режим потоку

(льодові явища, заростання русла), змінами водоносності (паводковий період, межень), порядком роботи штучних споруд, в підпорі від яких знаходиться створ, і іншими чинниками.

Для забезпечення правильного вибору і застосування способу обчислення стоку за даний період необхідно заздалегідь зібрати і проаналізувати все наявні дані спостережень, відомості про умови, що впливають на режим потоку на ділянці станції, і матеріали виконаних обчислень стоку за минулі роки.

При аналізі і відборі цих спостережень, використовуваних для обчислення стоку, необхідно враховувати вид і тип приладів, що застосовувалися, метод виміру, загальні умови ділянки станції і специфічні умови цього виміру, які могли вплинути на його точність. Особливу увагу слід звертати на умови, які можуть спричинити систематичні односторонні похибки, передусім похибки в повноті обліку стоку (ці помилки можуть бути результатом неповного або неправильного обліку витрати через заплаву, рукави, протоки). З числа інших причин систематичних похибок можна вказати (як на характерні) на косоструйність, неповноту обліку віднесення промірного троса при високому його підвішуванні відносно рівня води і т.д.

При підборі матеріалів і вивченні умов режиму потоку, що мають значення для вибору способу обчислення стоку, необхідно передусім враховувати наступне:

- а) характер коливань рівня при проходженні паводків (що обумовлює міру виразу неусталеного режиму);
- б) льодяні утворення усіх видів і міра їх розвитку;
- в) заростання русла і міра його розвитку;
- г) змінність поперечного і поздовжнього профілів русла потоку (нестійкість русла);
- д) інші причини, які, окрім перерахованих, можуть зумовлювати змінний підпір в створі поста.

До таких причин належать, наприклад, зміни відмітки рівня в створі гідротехнічної споруди, що розташовується нижче, в результаті штучного регулювання рівня, підпір від водоприймача (річки, озера, моря), підпір, який виникає в результаті паводка на припливі (чи припливах), що впадає нижче, заломі, ліси, будівельні, днопоглиблювальні і роботи, вироблювані в руслі нижче за створ водпоста.

Слід підкреслити, що у низці випадків причина змінного підпору, що позначається в створі поста, не може бути встановлена. Наприклад, неможливо встановити наявність підпору від припливу за відсутності водомірного поста на ньому, неможливо встановити зміну відмітки гребеня перекату, що розташовується нижче, якщо на ньому не вироблялися проміри глибин, часто не можна встановити виникнення підпору від затору (такий підпір на рівнинній річці може поширюватися на

десятки кілометрів) і т.д. У багатьох випадках причини підпору невиразні (наприклад, дуже часто неможливо розрізнити підпір від припливу і від перекату, що пролягає нижче). У усіх вказаних випадках критерієм наявності змінного підпору є характер зв'язку між витратою і рівнем, який виявляється шляхом аналізу розташування точок (Q, H) вимірених витрат; в той же час можуть залучатися і непрямі міркування відносно причин походження підпору. Розрізнити причини змінного підпору в деяких випадках немає необхідності; достатньо лише зробити висновок відносно підпірного режиму в створі поста протягом даного періоду.

Однозначним зв'язком між витратою і рівнем називається такий зв'язок, при якому при будь-яких змінах витрати кожному значенню його відповідає завжди одне й те ж значення рівня. Однозначний зв'язок між витратою і рівнем може зберігатися, як правило, впродовж обмеженого періоду часу; граничним випадком є багаторічний однозначний зв'язок. У останньому випадку однозначний зв'язок, як правило, порушується сезонними явищами (лід, заростання) або епізодично діючими причинами (наприклад, змінний підпір від водоприймальника), але кожного разу після зникнення порушувального чинника, колишній однозначний зв'язок відновлюється.

Однозначний зв'язок між витратою і рівнем виражається графічно однозначною кривою витрат, яка в подальшому іменується просто **кривою витрат**. Кривою витрат називається графік функції $Q=f(H)$.

З фізичної точки зору незалежною змінною є витрата. Але оскільки в гідрометрії ця залежність зазвичай використовується для обчислення витрати по заданому рівню (отриманому виміром), то і заведено за незалежну змінну вважати рівень.

Відповідно до тривалості періоду збереження однозначного зв'язку між витратою і рівнем розрізняються **тимчасові криві витрат**, діючі впродовж не більше 1,5-2 років, і **багаторічні криві витрат**, діючі протягом тривалішого періоду.

Неоднозначним, або нестійким, зв'язком між витратою і рівнем називається такий зв'язок, коли значення витрати залежить не лише від значення рівня, але і від будь-якої іншої змінної в часі величини (наприклад, від ухилу або від міри стиснення живого перерізу льодом, рослинністю і т.д.) або декількох таких величин. Оскільки така величина є функцією часу, витрата може бути також виражена як функція рівня і часу $Q=f(H, t)$.

Крива нестійкого зв'язку між витратою і рівнем в системі Q, H може відповідати тільки одній фазі ходу рівня (наприклад, підйому або спаду), усередині якої певне значення рівня спостерігається тільки один раз. Період дії такої кривої обмежується термінами початку і кінця відповідної фази ходу рівня. Крива може мати будь-який, неправильний з точки зору форми, вигляд (угнутість, обернену до осі ординат, перелами і т.п.).

Такі криві в загальному випадку називаються *кривими нестійкого зв'язку*, в окремих випадках – *кривими підйому і спаду* (для випадку вираженого неусталеного режиму), *перехідними кривими* (для випадку нестійкості русла) і т.д.

У низці випадків однозначна крива може переходити в деякій своїй частині (зазвичай у верхній) в криву нестійкого зв'язку. Типовим прикладом є криві при вираженому неусталеному режимі; у верхній частині амплітуди коливань рівня, де неусталений режим виражений особливо різко, утворюються окремі для підйому і спаду криві нестійкого зв'язку, а в нижній частині амплітуди, де неусталений режим слабо виражений, обидві вказані криві нестійкого зв'язку зливаються в одну однозначну криву. Якщо при цьому на підйомі паводка, аж до моменту настання найвищого рівня, русло буде обмежено льодом і крива підйому, таким чином, не може простежуватись, то для періоду відкритого русла у верхній частині амплітуди одержиться крива нестійкого зв'язку спаду, а в нижній – однозначна крива, причому обидві криві складатимуть одну. Такі криві, що зображують в одній своїй частині однозначну, а в іншій – нестійкий зв'язок, називаються *складеними кривими*.

2.2 Побудова кривої витрат води при однозначній залежності між витратами і рівнями

Рівні води вимірюються щодня, витрати ж води – порівняно рідко. Частота вимірів витрат води залежить від сезонів року. Зазвичай у водопілля роблять 4-5 вимірів на його підйомі й 5-8 на спаді. У межень роблять один вимір витрати через 7-10 діб. При льодоставі витрати вимірюють через 10-20 діб. Тому для підрахунку щоденних витрат води використовують залежності витрат від рівнів.

Залежність між витратами й рівнями виражається графічно кривою витрат, що будується для визначення стоку води. Стоком називається кількість води, що протекла через поперечний переріз водотоку за певний час, наприклад, рік. У середині річного циклу зазвичай виділяють окремі періоди, для яких стік обчислюється різними методами, наприклад, період льодоставу, період розвитку водної рослинності й ін. Найбільш простого вигляду вона набуває у випадку рівномірного руху води в руслі, яке не має деформацій.

Для побудови кривої витрат використовуються значення вимірних витрат і відповідних їм рівнів води. Ці матеріали за річний цикл зводяться в таблицю, яка має назву «Виміряні витрати води» (ВВВ). Для побудови кривої витрат використовується стільки точок, скільки витрат води було виміряно впродовж року.

Крива витрат будується в прямокутній системі координат (рис. 2.1); на тому же рисунку проводяться криві площ живого перерізу $F=f(H)$ і

середніх швидкостей $v=f(H)$.

Залежність $Q=f(H)$ може виражатися графічно у вигляді однієї плавної кривої. У цьому випадку певному значенню рівня відповідає одне певне значення витрати води. Така залежність називається однозначною. Порядок побудови кривої витрат $Q=f(H)$ і пов'язаних з нею кривих площ поперечного перерізу $F=f(H)$ і середніх швидкостей $v=f(H)$ викладені в «Наставленнях гидрометрическим станциям и постам», вип. 6, ч. III.

Для побудови кривої витрат у координатній системі (Q, H) на графік наносяться точки виміряних витрат. Криву витрат проводять на око плавною лінією, посередині смуги розсіювання точок витрат, що вимірюються при вільному стані русла, тобто при відсутності льодяного покриву й водної рослинності.

На тому ж кресленні будуються криві площ живого перерізу $F=f(H)$ і середніх швидкостей $v=f(H)$. Для побудови їх використовується та ж шкала рівнів H по осі ординат, що й для кривої витрат. По осі абсцис відкладаються: для кривої площ – площі живого перерізу при відповідних рівнях води, а для кривої середніх швидкостей – середні швидкості течії. Шкали F, v проводяться із деяким зсувом вправо, як показано на рис. 2.1. Дані для побудови кривих $F=f(H)$ і $v=f(H)$ беруться із таблиці «Виміряні витрати води» (ВВВ).

Криві площ і середніх швидкостей необхідні для екстраполяції кривої витрат і для аналізу надійності виміряних витрат. Всі три криві (рис. 2.1) повинні бути пов'язані між собою рівнянням:

$$Q_{кр} = Q_{обч} = F_{кр} \cdot v_{кр}, \quad (2.1)$$

де $Q_{кр}, F_{кр}, v_{кр}$ – відповідно, значення витрати води в $\text{м}^3/\text{с}$, площі поперечного вільного перерізу в м^2 та середньої швидкості руху води в $\text{м}/\text{с}$, знятих з відповідних кривих при одному рівні води;

$Q_{обч}$ – обчислена витрата води в $\text{м}^3/\text{с}$, з використанням $F_{кр}$ та $v_{кр}$ знятих при тому ж самому рівні води, що й $Q_{кр}$.

Ув'язка кривих робиться при певних значеннях рівня води через однакові інтервали. При цьому керуються правилом, що якщо одержана витрата відрізняється від знятої з кривої $Q=f(H)$ більше чим на 1,5%, то необхідно з'ясувати причини цього й виправити криві (табл. 2.1).

Одержана крива $Q=f(H)$ використовується для обчислення за рівнем води будь-якої витрати води (за всією амплітудою коливання рівня води впродовж року від H_{\min} до H_{\max}). Для цього складається розрахункова таблиця координат кривої витрат (ККВ).

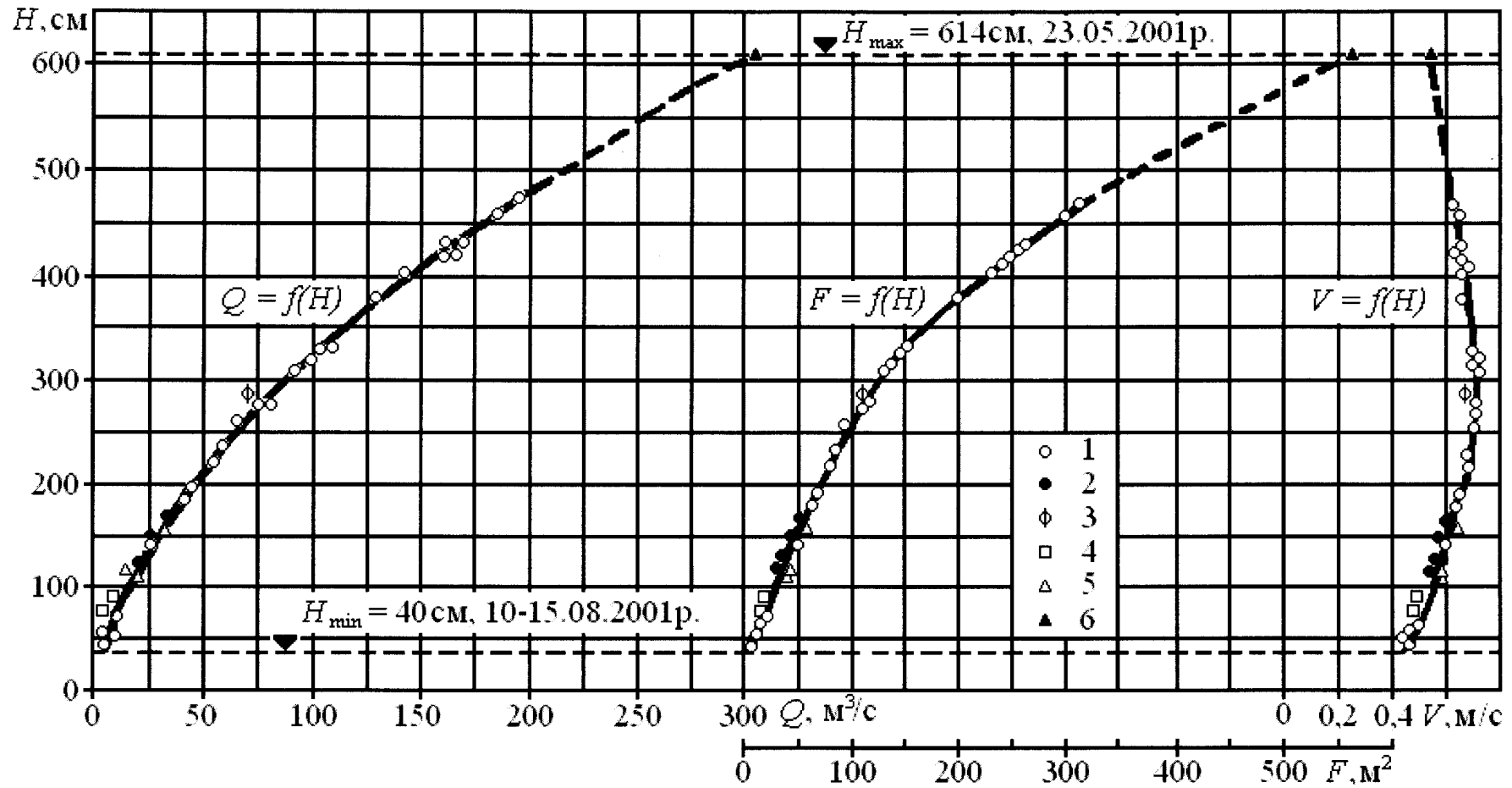


Рис. 2.1 – Криві $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $v=f(H)$, р. Дністер – смт Григоріюпіль, 1991 рік.

1 – період вільного русла, 2 – льодостав, 3 – льодохід, 4 – заростання, 5 – забереги, 6 – екстрапольовані значення

Табл. 2.1 – Ув’язка кривих $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $v=f(H)$,
р. Дністер – смт Григоріопіль, 2001 рік

H , см	$F_{кр}$, м ²	$v_{кр}$, м/с	$Q_{обч}$, м ³ /с	$Q_{кр}$, м ³ /с	$\Delta Q = Q_{обч} - Q_{кр}$, м ³ /с	$\sigma = (\Delta Q / Q_{кр})100$, %
...
400	219	0,67	146	145	1,0	0,69
350	166	0,69	114	114	0,0	0,00
300	123	0,71	87,3	87,5	-0,2	0,23
250	94	0,70	65,8	65,0	0,8	1,18
...

У табл. 2.2 наведений приклад складання розрахункової таблиці. Величина інтервалу для обчислення ККВ береться рівною 10 см. Далі, через кожні 10 см для рівнів, значення яких кратні 10, а також для H_{\min} та H_{\max} знімають з КВ відповідні цим рівням витрати води. Інтерполяція витрат усередині інтервалу виконується таким чином. Наприклад, рівню $H=80$ см, відповідає витрата води $Q=12,4$ м³/с, а для $H=90$ см $Q=14,5$ м³/с, отже, на 10 см рівня витрата води зростає на: $\Delta Q=14,5-12,4=2,10$ м³/с. Тобто, на 1 см усередині вказаного інтервалу, витрата води збільшується на $\Delta q = \Delta Q/10=2,10/10=0,21$ м³/с. Таким чином, округляючи обчислені витрати до третьої значущої цифри, одержимо: для $H=81$ см, $Q=12,4+0,21=12,6$ м³/с; для $H=82$ см, $Q=12,6+0,21=12,8$ м³/с і т.д.

Табл. 2.2 – Координати кривої витрат,
р. Дністер – смт Григоріопіль, 2001 рік

H , см	Q , м ³ /с									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
...
40	5,20	5,34	5,48	5,62	5,76	5,90	6,04	6,18	6,32	6,46
50	6,60	6,78	6,96	7,14	7,32	7,50	7,68	7,86	8,04	8,32
...
80	12,4	12,6	12,8	13,0	13,2	13,4	13,7	13,9	14,1	14,2
...
420	152	153	153	154	155	156	156	157	158	158

Якщо величина витрати менша ніж 1 м³/с, то таблиця складається з точністю до 0,001м³/с. Розрахункова таблиця складається на всю амплітуду побудови кривої $Q=f(H)$, тобто від H_{\min} до H_{\max} .

Після складання розрахункової таблиці ККВ виконується перевірка одержаної залежності $Q=f(H)$, обчислюється імовірна похибка (δ) відхилень ВВВ ($Q_{вим}$) від витрат з таблиці ККВ ($Q_{ККВ}$). Розрахунок імовірної похибки побудови КВ робиться для тих ВВВ, які враховувалися при її проведенні. Приклад обчислення δ наведено в табл. 2.3.

Табл. 2.3 – Обчислення імовірної похибки побудови кривої витрат (КВ), р. Дністер – смт Григоріопіль, 2001 рік

$H_{вим}$, см	$Q_{вим}$, м ³ /с	$Q_{ККВ}$, м ³ /с	$\Delta Q = Q_{вим} - Q_{ККВ}$, м ³ /с	$\sigma = (\Delta Q / Q_{вим})100$, %	σ^2
...
461	188	194	-6,00	-4,79	22,9
...
46	6,30	6,04	0,26	4,13	17,0
54	6,99	7,32	-0,33	-4,72	22,3
					$\Sigma 397$

Середня імовірна похибка (δ) обчислюється за формулою

$$\delta = \pm 0,674 \cdot \sqrt{\frac{\sum(\sigma^2)}{n}}, \quad (2.2)$$

де σ – відхилення, %;

n – кількість вимірних витрат, які враховувалися при побудові КВ.

Залежність $Q=f(H)$ можна вважати надійною та однозначною, якщо величина імовірної похибки не перевищує 4% (в прикладі, $\delta = \pm 2,74\%$).

2.3 Підрахунок стоку води при відсутності однозначної залежності між витратами і рівнями

2.3.1 Неусталений рух води

До цієї категорії належать випадки, коли однозначний при повільних поступових змінах витрати в часі (у межах) зв'язок між витратою і рівнем порушується при проходженні паводкових хвиль в результаті виникнення вираженого неусталеного режиму.

Неусталений рух води спостерігається в річках при проходженні весняного водопілля і паводків, а також на ділянках річок нижчих за гідротехнічні споруди при різкому збільшенні витрати води: при попусках (тобто скидах води через отвори греблі).

Характерною і обов'язковою ознакою цієї категорії є утворення точками вимірних витрат (Q , H) і середніх швидкостей (v , H) петлеподібної кривої, що називається «паводковою петлею». Для паводкової петлі обов'язковим є розташування гілки підйому правіше за гілку спаду (рис.2.2). В той же час дані промірів глибин не виявляють деформацій русла (інакше кажучи, точки вимірних площ утворюють однозначну криву).

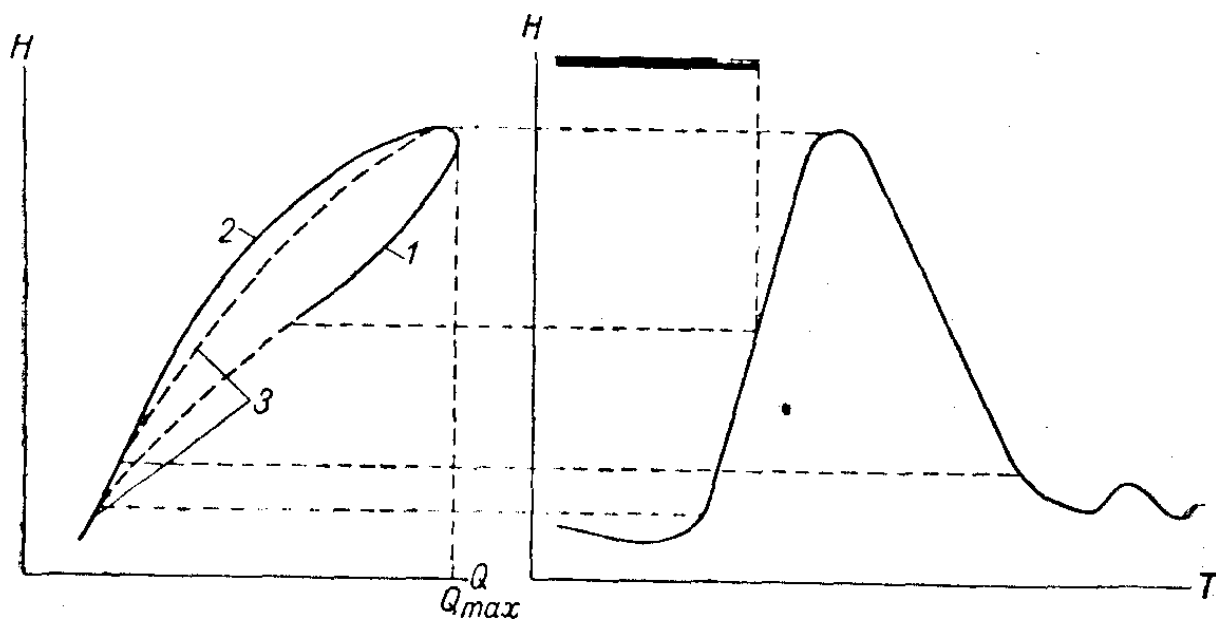


Рис. 2.2 – Петлеподібна крива витрат.

1 – крива підйому; 2 – крива спаду; 3 – крива усталеного руху

Неусталений рух води виявляється у формі хвилі, яка переміщається по руслу і має пологий фронт і ще пологішу тилову частину. При проходженні хвилі паводка через гідроствор спочатку рівень води підвищується, а потім падає. Ухил водної поверхні на підйомі більший, ніж на спаді, тому при одному і тому ж рівні в період підйому спостерігається більша витрата води, ніж на спаді.

При неусталеному русі води для кривої витрат характерна наявність декількох гілок: підйому і спаду відповідають окремі гілки, при цьому гілка підйому розташовується праворуч від гілки спаду. То ж спостерігається і при побудові кривої швидкостей $v=f(H)$, оскільки швидкість залежить від ухилу. Вигляд кривої площі $F=f(H)$ при цьому не змінюється, оскільки площа водного перерізу залежить тільки від висоти рівня води.

При початку інтенсивного підйому рівня крива витрат відходить праворуч від основної кривої витрат усталеного руху. Найбільша витрата води спостерігається дещо раніше від моменту настання найвищого рівня, тому крива підйому, досягнувши найбільшого значення по абсцисі,

повертає вліво. Досягнувши максимуму по ординаті, вона переходить в криву спаду. Точка примикання кривої спаду до основної кривої відповідає кінцю яскраво вираженого спаду паводка і настанню усталеного руху води в руслі.

Крива витрат усталеного руху проводиться між кривими підйому і спаду пунктиром, у верхній частині вона припадає до найвищого рівня; напрям цієї частини кривої можна визначити шляхом екстраполяції.

Якщо при проходженні паводка спостерігалось декілька підйомів і спадів, то крива витрат набуває складнішого вигляду (рис. 2.3). Для правильної побудови кривої витрат при такому неоднотактному паводку необхідно освітити її достатньою кількістю виміряних витрат. Кожному піку відповідає своя петля, яка складається з кривої підйому і відповідає періоду підйому рівня, і кривої спаду, що відповідає періоду спаду рівня.

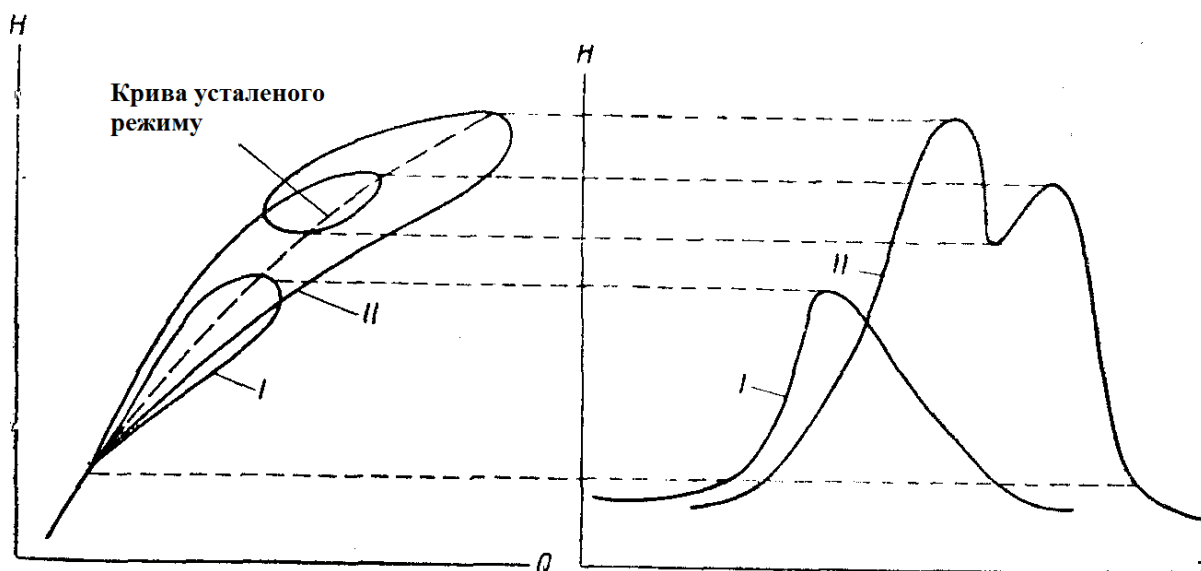


Рис. 2.3 – Паводкові петлі різноманітних паводків.

Підрахунок стоку води за період паводка виконується по кривих підйому і спаду. Витрати визначаються по середніх добових рівнях по тій гілці петлеподібної кривої, яка відповідає даному періоду.

Проходження через створ яскраво виражених паводкових хвиль, що зумовлює даний тип режиму, характерно для довгих безприпливних ділянок річок. Значна бічна припливність, як правило, усуває можливість систематичного утворення паводкових петель. Іншою умовою для утворення паводкової петлі є малий ухил русла. Тому паводкові петлі на гірських і малих рівнинних річках, як правило, не спостерігаються і характерні тільки для великих рівнинних річок. Деяке значення має інтенсивність зміни (наростання або убування) рівня при проходженні паводкової хвилі. При значній інтенсивності зміни рівня паводкова петля може утворитися і на середніх рівнинних річках.

2.3.2 Льодові явища

До цієї категорії належать випадки, коли зв'язок між витратою і рівнем порушується в результаті стискання живого перерізу потоку льодяними утвореннями і спричиненого ними зростання гідравлічних опорів на ділянці поста або нижче за нього.

Характерною ознакою цього режиму є відхилення точок вимірних витрат (Q , H) і середніх швидкостей (v , H) ліворуч від відповідних кривих вільного русла, якщо такі можливо побудувати, при одночасній наявності відомостей про льодові явища на ділянці поста або нижче за нього. Якщо немає вказаних відомостей, то повинна враховуватися ймовірність виникнення тих або інших явищ, наприклад зажору або затору льоду, якщо ці явища взагалі типові для цієї річки. За відсутності однозначного зв'язку в період вільного стану русла вирішальною ознакою є наявність відомостей про льодові явища.

Обчислення стоку за наявності на річці льодових явищ є зазвичай порівняно важким завданням внаслідок складності і різноманіття їх впливу на умови протікання потоку і обмеженої можливості безпосередніх вимірів. В низці випадків льодова обстановка на річці утрудняє, а часто і унеможливує виконання вимірів витрат води (густий льодохід, неміцний лід та ін.).

Для попереднього орієнтування при виборі способів обчислення стоку необхідно розрізнити перераховані нижче основні типи зимового режиму.

Льодовий режим характерний для природних водотоків на всій території України.

Тип I характеризується тривалим безперервним періодом суцільного льодоставу за відсутності шуги або за наявності її в невеликих кількостях в період замерзання річки у вигляді підлідних скупчень, що поступово розсмоктуються.

Цей тип може мати такі два варіанти:

Варіант А. Температурний режим зими характеризується відсутністю відлиги, живлення річки здійснюється за рахунок припливу ґрунтових вод, зміна витрати з моменту льодоставу до початку весняного сніготанення носить характер поступового зменшення (інколи витрата у вказаний період зберігає приблизно постійне значення).

Варіант Б. Температурний режим зими характеризується відлигами, що зумовлюють приплив поверхневих вод, але спричиняють руйнування суцільного льодяного покриву на ділянці станції (талі води проникають під лід через ополонки, закраїни і тріщини вище від ділянки поста). До цього ж варіанта належать випадки, коли під льодяним покривом проходять попуски зі штучних водосховищ, і взагалі усі випадки, коли при суцільному льодяному покриві мають місце коливання витрати різного

знаку.

Тип II характеризується відсутністю безперервного суцільного льодоставу; льодостав чергується з переміщеннями льоду, тимчасовими скресаннями, утворенням ополонки на ділянці поста і нижче за нього в результаті відлиги або попусків, що спричиняють руйнування льодяного покриву, за умови обмеженої шугоносності, тобто за відсутності тривалих періодів зажорного стану річки.

Тип III характеризується тривалими (що охоплюють значну частину зимового сезону або увесь сезон) періодами підпорного стану потоку в створі поста від зажора на ділянці, яка пролягає нижче, незалежно від стану річки в створі водпоста. Такий тип режиму зумовлюється головним чином причинами, не пов'язаними з кліматом (порожистість, значна водоносність в зимовий час).

Тип IV характеризується промерзанням потоку, через що утворюється надльодна течія води. Протягом більшої частини зимового сезону течія води на таких річках в результаті промерзання взагалі відсутня.

Необхідно мати на увазі, що в одному і тому ж створі в різні зимові сезони можуть відзначатися різні типи зимового режиму.

Кожному з виділених типів зимового режиму відповідає група способів обчислення стоку, які є найбільш доцільними в умовах цього режиму.

Для обчислення стоку води найбільшого застосування набули способи інтерполяції між вимірними витратами води, спосіб зимових перехідних коефіцієнтів $K_{зим}$ та зимові криві витрат води.

Інтерполяція між вимірними витратами. Для обчислення стоку води шляхом інтерполяції між вимірними витратами в умовах зимового режиму слід застосовувати графічну криволінійну інтерполяцію, тобто безпосередню побудову гідрографа по точках (Q, t) вимірних витрат.

При проведенні лінії гідрографа необхідно прагнути до усереднювання випадкових відхилень значень вимірних витрат, проте це можливо, як правило, тільки при дуже частому вимірюванні витрат (при частоті приблизно більшій за 5-6 вимірів в місяць). Крім того, при осередненому проведенні лінії гідрографа необхідно враховувати характер живлення потоку в розглядуваний період. За відсутності припливу поверхневих вод або штучних попусків, коли величина витрати не може зазнавати коливань різного знаку, усереднювання є обов'язковим, якщо тільки цьому не перешкоджає недостатня частота вимірювань витрат. Навпаки, при можливості коливань витрат різного знаку усереднювання не є обов'язковим. Якщо в цьому випадку відхилення точок вимірних витрат від усередненої лінії гідрографа можна пояснити змінами в припливі поверхневих вод (що встановлюється шляхом аналізу комплексного графіка), то від усереднювання слід відмовитися і вести гідрограф по

точках (рис. 2.4).

На пояснення сказаного на рис. 2.4 наведено такий приклад. Для обчислення стоку за початковий період льодоставу, коли режим рівня носив підпірний характер внаслідок зажорних явищ, застосована інтерполяція між вимірними витратами. Часте вимірювання витрат цілком дозволяє застосувати цей спосіб обчислення. Розташування точок витрат № 11-15 дозволяє провести усереднену лінію гідрографа (показана пунктиром), але таке проведення було б неправильним, оскільки в проміжок часу, коли вимірювалися витрати №13 і 14, була відлига і положення точок цих витрат відбиває, очевидно, фактичне збільшення витрати. Навпаки, відхилення точок витрат №19 і 20 від осередненої лінії не пов'язані з будь-якими можливими коливаннями стоку і можуть пояснюватись тільки неточністю вимірювань, тобто проведення лінії гідрографа по відношенню до цих витрат є правильним.

Застосовування інтерполяції між вимірюваними витратами доцільно в усіх тих випадках, коли, з одного боку, врахування ходу рівня не може дати уточнення обчислень, а саме, за наявності змінного підпору від льодяних утворень на ділянці, що пролягає нижче (зажорно-заторні явища), а з іншого боку, коли зміна витрати має характер поступового убування (тобто випадок відсутності поверхневого живлення і попусків). При дуже частому вимірюванні витрат, коли є упевненість в тому, що піки зимових паводків і западини між ними висвітлені вимірюваними витратами (або є досить близькі до вказаних точок вимірювання), інтерполяція може застосовуватися і в умовах наявності поверхневого припливу.

Умови, в яких найдоцільніше застосовувати інтерполяцію між вимірними витратами, мають місце в зими із стійким льодоставом і без відлиги (тип I, *варіант А*). Врахування ходу рівня за допомогою хронологічного графіка $K_{зим}$ при даному режимі, як правило, не дає уточнення, але ускладнює обчислення і у низці випадків може внести до них помилки.

На річках з вираженим зажорним режимом (тип III) інтерполяція між вимірними витратами хоча і не завжди може забезпечити достатню точність обчислень, але, в усякому разі, є переважаючою в порівнянні з будь-якими способами, основаними на врахуванні ходу рівня. Якщо режим характеризується можливістю формування зимових паводків в зажорний період, то при побудові гідрографа необхідно враховувати характер живлення, ґрунтуючись на ході температур повітря і опадів. У тих випадках, коли для даного створу на основі передуючих спостережень, досить повно висвітлених вимірюваннями зимових сезонів, є можливим встановити типовий вид гідрографа, слід при побудові гідрографа цього зимового сезону враховувати типовий хід зміни витрат. Це полегшує проведення лінії гідрографа в інтервалах між вимірюваннями витрат при

поодиноких вимірюваннях.

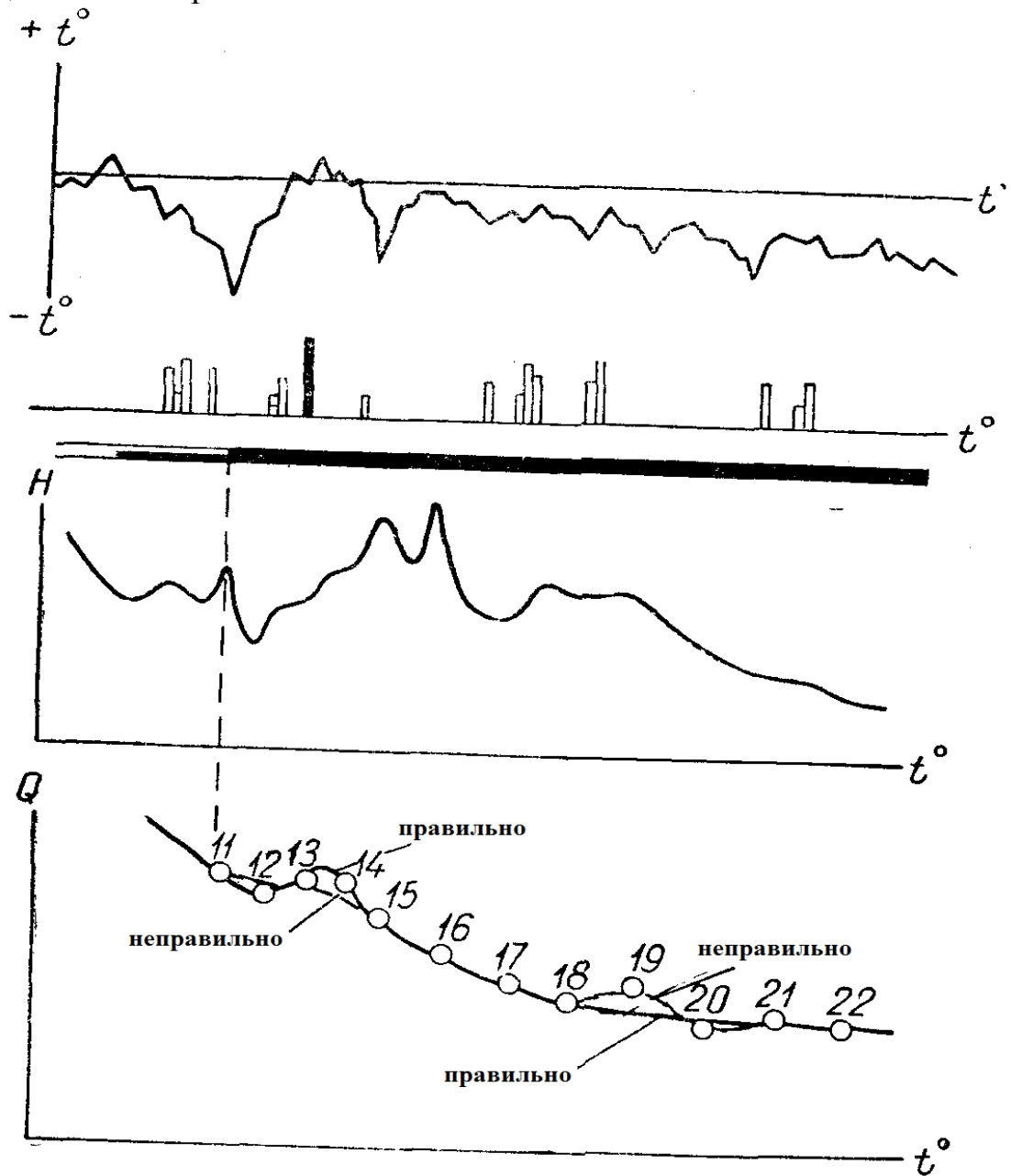


Рис. 2.4 – Приклад інтерполяції між вимірними витратами води в початковий льодоставний період

Побудова хронологічного графіка зимових перехідних коефіцієнтів $K_{зим}$. Зимовий перехідний коефіцієнт $K_{зим}$ виражає міру порушення зв'язку між витратою і рівнем, який є типовим для вільного русла, в результаті сумарного впливу льодяних утворень. Чисельне значення зимового перехідного коефіцієнта дорівнює відношенню витрати води за наявності льодяних утворень $Q_{зим}$ до витрати, знятої при тому ж рівні з кривої вільного русла $Q_{віль}$:

$$K_{зим} = \frac{Q_{зим}}{Q_{віл}}. \quad (2.3)$$

Для обчислення стоку можна використати хронологічний графік зимових перехідних коефіцієнтів $K_{зим} = f(t)$, побудований безпосередньо по значеннях $K_{зим}$, обчислених за вимірними витратами, інколи із застосуванням для побудови графіка деяких допоміжних прийомів.

При застосуванні цього способу заздалегідь обчислюються і наносяться на графік ($K_{зим}, t$) значення зимових перехідних коефіцієнтів вимірних витрат. Потім по одержаних точках, будується хронологічний графік зимових коефіцієнтів $K_{зим} = f(t)$ (рис. 2.5).

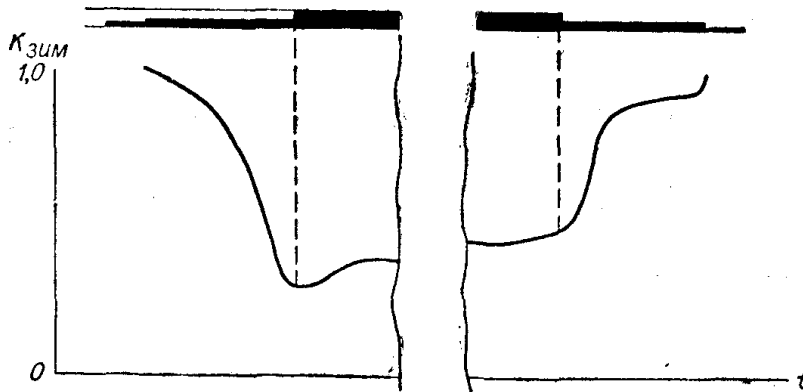


Рис. 2.5 – Графік $K_{зим} = f(t)$ в простих умовах перехідних періодів

Для періоду суцільного льодоставу лінія графіка проводиться як плавна крива, що проходить безпосередньо по точках значень $K_{зим}$. При дуже частих вимірюваннях лінію графіка слід проводити усереднено; при цьому, однак, необхідно спочатку проаналізувати хід льодоутворення і рівня, щоб мати упевненість, що відхилення точок $K_{зим}$ не пов'язані з ходом вказаних елементів. У перші дні льодоставу, який настає після льодоходу і шугоходу, значення $K_{зим}$ зазвичай мають найменші значення; потім у міру вирівнювання нижньої поверхні льоду і розсмоктування шугових скупчень значення $K_{зим}$ збільшуються. Подальше збільшення товщини льоду на малих і середніх річках зазвичай спричиняє зменшення значення $K_{зим}$ аж до моменту весняного підйому рівня води, після чого значення $K_{зим}$ можуть різко збільшуватися. Інколи при встановленні льодоставу шляхом швидкого замерзання усієї поверхні річки або шляхом стулювання заберегів (без льодоходу і шугоходу) значення $K_{зим}$ від перших днів льодоставу поступово зменшуються (разом із збільшенням

товщини льоду) до моменту початку весняного підйому рівня. Підвищення рівня усередині льодоставного періоду, пов'язані із збільшенням витрати (зимові паводки і попуски, що не порушують льодяного покриву), на малих і середніх річках зазвичай викликають збільшення $K_{зим}$.

Значення щоденних і строкових витрат визначаються шляхом множення значень витрат, знятих з кривої вільного русла при відповідних рівнях, на значення щоденних перехідних коефіцієнтів, які визначаються по графіку.

Застосування обчислення стоку за допомогою хронологічного графіка зимових перехідних коефіцієнтів, побудованого безпосередньо по точках вимірювань (тобто без застосування додаткових прийомів побудови графіка), доцільно в тих випадках, коли врахування ходу рівня може дати уточнення обчислень, тобто, коли коливання рівня відбивають зміни витрати (різко виражений змінний підпір від льодоутворення відсутній), а в той же час коливання витрати мають різний знак або ж відбуваються не плавно. Застосування допоміжних прийомів побудови графіка $K_{зим}$ і комбінування цього способу з іншими дозволяють використовувати його і в тих випадках, коли підпорні коливання рівня позначаються значно, хоча і не домінують над коливаннями, пов'язаними із змінами витрати.

За відсутності видимого зв'язку між витратою і рівнем, який має місце при зажорно-заторному режимі, використання зимових перехідних коефіцієнтів в будь-якому варіанті способу неприпустимо, оскільки може спричинити грубі помилки.

Зимові криві витрат. Обчислення по зимових кривих витрат $Q_{зим} = f(H)$ доцільно використовувати з метою скорочення кількості вимірювань витрат в період суцільного льодоставу, при стійкому льодоставі без відлиги (рис. 2.6).

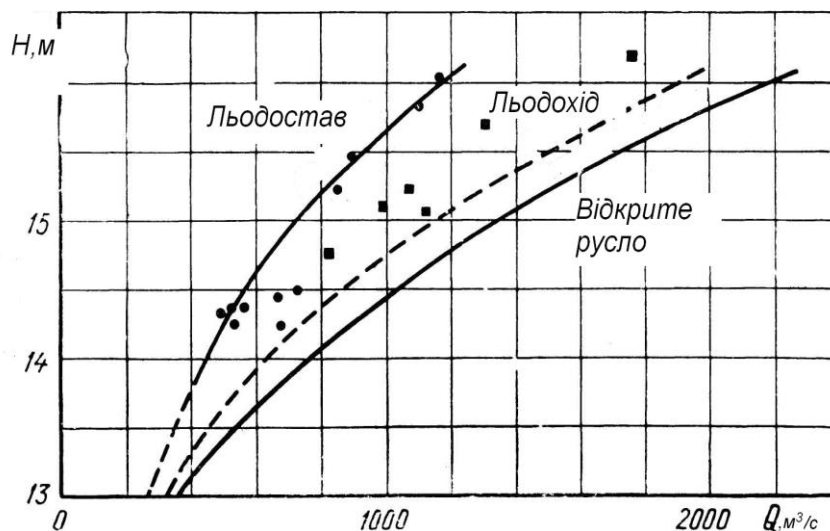


Рис. 2.6 – Криві зимових витрат

Однак необхідно мати на увазі, що в цьому варіанті зимового режиму застосування кривих для обчислення стоку виправдовує себе, як правило, тільки на великих річках. На середніх і малих річках при розглядуваному режимі можуть мати місце коливання рівня, зумовлені тільки ходом льодоутворення, врахування яких при обчисленні стоку є помилковим. За відсутності вказаної обставини криві витрат використовуються в такому порядку. Після закінчення початкового періоду роботи поста (коли ведуться прискорені вимірювання витрат) одержані сезонні криві зіставляються і з'ясовується, чи мають вони схожий один з одним вигляд. Якщо це має місце, то надалі слід перейти на скорочені норми вимірювання витрат і будувати для кожного наступного сезону криві, спираючись на наявні вимірювання цього сезону і враховуючи встановлений раніше типовий вид кривої.

Іншим випадком доцільності використання зимових кривих є випадок одержання однозначного зв'язку в умовах суцільного льодоставу за наявності відлиг, що спричиняють збільшення витрати, але не порушують стійкість льодяного покриття.

При цьому цей спосіб дає можливість кількісного обліку коливань рівня, спричинених змінами витрати. Такий випадок цілком можливий на великих річках, де товщина льоду мала порівняно з глибиною, але може мати місце інколи й на менших річках.

Крім того, зимові криві витрат можуть застосовуватися для обчислення стоку за періоди весняного скресання.

2.3.3 Заростання русла

До цієї категорії належать випадки, коли зв'язок між витратою і рівнем порушується в результаті стиснення живого перерізу водною рослинністю і спричиненого нею збільшення гідравлічних опорів на ділянці поста або нижче за нього.

Характерною ознакою цього режиму є відхилення точок вимірних витрат (Q , H) і середніх швидкостей (v , H) ліворуч від відповідних кривих вільного русла при одночасній наявності відомостей про заростання русла і однозначного (як правило) зв'язку між площею водного перерізу і рівнем. За відсутності прямих відомостей про заростання необхідно враховувати ймовірність заростання на основі врахування аналогій з сусідніми постами і ходу температури води.

Заростання властиве усім рівнинним річкам в районах з помірним кліматом. Проте вплив заростання на зв'язок витрати з рівнем тим менший, чим більшою є водоносність річки, і на великих річках він практично невідчутний.

Вплив заростання русла водною рослинністю на гідравлічний режим

потоків зводиться до того, що рослини, які перебувають у воді, зменшують площу живого перерізу потоку і збільшують місцеві опори руху води. При одному і тому ж рівні пропускна спроможність русла при заростанні буде меншою, ніж у вільному стані, а отже, точки (Q , H) виміряних при заростанні витрат лягатимуть ліворуч відносно кривої витрат вільного русла.

Сезон заростання (вегетації водної рослинності) можна підрозділити на три періоди:

а) період зростання водної рослинності, впродовж якого вплив її на зв'язок між витратою і рівнем поступово збільшується (тобто міра порушення вказаного зв'язку зростає);

б) період приблизно стабільного стану водної рослинності (зазвичай найбільш тривалий), впродовж якого вплив її на зв'язок між витратою і рівнем в більшості випадків зберігає відому стійкість. Остання порушується тільки при проходженні значних паводків, коли під дією швидкості течії, що збільшується, рослинність пригинається або укладається на дно, а іноді може бути частково вимита (вирвана);

в) період відмирання водної рослинності, впродовж якого вплив її на зв'язок між витратою і рівнем поступово зменшується.

Початок і кінець вегетації водної рослинності залежать в основному від ходу температури води і повітря. Як правило, початок вегетації припадає на кінець спаду весняного водопілля або на початок літньої межени. Повне відмирання водної рослинності зазвичай передуює появі перших льодоутворень, а у низці випадків завершується навіть в умовах льодового режиму.

Типовим для заростаючих річок – зазвичай малих і середніх рівнинних річок в районах з помірним кліматом – в сезон вегетації є незначні коливання витрати, порушувані окремими дощовими паводками або попусками води з вище розташованих водосховищ. Величина паводків і частота їхньої появи бувають дуже різноманітними і можуть значно розрізнятися навіть для одного створу в різні роки. Можливі випадки, коли на даній річці в деякі роки дощові паводки взагалі не спостерігаються.

А. Основним способом обчислення стоку води при заростанні русла є обчислення стоку по хронологічному графіку перехідних коефіцієнтів (останні виражають відношення витрати в зарослому травою руслі до витрати вільного русла при тому ж рівні) у поєднанні з кривими витрат заростання.

Спосіб коефіцієнтів застосовується при малих коливаннях витрат води, криві витрат – при проходженні значних паводків.

У звичайних умовах режиму заростаючих річок впродовж більшої частини періоду заростання повинен застосовуватися спосіб коефіцієнтів. У деякі роки за відсутності дощових паводків спосіб коефіцієнтів буде єдиним; навпаки, у випадках різко вираженого паводкового режиму

основним є спосіб кривих витрат.

Слід зазначити, що застосування того або іншого способу в значній мірі залежить від частоти виміру витрат. Чим меншою в період заростання є частота вимірювання витрат, тим більший розвиток (за тих же умов режиму) одержує спосіб кривих заростання.

Б. При великій частоті вимірювання витрат в період заростання, коли усі дощові паводки висвітлені повністю або майже по усій амплітуді витратами, вимірними на підйомі і на спаді, і вимірювання в періоди тривалого стояння низьких рівнів і малих їх коливань досить часті, обчислення стоку виробляється по інтерполяції між вимірними витратами.

Обчислення стоку по хронологічному графіку перехідних коефіцієнтів $K_{зар}$. Для кожної витрати, вимірної при заростанні, обчислюється перехідний коефіцієнт

$$K_{зар} = \frac{Q_{зар}}{Q_{віл}}, \quad (2.4)$$

де $Q_{зар}$ – обчислення стоку по хронологічному графіку перехідних коефіцієнтів;

$Q_{віл}$ – витрата, знята з кривої вільного русла при тому ж рівні.

Одержані значення наносяться на графік ($K_{зар}, t$), який входить до складу комплексного графіка результатів гідрометеорологічних спостережень. Далі по нанесених точках проводиться хронологічний графік перехідних коефіцієнтів.

Щоденні і строкові витрати води обчислюються шляхом введення у витрати, одержані по кривій вільного русла, відповідних щоденних значень $K_{зар}$, знятих з хронологічного графіка коефіцієнтів.

При проведенні лінії $K_{зар} = f(t)$ слід мати на увазі, що окремі точки можуть давати відхилення від загального ходу зміни коефіцієнтів, які пояснюються похибкою вимірювань; такі відхилення усереднюються, і лінія графіка проводиться між точками.

При аналізі відхилень обов'язково необхідно зіставляти хронологічний хід рівня води і перехідного коефіцієнта. Зазвичай підвищення рівня супроводжується збільшенням коефіцієнта, але в окремих випадках може спостерігатися і зворотний хід (наприклад, якщо при підвищенні рівня затопляються прибережні кущі і міра стиснення живого перерізу рослинністю збільшується).

Початок і кінець періоду заростання русла визначається по розташуванню точок витрат на кресленні кривої витрат і по записах

спостерігача у водомірній книжці про водну рослинність. При неповноті цих даних додатковим орієнтиром для визначення початку заростання можуть слугувати відомості про температуру води; в середньому можна вважати, що розвиток водної рослинності в тій мірі, в якій вона починає впливати на зв'язок між витратою і рівнем, відбувається при підвищенні температури води до 10°C.

Обчислення стоку по кривих витрат заростання. Криві витрат в період заростання можуть бути таких видів:

а) криві однозначного зв'язку, що виражають тимчасово стійкий, але змінений в порівнянні з вільним станом русла зв'язок між витратою і рівнем. Такі криві властиві періоду відносно стабільного стану водної рослинності;

б) криві нестійкого зв'язку – перехідні криві заростання; вони можуть мати неправильний вигляд. Період дії перехідних кривих завжди відповідає одній фазі зміни рівня – підйому або спаду, а межі періоду відповідають переламним точкам графіка рівня – максимумам і мінімумам. Такі криві зазвичай властиві періодам зростання і відмирання водної рослинності, але можуть мати місце і при стабільному її стані, при проходженні значних паводків.

При побудові кривих заростання вид кривих і терміни їх дії визначаються положенням точок (Q, H) виміряних витрат.

При аналізі розташування точок (Q, H) одночасно розглядається графік коливань рівня, на якому відмічаються дати та виписані номери виміряних витрат.

Інтерполяція між виміряними витратами. Інтерполяція при великій кількості вимірів повинна виконуватися графічно, з криволінійним проведенням інтерполяційної лінії (безпосередня побудова гідрографа). Крива проводиться осереднено, тобто таким чином, щоб точки (Q, t) виміряних витрат рівномірно розподілялися по обидві боки від кривої.

Інтерполяційний графік будується в масштабі, що допускає зняття з кривої значень витрат з необхідною точністю.

2.3.4 Нестійкі русла

До цієї категорії належать випадки, коли причиною порушення зв'язку між витратою і рівнем є деформації русла потоку на ділянці його, що впливає на режим в створі поста. Винятком є випадки деформації перекаату, який пролягає нижче, і виникнення підпору в деякому перерізі, що пролягає нижче, від винесення наносів з притоки або обвалу берега при збереженні повної стійкості русла в створі водпоста.

Вказані випадки належать до категорії змінного підпору.

Слід мати на увазі, що до цієї категорії належать усі випадки, коли деформації, які істотно впливають на зв'язок між витратою і рівнем,

чергуються з періодами стійкого стану русла (що є дуже частим). Таким чином, до цієї категорії належать ті випадки, коли зв'язок між витратою і рівнем змінюється з року в рік, але усередині сезону відкритого русла зберігає стійкість і дозволяє побудувати приблизно однозначні або складені криві.

Найбільш характерною ознакою нестійкості русла є відсутність постійного однозначного зв'язку між площею водного перерізу і рівнем в створі поста (передбачається, що гідроствор і створ водомірного поста збігаються або настільки близькі один до одного, що хід деформацій в них збігається).

Інтенсивний розвиток руслових процесів, який спричиняє виражену нестійкість русла, найхарактерніший для річок гірських і передгірських районів, за винятком верхів'їв гірських річок, русло яких утворене скельними породами. Річки, що беруть початок в горах, зберігають, як правило, значну нестійкість русла і в нижній течії, після виходу річки на рівнину. Слабковизначена нестійкість в тій або іншій мірі властива і чисто рівнинним річкам. Залежно від міри її розвитку вона повинна в одних випадках враховуватися, а в інших нею можна знехтувати і використовувати для обчислення стоку приблизно однозначну залежність.

Явища нестійкості русла найрізкіше виражені на річках гірських і передгірських районів та на руслах рівнинних річок, що піддаються деформації.

Характерні особливості режиму гірських і передгірських (які беруть початок в горах) річок, істотні з точки зору обчислення щоденних витрат води, полягають в наступному:

1. Основною рисою режиму стоку є часті паводки, що мають гострі піки, які у низці випадків накладаються на поступовий підйом рівня, який досягає максимуму до середини літа. Зимова межень може мати різну тривалість, а інколи і зовсім бути відсутньою (залежно від кліматичних умов).

2. Деформації русла в якісному відношенні з точки зору впливу їх на гідравлічний режим потоку на ділянці станції можуть бути поділені на види:

- а) русло річки вздовж ділянки значної довжини, яка включає і ділянку поста, розмивається або наливається з однаковою інтенсивністю таким чином, що поздовжній ухил водної поверхні і ухил лінії дна зберігають своє значення при одному і тому ж наповненні русла. Таким чином, русло зазнає лише вертикальних зміщень, зберігаючи або трохи змінюючи форму поперечного профілю;

- б) упродовж ділянки річки, яка включає і ділянку поста, деформації русла не зберігають одноманітного характеру. Місцями русло розмивається, місцями наливається, причому період розмиву змінюється періодом відкладення, так що поздовжній ухил водної поверхні і дна річки

на даній ділянці, у тому числі і на ділянці поста, істотно змінює своє значення при одному і тому ж рівні. Подібний характер деформації може супроводжуватися зміною ширини русла, середніх глибин і форми поперечного перерізу;

в) відбуваються різко виражені деформації в поздовжньому і поперечному профілях, причому русло потоку переміщається в плані – блукає по дну долини;

г) деформації русла на ділянці поста відсутні, але нижче від створу вони відбуваються (винесення наносів з приток, обвалення берегів, розмив пасм наносів) і спричиняють зміну ухилу поверхні води на ділянці станції;

д) режим деформацій тісно пов'язаний з режимом стоку і мірою опору ґрунтів русла і берегів річки розмиваючій дії потоку. Залежно від поєднання цих чинників деформації можуть бути періодичними і безперервними.

У першому випадку деформації зазвичай пов'язані з проходженням найбільш високих паводків, а в проміжках між ними, при незначних паводках, і в періоди межені, деформації русла несуттєві або зовсім відсутні.

В іншому випадку деформації відбуваються безперервно, відрізняючись лише в окремі періоди року своєю інтенсивністю.

Вибір способу обчислення стоку. Способи і точність обчислення стоку зумовлені характером і інтенсивністю деформацій русла, режимом стоку і частотою виміру витрат води. При цьому найбільше значення має не середня частота вимірів, а розподіл їх в часі у зв'язку з ходом рівня.

При виборі і застосуванні способів обчислення стоку необхідно звертати особливу увагу на точність виміру витрати. У числі особливостей режиму річок з нестійким руслом, гідрометричних робіт, що знижують точність, слід назвати високу міру турбулентності потоку, що впливає на покази млинка, неправильний рельєф дна в поперечному перерізі, перекіс струменів, значні швидкості течії і різку зміну їх за шириною потоку, деформації русла за час зміни витрати і тому подібне.

Неврахування можливості істотних похибок вимірів може призвести до того, що спричинені ними відхилення точок витрат, площ і швидкостей на відповідних графіках можуть бути взяті за результат деформацій русла, внаслідок чого похибки вимірів будуть введені в подальші обчислення, а способи обчислення будуть марно ускладнені.

Остаточну оцінку точності вимірів можна дати тільки конкретно для кожного створу окремо, з урахуванням усіх місцевих особливостей і на основі аналізу матеріалів спостережень за порівняно тривалий період роботи поста.

Вибір способу обчислення стоку залежить від результатів аналізу характеру деформацій русла і розташування точок (Q , H) на відповідному

графіку, з урахуванням кількості і розподілу виміряних витрат за часом і від точності вимірів.

Основними матеріалами для аналізу характеру деформацій русла є крива залежності площ водного перерізу від рівня води і поєднані поперечні профілі русла річки.

Обчислення стоку річок з деформованим руслом може виконуватись із застосуванням одного з таких способів:

1. Побудова системи тимчасових кривих.
2. Приведення кривої витрат до основного перерізу.
3. Спосіб Стаута.
4. Інтерполяція між виміряними витратами.

Усі перераховані способи можуть поєднуватися залежно від доцільності застосування кожного з них для окремих періодів року.

Нижче вказані умови, в яких застосування того або іншого способу є доцільним:

а) В усіх випадках, коли деформації русла відбуваються періодично і пов'язані з проходженням піків паводків (у інших випадках і з проходженням мінімумів), а в проміжках між цими періодами русло залишається відносно стійким, найбільш доцільним є побудова системи тимчасових кривих.

б) В тих випадках, коли деформації русла носять характер лише вертикального його зміщення, без зміни ухилу водної поверхні, нарівні з побудовою системи тимчасових кривих може застосовуватись спосіб приведення кривої витрат до основного перерізу.

Якщо при дотриманні перерахованих умов вимірювання площ водного перерізу вироблялося частіше, ніж вимірювання витрат, то цей спосіб заслуговує на безперечну перевагу перед іншими.

У випадках перенесення гідроствору для кожного періоду його дії в тому або іншому місці, якщо ці періоди досить тривалі, усі побудови, пов'язані із застосуванням цього способу, виробляються особливо. У разі частих перенесень гідроствору доцільність використання цього способу відпадає.

в) В тих випадках, коли деформації русла пов'язані з частим чергуванням паводків, що утрудняє побудову системи тимчасових кривих, доцільне застосування способу Стаута.

г) При безперервній і інтенсивній деформації русла, що призводить до його блукання і зникнення видимого зв'язку між витратою і рівнем, при достатній частоті вимірювання витрат води, яка дозволяє освітити усі характерні переломи гідрографа, єдино доцільним способом обчислення стоку є інтерполяція між виміряними витратами.

При тому ж режимі деформацій, але недостатній частоті вимірювання витрат, спосіб інтерполяції між виміряними витратами також залишається єдино можливим, але результати будуть одержані зі свідомо

зниженою точністю і можуть бути представлені лише у вигляді середніх декадних або середніх місячних значень.

В умовах, перерахованих в пп. а і б, і при достатній частоті вимірювання витрат спосіб інтерполяції не має переваг перед іншими вказаними способами, оскільки останні дають можливість усунення з обчислень випадкових похибок вимірів, а спосіб інтерполяції такої можливості не дає.

У тих же умовах спосіб інтерполяції може застосовуватися як допоміжний, наприклад, при переході з однієї тимчасової кривої на іншу.

Побудова системи тимчасових кривих. Системою тимчасових кривих називається безперервна сукупність тимчасових кривих, що послідовно сполучаються одна з одною в точках, які відповідають моментам переходу з однієї кривої на іншу.

Для річок з нестійким руслом є два види тимчасових кривих:

а) однозначні тимчасові криві, що виражають тимчасово-стійкий стан русла (тобто криві однозначного зв'язку між витратою і рівнем з обмеженим терміном дії), можуть діяти в період, який включає декілька фаз рівня. Вони повинні мати правильний вигляд, тобто угнутість, обернену до осі абсцис, і плавний контур;

б) перехідні тимчасові криві виражають нестійкий зв'язок між витратою і рівнем, який має місце в періоди деформацій русла. Кожна перехідна крива може відповідати тільки одній фазі ходу рівня і не може включати в строк своєї дії декілька фаз.

Сполучаючись між собою і з однозначними тимчасовими кривими, перехідні криві можуть мати довільний вигляд – угнутість, обернену в будь-яку сторону, і перегини.

На рис. 2.7 є приклад побудови системи тимчасових кривих.

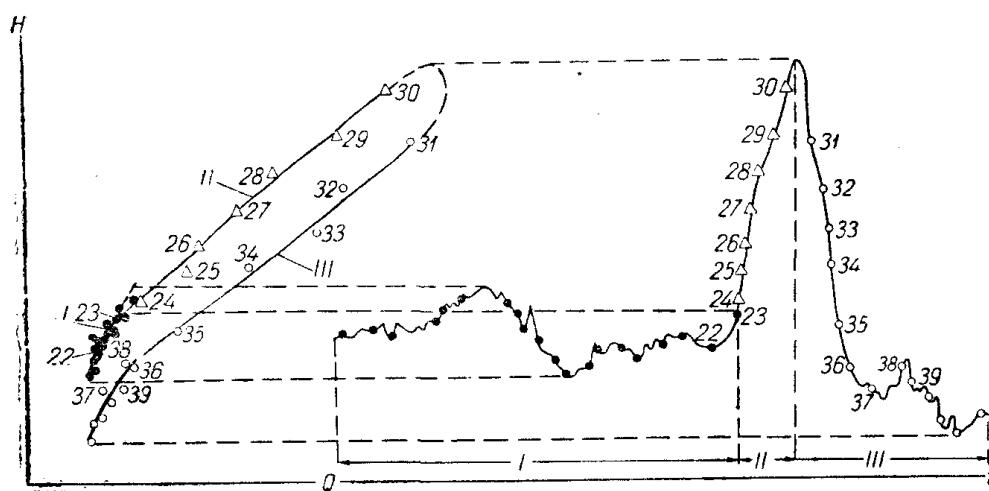


Рис. 2.7 – Тимчасові криві при деформаціях русла.
1 – однозначна крива; 2 – крива нестійкого зв'язку (перехідна).

В період I при низьких рівнях, а також при незначних паводках, які мали місце в середині періоду, русло зберігало стійкість. Стійкий зв'язок між витратою і рівнем для цього періоду виражається однозначною кривою I. Потім пройшов великий паводок, хвиля якого із самого початку спричинила інтенсивний розвиток руслових процесів. На підйомі вказаного великого паводка (період II) стався розмив і зв'язок витрат з рівнем виразився перехідною кривою II. На спаді паводка деформації тривали, що дало верхню частину кривої III (до витрати № 35). Ця частина кривої III є перехідною. Надалі в нижній частині спаду паводка і при подальшому поступовому пониженні рівня деформації припинилися. Цей період дав нижню частину кривої III (починаючи з витрати № 36); вказана нижня частина є однозначною.

Побудова системи тимчасових кривих зводиться до таких операцій:

а) виділення хронологічно пов'язаних груп точок (Q , H) вимірних витрат, кожен з яких можна віднести до однієї тимчасової кривої;

б) встановлення термінів переходу з однієї кривої на іншу, а отже, і термінів дії самих кривих;

в) проведення по виділених групах точок тимчасових кривих. Виконання вказаних операцій полягає в одночасному аналізі розташування точок (Q , H) і (F , H). Для цього поле точок (Q , H) і (F , H) повинно бути поєднано на одному кресленні з графіком рівня, побудованим при загальній шкалі H . На графіку рівня мають бути відмічені дні вимірювання і порядкові номери витрат.

При виділенні хронологічно пов'язаних груп точок (Q , H) вимірних витрат необхідно враховувати можливу величину похибки вимірювань. Точки витрат можуть бути віднесені до однієї тимчасової кривої, якщо смуга їх розсіювання не перевищує по абсцисі подвоєної можливої величини похибки. З іншого боку, не слід випускати з уваги, що смуги розсіювання точок вимірів, які належать до суміжних кривих, можуть частково накладатися одна на одну.

При встановленні моментів переходу з однієї тимчасової кривої на іншу необхідно мати на увазі такі положення.

В період деформацій русла, які безперервно відбуваються, коли діють перехідні криві, переходи з однієї кривої на іншу завжди відбуваються на максимумах і мінімумах графіка рівня. На межах між стійким і нестійким станом русла перехід від однозначної кривої до перехідної і навпаки відбувається зазвичай у момент початку різко вираженого підйому або закінчення крутого спаду значного паводка, а часто і при рівнях, близьких до найвищого.

В окремих випадках увесь підйом паводка відбуватиметься при стійкому стані русла і деформації почнуться тільки на спаді.

У тих випадках, коли перехід між кривими відбувається на максимумі або мінімумі графіка рівня, вказані рівні слід наносити не по середньодобових, а по термінових їх значеннях.

Проведення тимчасових кривих, окрім екстрапольованих їх частин, визначається точками (Q, H) вимірних витрат. При побудові однозначних кривих необхідно стежити тільки за тим, щоб ці криві мали правильний вигляд. При побудові перехідних кривих необхідно мати на увазі, що точки вимірних витрат (Q, H) , які належать до такої кривої, розташовуються у вигляді ланцюга, а не смуги (як при стійкому зв'язку між витратою і рівнем, тобто у разі однозначної кривої). Таке розташування точок вимірів може підштовхнути виконавця на проведення кривої безпосередньо по точках, що буде, однак, неправильним, оскільки спричинить включення похибок вимірювання в обчислення. Тому перехідні криві слід проводити по можливості найплавніше, таким чином, щоб точки вимірних витрат розподілялися рівномірно по обидва боки від кривої. Наприклад, на рис. 3.6 крива II і верхня частина кривої III (перехідні) проведені осереднено: точки витрат № 25-29 і 32-34 залишені по обидві боки вказаних кривих.

Відносно екстраполяції тимчасових кривих необхідно керуватися такими положеннями.

Екстраполяція однозначних кривих (як вгору, так і вниз) виконується так само, як екстраполяція звичайних кривих постійного зв'язку між витратою і рівнем, уникаючи при цьому складних прийомів. Найчастіше найбільш доцільним в даному випадку є безпосереднє продовження освітленої частини кривої на око.

При екстраполяції перехідних кривих слід мати на увазі, що в найвищій або найнижчій точках такої кривої завжди повинен відбуватися перехід на іншу суміжну криву. Тому, якщо суміжна крива, з якою сполучається дана, освітлена аж до самої точки сполучення (або майже до цієї точки), то тим самим визначається положення точки сполучення і напрям екстраполяції цієї кривої. Коли доводиться екстрапольовати обидві криві, що сполучаються, то можна рекомендувати при екстраполяції вгору сполучати їх плавним закругленням, а при екстраполяції вниз сполучати криві по дотичній.

Спосіб приведення кривої витрат до основного перерізу. Обчислення щоденних витрат за способом приведення до основного перерізу складається з таких операцій:

1. У системі координат (Q, H) і (F, H) на міліметровку наносяться точки вимірних витрат і площ водних перерізів, вимірних як при визначенні витрат, так і в проміжках між останніми (рис. 2.8).

2. Зіставляються між собою профілі гідроствору, одержані при вимірюваннях витрат і при проміжних вимірюваннях площ, і з них вибирається той, який по контуру ближче за усіх наближається до

середнього профілю, тобто такого профілю, глибини якого на промірних вертикалях при поєднанні профілів представляли б середні арифметичні величини з усіх виміряних. Такий водний переріз з числа фактично виміряних, який найбільше наближається до середнього, іменується основним. Виробляти вказане обчислення середніх значень глибин не потрібно - таке зіставлення і вибір основного водного перерізу виконуються на око.

При цьому необхідно простежити за тим, щоб виміряні за даний період рівні не виявилися нижчі за найнижчу точку обраного основного перерізу. Інакше за основний переріз необхідно взяти найближчий за часом виробництва промірів профіль, який задовольняє ці умови.

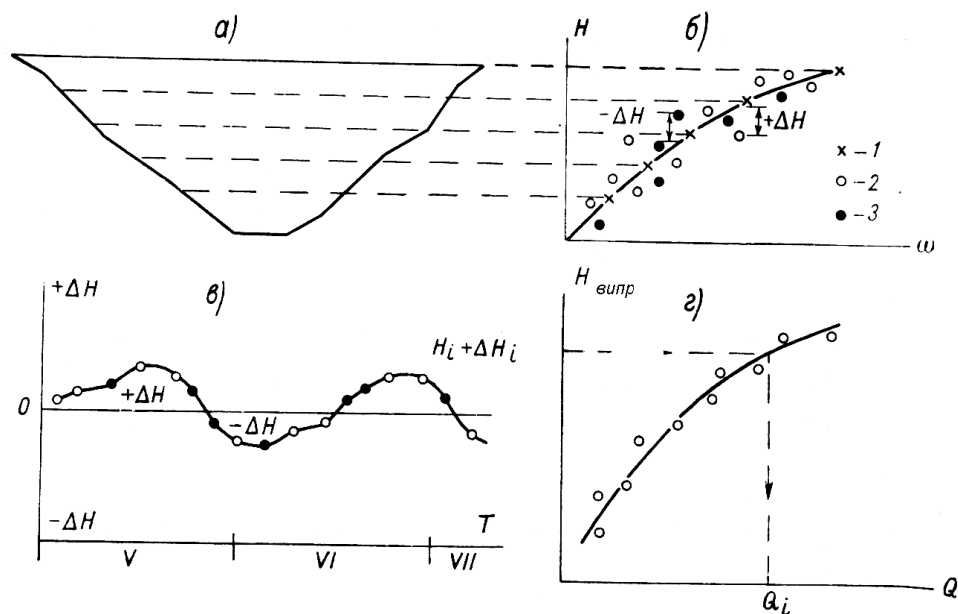


Рис. 2.8 – Схема приведення кривої витрат до основного перерізу. а – профіль основного перерізу; б – крива площ основного перерізу; 1 – площі, обчислені за профілем основного перерізу; 2 – площі, визначені при вимірюваннях витрат води; 3 – площі, одержані з промірів; в – крива поправок; г – крива витрат з виправленими рівнями (приведена крива витрат).

3. За обраним профілем основного водного перерізу обчислюються аналітично значення площ водного перерізу для декількох (4-6) значень рівня, які призначаються через рівні інтервали від найнижчого до найвищого рівня з ряду спостережених за даний період.

4. Обчислені значення площ основного водного перерізу при відповідних їм рівнях наносяться в системі координат (F, H) і через одержані точки, а також через точку водного перерізу, виміряного фактично (точку того вимірювання, результати якого дали поперечний

профіль, взятий за основний водний переріз, - точка № 6 на рис. 2.8), проводиться крива, яка називається кривою основного водного перерізу.

5. За допомогою відліку поділок міліметрівки визначаються відхилення точок виміряних площ від кривої основного водного перерізу (поправки рівня на деформацію водного перерізу гідроствору ΔH). Вимірювання ведеться з точністю не меншою ніж 1,0 см в натурі (що повинно забезпечуватися належним вибором масштабу).

6. Визначені поправки ΔH відкладаються по вертикалі на графіку поправок, по горизонтальній осі якого відкладається час в добах. Поправки на графіку відкладаються у бік, протилежний до відхилення відповідних точок (F, H) від кривої основного водного перерізу. При цьому поправкам, відкладеним на графіку вгору від осі, приписується знак плюс, а відкладеним вниз від осі – знак мінус.

7. По нанесених на графік поправок точках (відповідних виміряним площам) будується крива, яка називається кривою поправок рівня на деформацію водного перерізу. Вказана крива проводиться не безпосередньо через точки, а осереднено, і на неосвітлених ділянках, якщо вони значні, крутість її (нахил до горизонтальної осі) повинна визначатися залежно від ходу рівня.

8. Значення поправок для площ, виміряних при визначенні витрат, з приписаними їм вищезгаданим чином знаками алгебраїчно додаються до рівнів при відповідних виміряних витратах. Таким чином, для кожної вимірної витрати визначається виправлений рівень.

9. У системі координат (Q, H) на нове креслення поряд з основною, вказаною в п. 1 витратою наносяться знову точки виміряних витрат з виправленими («приведеними») рівнями.

Якщо застосування способу приведення до основного перерізу є виправданим, то розкид точок ($Q, H+\Delta H$) виміряних витрат з виправленими рівнями різко зменшиться в порівнянні з розкидом точок при невиправлених рівнях. При повному дотриманні умов доцільності застосування способу приведення до основного перерізу після виправлення рівнів точки ($Q, H+\Delta H$) виміряних витрат повинні лежати в межах смуги, ширина якої не перевищує подвоєної величини ймовірної помилки вимірів витрат і конфігурація якої дозволяє побудувати криву витрат правильного виду. По вказаній смузі, утвореній точками виміряних витрат з виправленими рівнями («приведених витрат»), будується крива витрат правильного виду (плавна і з угнутістю, оберненою до осі абсцис), яка називається приведеною кривою витрат.

10. По побудованому раніше графіку поправок визначаються значення поправок рівня на деформацію водного перерізу на кожну добу, яким приписуються знаки згідно з вищезгаданим правилом. Значення щоденних поправок обчислюються з точністю до цілих сантиметрів. Визначені значення щоденних поправок з приписаними їм знаками

алгебраїчно підсумовуються з відповідними середньодобовими спостереженими рівнями і визначаються таким чином щоденні виправлені рівні.

11. По виправлених щоденних рівнях і по приведеній кривій витрат визначаються, як по звичайній кривій витрат, щоденні витрати. При тривалому терміні обчислення щоденних витрат за способом приведення до основного живого перерізу для приведеної кривої належить скласти розрахункову таблицю координат і з неї вибирати значення щоденних витрат. Найбільші і найменші місячні та річні витрати визначаються не по найвищих і найнижчих зі спостережених рівнів, а по екстремальних з виправлених рівнів.

Окрім перерахованих вище умов доцільності застосування способу приведення до основного перерізу, критерієм застосовності цього способу є ще і результати приведення вимірних витрат до основного перерізу.

Якщо після приведення вимірних витрат до основного перерізу (виправлення рівнів) виявиться, що точки приведених витрат дають відхилення від приведеної кривої, які значно перевищують величину допустимої помилки, або ж утворюють хронологічно відособлені групи, то це покаже, що спосіб приведення до основного перерізу в даному випадку застосовувати недоцільно і слід перейти до обчислення щоденних витрат за сімейством тимчасових кривих або за способом Стаута. Цей результат показує, що деформації русла в даному випадку не зводяться тільки до вертикального переміщення, але, окрім того, виражаються в зміні ухилу. Отже, відпадає одна з основних умов доцільності застосування способу приведення до основного перерізу.

Спосіб Стаута. Обчислення щоденних витрат за способом Стаута складається з таких операцій:

1. У полі точок вимірних витрат, нанесених в системі координат (Q, H) , будується згідно з подальшими вказівками крива витрат, яка називається стандартною. Ця крива не виражає будь-який реальний сенс зв'язку, який має місце між витратою і рівнем та носить допоміжний характер (рис. 2.9).

2. За допомогою відліку поділок міліметрівки визначаються відхилення ΔH точок вимірних витрат від стандартної кривої по ординаті, які називаються поправками Стаута.

3. Визначені поправки відкладаються по вертикалях на графіку поправок, по горизонтальній осі якого відкладений час в добах. Кожна поправка відкладається на абсцисі графіка відповідній даті вимірювання витрати, для якої визначається ця поправка. При цьому відхилення точок витрат від стандартної кривої вниз відкладаються на графіку поправок від горизонтальної осі вгору, а відхилення точок витрат від стандартної кривої вгору відкладаються на графіку поправок від горизонтальної осі вниз.

По нанесених на графік поправок точках (які відповідають вимірним витратам) будується крива поправок.

4. По вказаній кривій шляхом відліку її ординат визначаються значення поправок на кожен день. При цьому поправкам, які лежать вище за горизонтальну вісь графіка, приписується знак плюс, а поправкам, що лежать нижче за горизонтальну вісь, - знак мінус. Значення щоденних поправок визначаються з точністю до цілих сантиметрів.

Визначені значення щоденних поправок алгебраїчно складаються з відповідним середньодобовим рівнем.

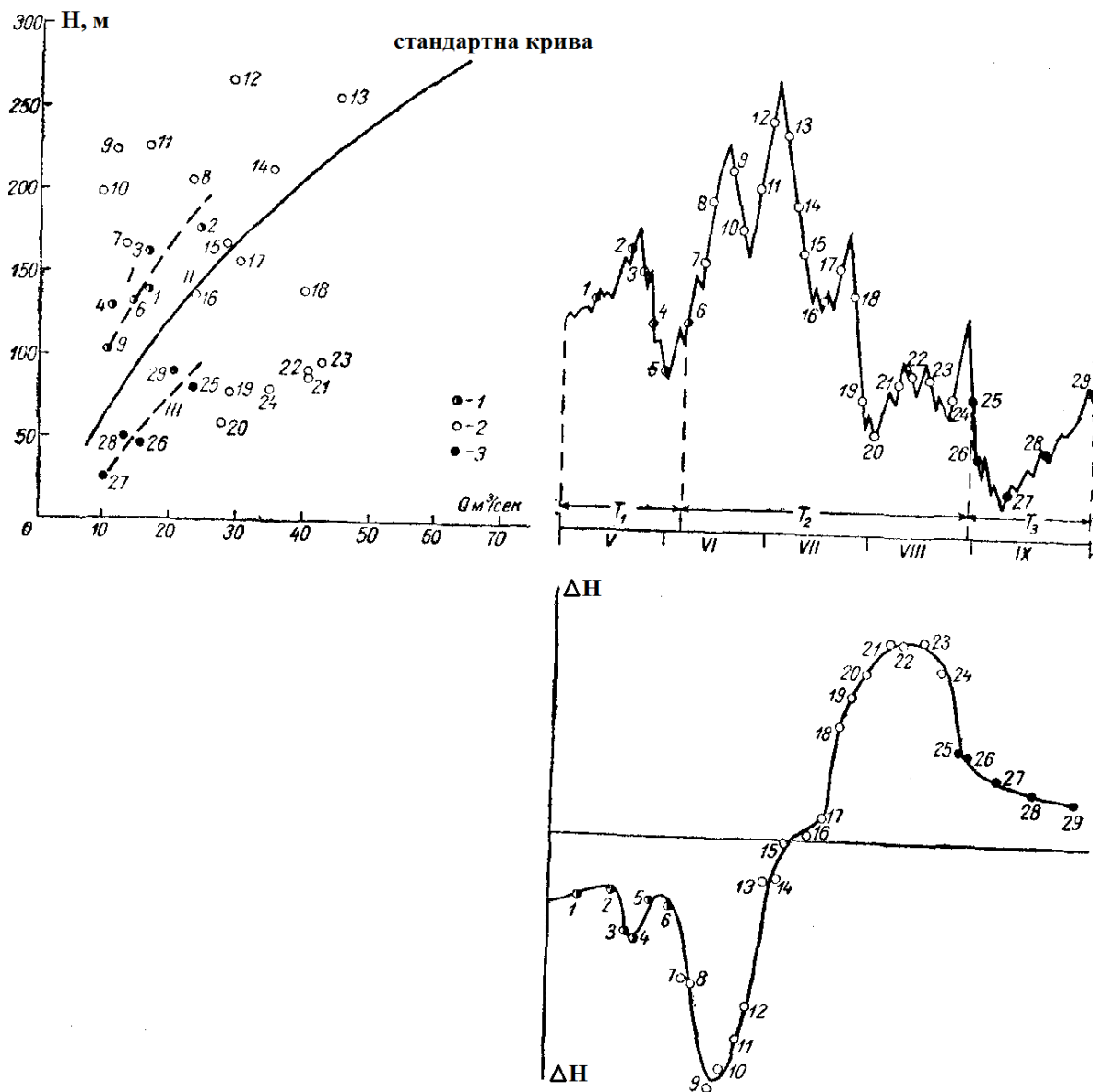


Рис. 2.9 - Схема побудов при застосуванні способу Стаута.
 1 – витрати, що належать до періоду T_1 ; 2 – витрати, що належать до періоду T_2 ; 3 – витрати, що належать до періоду T_3 .

5. По виправлених середньодобових рівнях і по стандартній кривій визначаються щоденні витрати води в тому ж порядку, як це робиться по звичайній кривій витрат. При тривалому терміні обчислення за способом Стаута для стандартної кривої має бути складена розрахункова таблиця координат, в іншому випадку витрати знімаються з кривої.

При визначенні найбільших і найменших місячних і річних витрат необхідно мати на увазі, що спостережені екстремальні рівні можуть не відповідати екстремальним витратам, оскільки після виправлення вказані рівні можуть втратити своє екстремальне значення.

Висотне положення стандартної кривої не впливає на результати обчислень щоденних витрат, тому воно може вибиратись довільно (інакше кажучи, стандартна крива заданого вигляду може бути зміщена паралельно самій собі вздовж осі ординат на будь-яку величину).

Проте, вигляд стандартної кривої має деяке значення для результатів обчислення щоденних витрат залежно від ступеня освітленості вимірами. При великій кількості вимірів витрат контур кривої не має істотного значення, але це значення зростає із зменшенням ступеня освітленості виміряними витратами. Тому слід вигляд стандартної кривої обирати не довільно, а на основі деяких міркувань, викладених нижче.

Для того, щоб обґрунтувати вигляд стандартної кривої, необхідно заздалегідь простежити в хронологічному порядку розташування точок (Q, H) виміряних витрат (так само, як це робиться, при побудові системи тимчасових кривих), визначити найбільш чітко виражені пов'язані хронологічні групи точок і намітити по цих групах тимчасові криві. Проте при цьому зовсім не потрібно виконувати усю побудову системи тимчасових кривих або навіть частини її, намічаються тільки окремі, найбільш яскраво виражені тимчасові криві.

Після того, як намічено декілька таких характерних для цього створу тимчасових кривих, встановлюється вигляд стандартної кривої, як деякої середньої кривої з усіх заздалегідь намічених.

Графік поправок будується як плавна крива, проведена так, щоб точки поправок виміряних витрат рівномірно розподілялися по обидві сторони кривої. Механічне проведення графіка поправок шляхом прямолінійної інтерполяції між точками не допускається.

При високому ступені освітленості проведення графіка цілком визначається точками поправок виміряних витрат. У тих випадках, коли між вимірюваннями витрат є значні проміжки, при проведенні графіка поправок належить керуватися такими вказівками. Найбільша крутість кривої поправок (найбільший нахил її до горизонтальної осі) повинна відповідати пікам паводків. У періоди, що належать до проходження

низьких рівнів, крива поправок повинна мати найменшу крутість або навіть бути паралельна горизонтальній осі.

Інтерполяція між вимірними витратами. При досить частих вимірюваннях витрат, коли є упевненість, що вимірюванням освітлені усі характерні точки переламу гідрографа (або точки, близькі до них), щоденні витрати води визначають шляхом безпосередньої побудови гідрографа по вимірних витратах. Для цього точки вимірних витрат відкладаються на графіку $Q=f(t)$ і по нанесених точках проводиться плавна крива (гідрограф), з якої знімаються значення витрат для днів в проміжку між вимірюваннями. При малих коливаннях величини вимірних витрат в періоди стійкого стану крива може проводитись осереднено, з урахуванням того, що коливання у величині вимірних витрат можуть бути наслідком похибок при вимірюваннях.

При недостатній частоті вимірювань, коли характерні точки переламу гідрографа залишилися неосвітленими (але все таки усі основні паводки захоплені вимірюваннями), на основі вимірних витрат обчислюються лише середні декадні або середні місячні значення витрат.

2.3.5 Змінний підпір

До цієї категорії належать випадки, коли при стійкому в створі поста руслі зв'язок між витратою і рівнем порушується внаслідок змін відмітки рівня (не пов'язаних із змінами витрати) в деякому регулюючому перерізі, який пролягає нижче. Випадки, коли підпір спричинений льодяними утвореннями або водною рослинністю, які стиснули русло в перерізі, який пролягає нижче, до цієї категорії не належать. Вираз «змінний підпір» тут застосовується умовно (з метою збереження сталої термінології).

Змінний підпір найчастіше проявляється періодично, чергуючись з періодами збереження однозначного зв'язку між витратою і рівнем; в деяких випадках він може позначатися безперервно.

Основною ознакою змінного підпору є розкид точок вимірних витрат (Q , H) і середніх швидкостей (v , H), не спричинений льодяними утвореннями або заростанням, при збереженні однозначного зв'язку між площею водного перерізу і рівнем. Додатковою ознакою є відомості про причини, що спричиняють змінний підпір. Проте останні на практиці часто відсутні або носять лише передбачуваний характер.

Істотну користь може принести аналіз графіка рівня цього поста і поєднаних графіків рівня за наявності на річці декількох постів.

При виборі і застосуванні способів обчислення щоденних витрат води в умовах змінного підпору необхідно виявити характер і причину змінного підпору.

В деяких випадках, наприклад при вітрових нагонах і згонах на водоприймачі, при змінах режиму роботи гідротехнічної споруди,

гідрометричного створу, що лежить нижче, підпір змінюється різко, інколи стрибкоподібно. У інших випадках, наприклад, коли підпір виникає в результаті паводка на головній річці або припливу, весняного підвищення рівня водоприймача (озера, водосховища), при наміванні або розмиві гребеня перекату, що пролягає нижче, зміни підпору носять поступовий характер. В деяких випадках підпір проявляється лише у вигляді короточасних порушень зазвичай стійкого зв'язку між витратою і рівнем (окремі вітрові нагони, затори сплавного лісу).

При будь-якому характері підпору режим стоку даної річки може також мати різний характер. Більшість причин, що зумовлюють змінний підпір, можуть зустрітися на річках з будь-яким характером живлення і режимом стоку.

Основну роль при виборі способу обчислення стоку в умовах змінного підпору відіграє наявність достовірних даних про ухил поверхні води на ділянці станції. Наявність надійних вимірних щоденних ухилів радикально полегшує завдання обчислення щоденних витрат.

Значну цінність при обчисленні щоденних витрат в умовах змінного підпору мають дані про причини, що спричиняють підпір, особливо якщо ці дані містять кількісні характеристики. Наприклад, в тих випадках, коли підпір спричиняється гідротехнічною спорудою, такими даними є відомості про коливання рівня у верхньому б'єфі споруди, про режим роботи споруди, про відкриття або закриття його затворів і тому подібне

Вибір способу обчислення щоденних витрат води при змінному підпорі.

1. За відсутності надійних вимірних ухилів поверхні води і можливостей опосередкованого визначення ухилу обчислення стоку може вироблятися шляхом інтерполяції між вимірними витратами, по кривих витрат нестійкого зв'язку і шляхом зрізки підпірних рівнів.

Вибір між перерахованими способами обчислення визначається характером підпору і характером режиму витрат. Нижче перераховані основні випадки поєднання вказаних чинників і відповідні цим випадкам способи обчислення щоденних витрат:

а) підпір (від згонів і нагонів на водоприймачі, від гідротехнічної споруди), що швидко змінюється, у поєднанні з будь-яким типом режиму витрат – рекомендується інтерполяція між вимірними витратами;

б) підпір (при паводку на приймаючій річці або притоку і так далі), що повільно змінюється, у поєднанні зі швидкими змінами витрати (гострі піки гідрографа, наприклад дощові паводки і т.д.) – криві витрат нестійкого зв'язку;

в) підпір, що повільно змінюється, у поєднанні з витратою, яка повільно змінюється, - інтерполяція між вимірними витратами і криві витрат є рівноцінними. При високій точності вимірювань, що дозволяє

знехтувати помилками вимірювань, слід віддати перевагу інтерполяції, при меншій точності – криві витрат;

г) короткочасний підпір, що спричиняє значний підйом рівня при витраті (окремий значний вітровий нагін, затор сплавного лісу), яка повільно змінюється, - зрізка підпірних рівнів з подальшим обчисленням стоку за кривою витрат.

Крім того, інтерполяція між вимірними витратами може застосовуватися в будь-яких умовах за наявності дуже частих вимірювань витрат, освітлюючих усі переламні точки гідрографа.

В деяких випадках способи інтерполяції і тимчасових кривих можуть застосовуватися в поєднанні один з одним залежно від змін характеру підпору. Наприклад, якщо підпір спричиняється гідротехнічною спорудою і при цьому в деякі періоди носить постійний характер (відкриття отвору водоскиду не змінюється), а в інші періоди зазнає значних змін (маніпулювання затворами при скиді паводка), то в перші періоди для обчислення стоку можуть бути використані криві нестійкого зв'язку, а в інші – інтерполяція між вимірними витратами.

2. За наявності надійних вимірних ухилів поверхні води або можливості опосередкованого визначення ухилу (падіння) на ділянці поста обчислення стоку виконується за кривою модулів витрати. Якщо цей спосіб не дає задовільних результатів, а також за наявності значної кількості вимірних витрат за порівняно тривалий період роботи станції при повному або майже повному охопленні амплітуди рівнів вимірюваннями витрат, слід застосовувати побудову сімейства кривих витрат, помічених значеннями ухилу (падінням) або значенням рівня, або різницею відміток на основному і додатковому постах.

3. У тих випадках, коли підпір носить тимчасовий характер (окремі вітрові нагони, затор сплавного лісу і т.п.), при цьому на цій річці вище даного поста є водомірний пост, розташований поза межами поширення підпору, і, крім того, крива зв'язку рівнів між вказаним безпідпорним постом і даним постом в періоди відсутності підпору носить цілком стійкий характер, обчислення стоку за періоди впливу підпору може здійснюватись за кривою витрат і рівнями, відновленими за кривими зв'язку.

Інтерполяція між вимірними витратами. Обчислення щоденних витрат води здійснюється шляхом прямолінійної або криволінійної графічної інтерполяції між вимірними витратами.

При витраті, яка повільно змінюється, можна застосовувати прямолінійну інтерполяцію. При швидких і значних коливаннях витрати доцільніша графічна інтерполяція. Графічну інтерполяцію також слід застосовувати і у разі витрати, яка повільно змінюється, за наявності дуже частих вимірювань витрат, що допускає осереднене проведення інтерполяційної кривої, яке виключає похибки окремих вимірів (тобто

крива проводиться таким чином, щоб точки вимірювань рівномірно розподілялися по обидві боки від неї).

Побудова кривих витрат нестійкого зв'язку при змінному підпорі. При побудові кривих нестійкого зв'язку в умовах змінного підпору в цілому належить керуватися вказівками відносно побудови кривих при нестійкості русла, викладеними вище.

На відміну від випадку нестійкості русла, перехідні криві при змінному підпорі можуть мати будь-який довільний вигляд. З цього виходить, що надійне обґрунтування побудови кривих при змінному підпорі можливо тільки при достатній освітленості вимірюваннями витрат.

Для орієнтування при побудові кривих в умовах змінного підпору необхідно мати на увазі наступне. У тих випадках, коли підпір спричиняється стисненням живого перерізу нижче від ділянки поста, яке носить більш-менш стійкий характер (наприклад, підвищення гребеня регулюючого перекату, підтримка рівня на заданій відмітці за допомогою відповідного регулювання його затворами гідроспоруди, зведення тимчасової споруди в руслі при виробництві будівельних робіт і т.д.), і в даний період відбуваються коливання величини витрати, крива підпірного стану у верхній частині зливатиметься з кривою стійкого зв'язку між витратою і рівнем (рис. 2.10 а).

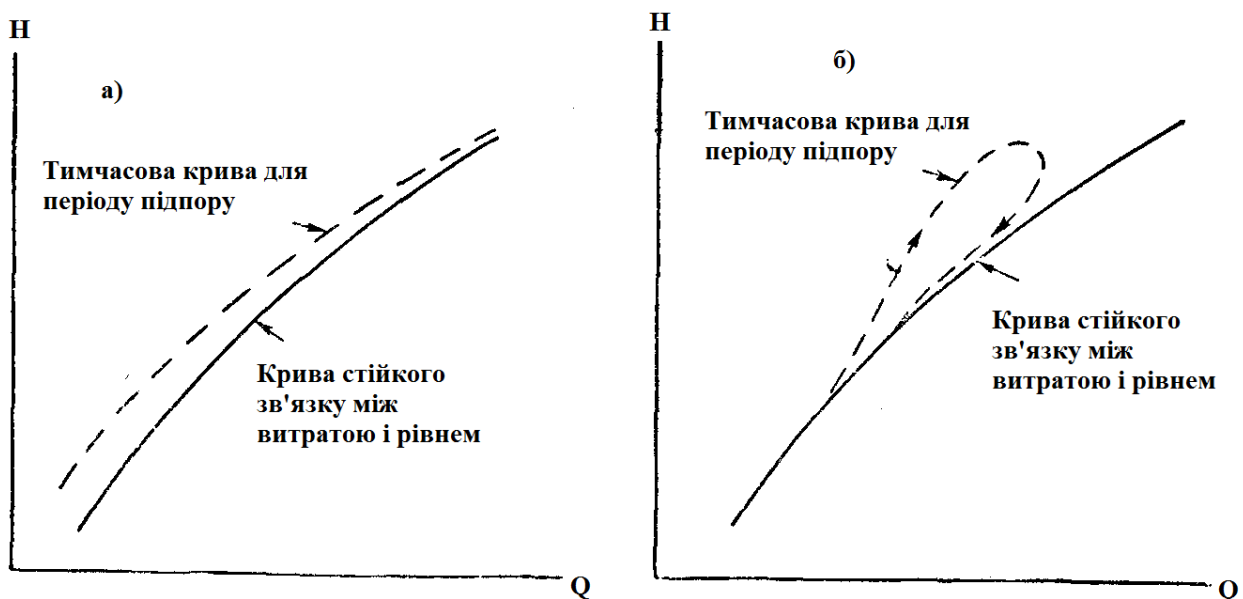


Рис. 2.10 – Схема кривих витрат при змінному підпорі.

У тих випадках, коли підпір спричиняється поступовою, але за величиною порівняно значною зміною рівня в регулюючому перерізі (підпір від паводка на головній річці або на притоці), крива підпірного стану може у верхній частині відхилитися від кривої стійкого зв'язку між витратою і рівнем. У низці випадків підпір від паводка на головній річці,

який відбувається приблизно синхронно з паводком на припливі, може спричинити в даному створі на припливі утворення зворотної петлі (рис. 2.10 б).

Вигляд тимчасової кривої підпірного стану, який визначається положенням точок (Q , H) вимірних витрат, сам по собі є критерієм застосовності цього способу. Коли крива має напрям, зворотний в порівнянні з кривою стійкого зв'язку між витратою і рівнем, тобто коли при підвищенні рівня витрата зменшується і навпаки, використання цього способу перестає бути доцільним. В цьому випадку вигляд кривої на неосвітлених ділянках і напрям її екстраполяції не можуть бути підпорядковані будь-яким навіть найбільш орієнтовним правилам, тому переваги цього способу в порівнянні з інтерполяцією втрачаються.

Зрізка підпірних рівнів. Сутність прийому ясна з рис. 2.11. Фактично виміряні в період підпору (період T_n) рівні замінюються фіктивними («зрізаними») рівнями; останні одержуються шляхом сполучення точок початку і кінця підпірного періоду на графіку рівнів плавною кривою або просто прямою (залежно від вигляду суміжних ділянок графіка). Обчислення щоденних витрат за період підпору здійснюється по зрізаних рівнях, і за кривою стійкого зв'язку між витратою і рівнем або по гілці підйому паводкової петлі.

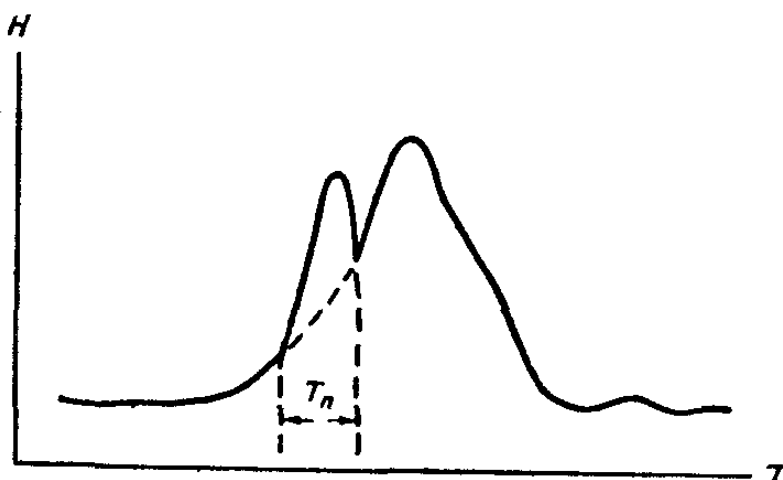


Рис. 2.11 – Зрізка підпірного рівня.

Застосування розглянутого прийому в тих випадках, коли підпірний пік рівня і його межі досить чітко виражені, а режим річки достатньо добре вивчений (отже підйом рівня, спричинений збільшенням витрати, не може вважатись за підпірний підйом рівня), можливо і тоді, коли вимірних витрат в період підпору не було (у чому і полягає основна цінність цього прийому).

Засобом для виявлення підпору в подібних випадках і уточнення меж підпірного періоду може слугувати зіставлення ходу рівня з сусіднім

вищерозташованим постом, куди підпір не поширюється, і використання графіка зв'язку рівня по цих постах, побудованого за період відсутності підпору.

Попередні зауваження до способів обчислення щоденних витрат води, заснованих на використанні ухилу поверхні води.

1. Наявність надійних ухилів поверхні води, вимірних при визначенні витрат, не дає ще безпосередньої можливості використання ухилу для обчислення щоденних витрат. Для цієї мети необхідно мати щоденні значення ухилу.

Якщо ухили водної поверхні в період підпору щодня не вимірювалися, то при поступових і плавних змінах підпору щоденні значення ухилу можуть визначатись шляхом інтерполяції між їхніми значеннями, визначеними при вимірюванні витрат. Для цієї ж мети може слугувати крива $I=f(H)$, побудована по значеннях ухилів, визначених при вимірюванні витрати. Крива $I=f(H)$, якщо для побудови її є достатня кількість вимірювань, дає можливість виключити окремі похибки вимірювань, а екстраполяція її до найвищого рівня шляхом продовження на око дає можливість набутти значень ухилу при високих рівнях, якщо в цей період вони не були виміряні безпосередньо.

При швидких змінах підпору, а отже, і ухилу доцільно будувати хронологічний графік ухилу, тобто для визначення щоденних величин ухилу вести інтерполяцію між вимірюваннями графічно. При цьому слід враховувати характер підпору і погоджувати побудову графіка з наявними даними про хід змін підпору.

2. У тих випадках, коли даних вимірювань ухилу немає або вони недостатньо надійні, але на річці є інший водпост, порівняно близький до того, що розглядається, або пара суміжних з тим, що розглядається, причому бічна припливність на ділянці між водпостами (і в тому і в іншому випадку) є незначною, величина ухилу може бути приблизно визначена за різницею рівнів на водпостах (на посту, що розглядається, і суміжному або парі суміжних, між якими лежить той, який розглядається).

Вказаний прийом дає добрі результати (інколи навіть при значній відстані між водпостами) при високих рівнях. При низьких рівнях значення місцевого ухилу на ділянці даного поста може відрізнятись від осередненого на всьому протязі ухилу річки внаслідок впливу найближчого перекату, який пролягає нижче.

Обчислення щоденних витрат води за кривою модулів витрат. Модулем витрати K називається відношення витрати Q до квадратного кореня з ухилу поверхні води

$$K = \frac{Q}{\sqrt{I}}. \quad (2.5)$$

Модуль витрати в більшості практичних випадків (особливо при підпертому стані потоку) для цього наповнення русла, тобто для цієї відмітки рівня H , залишається приблизно постійним при будь-яких змінах ухилу і відповідних змінах витрати.

Обчислення щоденних витрат води за цим способом ведеться в такому порядку.

1. На основі спільного аналізу розташування точок вимірних витрат на графіку (Q, H) і графіка рівня встановлюється період (періоди) дії змінного підпору і період (періоди) стійкого зв'язку між витратою і рівнем. Для останнього, якщо його можливо виділити, будується крива стійкого зв'язку між витратою і рівнем.

2. Для кожної з вимірних витрат Q_1, Q_2, \dots, Q_n обчислюється значення модуля витрати.

3. Обчислені значення модулів вимірних витрат наносяться на графік (K, H) . При цьому зручно будувати вказаний графік на загальній шкалі рівнів з графіком (Q, H) . На графік наносяться точки модулів витрат, вимірних не лише при підпорі, але і в період стійкого зв'язку між витратою і рівнем.

4. По точках модулів вимірних витрат проводиться, якщо це дозволяє розташування точок, крива модулів витрат $K=f(H)$. Можливість побудови однозначної кривої модулів при обмеженому розкиді точок вимірів біля вказаної кривої (допустимі відхилення повинні лежати в межах $\pm 10\%$ по абсцисі) визначає можливість застосування цього способу. Якщо розкид точок модулів перевищує вказані межі і точки утворюють відособлені хронологічно замкнені групи (інакше кажучи, утворюється декілька кривих модулів), то цей спосіб обчислення не може застосовуватись. Точки модулів витрат, вимірних в безпідпорний період, повинні також лягати на криву модулів (з вказаним допустимим розкидом), що є додатковим контролем правильності застосування способу.

5. За кривою $K=f(H)$ і щоденними рівнями обчислюються щоденні значення модуля витрати (шляхом зняття їх з кривої), після чого щоденні витрати обчислюються за формулою

$$Q = K \sqrt{I}, \quad (2.6)$$

де щоденні ухили I визначаються одним із способів, вказаних вище.

За безпідпорний період щоденні витрати знімаються з кривої стійкого зв'язку між витратою і рівнем.

Слід мати на увазі, що розкид точок (K, H) , який перевищує допустимі межі, або утворення замкнених груп точок може стати наслідком як ненадійності значень ухилів, так і непридатності формули Шезі до цього конкретного випадку.

У розглянутому способі замість модуля витрати K можна використовувати іншу величину, яка пропорційна модулю витрати, а саме, величину $K_1 = \frac{Q}{\sqrt{\Delta H}}$, де ΔH – падіння рівня на ділянці, що слугує для обчислення ухилу.

Обчислення щоденних витрат за сімейством кривих витрат, помічених ухилом або різницею відміток. Цей спосіб може застосовуватися в тих випадках, коли є надійні вимірювання ухилів або значення падінь між водпостами, взятими за ухильні, а також і в тих випадках, коли основний і взятий за ухильний водпости не мають єдиної системи відміток і, отже, величина падіння між ними не може бути встановлена. У останньому випадку замість величини падіння умовно береться різниця алгебраїчних відміток рівнів вказаних водпостів.

Обчислення стоку ведеться в такому порядку.

Значення вимірних витрат наносяться на графік (рис. 2.12), і біля кожної точки виписується значення вимірюного ухилу (або падіння) або різниці алгебраїчних відміток рівня на водпостах.

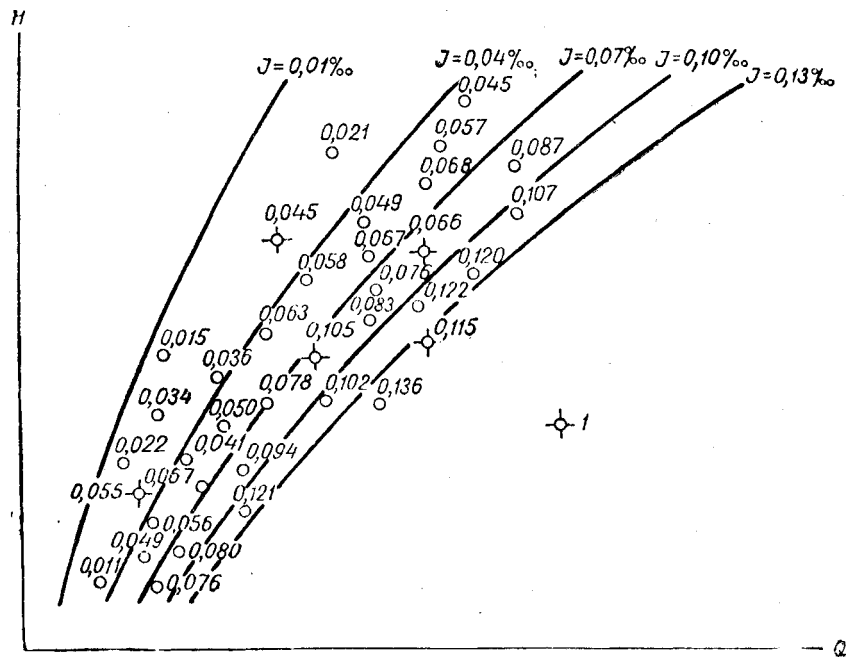


Рис. 2.12 – Сімейство кривих витрат, помічених ухилом. 1 – точки витрат, що випадають з відповідного інтервалу ухилу.

Далі обирається ряд значень ухилу (або падіння) через рівні інтервали, які намічаються залежно від амплітуди коливань величини спостережуваного ухилу (падіння). Наприклад, якщо вимірні ухили коливаються в межах від 0,01 до 0,13‰, зручно обрати такі значення ухилів: 0,01; 0,04; 0,07; 0,10; 0,13‰ (як зроблено в прикладі, показаному на рис. 2.12). У полі точок (Q, H) вимірних витрат проводяться криві витрат,

які відповідають обраним значенням ухилу (падіння), і позначаються вказаним значенням ухилу (падіння). Криві проводяться як лінії, що розмежують сукупність точок вимірних витрат, при яких ухили (падіння) лежать в межах суміжних інтервалів. В той же час криві повинні мати правильний вигляд (угнутість обернена до осі абсцис), плавний контур і бути приблизно подібними одна до одної. Дотримання цих вимог може привести до того, що деякі одиничні точки вимірів доведеться залишити поза належним інтервалом.

В межах 15-20% амплітуди рівня криві, помічені ухилом (падінням), можна екстраполювати за допомогою продовження освітленої частини на око.

Значення щоденних витрат при відомому рівні і ухилі визначаються шляхом інтерполяції на око між значеннями витрат, узятих по двох суміжних кривих, які обмежують інтервал, усередині якого лежить цей ухил, при відповідному щоденному рівні.

Критерієм можливості застосування цього способу є відсоток неврахованих (залишених поза відповідними інтервалами) точок вимірних витрат, а також величини відхилень вказаних точок від кривих, що обмежують відповідний інтервал.

Орієнтовно в середньому можна вважати допустимим вихід за межі відповідних інтервалів 15-20% точок, причому найбільші відхилення точок від тих, що обмежують відповідний інтервал кривих, не перевищують 10-15% по абсцисі. При цьому необхідно враховувати розміри вибраних інтервалів ухилу: чим більші інтервали, тим менший відсоток відхилень і менші відхилення можуть бути допущені.

Цей спосіб може дати задовільні результати і в тих випадках, коли використання кривої модулів витрат не дає їх, внаслідок непридатності до даного випадку формули Шезі.

Питання для самоперевірки засвоєння матеріалу розділу 2

1. Як та для чого здійснюється аналіз і первинна обробка матеріалів гідрологічних спостережень?

2. Яким чином виконується побудова, ув'язка та аналіз кривих зв'язку витрат води, площ поперечного перерізу річки і середніх швидкостей руху води з рівнями води?

3. Назвіть і поясніть найбільш поширені методи екстраполяції кривої витрат до найвищих та найнижчих рівнів води.

4. Як і навіщо підраховують імовірну похибку побудови кривої витрат?

5. Назвіть математичні рівняння, які використовують для аналітичного опису кривої витрат.

6. Основні відомості про зв'язки між витратами та рівнями води.

7. Підрахунок добового стоку води у випадку однозначної залежності між витратами і рівнями.

8. Умови порушення однозначного зв'язку між витратами і рівнями.

9. Неусталений рух. Методи підрахунку добового стоку води у випадку неусталеного руху води.

10. Методи підрахунку добового стоку води за наявності льодових явищ (інтерполяція між вимірними витратами, зимові криві витрат).

11. Льодові явища. Методи підрахунку добового стоку води за наявності льодових явищ (побудова хронологічного графіка зимових перехідних коефіцієнтів).

12. Методи підрахунку добового стоку води у випадку явищ заростання русла (обчислення стоку по хронологічному графіку перехідних коефіцієнтів).

13. Заростання русла. Методи підрахунку добового стоку води у випадку явищ заростання русла (інтерполяція між вимірними витратами, обчислення стоку по кривих витрат заростання).

14. Методи підрахунку добового стоку води у випадку нестійкості русел (побудова системи тимчасових кривих, приведення кривої витрат до основного перерізу).

15. Нестійкі русла. Методи підрахунку добового стоку води у випадку нестійкості русел (спосіб Стаута, інтерполяція між вимірними витратами).

16. Змінний підпір. Методи підрахунку добового стоку води у випадку змінного підпору (інтерполяція між вимірними витратами, побудова кривих витрат нестійкого зв'язку).

17. Методи підрахунку добового стоку води у випадку змінного підпору (зрізка підпірних рівнів, обчислення щоденних витрат води за кривою модулів витрат, обчислення щоденних витрат за сімейством кривих витрат, відповідних певним ухилам).

3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ВОД

3.1 Загальні положення

З метою підвищення оперативності і якості забезпечення народногосподарських організацій СРСР даними водного кадастру з 1975 р. почала створюватися *автоматизована інформаційна система*. Система являє собою систему збору, яка ґрунтується на застосуванні сучасних технічних засобів контролю, зберігання, обробки і узагальнення даних Державного обліку вод, доведення наявних даних, а також результатів їх обробки і узагальнень до споживачів по їх запитам або в формі публікацій.

Організаційно структура АІС ДВК включає три рівні:

- 1) пункти збору, контролю і первинної обробки інформації;
- 2) регіональні центри обробки даних;
- 3) головний центр Державного водного кадастру.

Підготовка інформації виконується на першому і другому рівнях і частково на третьому, а ведення інформаційної бази – на другому і третьому рівнях.

Основою автоматизованої системи обліку є фонд даних, який щорічно поновлюється на технічних носіях за весь період спостережень, і банк даних на ПЕОМ, які здійснюють систематизацію, пошук, обробку і узагальнення до необхідного рівня початкових даних і видачу необхідної інформації.

У пунктах збору інформації впроваджується автоматизоване обладнання для спостережень і вимірювань гідрологічних показників. Необхідність заміни вимірювань, що виконуються людиною, на вимірювання автоматичними приладами пов'язано із зростанням обсягу інформації і підвищенням вимог до точності і оперативності спостережень.

Автоматизація вимірювань повинна доповнюватися автоматизацією інших стадій процесу збору гідрологічних даних. Для цього в комплекс наявних технічних засобів крім перетворювачів вимірюваних гідрологічних елементів необхідно ввести автоматичний засіб реєстрації і передачі даних в центри прийому і обробки інформації.

На цьому етапі зберігається існуюча технологія гідрологічних спостережень з використанням стандартних методів вимірювань і спостережень згідно діючих Настанов ГМС і постам. Дані гідрологічних спостережень по постах і станціях заносяться в польові книжки і таблиці для різних елементів гідрологічного режиму. Алгоритми автоматизованого контролю використовують занесені в банк дані довідкових відомостей і параметрів кожного поста. Внаслідок контролю всі дані класифікуються як доброякісні, сумнівні або помилкові. Цій класифікації відповідають певним чином визначені для конкретних рядів спостережень контрольні

межі, які визначаються як статистичними методами з врахуванням кліматичних і фізико-географічних умов, так і фізичними чинниками.

Завдяки контролю інформації в регіональному центрі обробки роздруковується таблиця допущених помилок, яка аналізується фахівцями і виправляється. Після проведення контролю дані гідрологічних спостережень обробляються по алгоритмах, які мало відрізняються від рекомендацій Настанов ГМС і постам. По них складаються таблиці гідрологічних даних про режим і ресурси поверхневих вод суші, які щорічно публікуються в складі Державного водного кадастру.

У 1995 р. в системі Держгідромета України була вибрана автоматизована система «КАДАСТР» – робоче місце інженера-гідролога, розроблена завідувачем кафедри гідроекології та водних досліджень, проф. О.Г. Іваненком в Одеському державному екологічному університеті.

Система «КАДАСТР» включає в себе низку програм, які дозволяють провести повний цикл розрахунків щоденних витрат двома способами – за інтерполяцією перехідних коефіцієнтів з урахуванням кривої витрат води для періоду вільного русла.

3.2 Склад програмного комплексу «КАДАСТР»

У програмному комплексі для обчислення щорічних витрат води «КАДАСТР» використовуються найбільш доцільні і прості алгоритми підрахунків стоку, придатні для використання на діючій мережі гідростворів річок України і враховуючі вимоги Настанов ГМС і постам.

Застосування комп'ютерних технологій до побудови графічних і табличних матеріалів на багато порядків зменшує трудомісткість проміжних і кінцевих результатів розрахунків, а висока точність комп'ютерної арифметики майже повністю позбавляє від необхідності багаторазових «ручних» перевірок, збільшуючи якість вихідних матеріалів.

Розрахунки добового стоку води за допомогою комплексу «КАДАСТР» виконуються по етапах:

- підготовка річних комплектів початкових даних для обчислення середньодобових витрат води в створі або необхідних для аналізу гідрофізичних умов і режиму течії води на ділянці створу;
- підбір оптимальних параметрів рівняння кривої витрати води;
- аналіз кривої витрат даного року з кривими минулих років;
- ув'язка кривих витрат, площ перерізів русла і середньої швидкості течії по інтервалах рівнів їх річної амплітуди;
- екстраполяція кривої до вищого рівня;
- аналіз комплексного графіка гідрометеорологічних явищ спільно з перехідними коефіцієнтами і підбір оптимального коефіцієнта згладжування для одержання хронологічного графіка перехідних коефіцієнтів методом сплайн-інтерполяції;

- розрахунки річної таблиці середньодобових витрат води методом сплайн-інтерполяції перехідних коефіцієнтів;
- обчислення річної таблиці середньодобових витрат води комбінованим методом з використанням рівняння кривої витрат для періоду вільного русла;
- статистичний аналіз збіжності обчислень добового стоку різними способами;

Обчислювальна система надає можливість аналізу широкого набору необхідних графіків – кривої витрат, графіки її аналізу та ув'язки, комплексні графіки гідрометеорологічних явищ – скорочений і повної кривої розподілу різниць між витратами, обчисленими різними способами. Графіки зображуються на екрані дисплею ПЕОМ у вигляді, рекомендованому Настановами, і за допомогою принтера друкуються на папір. Результати проміжних розрахунків зображуються на темному екрані – для поточного візуального контролю ходу обчислювального процесу і виявлення можливої помилки вихідних даних або помилкового вибору параметрів розрахункової схеми до завершення циклу підрахунку стоку.

Готові таблиці обчисленого середньодобового стоку заносяться в файли, звідки обираються для формування таблиці, готової для роздрукування на принтері у вигляді, необхідному для частини ДВК, яка публікується.

3.3 Підбір оптимального рівняння кривої витрат

Однією із задач гідрометрії є обчислення об'єму стоку річкових вод, що протікають через заданий створ за добу, декаду, місяць, рік, а також встановлення режиму стоку всередині року і за багаторічний період. Саме ці відомості є найважливішими вихідними даними для складання проектів гідротехнічних споруд, планування господарського використання вод і заходів щодо захисту і попередження про несприятливі вплив вод на життя і діяльність людей.

Поставлену вище задачу звичайно вирішують шляхом визначення середньодобових витрат води за всі дні року. Загальний об'єм стоку за рік W_p , який визначає водні ресурси територій в межах річкового водозбору, обчислюється шляхом підсумовування добових об'ємів стоку за рік, тобто $W_p = \sum W_i$, де підсумовування ведеться по $i=1 \div 365$, а для високосного року $i=1 \div 366$. Добові об'єми W_i встановлюються для кожної доби року за даними середньодобових витрат $W_i = 864000 Q_i$, де Q_i – середньодобова витрата з розмірністю м³/с на i -ту добу, 864000 – число секунд в добі.

Послідовність добових витрат за рік визначає річний гідрограф витрат, аналіз якого дозволяє встановити найважливіші характеристики водосховищ для регулювання річкового стоку у водному господарстві.

В гідрометричній практиці визначення щодобових витрат замінюється вимірюванням деякої іншої характеристики річкового потоку, яка однозначно або майже однозначно пов'язана з витратою і визначається досить просто – з рівнем води.

3.3.1 Гідравлічна залежність витрат від рівнів води

Аналіз рівнянь річкової гідравліки показує, що витрата води, яка протікає через річковий створ при рівномірному русі, залежить від таких чинників – гідравлічного радіуса R (для широких русел гідравлічний радіус приблизно дорівнює середній глибині h), п'єзометричного ухилу I і коефіцієнта шорсткості n . Ця залежність виражається відомою формулою Шезі-Манінга для середньої швидкості течії $v_{сер}$:

$$v_{сер} = C\sqrt{RI} = (R^{2/3}/n)I^{1/2}, \quad (3.1)$$

а витрата води з врахуванням (3.1) обчислюється за формулою

$$Q = \omega \cdot v_{сер} = (\omega/n)R^{2/3}I^{1/2}, \quad (3.2)$$

де ω – площа водного перерізу русла, м²;

C – коефіцієнт Шезі.

Всі чинники, що входять в праву частину формули Шезі-Манінга, однозначно залежать від рівня води, якщо в руслі спостерігається тип рівномірного руху води, дно і укоси русла не схильні до деформації, відсутній динамічний опір течії від льодяних мас і річкової рослинності. Мається також на увазі, що шорсткість русла та ухил водної поверхні залишаються однаковими при зміні рівня води або ж однозначно залежать від нього.

Таким чином, для річкових створів русел з відкритою водною поверхнею і рівномірною течією води можна одержати однозначну залежність витрат від рівня води. При цьому необхідно враховувати, що в гідрометрії поняття однозначної залежності береться умовно, і тільки в тому випадку, якщо діапазон відхилення вимірюваних витрат води від кривої $Q=f(H)$ не перевищує допустимої похибки вимірювання витрат води в створі. Як приклад залежності витрат, площі перерізу і середньої швидкості течії на рис. 2.1 показано графік зв'язку з рівнем води, де незатушовані

точки належать до відкритого русла, а затушовані – відповідають вимірюванням при порушенні рівномірного режиму в зимовий період з льодовими явищами. Льодові явища збільшують опір потоку в порівнянні з відкритим руслом за одних і тих же умов, що відбивається на зменшенні середньої швидкості течії і витрат води відповідно до формул (3.1)-(3.2).

Необхідно пам'ятати, що умови однозначності кривої витрат можуть спостерігатися впродовж тільки окремих періодів – року або декількох років, а часто навіть впродовж більш коротких періодів всередині року. Багаторічні стійкі криві для річкових створів зустрічаються дуже рідко, це пов'язано з перетворенням русел річок і їх водозбірних басейнів, що призводить до змін водного режиму і режиму надходження наносів з поверхні басейнів та з інших причин. Наявність кривої витрат дозволяє для всіх днів з відкритим руслом перерахувати щодобові рівні у витрати, використовуючи для цього лінію, яка проходить в середньому через потік точок. У цьому значенні крива витрат $Q=f(H)$ є найважливішою метрологічною характеристикою гідрометричного створу.

3.3.2 Розрахунок оптимальних параметрів рівняння кривої витрат

При автоматизованому підрахунку щодобового стоку криву витрат необхідно виразити аналітичним рівнянням, параметри якого повинні бути обчислені за програмою на ПЕОМ. Обчислювальна система перераховує середньодобові рівні у витрати води. Система використовує вихідні дані – синхронні значення рівнів і витрат, вибрані в таблиці вимірювань витрат для періоду відкритого русла або для частини цього періоду з однорідними умовами водної течії.

У літературі з гідрометрії в основному застосовуються два типи аналітичних рівнянь кривої витрат $Q=f(H)$:

степенева залежність

$$Q = a(H - H_0)^b, \quad (3.3)$$

поліноміальне рівняння

$$Q = a_0 + a_1H + a_2H^2 + \dots + a_nH^n, \quad (3.4)$$

де Q , H – відповідні витрати води і рівні, до яких вони віднесені;

a , b , H_0 , a_0 , a_1 , ..., a_n – параметри рівняння, які встановлюються методом найменших квадратів;

n – степінь полінома.

Степенева залежність (3.3) має теоретичне обґрунтування методами річкової гідравліки і в більшості випадків добре апроксимує форму кривої витрат за даними вимірювань. Один з її параметрів має фізичне значення – це H_0 , який є рівнем нульового стоку. Тому початкове значення H_0 можна приблизно встановити за даними графіка залежності $Q=f(H)$ шляхом його екстраполяції до перетину з віссю рівнів при нульовій витраті. Надалі цей параметр може уточнюватись ітерацією по критерію мінімуму відхилення витрат, обчислених за рівнянням (3.3), від витрат вимірних. Попереднє значення H_0 можна також встановити геодезичним способом по відмітці нижчої точки дна нижнього перекату, а якщо гідрограф розташований на перекаті, то H_0 відповідає нижчій відмітці дна цього перекату. Інші параметри степеневого рівняння a , b – встановлюються з використанням методу найменших квадратів по таких алгоритмах.

До рівняння (3.3) застосовується логарифмічна анаморфоза:

$$\ln Q = \ln a + b \ln(H - H_0). \quad (3.5)$$

З урахуванням позначень

$$A = \ln a; \quad x = \ln(H - H_0) \quad (3.6)$$

рівняння (3.5) записується у вигляді лінійної залежності в нових координатах x і y :

$$y = A + bx, \quad (3.7)$$

яке і обробляється методом найменших квадратів для встановлення чисельних значень параметрів рівняння a і b .

Як відомо, ідея методу найменших квадратів полягає в такому виборі значень шуканих параметрів рівняння, при якому, обчислені з їх участю за аналітичною залежністю витрати відхиляються від вимірних витрат на мінімально можливі для даної групи вимірювань значення. Будь-які інші параметри призведуть, до більшого середнього квадратичного відхилення вимірних витрат від теоретичної кривої. Ці відхилення для кожної витрати записуються у вигляді рівнянь

$$E = A + bx - y. \quad (3.8)$$

Тут E – відхилення обчислених за рівнянням логарифмів витрат від логарифмів вимірних витрат y .

На вимогу методу найменших квадратів необхідно визначити суму квадратів відхилень

$$S = E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2. \quad (3.9)$$

і визначити, при яких значеннях параметрів A і b ця сума буде мінімальною. Очевидно це можливо в точках, де перші похідні функції S по A і b набудуть нульових значень, тобто

$$\frac{dS}{dA} = 2(A + bx_1 + y_1) + 2(A + bx_2 + y_2) + \dots + 2(A + bx_n + y_n) = 0, \quad (3.10)$$

$$\frac{dS}{db} = 2(A + bx_1 + y_1)x_1 + 2(A + bx_2 + y_2)x_2 + \dots + 2(A + bx_n + y_n)x_n = 0. \quad (4.11)$$

Після перетворень і спрощень цих параметрів одержуються такі 2 рівняння, в яких знак \sum означає підсумовування елементів по змінній $i=1 \div N$, де N – загальне число вимірювань

$$AN + b\sum x_i = \sum y_i, \quad (3.12)$$

$$A\sum x_i + b\sum x_i^2 = \sum x_i y_i, \quad (3.13)$$

З цієї системи невідомі параметри A і b можна обчислити методом простого виключення, в результаті одержуються рівняння

$$b = (N\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i) / (N\sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i), \quad (3.14)$$

$$A = (\sum y_i - b\sum x_i) / N. \quad (3.15)$$

Враховуючи позначення (4.6), параметр a обчислюється з рівняння (3.15) потенціюванням, тобто

$$a = e^A. \quad (3.16)$$

Встановлені таким чином параметри a і b є оптимальними, оскільки вони задовольняють умову дотримання мінімуму суми квадрата відхилень вимірюваних витрат від обчислених за рівнянням (4.3). Середнє квадратичне відхилення обчислених витрат $Q_{кр}$ від вимірюваних $Q_{вим}$ по всіх $i=1 \div N$ вимірюваннях обчислюється за формулою

$$\sigma = \sqrt{(Q_{i,кр} - Q_{i,вим})^2 / (N - 1)}. \quad (3.17)$$

Однак, задане на першому етапі початкове значення параметра H_0 рівняння (3.3) є наближеним. Тому на другому етапі реалізації методу розрахунку оптимальних параметрів рівняння кривої витрат має бути їх уточнення методом підбору. Це уточнення виконується за програмою на ПЕОМ в діалоговому режимі і дозволяє досягнути абсолютного мінімуму відхилень обчислених витрат від виміряних. Показники відхилень для кожної витрати, контролюються за таблицею відхилень, яка зображується на екрані. На екрані також висвічуються дані про середні – абсолютне і квадратичне відхилення. Одночасно оператор може викликати на екран графік теоретичної кривої, побудованої при заданому варіанті H_0 з нанесеними емпіричними точками. Крім цього, для аналізу оператору надається можливість викликати на екран графік кривої витрат даного року спільно з кривими минулих років. Нарешті, підбір H_0 можна контролювати графіком із зображенням теоретичної кривої витрат, площ перерізу русла і середньої швидкості течії.

Після діалогу оператора з програмою у вигляді нового введеного числа H_0 і одержання від програми нових показників точності апроксимації кривої витрат з повторною реалізацією методу найменших квадратів, виникає можливість оцінки заданого варіанта H_0 . Після низки кроків діалогу з програмою можна вибрати таке значення H_0 , при якому показники середніх відхилень – абсолютний і квадратичний виявляються мінімальними. Для цього випадку параметри рівняння (3.3) вважаються оптимальними.

Крім степеневого рівняння в гідрометричній практиці широко використовується також поліноміальне рівняння для аналітичного опису кривої витрат. Поліном n степеня виражається рівнянням

$$Q = a_0 + a_1H + a_2H^2 + \dots + a_nH^n, \quad (3.18)$$

де Q , H – відповідні витрати води і рівні, до яких вони віднесені;

a_0 , a_1 , ..., a_n – параметри рівняння, які встановлюються методом найменших квадратів;

n – порядок полінома.

Цей тип рівняння широко застосовується при аналітичній апроксимації кривої витрати. Однак, степінь полінома повинен бути обмежений значеннями 2, 3. При більш високих степенях і малому числі

вимірних витрат теоретична крива може стати місцями ввігнутою і мати інші ефекти зайвої гнучкості кривої, які не мають обґрунтування.

Параметри рівняння (3.18) встановлюються методом найменших квадратів, схема якого викладена вище на прикладі розрахунку параметрів степеневого рівняння (3.3). Спочатку складається нормальна система Гаусса за типом рівнянь (3.11), а потім одним із способів лінійної алгебри обчислюються самі коефіцієнти, наприклад, ітераційним способом Гауса-Зейделя.

Порівняльний аналіз застосування степеневого рівняння (3.3) і поліноміального рівняння (3.18) для аналітичного опису кривої витрат виконувався деякими авторами, вони відзначають, що степеневе рівняння має основний параметр H_0 – рівень нульового стоку, який перебуває поза межами основного потоку точок, а також недостатня гнучкість цієї кривої при високих рівнях в зоні виходу води на заплаву. Для більш низького діапазону ця крива добре враховує форму розташування точок на графіку, яка відображає гідравлічні і морфометричні особливості потоку. Поліноміальне рівняння має низку недоліків вказаних вище. Його позитивна властивість – здатність врахувати вигин кривої у верхній частині для рівнів виходу води на заплаву виявляється при великих значеннях показника b , однак в цьому випадку виникають небажані ефекти, згадані раніше. З фізичних міркувань рівняння однозначних кривих витрат, властиві рівномірному руху, повинні задовольняти умові опуклості, маючи позитивними першу і другу похідні:

$$dQ/dH > 0; d^2Q/dH^2 > 0. \quad (3.19)$$

Однак, як вказувалося вище, при великих значеннях показника n і нерівномірному розташуванні точок по діапазону коливання рівнів, ці умови часто порушуються, що не відповідає законам річкової гідравліки і виникає через похибки вимірювань витрат води. Рівняння (3.3) при $b > 2$ позбавлено цих невдач апроксимації кривої витрат. У цьому випадку можна застосовувати метод поєднання двох степеневих рівнянь кривих витрат, кожне зі своїми параметрами. Криві стикуються при рівні виходу води на заплаву, утворюючи єдину криву витрат для всього діапазону рівнів. Це може стати цілком прийнятною альтернативою описаним вище способам апроксимації кривої витрат.

3.4 Екстраполяція кривої витрат до вищих рівнів

При перерахунку середньодобових рівнів води у витрати необхідно мати обґрунтовану вимірюваннями криву витрат, побудовану для всього діапазону коливання рівня води за рік – від мінімального в році до максимального. Однак, на практиці не завжди вдається зафіксувати

екстремальні витрати води. Тому необхідно вдаватися до екстраполяції кривих витрат води за межі їх вимірних значень. Найчастіше доводиться екстраполювати криву витрат вгору, рідко – у бік нижчого рівня.

Більшість способів екстраполяції кривих витрат базується на використанні операції графічної екстраполяції витрат до вищих рівнів або екстраполяцією гідравліко-морфологічних показників русла, які складають формулу Шезі (C , I , $CI^{0,5}$ та ін.). Ці методи успішно реалізовані для рівнів в межах головного русла, де тип руху води близький до рівномірного.

Графічна екстраполяція «по тенденції» кривої до найвищих відміток є суб'єктивною і застосовується тільки на діапазон рівнів не більше за 5-10% від річної амплітуди їх коливання. При використанні аналітичного рівняння зв'язку витрат з рівнями витрати при високих рівнях обчислюються безпосередньо за рівнянням. Однак аналітична екстраполяція за рівнянням також часто має наближений характер, оскільки враховує гідравлічні особливості тільки деякої частини потоку в межах зони рівнів, забезпеченої вимірюваннями витрат. Надійна екстраполяція кривої витрат можлива тільки на гідравлічній основі з використанням надійних вимірювань витрат води в забезпеченій вимірюваннями частині амплітуди рівнів.

Нижче викладається методика екстраполяції, в основу якої покладені такі два варіанти гідравлічної залежності:

1. Використовується формула зв'язку поточних витрат Q і відповідних їм площ перерізу F при різних рівнях заповнення русла, яка визначена шляхом інтегрування рівняння несталого руху води (у вигляді «кінематичної хвилі», коли не утворюється виразних петель)

$$Q = Q_0(F / F_0)^m, \quad (3.20)$$

де Q_0 і F_0 – відповідно витрата води і площа живого перерізу для рівня, забезпеченого даними вимірювань у верхній частині діапазону рівнів, m^3/c та m^2 ;

m – показник степеня, величина якого залежить від форми русла.

2. Іншу гідравлічну залежність розроблено в формі виразу поправки до коефіцієнта шорсткості n в формулі Манінга для коефіцієнта Шезі C , після чого формула для C набуває вигляду

$$C = (1 + 0,042h^{1/3} / gb_0n_0^2)^{-0,5} h^{1/6} / n_0, \quad (3.21)$$

де h – середня глибина потоку в перерізі, м;

n – коефіцієнт шорсткості;

b – відносна ширина русла, яка дорівнює $B/h_{сер}$, де B – ширина русла по водній поверхні, м;

g – прискорення сили тяжіння.

Рівняння (3.21) справедливе для широких русел (при $b > 30$ м). Всі розрахунки по екстраполяції витрат до вищих рівнів по обох варіантах виконуються в 2 етапи:

1. По наявних вимірних витратах встановлюються опорні значення параметрів рівнянь зв'язку витрат з рівнями для верхнього відрізка кривої, який передуює зоні екстраполяції;

2. Власне розрахунок екстрапольованої для заданого рівня витрати води.

Перший варіант екстраполяції виконується з використанням виразу (3.20), з якого розрахунком обчислюється параметр m за даними Q і F двох суміжних вимірювань витрат води при високих рівнях, що передують зоні екстраполяції. Після логарифмування і перетворення (3.20) одержується такий вираз для m :

$$m_i = (\ln Q_i - \ln Q_{i-1}) / (\ln F_i - \ln F_{i-1}), \quad (3.22)$$

де m – характеристика форми руху потоку, індекс i відповідає вимірній витраті води, розташованій на самому верхньому кінці кривої витрат, а $i-1$ належить до іншої витрати, розташованої по рівню нижче від першого. Бажано, щоб обидві обрані вимірні витрати розташовувалися як можна ближче до кривої витрат, оскільки різнобічні відхилення цих витрат від кривої за рахунок похибки вимірювань можуть призвести до помилки при підрахунку параметра m за формулою (3.22) і частина кривої, що екстраплюється вгору, одержить неправильний напрямок. Значення цієї похибки можна зменшити, якщо вибрати різницю витрат $Q_i - Q_{i-1}$ досить значущою – вона повинна принаймні в 2 рази перевищувати за модулем похибку вимірювань витрат.

При автоматизованому обчисленні параметрів рівняння кривої витрат за програмою на ПЕОМ вибір достатньої відстані по рівню між i -ю і $(i-1)$ -ю витратами втрачає актуальність, оскільки при машинному розрахунку в формулу (3.20) для параметра m вводяться не вимірні дані F і Q , а обчислені за рівнянням. Параметри рівняння кривої одержані методом найменших квадратів, а вплив випадкових похибок вимірювання витрат компенсовано місцеположенням самої кривої. Тому необхідно особливо ретельно оптимізувати параметр H_0 рівняння (3.3) для кривої витрат, вимагаючи мінімальних відхилень теоретичної кривої від вимірних витрат. Система «КАДАСТР» при наявності якісних вимірювань витрат дозволяє гідрологу-оператору в діалозі з програмою

підібрати на ПЕОМ оптимальне положення кривої серед точок в будь-якій зоні виміряних рівнів і витрат.

Підсумком першого етапу першого варіанта екстраполяції є одержання параметра m . На другому етапі екстраполяції цей параметр береться для розрахунку екстрапольованої витрати за формулою (3.22), тільки в цьому випадку в якості $(i-1)$ -ї витрати і площі перерізу виступають Q і F за даними вимірювань при найвищому рівні, а місце i -ї займає витрата і площа для рівня екстраполяції $Q_{екстр}$ і $F_{екстр}$, тобто

$$Q_{екстр} = Q_i (F_{екстр} / F_i)^m. \quad (3.23)$$

Другий варіант розрахунку екстрапольованої витрати базується на використанні формули Шезі з урахуванням формули (3.21). З цієї формули можна виділити коефіцієнт шорсткості русла для вимірної при найвищому рівні i -ї витрати, тобто

$$n_{0,i} = h_i^{1/6} (1/C_i^2 - 0,042 h_i^{1/3} / g b_0)^{1/2}, \quad (3.24)$$

а коефіцієнт Шезі C обчислюється з формули Шезі за даними i -ї витрати

$$C_i = Q_i / (F_i \sqrt{h_i I}). \quad (3.25)$$

Значення екстрапольованої витрати $Q_{екстр}$ обчислюється за формулою Шезі з урахуванням екстрапольованих значень $F_{екстр}$, $h_{екстр}$ і $b_{екстр}$, а також коефіцієнта шорсткості n_0 за формулою (3.26)

$$Q_{екстр} = [(1 + 0,042 h_{екстр}^{1/3} / (g n_{0,i}^2 b_{екстр}))]^{-0,5} (h_{екстр}^{1/6} F_{екстр} \sqrt{h_{екстр} I}) / n_{0,i} \quad (3.26)$$

У формулі (3.26) вираз в квадратних дужках є поправкою до коефіцієнта шорсткості $n_{0,i}$, яка приводить його до умов течії води в діапазоні екстраполяції кривої витрат.

На думку автора методики аналітичної екстраполяції, її можна застосовувати і для заплавних створів за умов, що заплава затоплена на достатню глибину. При складній морфології заплави і великих відмінностях в глибинах затоплення фрагментів заплав утвориться система

мало пов'язаних між собою проток. У цьому випадку екстраполяційні розрахунки виконуються окремо по фрагментах в руслі та на заплаві. Точність екстраполяції значною мірою залежить від відношення кроку екстраполяції ($Q_{екстр} - Q_i$) до повного діапазону зміни вимірних витрат від $Q_{мін}$ до $Q_{макс}$. Якщо цей показник залишається в межах 15-20%, похибка аналітичної екстраполяції не перевищує 10%. Досвід застосування описаного вище методу екстраполяції показав, що не зважаючи на простоту розрахункової залежності і мінімальний об'єм даних, цей метод має незаперечні переваги над іншими.

Екстраполяція кривої витрат вниз до мінімальних рівнів з використанням рівняння (3.3) виявляється порівняно простою задачею, оскільки крива орієнтована цим рівнянням на рівень нульового стоку.

3.5 Обчислення добового стоку методом сплайн-інтерполяції

При автоматизованому підрахунку добових витрат води за способом інтерполяції перехідних коефіцієнтів найбільш прийнятним виявляється метод кубічного сплайна. Кубічний сплайн – рівняння 3-го степеня від аргумента i – числа днів від початку року. Якщо представити поле графіка точками $K_{зим}$ і t , визначивши для простоти $y = K_{зим}$, а $x = i$, то вираз для кубічного інтерполяційного сплайна на ділянці часової осі між датами вимірювання двох суміжних витрат i -ї та $(i-1)$ -ї запишеться в такому вигляді

$$S(x) = [(m_{i-1}/6)(x_i - x)^3 + (m_i/6)(x - x_{i-1})^3 + (y_{i-1} - m_{i-1}h_i^2/6)(x_i - x) - (y_i - m_i h_i^2/6)(x - x_{i-1})]/h_i, \quad (3.27)$$

де $S(x)$ – ордината сплайна для будь-якого x ;

x_i, x_{i-1} – число днів від початку року до i -ї та $(i-1)$ -ї вимірної витрати згідно таблиці вимірних витрат;

$h = x_i - x_{i-1}$ – означає число днів між суміжними вимірюваннями;

m_i – другі похідні кривої сплайна для дати i -ї витрати;

y_i – значення K_i для i -ї витрати.

У програмній системі «КАДАСТР» використовується особлива форма сплайна-згладжуючий кубічний сплайн, який дозволяє провести інтерполяційну криву в згладженій формі між точками, допускаючи відхилення між ними на величину, яка не перевищує можливої похибки вимірювання витрат. При цьому згладжуюча крива зберігає форму загального потоку точок. Міра згладжування задається через коефіцієнт

згладжування, який змінюється в межах від 0 до 1. Вибір цього коефіцієнта здійснюється в програмі «КАДАСТР».

При досить великій кількості вимірювань витрат води протягом року використання кубічного сплайна виявляється особливо ефективним в порівнянні з іншими способами, в тому числі і при відсутності надійної кривої витрат води. У цьому випадку спосіб кубічного сплайна дає можливість обчислити щодобові витрати для всього року з урахуванням коливань рівнів і поєднанням перехідних фаз водного режиму ріки. Ефективність згладжуючого сплайна пояснюється також тим чинником, що обмежена ним площа графіка дорівнює площі сплайна, який проходить точно через всі точки вимірювань витрат води. Це дуже важливо для правильного визначення об'ємів стоку, що є однією з головних задач розрахунків добового стоку.

3.6 Автоматизована інформаційна система ДВК "Підземні води"

Формування автоматизованої інформаційної системи ДВК. Введення в дію *автоматизованої інформаційної системи (АІС) ДВК "Підземні води"* забезпечувало формування мережі взаємозв'язаних банків даних територіального і загальнодержавного рівнів ведення системи для задоволення інтересів народного господарства.

АІС мала інформацією про води, які використовуються для господарсько-питного водопостачання, зрошення земель і промислового водопостачання.

Пусковий комплекс *першої черги* АІС ДВК за розділом "Підземних вод" забезпечував отримання інформації по двох найбільших артезіанських басейнах Європейської частини СРСР: Московському і Дніпровському.

Об'єктом першої черги АІС ДВК було створення автоматизованого *банку даних*, яке передбачало збір, обробку і передавання даних про водні об'єкти, режим і якість підземних вод за кількісними та якісними показниками.

До відомостей, які надавалися користувачам, входили дані про:

- 1) родовища підземних вод;
- 2) результати спостережень за їхнім режимом і хімічним складом.
- 3) потенційні ресурси і розвідані експлуатаційні запаси підземних вод тощо.

На цьому етапі (для території України) база даних містила облікові і паспортні дані:

- первинну облікову інформацію;
- паспортні дані родовищ;
- паспортні дані водопунктів.

Графік складу, обсягів і термінів поповнення бази даних АІС ДВК територіального рівня для "Західукргеологія" затверджено центром ДВК.

Щодо формування АІС ДВК було виконано такі види та обсяги робіт:

1. Паспортизація свердловин (джерел), у тім числі:

- а) паспортизація спостережних пунктів за вивченням режиму підземних вод із тривалістю спостереження 12 років і більше;
- б) паспортизація пунктів спостережень з вивчення режиму підземних вод з тривалістю спостережень від 7-ми до 12-ти років;
- в) паспортизація водопунктів інших видів (МПВ) тощо.

2. Облік даних режиму підземних вод за пунктами спостережень з вивчення режиму підземних вод.

3. Облік даних про якість підземних вод:

- а) за пунктами спостережень з вивчення режиму підземних вод;
- б) за водопунктами інших видів.

4. Паспортизація родовищ підземних вод за всіма розвіданими МПВ.

5. Облік водозабірних споруд підземних вод: складання облікових карток на водозабірні споруди.

6. Складання журналу обліку водовідбору на діючих водозабірних спорудах підземних вод.

7. Складання журналу обліку водовідбору підземних вод за об'єктами адміністративно-територіального поділу.

Порядок використання кадастрової інформації. Нормальне функціонування будь-якої системи, передусім автоматизованої, передбачає **зворотний зв'язок**.

В автоматизованій інформаційній системі Державного водного кадастру зворотний зв'язок здійснюється через систему запитів від користувачів до інформації, яка міститься в банку даних цієї системи.

Залежно від завдань, що вирішуються в автоматизованій системі Державного водного кадастру (наприклад, розділ "Підземні води"), **запити** можна класифікувати за видом обслуговування абонентів та за часовим режимом.

Серед **користувачів інформацією** розрізняють два види обслуговування запитів користувачів:

- 1. Користувачі, поставлені на *постійне обслуговування*.
- 2. Користувачі, яких обслуговують в режимі *разових запитів*.

До **регламентованих запитів**, здебільшого, належать:

- *заявки* на дані із періодичної інформації (щорічні дані для міжвідомчого видання "Ресурси поверхневих і підземних вод, їх використання та якість";

- *каталожні дані*, які публікуються в роки, кратні п'яти, для міжвідомчого видання "Водні ресурси і їх використання".

Щодо вирішення окремих видів завдань публікацію вважають достатнім видом інформаційного обслуговування. Та до регламентованих запитів можна зачислити не тільки заявки на періодичну інформацію.

Нерегламентовані запити — це звернення користувачів інформацією у відповідні підрозділи гідрогеологічної служби Держкомгеології за інформацією щодо конкретних водних об'єктів, а саме:

1. Запити на довідкові дані про те, де і яка інформація зберігається і в якій формі.

2. Запити на дані спостереження, які не опубліковані і зберігаються у фондах або опубліковані, та за певних причин не доступні для запитуючих.

Запити даних спостережень налічують:

- запити на гідрогеологічні дані (про метод і результати проведених гідрогеологічних, розвідувальних, дослідних робіт, про підрахунок експлуатаційних запасів підземних вод);

- запити на дані режимних спостережень (дані поточних спостережень та архівні дані).

3. Запити на розрахункові гідрогеологічні характеристики, тобто на ту інформацію, яку можна було б безпосередньо використовувати в проектних розробках. Залежно від призначення їх поділяють на:

- запити щодо проектування водозабірних споруд або штучного відновлення підземних вод;

- запити щодо гідрогеологічних даних для прогнозу;

- запити щодо розрахунку окремих характеристик балансу та інших цілей. До нерегламентованих можуть іноді також зачислити запити щодо даних публікацій.

Важливим щодо обслуговування користувачів є також класифікація перелічених типів *запитів за видами гідрогеологічних об'єктів*: басейн підземних вод; родовище підземних вод; водоносний горизонт; пункт спостережень за підземними водами.

3.7 Автоматизована інформаційна система ДВК "Поверхневі води"

Загальні положення. Для вирішення завдань вдосконалення технології збору, обробки і видання гідрологічної інформації виникла потреба створення автоматизованої інформаційної системи Державного водного кадастру.

Автоматизована інформаційна система Державного водного кадастру (АІС ДВК) — це науково обґрунтований технологічний комплекс, який забезпечував автоматизовану передачу, накопичення, обробку і видання користувачам різноманітних відомостей про водні об'єкти, ресурси, режим, якість і використання поверхневих і підземних вод, а також про водокористувачів.

Найважливішим елементом АІС ДВК слугувала *інформаційна база*: архів даних, занесених на уніфіковані технічні носії, придатні для довготривалого збереження і вводу в комп'ютер. Склад інформаційної бази багато в чому визначав можливості системи.

Доступ до інформаційної бази, обробка інформації, що містилася в ній, у тім числі виконання спеціальних видів гідрологічних розрахунків, видання даних користувачам здійснювали засобами *банків даних*.

Банки даних — комплекси технічних, логічних, мовних і програмних засобів, що забезпечують накопичення і багатоаспектне використання інформаційної бази для обслуговування користувачів.

Розробку АІС ДВК в колишньому СРСР розпочато в 1978 році за трьома розділами: Поверхневі води; Підземні води; Використання вод.

У 80-х роках введено в експлуатацію першу чергу АІС ДВК. Це дало змогу автоматизувати обробку і видання користувачам обмежених на той період, але досить різноманітних відомостей щодо водних ресурсів СРСР (у тім числі і на територію України), їхнього використання.

За розділом *"Поверхневі води"* в дослідну експлуатацію на початку було здано сім банків даних:

1. Ріки і канали.
2. Озера і водосховища.
3. Якість поверхневих вод.
4. Моря і морські гирла річок.
5. Льодовики.
6. Селі.
7. Спеціалізований банк даних "Державний водний кадастр".

Це передбачало отримання автоматизованим шляхом:

- базових гідрографічних характеристик для понад 11 тисяч річкових басейнів (на території СРСР);

- характеристики для 5000 пунктів спостережень на річках СРСР;
- даних прибережних і глибоководних спостережень на морях СРСР;
- матеріалів гідрохімічних спостережень для 3500 пунктів;
- морфометричних і режимних характеристик льодовиків;
- відомостей про 482 селевих басейни та іншу інформацію.

Засобами спеціалізованого банку даних "Державний водний кадастр" забезпечено, на відміну від інших банків, отримання узагальнених даних щодо водних ресурсів річкових басейнів, адміністративних районів і економічних районів, союзних республік і СРСР загалом, а також розрахункових гідрологічних характеристик для чималої кількості гідрометричних гідростворів на річках і каналах.

Обчислення первинної інформації для підготовки щоквартальних, піврічних і річних звітів в Україні здійснювали в *Головному інформаційно-обчислювальному центрі Українського Гідрометцентру (ГІОЦ)*, куди інформація надходила щоквартально до 20-го числа місяця, наступного за

звітним кварталом, у вигляді електронних журналів ГХЗ, оформлених відповідно до "Методичних вказівок з ведення державного водного кадастру". В електронному варіанті містяться дані щодо усіх пунктів спостережень з 1991-го року.

Проблеми та перспективи розвитку. У 90-х роках роботи зі створення АІС ДВК набули подальшого розвитку. Створена друга черга системи, яка відрізняється суттєво розширеною інформаційною базою і значно різноманітнішим складом відомостей, що видаються.

Головне завдання АІС ДВК — оперативне забезпечення державних органів, підприємств, установ, організацій, громадян необхідними даними про водні ресурси.

Носієм даних за попередній період спостережень є *Державний гідрологічний інститут* (м. Санкт-Петербург). Тут сформовано банк даних "Державний водний кадастр". Він містить паспортні відомості щодо водних об'єктів, річних витрат води і об'ємів її використання, середніх для водойм рівнів і втрат на випаровування з поверхні водосховищ.

Архіви на магнітних стрічках зберігаються тільки у *Всеросійському науково-дослідному інституті гідрометеорологічної інформації* — *Міжнародному центрі даних (ВНДІП-МІЦД)*. ВНДІП-МІЦД належить до системи геофізичних центрів Міжнародної ради наукових союзів, Міжурядової океанографічної комісії ЮНЕСКО і Всесвітньої метеорологічної організації. Він передбачає виконання десяти функцій. Однією з них є: Ведення державного водного кадастру (річки і канали) Російської Федерації.

Обслуговування (як поточною інформацією, так і архівними матеріалами) провадять через систему *режимно-довідкових банків даних (РДБД)*. Зазначимо, що існують такі Світові центри даних у США, Росії, Японії, Європі і Китаї.

ДВК займає важливе місце у системі державних інформаційних ресурсів. ДВК як система повинен налічувати декілька основних підсистем: державний кадастровий облік; державна кадастрова оцінка водних ресурсів; інформаційно-аналітична підсистема; ведення картографічної основи; моніторинг водних ресурсів; надання відомостей, кадастрових послуг і сервісу.

Сьогодні вирішуються проблеми:

- створення єдиної картографічної основи ведення ДВК як на локальному, так і на регіональному рівнях, організаційне, технологічне та інформаційне її забезпечення, підтримка й оновлення;
- впровадження сучасних геоінформаційних технологій для вирішення інформаційно-аналітичних завдань водного кадастру, у тім числі застосування таких ГІС-продуктів і технологій ведення баз даних, які забезпечуватимуть збір, збереження й опрацювання значного обсягу

розподілених кадастрових і інших географічних даних з подальшим їхнім аналізом і наданням;

- організація обміну даними з іншими державними відомствами і службами;

- поступове переведення картографічних матеріалів з паперової в цифрову форму, зниження їхньої секретності за рахунок попереднього "розвантаження" тощо.

Питання для самоперевірки засвоєння матеріалу розділу 3

1. Охарактеризуйте головні методи та програми автоматизованого обчислення параметрів кривої витрат.

2. Яким методом обчислюється стік води при однозначному зв'язку між витратами і рівнями води?

3. Назвіть і коротко поясніть основні програми для автоматизованого обчислення стоку води на ПЕОМ.

4. Автоматизована інформаційна система обліку стоку води, наносів і розчинених хімічних речовин.

5. Автоматизований метод обчислення добового стоку «КАДАСТР».

6. Гідравлічна залежність витрат від рівнів води.

7. Розрахунок оптимальних параметрів рівняння кривої витрат. Степенева залежність.

8. Розрахунок оптимальних параметрів рівняння кривої витрат. Поліноміальне рівняння.

9. Методи екстраполяції кривої витрат води до вищих рівнів.

10. Обчислення добового стоку води методом сплайн-інтерполяції.

4. МЕТОДИ РОЗЧЛЕНУВАННЯ ГІДРОГРАФІВ РІЧКОВОГО СТОКУ

4.1 Типові схеми розчленування гідрографів річки

Розчленування гідрографа загального стоку полягає у виділенні на гідрографі об'ємів води, сформованих різними джерелами живлення (дощове, снігове, підземне, льодовикове).

Підземне живлення річок здійснюється за рахунок стоку в річки ґрунтових і артезіанських вод. Динаміка підземного стоку з окремих водоносних горизонтів залежить від ступеня гідравлічного зв'язку цих горизонтів з річкою.

а. Водоносні горизонти, які не мають гідравлічного зв'язку з річкою. Режим стоку з цих горизонтів близький до режиму поверхневого стоку з деяким зсувом фаз ходу рівня праворуч (запізнювання) по осі часу.

б. Водоносні горизонти, гідравлічно пов'язані з річкою. Режим стоку з цих горизонтів має протилежну спрямованість фаз у порівнянні з поверхневими водами. Максимуму поверхневого стоку відповідає мінімум підземного стоку.

в. Водоносні горизонти, які мають періодичний гідравлічний зв'язок з річкою. Режим стоку з цих горизонтів має змішаний характер.

При висхідній стадії весняного водопілля в прибережній зоні утворюються зворотні гідравлічні ухили ґрунтового потоку і відбувається інфільтрація річкових вод з берега.

При спаді водопілля дзеркало ґрунтового потоку набуває нахилу до річки і починається зворотний стік в річку води, яка профільтувалася в береги. Умовно це називається «береговим регулюванням поверхневого стоку» - явище інфільтрації річкових вод в береги у висхідній стадії водопілля і повернення їх в річку на спаді водопілля.

Таким чином, в процесі берегового регулювання відбувається лише перерозподіл поверхневого стоку всередині весняної повені.

Підземне живлення річок за рахунок основних запасів підземних вод водозбору в період високих рівнів різко скорочується, а для випадку повного гідравлічного зв'язку ґрунтових вод з річкою підземне живлення в період водопілля можна вважати рівним нулю. При цьому слід враховувати площу водозбору і закономірності розвитку підземного стоку.

4.2 Розрахунок величини підземного живлення в річку за гідрографом за період паводка методом О.С. Попова

При оцінці складного водообміну між річкою і підземними водами в різних умовах гідравлічного взаємозв'язку берегового регулювання в

період водопілля і паводків для низхідного і підпірного режиму розглядається співвідношення характерних підземних витрат:

Q_{III} – до початку підйому рівня річкових вод;

Q_n – в період водопілля і паводків;

Q_k – в період спаду.

При низхідному режимі підземного стоку в річки в умовах відсутності гідравлічного зв'язку водоносного пласта і при гідравлічному зв'язку при слабкому впливі підпору на режим підземних вод прибережної зони спостерігається закономірність, наведена на рис. 4.1.

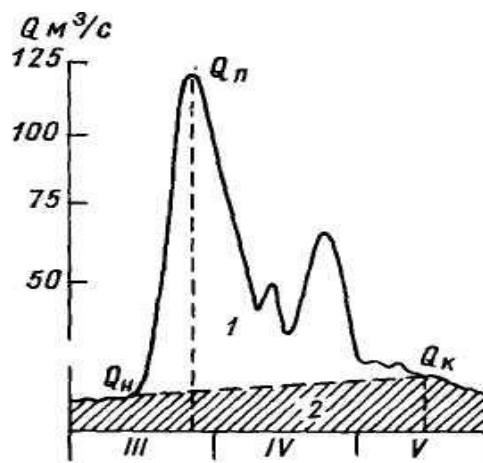


Рис. 4.1 – Гідрограф в період водопілля:
1 – поверхневий стік, 2 – підземний стік.

Співвідношення витрат при цьому буде:

$$а) Q_{III} < Q_n, Q_n > Q_k; \quad (4.1)$$

$$б) Q_{III} < Q_n, Q_n < Q_k; \quad (4.2)$$

Як видно з рис. 4.2 тип «а», «б» і наведених співвідношень витрат, при низхідному режимі витрата підземного припливу в річку в період підйому рівня річкових вод збільшуватиметься.

При підпірному режимі підземного стоку в річки в умовах гідравлічного зв'язку водоносного пласта підйом рівня річкових вод внаслідок підпору призводить до утворення зворотних ухилів і спостерігаються закономірності типу «в» і «г», наведені на рис. 4.1. Співвідношення витрат при цьому:

$$в) Q_{III} > Q_n, Q_n < 0, Q_{III} < Q_k; \quad (4.3)$$

$$г) Q_{III} > Q_n, Q_n > 0, Q_{III} < Q_k. \quad (4.4)$$

У разі режиму за схемою «в» максимум річкового стоку відповідає мінімуму підземної притоки, що відповідає негативній фазі підземного стоку.

У певних умовах підпір скорочує підземний стік в річку, але в період водопілля відбувається підземне живлення річки за типом «г».

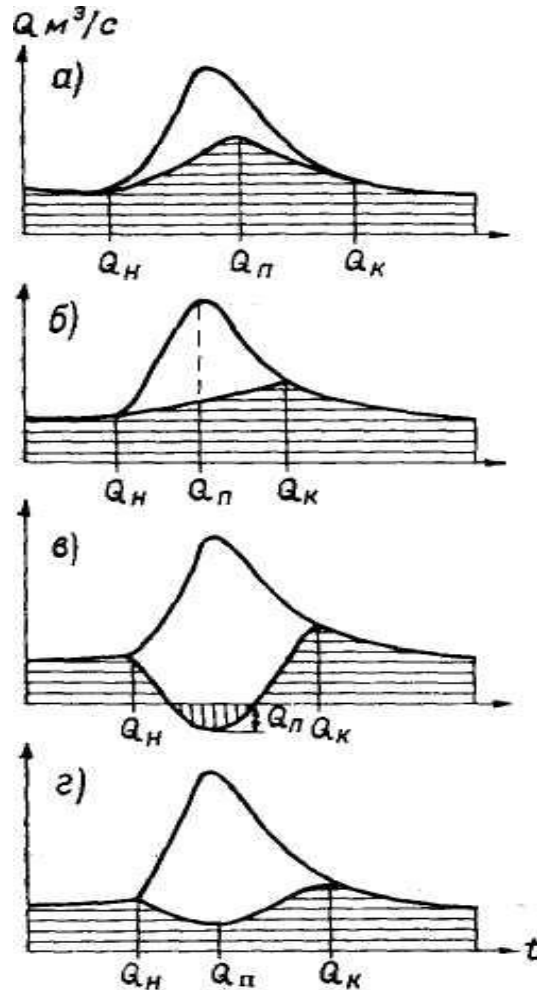


Рис. 4.2 – Основні типи режиму підземного стоку в річки (підземного живлення річок):

Тип низхідного режиму: а) $Q_{\text{ПІІ}} < Q_n$, $Q_n > Q_k$;

б) $Q_{\text{ПІІ}} < Q_n$, $Q_n < Q_k$;

Тип підпорного режиму: в) $Q_{\text{ПІІ}} > Q_n$, $Q_n < 0$, $Q_{\text{ПІІ}} < Q_k$;

г) $Q_{\text{ПІІ}} > Q_n$, $Q_n > 0$, $Q_{\text{ПІІ}} < Q_k$.

4.3 Визначення підземної складової річкового стоку в період водопілля за гідрохімічними даними

Підземна складова річкового стоку може в загальному вигляді визначатись за рівнянням

$$Q_{\text{підз}} = Q_p \frac{C_p - C_{\text{пов}}}{C_{\text{підз}} - C_{\text{пов}}}, \quad (4.5)$$

де $Q_{\text{підз}}$, Q_p – витрати підземних і річкових вод, м³/с;

C_p , $C_{\text{пов}}$, $C_{\text{підз}}$ – концентрація одного з компонентів мінералізації річкових, поверхневих і підземних вод, мг/дм³.

В якості індикатора мінералізації може обиратися іон HCO_3^- , оскільки залежність його вмісту від загальної мінералізації є достатньо тісною для річок України.

Питання для самоперевірки засвоєння матеріалу розділу 4

1. Типові схеми розчленування гідрографа річки.
2. Розрахунок величини підземного живлення в річку по гідрографу за період паводка методом О.С. Попова.
3. Визначення підземної складової річкового стоку в період водопілля за гідрохімічними даними.

5. ОБЧИСЛЕННЯ СТОКУ НАНОСІВ

5.1 Основні відомості про наноси

Річковими наносами називаються тверді частинки, утворені в результаті ерозії водозборів і русел, які переносяться водотоками і формують їх ложе.

Інтенсивність силової ерозії залежить від характеру та величини поверхневого стоку, а тому зумовлена інтенсивністю дощів і таненням снігів. Значно впливають на інтенсивність ерозії характер і стан рослинного покриву, властивості ґрунтів і рельєф місцевості. Розвитку схилової ерозії сприяють процеси фізичного, хімічного та біологічного вивітрювання гірських порід.

Вплив водного потоку на русло виявляється в: 1) розмиві (ерозія); 2) перенесенні частинок по річці (транспорт наносів); 3) відкладанні наносів (аккумуляція). Ці три стадії в природних руслах можуть спостерігатися за довжиною всієї річки, однак в залежності від переважання однієї з них можна виділити ділянки, де: 1) ерозія переважає над аккумуляцією; 2) вони взаємно компенсуються; 3) аккумуляція переважає над ерозією.

Річкові наноси в залежності від характеру руху в потоці поділяються на **завислі** та **рухомі**. Такий поділ має умовний характер, тому що в залежності від крупності наносів і швидкості течії потоку будь-які тверді частинки можуть перебувати у завислому стані або рухатися по дну.

Окрім того, наноси поділяються на транзитні та руслоформуючі. Дрібні частинки переносяться до гирла річки переважно транзитом. Більш крупні частинки в залежності від гідравлічних властивостей (ухил, швидкість, глибина) можуть переноситися у завислому або рухомому стані.

Кількість наносів (в кг), що переноситься річкою через поперечний переріз в одиницю часу (в с), називається **витратою наносів**. Зазвичай витрата завислих наносів позначається як R_H (кг/с), витрата рухомих наносів q_H (кг/с).

Сумарна кількість наносів, яка переноситься річкою через поперечний переріз за деякий проміжок часу (доба, місяць, рік), називається **стоком наносів (твердим стоком річки)** і виражається зазвичай в тоннах. Так, якщо середня витрата наносів за час t доби дорівнює R_H (кг/с), то

$$\sum_1^T R_H = R_H \cdot t \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 / 10^3 = 86,4t \cdot R_H. \quad (5.1)$$

Модулем стоку наносів називається стік наносів з 1 км² за певний період часу. Так, для року (т/км²)

$$q_{R_H} = R_H \cdot 31,54 \cdot 10^3 / F, \quad (5.2)$$

де F – площа водозбору, км².

Кількість завислих наносів (в г), яка міститься в одиниці об'єму (1 м³) води, називається **мутністю** (г/м³)

$$\rho_H = R_H \cdot 10^3 / Q. \quad (5.3)$$

Важливою характеристикою наносів є їх гранулометричний склад, тобто розподіл наносів за фракціями: від валунів і гальки до мулистих і глинистих частинок. Середня крупність наносів $d_{\text{сер}}$ характеризується середнім зваженим діаметром частинок, який обчислюється за формулою

$$d_{\text{сер}} = \sum d_i p_i / 100, \quad (5.4)$$

де d_i – середній діаметр певної фракції;

p_i – відсотковий вміст (за вагою) цієї фракції.

Зміна стоку наносів впродовж року. Більша частина твердого стоку річок відбувається в періоди водопілля та паводків. На більшості рівнинних річок в періоди водопілля спостерігається випередження в часі наростання витрати наносів у порівнянні з витратою води, причому максимум витрати наносів настає дещо раніше від піка паводка (приблизно при витраті, що дорівнює $2/3 Q_{\text{макс}}$). При вторинній хвилі водопілля або паводків, як правило, при тих же витратах води спостерігається менша витрата наносів, ніж витрата наносів при основній хвилі водопілля.

Мутність води, яка надходить в русло, є тим більшою, чим інтенсивнішим є поверхневий стік і тим енергійніше відбувається змив ґрунту з поверхні водозбору. Таким чином, впродовж водопілля або паводка мутність води спочатку збільшується, потім зменшується. На малих водозборах момент настання максимуму витрати відповідає часу найбільш інтенсивного надходження води в річку, тобто найбільш інтенсивному змиву ґрунту з водозбору, що зумовлює збіг максимуму витрати наносів з піком водопілля. На малих річках спостерігається і запізнювання піка мутності від піка весняного водопілля. Це пояснюється тим, що в першій половині водопілля стік талої води відбувається при замерзлій поверхні землі, яка важко піддається розмиву. При більш детальному розгляді режиму наносів слід мати на увазі, що процес надходження наносів в річки та їх транспортування потоком

істотно залежить від крупності наносів. На малих річках максимум вмісту дрібних ($d < 0,05$ мм) і крупних ($d > 0,05$ мм) наносів спостерігається одночасно, на великих – різночасно.

На великих річках у формуванні піка водопілля бере участь вода, яка надходить з різних ділянок водозбору, тобто вода, що стікає по його поверхні в різні моменти часу, які відповідають різній інтенсивності поверхневого стоку. Отже, в момент піка водопілля повинна спостерігатися не максимальна мутність, а дещо менша величина. В результаті на великих річках час найбільш інтенсивного руху дрібних і крупних фракцій, або частинок, не збігається. Найбільший вміст дрібних частинок припадає на підйом водопілля, коли в річці вода, яка надходить з найближчих ділянок водозбору в момент найбільш інтенсивного поверхневого живлення і, отже, більш насичена наносами.

За живим перерізом річки наноси розподілені нерівномірно. Зазвичай спостерігається збільшення мутності до дна. Особливо нерівномірний розподіл наносів спостерігається на ділянках, які піддаються інтенсивному розмиву. На цих ділянках наноси часто розподіляються у вигляді більш-менш різко виражених просторових скупчень (жил).

При цьому насиченість наносами окремих точок живого перерізу піддається сильним коливанням. Вимірювання показали, що ці коливання відбуваються в широких межах без визначеної закономірності.

Чим дрібнішими є наноси, тим рівномірніше вони розподіляються за живим перерізом. За глибиною наноси різної крупності розподіляються таким чином, що зазвичай середня крупність наносів збільшується до дна. Бувають випадки, коли в результаті сильних деформацій, накопичення більш крупних частинок виявляються не біля дна, а ближче до середини потоку і навіть, хоча й рідко, ближче до поверхні.

За шириною річки мутність дещо збільшується до середини потоку.

Розглядаючи розподіл завислих наносів за довжиною річки, слід перш за все, відзначити зменшення вниз за течією крупності частинок, яке відбувається як внаслідок зменшення ухилів і пов'язаних з ними швидкостей течії, так і внаслідок стирання наносів при їх переміщенні.

Роль наносів у транспортуванні забруднювальних речовин. Тверді частинки, що перебувають у воді у завислому стані, змінюють режим освітленості водної маси, механічно впливають на гідробіоти. На твердих частинках адсорбується багато мікроелементів і забруднювальних речовин. Вони також забезпечують формування комплексу донних відкладів. Завислі наноси є основним транспортом для різного типу токсичних речовин, зокрема, таких небезпечних, як радіонукліди, що потрапили на поверхню й у ґрунти після аварії на ЧАЕС. Проте, у зв'язку з тим, що деякі радіонукліди, наприклад, стронцій-90, мають низькі сорбційні властивості й велику рухливість, вони перебувають у поверхневому стоці в розчинених формах. У завислих наносах його

опиняється всього 1% від загальної кількості.

За дослідженнями, на річках України висока мутність річкових вод Дунаю, Дністра та ін., пов'язана з тим, що в твердому стоці річок переважають фракції діаметром 0,005-0,15 мм. Це визначає низку екологічних аспектів стану гирлових областей цих річок. Так, у гирлі Дунаю за інших рівних умов, великий вміст мінеральних частинок обмежує розвиток фітопланктону, бактеріо-планктону й інших планктонних організмів, чим певною мірою лімітується процес забруднення річок. У той же час, завислі частинки адсорбують на собі значну кількість забруднювальних речовин (до 80-90% від валового вмісту), таких як важкі метали й органічні сполуки – пестициди, нафтопродукти, феноли, СПАР та ін. Доведено, що на мулистій фракції наносів інтенсивно осідають іони металів – міді й марганцю.

Таким чином, суспензії твердих частинок у Дунайській воді, з одного боку, виступають як чинник концентрації токсикантів, з іншого – як показник самоочищення річкової води. Осадження суспензій у донні відклади річок або водосховищ призводить, зазвичай, до зниження токсичності водних мас. Завислі наноси складають основну частину (до 90%) твердого стоку.

5.2 Методи обчислення стоку завислих наносів

I. Обчислення стоку завислих наносів на основі мутності одиничних проб води. Початковими даними для обчислення стоку завислих наносів за мутністю одиничних проб слугують:

1) мутність одиничних проб води, узятих у визначеному місці щодня (позначається $\rho_{од}$):

а) в один термін (зазвичай о 8 годині), аналізованих окремо; мутність таких проб береться в якості середніх добових значень, якщо коливання мутності протягом доби незначні;

б) в один термін (зазвичай о 8 годині), злитих по пентадах або декадах; мутність таких усереднених проб береться в якості середніх пентадних або середніх декадних значень, якщо мутність мала;

в) в декілька термінів протягом доби, аналізованих окремо; середня мутність, обчислена по цих пробах, береться за середнє добове значення;

2) середня мутність річки, визначена в результаті вимірювання витрати завислих наносів в гідрометричному створі (позначається $\rho_{сер}$);

3) мутність контрольних одиничних проб води, узятих під час вимірювання витрат завислих наносів в тому ж місці, де бралися і одиничні проби, тим же приладом і способом (позначається $\rho_{сер.контр}$);

4) витрати води, узяті з остаточно обробленої таблиці ЩВВ.

Середня мутність річки $\rho_{\text{сер}}$ і мутність контрольних одиничних проб $\rho_{\text{од.контр}}$ дозволяють викладеними нижче прийомами привести мутність одиничних проб $\rho_{\text{од}}$ до значення, яке відповідає середній мутності річки в живому перерізі. Добуток величини середньої мутності в живому перерізі річки на величину витрати води дорівнює витраті завислих наносів. Таким чином, по середній добовій, середній пентадній або середній декадній мутності і по відповідних цим періодам величинам витрати води можна одержати середні добові, середні пентадні або середні декадні значення витрат завислих наносів.

Такий спосіб обчислення стоку завислих наносів береться як основний.

Для обчислення стоку завислих наносів основним способом необхідно виконати такі роботи:

1. Скласти таблицю «Мутність одиничних проб води» за формою, наведеною в табл. 5.1, і побудувати необхідні для обчислення середніх добових значень хронологічні графіки добового ходу мутності і стоку води за всю добу, коли проби води відбиралися декілька разів.

Таблиця 5.1 – Мутність одиничних проб води

Час відбору проб		Місце та спосіб відбору проб	Об'єм проби, мл	Вага наносів на фільтрі, г	Мутність $\rho_{\text{од}}$, г/м ³	Витрата води Q, м ³ /с	Фіктивна витрата завислих наносів, кг/с	Витрата завислих наносів середніх декадних, кг/с
Місяць, число	Час							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Січень 1-10	8	в.150 м; (10 і 15)/4; ббш	40800	0,3304	8,1	10,3	0,083	
Лютий 21-28	8	1; 10/інтегр; 2 ббш	15590	0,1434	9,2	8,72	0,080	
...

Таблиця «Мутність одиничних проб води» складається станцією окремо для кожного поста поступово, впродовж року, в міру отримання відомостей.

У графі 1 у разі зливання щоденних проб по пентадах або декадах проставляються крайні дати періоду зливання проб; наприклад: 1-10/I або 21-28/II і 1-5/III та ін.

У графі 2 вказуються години відбору проб.

У графі 3 вказуються: 1) номер гідрометричного створу, а якщо одиничні проби беруться не в гідростворі, то вказується відстань цього місця до водпоста; наприкінці таблиці вказується вид переправи (міст, човен і тому подібне); 2) в чисельнику дробу вказується відстань від постійного початку до вертикалі відбору одиничних проб; два числа ставляться, якщо проби бралися на двох вертикалях; у знаменнику вказується число точок, відібрані проби з яких зливалися разом; якщо проба на вертикалі бралася в одній точці, то в знаменнику пишеться одиниця; наприкінці таблиці вказуються глибини узяття проби, виражені в частках повної глибини; якщо проби бралися інтеграційним способом, то в знаменнику дробу ставиться «інтегр». У тій же графі 3 умовними позначеннями наводяться відомості про прилад, яким бралися проби води на мутність. Якщо одинична проба відбиралася 2-кратним або 3-кратним зануренням приладу (місткість приладу мала при малій мутності), то перед умовним позначенням приладу пишеться відповідно число 2 або 3 (див. табл. 5.1, рядок 21-28 лютого).

В графі 4-6 переписуються з книжок КГ-10 відповідні значення об'єму проб, ваги наносів і мутності одиничних проб.

У графі 6, окрім значень мутності одиничних проб, мають бути записані обчислені значення середньої мутності за всі ті доби, впродовж яких було відібрано декілька проб, з подальшим визначенням мутності окремо для кожної доби. У графі 6, окрім вказаних значень одиничної мутності, буває доцільно записати наприкінці року, коли таблиця вже заповнена, ще і значення $\rho_{\text{сер}}$.

У графу 7 переписуються з таблиці ЩРВ відповідні значення витрати води. При цьому, якщо одиничні мутності дані по пентадах або декадах, то і значення витрати води записуються середні пентадні або середні декадні.

Графа 8 заповнюється наприкінці року, після встановлення параметрів рівняння, яке описує зв'язок між одночасними значеннями середньої мутності річки і мутності одиничних контрольних проб води. За кожну декаду в графі 8 записується сума добутків $\rho_{\text{од}}Q$ і середнє за декаду $\rho_{\text{од}}Q$. За цими даними обчислюються значення середньої декадної витрати завислих наносів, які записуються в графу 9, і з неї після перевірки в таблицю СВН Щорічника.

Наприкінці таблиці відзначаються в хронологічному порядку усі зміни, що стосуються місця, часу, приладів і способів узяття проб, а також результати аналізу матеріалів, на основі яких зроблені ті або інші істотні

зміни і удосконалення в роботі.

Як вказувалося вище, в графі 6 таблиць «Мутність одиничних проб води» мають бути записані обчислені значення середньої мутності за всі ті доби, впродовж яких було відібрано декілька проб з подальшим визначенням мутності окремо в кожній пробі. Перш ніж обчислювати значення середньої мутності за добу, рекомендується проаналізувати добовий хід мутності і водності на спеціально побудованих для цієї мети у великому масштабі поєднаних за часом хронологічних графіках мутності, рівня і витрати.

Середнє добове значення мутності обчислюється як середнє арифметичне зі значень мутності в окремі терміни, зважених відносно значень витрати води в ці терміни. Практично такий прийом обчислення середньої добової мутності в більшості випадків не призводить до істотного уточнення шуканої величини. У зв'язку з цим рекомендується середню добову мутність обчислювати без зважування її по значеннях витрат води.

Якщо проби відбиралися впродовж доби через рівні інтервали часу, то середнє добове значення обчислюється за формулою

$$\rho_{\text{од}} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \dots + \rho_n}{n}, \quad (5.5)$$

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ – мутність прискорених одиничних проб;

n – число одиничних проб, відібраних за добу.

У тому випадку, коли проби впродовж доби бралися через нерівні інтервали часу, значення середньої за добу мутності визначається на вказаному вище хронологічному графіку ходу мутності як середня ордината для добового інтервалу, тобто як відношення величини площі, оконтуреної графіком за добу, до довжини відрізка на осі абсцис, що відповідає масштабу доби. При побудові цього хронологічного графіка лінія ходу мутності може бути проведена у вигляді відрізків прямої, яка сполучає в послідовному за часом порядку точки мутності за терміни по окремих пробах. Лінія ходу мутності може бути проведена і у вигляді плавної кривої, осереднено, дотримуючись точок, якщо є серйозні підстави припустити, що це істотно точніше відбиватиме істинний хід явища.

Графіки добового ходу мутності використовуються, окрім того, для з'ясування необхідності вибору оптимальних термінів відбору одиничних проб на цьому посту, тобто таких термінів, коли величина мутності відібраних проб найменше відхиляється від значення середньої добової мутності.

2. За даними таблиці «Мутність одиничних проб води» побудувати хронологічний графік мутності у складі комплексного графіка результатів спостережень на цьому посту і проаналізувати його.

1. У складі комплексного графіка результатів гідрологічних спостережень (який повинен будуватися для кожного поста) зміни мутності в часі рекомендується представити двома хронологічними графіками, поєднаними в часі з графіками ходу рівня, витрати, опадів і температури води і повітря:

- а) графіком ходу мутності одиничних проб і
- б) графіком ходу середньої мутності річки.

Перший графік повинен будуватися поступово, впродовж року, у міру заповнення графі 6 таблиці «Мутність одиничних проб води». Він призначений в основному для поточного контролю якості спостережень з метою своєчасного виявлення і усунення грубих порушень методики виконання спостережень.

Другий графік повинен будуватися після закінчення року по остаточних значеннях середньої мутності річки $\rho_{\text{сер}}$. Він призначений для завершального аналізу величин врахованого стоку завислих наносів.

У усіх випадках, коли залежність між одночасними значеннями середньої мутності річки $\rho_{\text{сер}}$ і мутності одиничних контрольних проб $\rho_{\text{од.контр}}$ однозначна і стійка впродовж усього року, рекомендується замість двох графіків будувати тільки один – графік ходу мутності одиничних проб води.

2. При побудові хронологічного графіка мутності одиничних проб (у складі комплексного графіка) рекомендується дотримуватися таких правил.

Для зручності користування графіком, у разі великої амплітуди зміни мутності в році на осі ординат можуть застосовуватися два масштаби: один – для більшості значень мутності в році, інший – для особливо підвищених значень мутності за окрему добу.

Точки значень мутності, яку відповідають датам відбору проб, накладаються для кожної доби, коли проби аналізувалися окремо, і поєднуються послідовно відрізками прямої лінії. Середні пентадні або середні декадні значення мутності (з відповідно злитих проб) наносяться на графік у вигляді ступінчастої лінії. Окрім лінії зміни мутності одиничних проб, на хронологічний графік рекомендується нанести для дат опорних вимірювань витрат завислих наносів ще і значення: а) середньої мутності річки, тобто $\rho_{\text{сер}} = 1000R:Q$ і б) середньої мутності, обчисленої по мутності проби, відібраної спостерігачем о 8 години ранку. Останні точки наносяться наприкінці року, коли будуть визначені значення параметрів рівняння зв'язку між $\rho_{\text{сер}}$ і $\rho_{\text{од.контр}}$. Вказані точки мають бути відмічені особливо.

3. Аналіз значень мутності, зображених на хронологічних графіках, полягає: 1) у встановленні міри узгодженості ходу мутності і

водності; 2) у виявленні помилкових значень мутності з метою виправлення або виключення їх з подальшої обробки; 3) у визначенні особливостей добового режиму мутності і з'ясуванні того, якою мірою мутність одиничної проби, узяті спостерігачем о 8 годині, відповідає значенню середньої добової мутності.

Про те, наскільки задовільною була застосована в даному випадку методика спостережень мутності відносно точності обліку стоку завислих наносів, можна побічно судити по розташуванню на хронологічному графіку мутності пар точок в дати вимірювання витрат завислих наносів, які відповідають значенням середньої мутності річки, одержаної: по вимірних витратах – $\rho_{\text{сер}} = 1000R:Q$ і по обчисленій мутності одиничної проби, відібраної спостерігачем в один термін за добу, за рівнянням $\rho_{\text{сер}} = K\rho_{\text{од}} \pm \alpha$. Цей аналіз можна здійснити наприкінці року, коли будуть визначені значення параметрів рівняння зв'язку між $\rho_{\text{сер}}$ і $\rho_{\text{од}}$.

В процесі аналізу можуть бути виявлені такі випадки:

1) відхилення на графіку пар точок, що належать до однієї і тієї ж доби, не перевищують $\pm 20\%$, що може свідчити про малі зміни мутності протягом доби і про відповідність значень $\rho_{\text{од}}$ середнім добовим їх значенням;

2) відхилення пар точок мають систематичний характер і лежать за межами обкресленої смуги в $\pm 20\%$, що може свідчити про наявність істотних змін мутності протягом доби і про необхідність наступного року відбору одиничних проб по декількох термінах за добу. За цей же рік на комплексному графіку рекомендується зробити позначку відносно зразкової оцінки точності одержаних величин стоку завислих наносів.

3. Побудувати графіки зв'язку між одночасними значеннями середньої мутності річки $\rho_{\text{сер}}$ і мутності контрольних одиничних проб води $\rho_{\text{од,контр}}$ і скласти таблицю «Середня мутність річки і мутність контрольних одиничних проб» за формою, наведеною в табл. 5.2.

1. Таблиця «Середня мутність річки і мутність контрольних одиничних проб», так само як і таблиця «Мутність одиничних проб води», складається окремо для кожного поста поступово, впродовж року, за винятком графі 9.

Після закінчення року заповнюється графа 9, таблиця звіряється з таблицею ВВН і разом з підготовленим до друку Щорічником надсилається як допоміжний матеріал, використовуваний в процесі приймання Щорічника і підготовки його до друку. Форма і приклад її заповнення наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Середня мутність річки і мутність контрольних одиничних проб

№ витрати завислих наносів	Дата вимірювання витрати завислих наносів	Години		Місце відбору проб		Мутність, г/м ³		
		вимірювання витрати	відбір контрольних одиничних проб	витрат завислих наносів	контрольних одиничних проб	середня річки	контрольної одиничної проби	$\rho_{сер} = K\rho_{од} \pm \alpha$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10/І	11-15	12	1; 7/14 С; ббш	міст; (10 і 14)/4; ббш	10	8,4	6,5
2	5/ІІІ	10-14	11	1; 7/14; 2 бв ₃	1; 10/2; 2 ббш	46	43	26 і 51
...

Графи 1-3, 5 і 7 заповнюються даними з розділу «Прийняті дані» книжок КГ-6 або КГ-5, а графи 4, 6 і 8 – з книжки КГ-10. У графі 7, якщо русло в гідростворі має відособлену протоку, записується середнє зважене по витратах значення мутності основного русла і протоки.

Графа 9 заповнюється наприкінці року, після того, як будуть визначені параметри рівняння, що описує зв'язок між одночасними значеннями середньої мутності річки і мутності одиничних контрольних проб води. Параметри рівняння визначаються за графіком зв'язку.

У графу 9 для кожної дати опорного вимірювання витрат завислих наносів записується значення середньої мутності, обчислене за рівнянням зв'язку $\rho_{сер} = K\rho_{од.контр} \pm \alpha$, в якому на місце $\rho_{од.контр}$ підставлено значення мутності проби води, відібрано спостерігачем о 8 годині того дня, коли вимірювалася витрата, або ж значення мутності проб, злитих за пентаду (декаду), якщо ранкові проби окремо не аналізувалися. Відомості про мутність одиничних проб запозичуються з графі 6 таблиці «Мутність одиничних проб води».

Обчислені вказаним способом значення мутності в графі 9 можуть бути зіставлені зі значеннями середньої мутності річки в графі 7. За величиною і знаком різниць між названими значеннями мутності можна судити про наявність добового ходу мутності (оскільки контрольна проба

води береться не о 8 годині, а пізніше), а разом з тим про систематичну помилку методу обліку стоку.

2. Графік зв'язку середньої мутності річки $\rho_{\text{сер}}$ і мутності одиничних проб води $\rho_{\text{од.контр}}$ будується за даними граф 7 і 8 таблиць «Середня мутність річки і мутність контрольних одиничних проб води».

У тому випадку, коли для цього поста зв'язок між $\rho_{\text{сер}}$ і $\rho_{\text{од.контр}}$ була вже встановлена в минулі роки, точки ($\rho_{\text{сер}}$, $\rho_{\text{од.контр}}$), що належать до цього року, накладаються на раніше побудований графік зв'язку. В цьому випадку і коли для цього поста зв'язок встановлюється уперше, рекомендується точки наносити на графік поступово, впродовж року, у міру заповнення граф 7 і 8 таблиць «Середня мутність річки і мутність контрольних одиничних проб води». Такий порядок побудови графіка зв'язку $\rho_{\text{сер}}$ і $\rho_{\text{од.контр}}$ дозволить своєчасно виявити незадовільність місця відбору одиничних проб води і помилки методики спостережень мутності, а також усунути недоліки, не чекаючи до кінця року.

Графік будується на міліметровці. По осі абсцис відкладаються значення середньої мутності річки $\rho_{\text{сер}}$ а по осі ординат – мутності контрольної одиничної проби $\rho_{\text{од.контр}}$. Масштаби на обох осях беруться однаковими і обираються так, щоб усі точки, що відповідають спостереженням в цьому році (або за багаторіччя) мутностям по щоденних одиничних пробах води (у тому числі найбільша і найменша мутність), можна було розмістити на аркуші розміром 203×288 мм. На кресленні точки ($\rho_{\text{сер}}$, $\rho_{\text{од.контр}}$) позначаються колами. Якщо точки належать до різних років, то рекомендується кола різних років позначити забарвленням.

Посередині смуги точок проводиться на око лінія. В більшості випадків ця лінія представляється у вигляді прямої, що проходить через початок координат і задовольняє рівняння: $\rho_{\text{сер}} = K\rho_{\text{од}}$. Однак можуть зустрічатися й інші випадки.

Для оцінки задовільності одержаного зв'язку $\rho_{\text{сер}}$ і $\rho_{\text{од}}$ необхідно визначити за ординатою область ± 20 -відсоткового розсіювання точок, покладених в основу цього зв'язку. З цією метою визначається чисельне значення K для одержаної прямої (рис. 5.1); потім відшуковуються рівняння прямих, обмежуючих області ± 20 -відсоткового розсіювання точок:

$\rho_{\text{сер}} = \frac{K}{0,8} \rho_{\text{од}}$ та $\rho_{\text{сер}} = \frac{K}{1,2} \rho_{\text{од}}$ і лінії проводяться на кресленні.

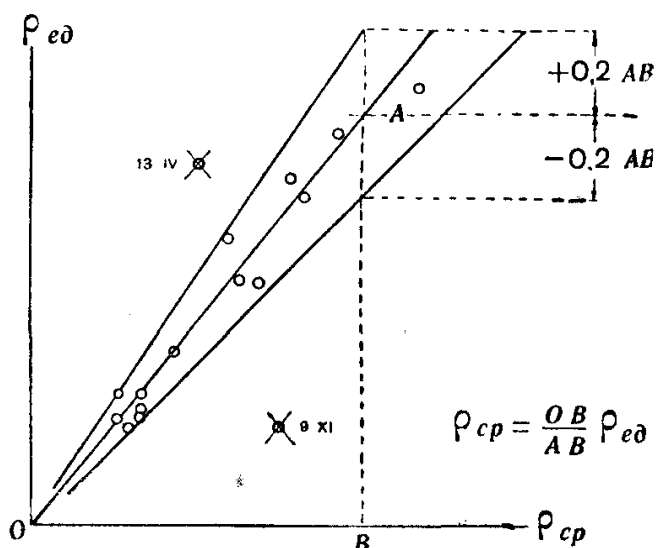


Рис. 5.1 – Зв'язок середньої мутності річки і мутності одиничних проб води

Точки, що виходять за межі області обкресленого розсіювання, позначаються датами вимірювання витрат наносів. Потім з'ясовується, що спричиняє це відхилення. З цією метою по початкових матеріалах перевіряються: а) правильність обчислень мутності контрольної одиничної проби або середньої мутності річки; б) правильність результатів зважування чистих фільтрів і фільтрів з наносами; в) характерність місця відбору одиничних проб води.

Якщо точки, що відхилилися внаслідок підозрюваних помилок, не вдається виправити, то на кресленні вони перекреслюються і в подальшому, при проведенні лінії зв'язку, не беруться до уваги. Можливі причини відхилення і обґрунтування виключення точок слід коротко записати на полях креслення.

Матеріал для встановлення остаточного зв'язку $\rho_{ср}$ і $\rho_{од}$ вважається задовільним, якщо число точок, які виявилися за межами обкресленої на кресленні смуги ± 20 -відсоткового розсіювання їх, не перевищує 20% числа точок, розташованих усередині цієї смуги. У разі, якщо число точок за обкресленою смугою розсіювання перевищує 20%, то в процесі подальшого аналізу розташування усіх точок на кресленні необхідно звернути увагу на правильність розташування обраної прямої лінії зв'язку або на наявність будь-яких хронологічно відособлених груп точок, по яких слід було б провести свої лінії зв'язку.

Креслення з графіком зв'язку $\rho_{ср}$ і $\rho_{од}$ представляється разом з Щорічником як допоміжний матеріал, використовуваний в процесі приймання Щорічника і підготовки його до друку, а копія цього графіка повинна знаходитися на станції.

Остаточні встановлені значення параметрів K і α записуються в підзаголовках таблиць «Середня мутність річки і мутність контрольних одиничних проб води» і «Мутність одиничних проб води»; там же вказуються умови застосування того або іншого рівняння зв'язку по періодах цього року.

4. Обчислити середні декадні витрати завислих наносів на основі даних таблиці «Мутність одиничних проб води» для заповнення таблиці СВН Щорічника і провести аналіз точності обліку стоку наносів.

1. Середні декадні значення витрат завислих наносів обчислюються наприкінці року за такою формулою:

$$\rho_{\text{сер.дек}} = 0,1K \sum_1^{10} Q\rho_{\text{од}} \pm \alpha Q_{\text{сер.дек}} = K(Q\rho_{\text{од}})_{\text{сер.дек}} \pm \alpha Q_{\text{сер.дек}}, \quad (5.6)$$

де K і α – чисельні значення параметрів в рівнянні зв'язку між $\rho_{\text{сер}}$ і $\rho_{\text{од}}$;

$\sum Q\rho_{\text{од}}$ – сума за декаду добутків середньої добової витрати води і середньої добової мутності одиничних проб, тобто сума середніх добових значень фіктивної витрати завислих наносів за декаду (графа 8, табл. 5.2);

$Q_{\text{сер.дек}}$ – значення витрати води, взяті з таблиці ЩВВ.

В більшості випадків, коли параметр α в рівнянні дорівнює нулю, то середня декадна витрата завислих наносів обчислюється за формулою

$$\rho_{\text{сер.дек}} = 0,1K \sum_1^{10} Q\rho_{\text{од}} = K(Q\rho_{\text{од}})_{\text{сер.дек}}. \quad (5.7)$$

У вказаних вище формулах використовують ті значення мутності одиничних проб $\rho_{\text{од}}$ з графі 6 таблиці «Мутність одиничних проб води», які, як з'ясувалося в результаті описаних вище прийомів аналізу на комплексному графіку, узгоджуються з режимом водності та іншими чинниками і задовольняють взяті точність вимірів. Значення мутності, які не задовольняють за окрему добу ці вимоги, бракуються, якщо при повторній їх перевірці не будуть виявлені чинники, які додатково спотворюють режим наносів, або виправлені допущені помилки в обчисленнях. Про такі випадки і їх причини робляться позначки на графіку. Пропуски, що з'явилися в цих випадках, для періоду кінця паводка і для межени заповнюються прямолінійною інтерполяцією або зняттям значень мутності з осередненої лінії хронологічного графіка, проведеної посередині усієї сукупності точок, які розташувалися в межах смуги $\pm 20\%$.

Забраковані значення в графі 6 таблиці «Мутність одиничних проб води» перекреслюються, а над ними в тій же графі випикується зняте з графіка або одержане обчисленням правильне значення, яке і береться до подальших обчислень. За період основного паводка забраковані значення мутності не заповнюються, і величини витрат завислих наносів за цей період, а отже, і за рік в таблиці СВН не наводяться, якщо тільки немає можливості обчислити їх іншим способом.

Як впливає з вказаних вище формул, набуті значення мутності множаться на відповідну для цієї доби середню добову витрату води і одержана величина фіктивної витрати завислих наносів записується в графу 8 таблиці «Мутність одиничних проб води». Якщо мутність наведена по пробах, злитих за пентаду або декаду, то її значення множиться відповідно на середню за пентаду або декаду витрату води і витрата завислих наносів в графі 8 записується також у вигляді середньої пентадної або декадної.

За ту добу, коли вимірювалася витрата завислих наносів, незалежно від цього, в графу 8 записується і вводиться в обчислення декадної витрати величина фіктивної витрати, визначена за мутністю одиничної проби. Середні добові значення фіктивної витрати завислих наносів осереднюються по декадах. Визначені по вказаних вище формулах середні декадні значення витрат завислих наносів записуються в графу 9 таблиці «Мутність одиничних проб води», а з неї – в таблицю СВН Щорічника. Результати аналізу початкових даних і точності врахованих величин стоку завислих наносів використовуються при складанні пояснень до цієї таблиці Щорічника.

II. Обчислення стоку завислих наносів за графіком залежності між значеннями витрат води і завислих наносів.

1. Початковими даними для обчислення стоку завислих наносів за графіком залежності $R=f(Q)$ слугують:

- 1) витрати завислих наносів, взяті з остаточно обробленої таблиці ВРН (позначені R);
- 2) витрати води, взяті з остаточно обробленої таблиці ВРВ (позначені Q);
- 3) витрати води, взяті з остаточно обробленої таблиці ЩВВ.

Залежність $R=f(Q)$, побудована за достатнім числом одночасно вимірних витрат завислих наносів і витрат води, дозволяє визначити на кожен день року середнє добове значення витрати завислих наносів за відповідним значенням витрати води.

Цей спосіб в більшості випадків потребує значно частіших вимірів витрат води і наносів, ніж основний спосіб, описаний вище.

Він може застосовуватися переважно для великих і середніх річок з весняним водопіллям і стійкою меженню і головним чином в перші роки постановки спостережень на посту, коли здійснюються прискорені

вимірювання витрат води і завислих наносів, які досить детально освітлюють усі фази режиму. Він може застосовуватися також в комбінації з основним способом.

Спосіб графіка $R=f(Q)$ не може рекомендуватись для обліку стоку завислих наносів зарегульованих річок, особливо в створах, розташованих безпосередньо нижче за греблі водосховищ, де коливання мутності і стоку води значні і здійснюються часто без необхідної відповідності характеристик.

Для обчислення стоку завислих наносів за графіком залежності $R=f(Q)$ необхідно виконати такі роботи:

- а) визначити, скільки здійснено в цьому році вимірювань R і Q для застосування залежності $R=f(Q)$ до обчислення стоку наносів;
- б) побудувати графік залежності $R=f(Q)$ і проаналізувати його;
- в) зняти з цього графіка по середньодобових значеннях витрат води відповідні значення витрат завислих наносів.

В процесі аналізу на комплексному графіку достатності вимірювань R і Q особлива увага приділяється наявності виміряних витрат на підйомі, піку і на початку спаду весняного водопілля або основного паводка в залежності від типу водного режиму річки. Крім того, для гірських і деяких рівнинних річок звертається увага на наявність виміряних витрат в періоди підйомів і спадів істотних за об'ємом літніх і осінніх паводків. Роблять висновок щодо можливості обчислення стоку наносів за графіком залежності R і Q та у разі позитивної відповіді приступають до побудови цього графіка.

2. При побудові графіка накладаються точки (R, Q) , причому по осі абсцис – величини виміряної витрати завислих наносів R , а по осі ординат – виміряної витрати води Q . Масштаби по осях обираються з таким розрахунком, щоб графік (крива або петля) вписався в квадрат із стороною 200×250 мм.

Біля точок (R, Q) слід записати дати, точки обвести колами, діаметром 1,5-2,0 мм, а кола рекомендується зафарбувати різними кольорами, погодившись з комбінацією ходу водності і мутності річки; наприклад, точки, що відповідають одночасному збільшенню мутності і водності – червоним; точки, що відповідають одночасному зменшенню мутності і водності – чорним; точки, що відповідають збільшенню водності, яка супроводжується зменшенням мутності – синіми і, навпаки – зеленими.

У розташуванні точок (R, Q) на кресленні при достатній їх кількості майже завжди можна відзначити деякий певний порядок. Нижче описані найбільш випадки розташування цих точок (рис. 5.2), що часто зустрічаються.

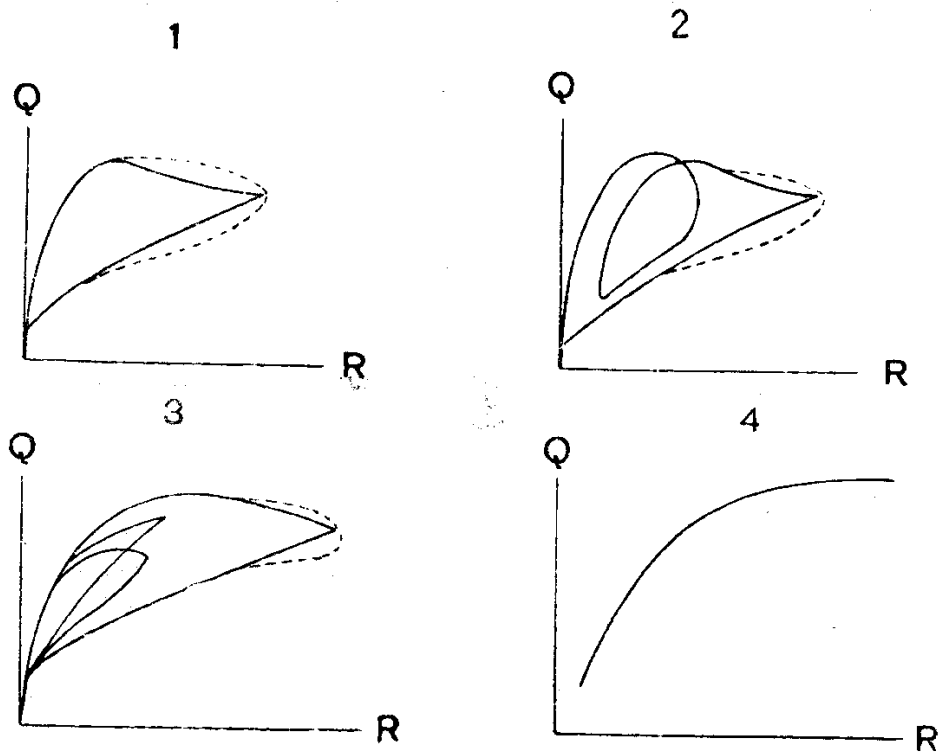


Рис. 5.2 – Типові випадки зв'язку між значеннями витрати води і витрати завислих наносів

У першому випадку точки (R, Q) дозволяють намітити одну петлеподібну криву, права гілка якої відповідає вимірюванням, що належать до періоду збільшення водності і мутності, а ліва гілка – до періоду зменшення цих елементів. Між цими гілками часто виявляється ділянка залежності зворотного характеру, яка збігається з періодом часу між датами настання найбільших значень мутності і водності.

У другому випадку в розташуванні точок (R, Q) помічаються дві петлі, що відповідають двом паводкам і, які відповідають відмінностям в настанні паводків і більшої інтенсивності змиву наносів з водозборів головної річки і її великих приток.

Залежно від тривалості часу між датами настання паводків на головній річці і притоці ці петлі можуть розташуватися на кресленні ізольовано або виразитися лише у вигляді ізламу однієї петлі в області великих витрат.

У третьому випадку точки (R, Q) в паводкові періоди утворюють сімейство паводкових петель, кожна з яких схожа на петлю, описану в першому випадку. Кожна петля сімейства відповідає певному паводку, причому смуги точок, що відповідають періодам підйомів різних паводків, як правило, в часі зміщуються ліворуч від гілки підйому основного весняного водопілля або основного літнього паводка. За деяких умов на гірських річках можуть мати місце такі випадки: а) петля дощового паводка розташовується праворуч від петлі весняного водопілля; б) гілка

підйому або спаду основного паводка збігається з петлями паводків від дощів.

Розташування точок (R, Q) у вигляді сімейства паводкових петель зустрічається для рівнинних річок і особливо характерне для гірських рок, для режиму яких, окрім основного весняного водопілля або основного літнього паводка, властиві другорядні паводки, які спричиняються літніми дощами і супроводжуються інтенсивним зливом матеріалу з водозбору.

Сімейство петлеподібних кривих $R=f(Q)$ має місце при добовому ході водності і мутності на малих річках в період весняного водопілля, причому за кожен день точки, що належать до прискорених вимірювань витрат води і завислих наносів за добу, розташовуються у вигляді самостійної петлі. Наявність сімейства кривих при добовому ході мутності фактично унеможливорює застосування залежності $R=f(Q)$ до обчислення стоку завислих наносів для малих річок.

У четвертому випадку точки (R, Q) , які належать до вимірювань, виконаних при різних фазах режиму, розташовуються в межах однієї смуги шириною $\pm 15\%$, а усередині цієї смуги не виявляється будь-яких окремих груп, що об'єднують точки в хронологічному порядку. Смуга точок (R, Q) обернена угнутістю до осі R . Однозначна форма залежності $R=f(Q)$ зустрічається дуже рідко; слід мати на увазі, що інколи подібне розташування точок (R, Q) буває внаслідок недостатньої кількості вимірювань і відсутності вимірювань в період підйому паводка.

По точках (R, Q) , взятих в результаті аналізу, проводяться і закріплюються лінії зв'язку $R=f(Q)$. Точки, що відхиляються від кривої більше ніж на $\pm 15\%$ (по осі абсцис), не враховуються, якщо ці відхилення не можна пояснити причинами природного характеру.

3. Обчислюються витрати завислих наносів за графіком зв'язку $R=f(Q)$ і їх значення записуються в таблицю ТГ-2.

У цю таблицю записуються з точністю двох значущих цифр середні добові значення витрат наносів, зняті з кривої $R=f(Q)$ по середніх добових значеннях витрат води, відповідно до встановленого періоду дії тієї або іншої гілки цієї кривої. За щоденними величинами витрат завислих наносів обчислюються їх середні декадні значення, як просте середнє арифметичне.

В період стійкої межени з кривої знімається середня декадна витрата наносів по середній декадній витраті води, і в таблицю записується відразу середня за декаду витрата завислих наносів. Подані в таблиці значення витрат завислих наносів призначені для заповнення таблиці СРН.

Питання для самоперевірки засвоєння матеріалу розділу 5

1. Назвіть та охарактеризуйте види наносів.
2. Роль наносів у транспортуванні забруднювальних хімічних речовин.
3. Мутність води та її режим впродовж року.
5. З використанням яких програм виконується автоматизоване обчислення стоку завислих наносів?
6. Характеристики наносів.
7. Методи обчислення стоку завислих наносів. Обчислення стоку завислих наносів на основі мутності одиничних проб води.
8. Методи обчислення стоку завислих наносів. Обчислення стоку завислих наносів за графіком залежності між значеннями витрат води і завислих наносів.

6. ОБЧИСЛЕННЯ СТОКУ РОЗЧИНЕНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

6.1 Чинники формування хімічного складу природних вод

Формування хімічного складу природних вод визначають в основному дві групи чинників (табл. 6.1):

- **прямі чинники**, що безпосередньо впливають на воду (тобто дія речовин, які можуть збагачувати воду розчиненими сполуками або, навпаки, виділяти їх з води): склад гірських порід, живі організми, господарська діяльність людини;

- **непрямі чинники**, що визначають умови, в яких протікає взаємодія речовин з водою: клімат, рельєф, гідрологічний режим, рослинність, гідрогеологічні і гідродинамічні умови та ін.

За характером своєї дії чинники, які визначають формування хімічного складу природних вод, доцільно поділити на такі групи:

- фізико-географічні (рельєф, клімат, ґрунтовий покрив);
- геологічні (склад гірських порід, тектонічна будова, гідрогеологічні умови);
- фізико-хімічні (хімічні властивості елементів, кислотно-лужні і окислювально-відновлювальні умови, змішання вод і катіонний обмін);
- біологічні (діяльність рослин і живих організмів);
- антропогенні (всі чинники, пов'язані з діяльністю людини).

6.2 Мінералізація річкових вод та її зв'язок з концентраціями речовин і витратами води

Відомо, що річкові води, як правило, мають порівняно малу мінералізацію. Це є наслідком таких обставин:

- 1) вода, яка надходить в річки з водозбірної площі, контактує з добре промитими ґрунтами;
- 2) в річках відбувається достатньо швидка зміна води.

Хімічно склад річкових вод достатньо різноманітний та представлений головним чином такими головними іонами як: гідрокарбонати HCO_3^- , сульфати SO_4^{2-} , хлориди Cl^- , карбонати CO_3^{2-} , кальцій Ca^{2+} , магній Mg^{2+} , натрій Na^+ і калій K^+ .

Однак співвідношення цих іонів між собою у воді річок є достатньо різним, хоча в більшості річок спостерігається яскраво виражене переважання іонів гідрокарбонатів і кальцію. Це пояснюється тим, що річкова вода контактує переважно з поверхневими шарами ґрунтів і порід, достатньо добре промитих, збіднених на легко розчинені хлориди і сульфати, та існує вплив на їх іонний склад дуже поширених і менш розчинних вапняків.

Таблиця 6.1 – Чинники формування хімічного складу природних вод

Чинники формування і результати їх дії	Види природних вод		
	Атмосферні опади (дощ, сніг, іній, град)	Поверхневі води суші (річки, струмки, озера, болота)	Підземні води
Прямі чинники формування	грунти, породи, рослини, солі солончаків, з поверхні льоду, діяльність людини, космічний пил, оксиди азоту, вулканічні гази	атмосферні опади, ґрунти, породи, рослини, підземні води, стічні води	Поверхневі води, ґрунти, породи, фізико-хімічні процеси (розчинення-осадження, сорбція-десорбція та ін.)
Результати дії прямих чинників на склад води	перехід в розчинений стан солей: надходження в атмосферу і утворення в ній твердих і рідких аерозолів і газів	Надходження хімічних речовин в різних формах: завислі, колоїдні, розчинені (іони, комплексні сполуки, недисоційовані сполуки	надходження хімічних речовин в розчиненій формі, осадження внаслідок фізико-хімічних процесів
Непрямі чинники формування	клімат	клімат, рельєф, рослинність, водний режим	клімат, рельєф, геологічні умови, глибина залягання, температура і тиск
Результат дії непрямих чинників на склад води	збагачення атмосферних опадів хімічними речовинами в різних концентраціях залежно від кліматичних умов і інтенсивності антропогенної дії в регіоні	диференціація надходження хімічних речовин в поверхневі води в просторі (географічна, кліматична зональність) і в часі (гідрохімічний режим)	зміна хімічного складу води по концентрації (мінералізація) і співвідношенню компонентів (відносний склад)

Звичайне співвідношення між іонами спостерігається у вигляді $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ та $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$. Ця тенденція не є правилом і найбільш справедлива для річок з мало мінералізованою водою, при підвищенні мінералізації спостерігається зростання SO_4^{2-} і Cl^- та перехід від переважання Ca^{2+} до переважання Na^+ . Інші інгредієнти іонного складу води річок зустрічаються в дуже маленьких кількостях. Хімічний склад річок як у відношенні загальної мінералізації води, так і за співвідношенню між іонами піддається значним коливанням в залежності від характеру переважного виду водного живлення річок і кількості води, що надходить до них.

В залежності від відзначеної закономірності співвідношення іонів в річковій воді розрізняються води таких гідрохімічних класів: гідрокарбонатного з переважанням іонів HCO_3^- , сульфатного з переважанням іонів SO_4^{2-} та хлоридного з переважанням іонів Cl^- .

В гідрохімічному режимі вод суші спостерігається певна закономірність, яка виражається в тому, що в напрямку від зони тундри до зони пустель спостерігається: 1) збільшення ступеня мінералізації річкових вод; 2) зміна класу вод від гідрокарбонатного до сульфатного і далі до хлоридного. В напрямку з півночі на південь збільшується жорсткість вод і зменшується вміст органічних речовин у воді.

За ступенем мінералізації вод О.А. Альокін виділяє 4 групи річок: 1) малої мінералізації (до 200 мг/дм^3); 2) середньої мінералізації ($200-500 \text{ мг/дм}^3$); 3) підвищеної мінералізації ($500-1000 \text{ мг/дм}^3$); 4) сильної мінералізації (більше 1000 мг/дм^3).

Води більшості річок колишнього СРСР належать до гідрокарбонатного класу. За іонним складом води гідрокарбонатного класу належать до майже виключно до групи кальцієвих вод, води натрієвої групи зустрічаються порівняно рідко. Води цього класу в більшості випадків належать до слабкомінералізованих.

За основними видами водного живлення можна відзначити, що льодовикове та гірсько-снігове живлення річок визначає малу мінералізацію їх вод. Річки, які одержують стік з боліт, мають мало мінералізовану воду і значний вміст в ній органічних речовин гумінового походження. В цьому випадку у воді часто відсутні або містяться в незначній кількості гідрокарбонати, нерідко присутня значна кількість заліза. Схилувий стік, також як і інші води поверхневого живлення, мало збагачує воду річок солями. Величина мінералізації вод, які стікають по схилах, буде вищою, якщо моменту випадіння опадів передував посушливий період. В протилежність повеневому стоку підземні води, що живлять річку, є значно більш мінералізованими, причому зазвичай алювіально-верховодні горизонти більш мінералізовані, ніж води схилового стоку, але поступаються по концентрації солей водам глибокого підземного живлення.

Зміна в році частки участі того або іншого виду водного живлення в формуванні стоку річки визначає сезонний характер хімічного складу води річок та його безперервну зміну в часі.

Збільшення поверхневого стоку призводить до зменшення мінералізації річкової води, а зниження його і збільшення ґрунтового живлення сприяє збільшенню мінералізації. Тому під час паводків, які відбуваються як за рахунок талих води, так і в результаті дощів, мінералізація води є мінімальною, а в періоди зимової та літньої межени мінералізація води досягає найбільшої величини. Слід мати на увазі, що зменшення мінералізації річкової води під час весняного водопілля та паводків не означає, що в цей період зменшується і абсолютне значення величин сольового складу річок. Навпаки, загальна кількість солей, що виноситься річкою, збільшується зі збільшенням її водності.

Вказані загальні риси формування сольового складу річок піддаються змінам по термінах настання найбільшої та найменшої концентрації, стійкості впродовж року та співвідношення іонів в залежності від розмірів річок, умов формування їх водного режиму і загальних фізико-географічних характеристик басейну.

Для обчислення кількості виносу того або іншого іона річкою в одну секунду достатньо помножити величину витрати води ($\text{м}^3/\text{с}$) на вміст іона ($\text{мг}/\text{дм}^3$), для того щоб одержати винос його у $\text{кг}/\text{с}$.

Для підрахунку величини стоку солей за рік необхідно, враховуючи зміни впродовж року, мати мінімум три аналізи, віднесених до таких сезонів: зимовий період, весняне водопілля, літня межень. В цьому випадку дані аналізів належать до одного з названих періодів. Помножуючи величини стоку за даний період на вміст іона та підсумовуючи одержані значення, обчислені для кожного періоду, можна визначити орієнтовне значення річного виносу іонів. За наявності більшої кількості аналізів точність розрахунків відповідно буде підвищуватися.

6.3 Методи обчислення стоку хімічних речовин

Іонний стік річок (R) – кількість речовин в іонній формі, яка виноситься річковими водами з території водозбору впродовж певного періоду часу (добы, декади, місяця, року і т.д.).

Вибір методу обчислення концентрацій і витрат хімічних речовин в річкових створах виконується на основі даних про хімічний склад води впродовж року, про гідрологічний режим, метеорологічні фактори на території водозбору та інші чинники, які впливають на гідрохімічний режим річок.

Існує 4 основні групи методів розрахунку іонного стоку: прямі, статистичні, непрямі (опосередковані) та кореляційні.

Прямий метод

Прямий метод розрахунку річкового стоку хімічних елементів можна застосовувати за наявності результатів безпосереднього визначення хімічних елементів в пробах води, відібраних в замикальному створі річки.

Необхідний мінімум кількості проб становить шість проб в рік в основні фази гідрологічного режиму річки:

- 1) кінець зимової межени;
- 2) початок повені;
- 3) пік повені;
- 4) спад повені;
- 5) дощовий паводок в літньо-осінній період (за відсутності значних паводків пробу відбирали в літньо-осінню межень);
- 6) початок зимової межени.

Відбір проб води є найважливішою частиною дослідження, від якого залежить точність одержаних результатів. Велика увага приділяється вибору місця відбору достатньо представницької проби води. Такою є проба, відібрана в основному річковому потоці. Замикальний створ в місці відбору проби не повинен підпадати під вплив нагону морської води і розташовуватися в зоні, схильної до безпосереднього впливу стічних вод.

Всі ці умови були передбачені інструкцією для мережі Держкомгідромета, згідно з якою здійснюється відбір проб води.

При розрахунках стоку хімічних речовин (або іонного стоку) застосовують формулу, за якою зазвичай розраховують іонний стік

$$R_i = W \cdot \bar{C}, \quad (6.1)$$

де W – об'єм водного стоку за розрахунковий період, км³;

\bar{C} – середня концентрація хімічних елементів за розрахунковий період, мг/дм³.

Об'єм стоку води розраховується за формулою

$$W = 8,64 \cdot 10^{-5} \bar{Q} T, \quad (6.2)$$

де \bar{Q} – середня витрата води за розрахунковий період, м³/с;

T – час, д.

Також стік хімічних елементів можна розраховувати окремо для основних гідрологічних періодів – межених і паводкових.

Для цього стік води за рік поділяють на характерні гідрологічні фази, які об'єднують в два періоди:

- 1) межених (літня і зимова межень);
- 2) період повені і паводків (весняна повінь, паводки в літній-осінній період і в період зимової відлиги).

Обчислення стоку води проводять щомісячно за формулою (6.2), використовуючи дані про середньомісячні витрати води; одержані значення за періоди повені і межені підсумовують. Далі розраховують середні арифметичні значення концентрацій хімічних речовин за вказані періоди. Розрахунок стоку хімічних елементів виконують за формулою (6.1). Підсумовуванням значень стоку в паводок і межень визначають стік хімічних речовин за рік.

Найбільш часто розрахунок іонного стоку за рік проводять помножуючи величину мінералізації (добову, місячну, сезонну, річну) на відповідну величину водного стоку, що характеризує добові, місячні, сезонні або річні значення іонного стоку

$$R_i = A \cdot C \cdot Q, \quad (6.3)$$

або

$$R_i = C \cdot Q, \quad (6.4)$$

де R_i – величина іонного стоку (добова, місячна, сезонна або річна), г/с;

A – коефіцієнт пропорційності величин;

C – мінералізація води, мг/дм³;

Q – витрата води, м³/с.

Для кількісного аналізу виносу хімічних речовин з території водозбору річки використовується **показник іонного стоку** (P), який розраховується за виразом

$$P_i = \frac{R_i}{F}, \quad (6.5)$$

де F – площа водозбірного басейну річки, км².

Значення P характеризує величину іонного стоку, віднесено до одиниці площі водозбірного басейну.

Однак, відсутність щоденних концентрацій розчинених хімічних речовин у річкових водах є фактором, який лімітує та унеможлиблює використання прямого методу розрахунку іонного стоку за тривалий період часу (окрім стоку для невеликої кількості діб, в які відбиралися проби на хімічний аналіз річкової води).

Тому обчислення середнього за тривалий час хімічного складу річкових вод найчастіше виконується за допомогою хронологічних графіків, методика використання яких для розрахунку іонного стоку представлена нижче.

Графічний метод

Графічний метод обчислення іонного стоку річок детально роз'яснений у роботах вчених В.І. Пелешенко та Л.М. Горєва.

Сутність методу полягає в тому, що на суміщеному хронологічному графіку концентрацій та витрат води, відновлення концентрацій впродовж року виконується шляхом корегування інтерполяційної кривої концентрацій за допомогою гідрографа стоку води (за принципом дзеркального відображення). А далі, обчисливши добутки одержаних з використанням інтерполяційного графіка значень середніх концентрацій і витрати води, розраховуються величини іонного стоку за обрані періоди часу (найчастіше декади або місяці). Після чого обчислюються значення R і P для всього року. Рекомендовані В.І. Пелешенком і Л.М. Горєвим порядок і пояснення стосовно розрахунку R за цим методом, представлені нижче.

1) Обчислюються середні декадні витрати води за багаторічний період, з використанням яких будується гідрограф за рік.

2) За даними вимірювань хімічного складу води впродовж цього ж багаторічного періоду будується, суміщений з гідрографом, хронологічний графік змін концентрацій головних іонів і мінералізації води за рік.

Далі, якщо точки у часі розподілені нерівномірно, то для побудови інтерполяційної кривої значення тісних сукупностей осереднюються, в результаті чого на графік наноситься гіпотетична точка.

В проміжках між віддаленими у часі точками графік корегується за допомогою гідрографа стоку (за принципом дзеркального відображення).

Екстремальні значення, зумовлені випадковими антропогенними чинниками, помилками при відборі проб та їх аналізі та ін., відбраковуються шляхом імовірно-статистичного аналізу вибірки виміряних даних. При систематичному впливі на гідрохімічний режим антропогенних факторів графічний метод розрахунку іонного стоку використовувати неможливо, в цьому випадку застосовується аналітичний метод, що ґрунтується на тому ж імовірно-статистичному аналізі.

3) З використанням побудованого графіка $C = f(t)$ розраховуються середні вагові мінералізації (C_i) за обрані розрахункові періоди часу (t_i).

4) Для тих же самих періодів за графіком $Q = f(t)$ обчислюються середні вагові витрати води (Q_i).

5) Для кожного періоду за формулою (6.6) розраховуються середні багаторічні об'єми водного стоку (W_i)

$$W_i = Q_i \cdot t_i. \quad (6.6)$$

б) Для тих же періодів обчислюються середні багаторічні витрати (R_i) іонного стоку і їх об'єми (G_i)

$$R_i = C_i \cdot Q_i, \quad (6.7)$$

$$G_i = C_i \cdot W_i, \quad (6.8)$$

7) Таким же чином розраховується стік кожного з головних іонів.

Після чого виконується контроль результатів обчислення шляхом порівняння значення іонного стоку, одержаного за даними про мінералізацію, з величиною, розрахованою, як сума стоків окремих іонів. Результати вважаються задовільними при похибці не більшій ніж $\pm 5-10\%$.

Статистичний метод

Цей метод розрахунку, запропонований В.І. Пелешенком та Л.М. Горевим, рекомендується в тому випадку, коли є достатня кількість гідрохімічних спостережень (більше 50), які рівномірно розподілені у часі (впродовж року або досліджуваного періоду). Обчислення за статистичним методом виконується за етапами, що викладені нижче:

1) Розраховуються оцінки основних статистичних моментів функцій щільності розподілу значень мінералізації, які несуть статистичну інформацію про випадкові величини, а саме: середнє арифметичне (\bar{x}), середнє квадратичне відхилення (σ_x), асиметрія (A_x), ексцес (E_x), коефіцієнт варіації (C_v).

2) За допомогою статистичних критеріїв (A_x , E_x) визначається закон розподілу значень мінералізації в емпіричній вибірці.

3) Вибраковуються екстремальні концентрації у річкових водах, які більше або менше величини ($\bar{x} \pm 2\sigma_x$) – при нормальному законі розподілу та ($\lg \bar{x} \pm 2 \lg \sigma_x$) – у випадку логнормального розподілу значень у вибірці.

4) Визначається середнє арифметичне (при нормальному законі) значення мінералізації за даними скорегованої вибірки.

5) Визначається середній багаторічний об'єм водного стоку.

6) Розраховується середньорічне значення іонного стоку шляхом добутку середнього статистично оціненого значення мінералізації та середнього багаторічного об'єму водного стоку.

7) Виконується порівняння значень іонного стоку, які обчислювалися графічним і статистичним методами, і, якщо різниця не перевищує 3-5%, розрахунок стоку окремих іонів (аніонів і катіонів) виконується статистичним методом. Якщо ж розбіжність більша за 5%, то величини окремих іонів обчислюються графічним методом.

8) Для річок, які постійно забруднюються, розрахунок іонного стоку рекомендується виконувати статистичним методом.

Непрямі методи

Непрямі методи розрахунку стоку хімічних елементів застосовують для річок, по яких відсутні відомості про концентрації хімічних елементів. В цьому випадку підбирають річку, добре вивчену відносно вмісту хімічних елементів і їх стоку (річку-аналог), басейн якої розташований в тих же фізико-географічних умовах, що і невивчена річка, і вплив антропогенних чинників на хімічний склад води річок приблизно однаковий. Тобто передбачається, що ці річки близькі за умовами формування хімічного складу і концентрації хімічних елементів в їх воді однакові. Потім екстраполюють значення стоку хімічних елементів вивченої річки на невивчену пропорційно стоку води останньої.

Розрахункова формула має такий вигляд

$$R_{i_2} = \frac{R_{i_1} \cdot W_2}{W_1}, \quad (6.9)$$

де R_{i_1} – стік хімічних речовин річки-аналога, т;

W_1, W_2 – об'єми стоку води відповідно річки-аналога і невивченої річки, км³.

Інший непрямий метод розрахунку ґрунтується на допущенні, що показник стоку хімічних елементів невивченої річки дорівнює показнику стоку річки-аналога, по якій є дані про вміст у воді хімічних елементів і розрахований показник стоку. Тоді стік хімічних елементів невивченої річки є пропорційним співвідношенню площ водозбору досліджуваної річки і річки-аналога.

Розрахунок стоку хімічних речовин R_{i_2} виконується за формулою

$$R_{i_2} = P_{i_1} \cdot F_2, \quad (6.10)$$

де P_{i_1} – показник стоку річки-аналога, т/км²;

F_2 – площа водозбору невивченої річки, км².

Цей метод розрахунку має безперечні переваги перед попереднім, оскільки екстраполяція за площею відбувається для території зі схожими фізико-географічними умовами. Проте надзвичайна бідність і несистематичність опублікованого матеріалу за окремими площами території щодо хімії річкових вод може спричинити значні похибки, які підсилюються до того ж необхідністю використовувати дані про водний стік, які, як відомо, також містять похибку. Крім того, при розрахунках за цим методом не вдається уникнути екстраполяції для малих і середніх річкових водозборів.

Розрахунок, який ґрунтується на допущенні рівності показників

іонного стоку на великих територіях, вельми умовний.

Результати подібних розрахунків поліпшуються при збільшенні площі, взятої для порівняння, особливо в тому випадку, коли до неї належать водозбори, розташовані в різних фізико-географічних умовах.

Кореляційний метод

Метод кореляційного обчислення іонного стоку використовується в тому випадку, коли є довгий ряд спостережень за хімічним складом річкових вод, який охоплює всі фази гідрологічного режиму впродовж декількох років. Тобто він базується на використанні залежності величини концентрації від витрат води $C = f(Q)$, яка встановлюється в результаті проведених раніше спостережень. В цьому випадку для визначення концентрацій хімічних речовин при будь-якій витраті води будуються такі графіки зв'язків:

1) між вимірними (розрахованими) мінералізаціями або концентраціями головних іонів і середньодобовими витратами води в створі річки.

2) між мінералізацією (сумою іонів) та концентрацією головних іонів в річкових водах;

3) між іонним і водним стоком річки за добу.

Ці залежності особливо ненадійні для деяких річок зі складним режимом і часто їх взагалі не вдається встановити через сильний розкид точок при підйомах і спадах рівня. Кореляційні методи більш застосовні до малих водозборів при великому числі спостережень за мінералізацією води річки, які охоплюють повний річний цикл протягом декількох років. Особливо часто такі залежності використовуються при прогнозуванні.

Статистичною обробкою результатів аналізу встановлюють наявність для деяких річок значущого кореляційного зв'язку між концентрацією іонів і витратами води, яка описується рівняннями регресії. Ці рівняння можуть використовуватись для розрахунку виносу цих хімічних елементів за відсутності результатів аналізу води на зміст хімічних елементів. В даному випадку для виконання розрахунку стоку хімічних речовин необхідно мати тільки величини витрат води. Маючи витрату за будь-який період, розраховується середня концентрація елемента за цей період за наведеним рівнянням.

Якщо ж одержані залежності не є однозначними, то в цьому випадку виконується побудова подібних графіків для основних періодів водного режиму річки та окремих етапів гідрологічних фаз.

Стік хімічних елементів за розрахунковий період визначається добутком середніх концентрацій на водний стік (6.4). Розбіжність між результатами розрахунку річного стоку хімічних елементів прямим і кореляційним методами становить 4-43%.

Питання для самоперевірки засвоєння матеріалу розділу 6

1. Назвіть джерела надходження хімічних речовин у річкові води.
2. Охарактеризуйте головні фактори та характеристики формування режиму стоку розчинених речовин.
3. Що таке мінералізація річкових вод і для чого її потрібно знати?
4. Які типи зв'язку між концентрацією розчинених хімічних речовин та мінералізацією і витратами води Вам відомі?
5. Охарактеризуйте методи обчислення стоку хімічних речовин.
6. Чинники формування хімічного складу природних вод.
7. Мінералізація річкових вод, іонний склад річкових вод.
8. Режим мінералізації в природних водотоках.
9. Яким чином обчислюються добові концентрації розчинених хімічних речовин?
10. Метод прямого обчислення стоку розчинених хімічних речовин.
11. Розрахунок іонного стоку графічним методом.
12. Статистичний метод обчислення іонного стоку річок.
13. Непрямі методи обчислення стоку розчинених хімічних речовин.
14. Кореляційні методи розрахунку іонного стоку.

7. АВТОМАТИЗОВАНЕ ОБЧИСЛЕННЯ СТОКУ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

7.1 Програмна система (ПС) “ХІМСТОК” для автоматизованих розрахунків добового стоку води та хімічних речовин

У ПС “ХІМСТОК” для обчислення щоденних витрат хімічних речовин в гідростворах річок використовувалися найбільш доцільні алгоритми підрахунків стоку хімічних речовин, придатні для використання на діючій мережі гідростворів на річках України.

Застосування ПОЕМ для побудови графічних і табличних матеріалів на багато порядків зменшує трудомісткість проміжних і кінцевих результатів розрахунків, а висока точність ПОЕМ повністю позбавляє від необхідності багаторазових “ручних” перевірок, збільшуючи якість вихідних матеріалів. Застосування пропонованої системи дозволяє фахівцеві-гідроекологу: 1) більш ефективно використовувати свої професійні навички аналізу особливостей гідрохімічних умов на річках для більш точного встановлення і врахування критичних періодів гідрохімічного режиму річки, 2) оперативно оцінювати різні варіанти математичного опису гідрохімічних процесів.

Нижче послідовно викладається реалізація розрахунків ПС “ХІМСТОК” для автоматизованого обчислення добового стоку води і хімічних речовин на гідрологічних постах за наступними етапами:

– підготовка річних комплектів початкових даних для обчислення середньодобових витрат води, концентрацій та стоку хімічних речовин через необхідний гідроствор, для аналізу гідрохімічних та гідрометеорологічних умов на ділянці створу;

– аналіз комплексного графіка гідрометеорологічних і гідрохімічних явищ спільно з перехідними коефіцієнтами і підбір оптимального коефіцієнта згладжування для отримання хронологічного графіка перехідних коефіцієнтів методом кубічної сплайн-інтерполяції для різних етапів обчислення;

– розрахунки річних таблиць середньодобових витрат води та стоку розчинених речовин і концентрацій показників хімічного складу води для підземного та поверхневого видів стоку води методом сплайн-інтерполяції перехідних коефіцієнтів;

– аналіз розрахункових величин витрат та стоку води і заданих хімічних речовин та їхніх добових концентрацій, представлених у вигляді таблиць за формою ТГ-2.

Обчислювальна ПС “ХІМСТОК” надає можливість аналізу комплексних графіків гідрохімічних і гідрометеорологічних явищ, які

зображуються на екрані ПЕОМ, та їхнього роздрукування за допомогою принтера на папері.

Готові таблиці обчисленого середньодобового стоку води та хімічних речовин заносяться у текстові файли та готові для друку в формі, необхідній для публікації у виданнях Державного водного кадастру.

7.2 Теоретичні основи методу обчислення добових витрат стоку хімічних речовин за ПС “ХІМСТОК”

Перед початком розрахунків слід визначити особливості формування хімічного складу підземних вод, які є джерелом живлення для річок в періоди відсутності поверхневого притоку.

Підземні води мають найтісніший контакт з найрізноманітнішими породами і мінералами земної кори, що полегшує перехід різних елементів і їх сполук в розчин. У водоносних горизонтах, що залягають знизу, зв'язок з атмосферою мало помітний. Проте ґрунтова волога і верхні водоносні шари більш-менш доступні дощовим опадам, що фільтруються з поверхні. Тому їх зв'язок з атмосферою має дуже сильний вплив на формування складу підземних вод – з поверхні Землі в підземні води надходять атмосферні опади.

При вивченні гідрохімічних особливостей підземних вод доцільно дотримуватися їх розподілу за вертикальними зонами, оскільки близькість до атмосфери і поверхневих вод, умови фільтрації і промивання мають величезне значення для формування хімічного складу підземних вод. З усіх видів, на які поділяються підземні води за глибиною їх залягання, основне значення мають води зони активного водообміну (верхня зона).

Хімічний склад вод поверхневого походження, на відміну від підземних, формується під впливом інших чинників – хімічного складу атмосферних опадів, інтенсивності ерозії схилу, наявності на поверхні ґрунтів пилових частинок, які містять легко розчинні солі. Останні чинники залежать від тривалості періоду відсутності дощів і вологості ґрунтів. В таких умовах на початку паводкового періоду із збільшенням витрат води концентрація розчинених в ній речовин зростає, проте для подальших паводків в цьому періоді концентрація розчину зменшується в зв'язку зі зменшенням запасу солей на поверхні ґрунту.

Таким чином, у зв'язку з неоднорідністю процесів формування хімічного складу поверхневого і підземного стоку його динаміку в часі доцільно вивчати роздільно для цих видів живлення. Заздалегідь необхідно розчленувати гідрографи водного стоку на поверхневу і підземну складову.

Для визначення витрат необхідної хімічної речовини, розчиненої водами підземної складової загального стоку, необхідно з відібраних за рік проб виділити ті, які взяті в період формування стоку тільки за рахунок підземного живлення. Результати аналізів цих проб характеризують

концентрацію розчину заданої речовини в підземному стоці на дати відбору проб.

Далі вивчається динаміка змін концентрацій заданої хімічної речовини в підземному стоці протягом року і методом сплайн-інтерполяції встановлюються значення концентрацій речовини на проміжні дати між вимірюваннями.

Слід зазначити, що при обчисленні інтерполяційної кривої концентрацій речовини необхідно використовувати комплексний графік внутрішньорічної зміни стоку води та метеорологічних показників (температури повітря і опадів). Саме ці характеристики визначають переважний тип водного живлення річки. Наприклад, за наявності негативних температур повітря зимою впродовж довгого періоду, живлення повністю має підземне походження, а весною, після переходу температур повітря через 0 °С, можливе надходження талих поверхневих вод зі схилів водозборів в русла річок. Окрім цього, аналіз комплексного графіка дозволяє в окремих випадках встановити нез'ясовані сплески концентрацій речовин, джерелами яких можуть бути залпові скиди неочищених комунальних або промислових вод в річку вище від створів спостережень за хімічним складом води.

Внесок у загальну витрату розчинених речовин (R_z) від різних видів стоку – поверхневого (R_n) і ґрунтового (підземного) (R_r), ув'язується таким балансовим співвідношенням:

$$R_z = R_n + R_r. \quad (7.1)$$

Надалі ці генетично різні види стоку розчинених речовин і загальний стік обчислюються окремо. Для цього, за даними розчленування гідрографів щоденних витрат води, виділяється поверхнева і ґрунтова складові водного стоку (Q_n і Q_r). Значення вимірної концентрації для точок з явно вираженим ґрунтовим стоком беруться рівними концентрації хімічної речовини в ґрунтовому стоці.

За вимірними значеннями витрат води і концентрацій заданої хімічної речовини визначаються їх середні значення $Q_{r,сep}$ і $C_{r,сep}$:

$$\begin{aligned} Q_{r,сep} &= (\sum Q_{r,i})/n, \\ C_{r,сep} &= (\sum C_{r,i})/n, \end{aligned} \quad (7.2)$$

де n – кількість вимірювань.

Далі для кожної відібраної проби обчислюються модульні коефіцієнти ($K_{Qr,i}$ та $K_{Cr,i}$):

$$K_{Qr,i} = Q_{r,i} / Q_{r,сep},$$

(7.3)

$$K_{Cr,i} = C_{r,i} / C_{r,cep}.$$

На хронологічних графіках $K_{Qr,i}$ та $K_{Cr,i}$, що висвічуються на екрані ПЕОМ, проводиться лінія згладжуючого кубічного сплайна, за допомогою якої інтерполюються коефіцієнти $K_{Qr,j}$ та $K_{Cr,j}$ на кожну j -ту добу року.

Добові значення концентрації хімічної речовини в підземному стоці води ($C_{r,j}$) обчислюються так:

$$C_{r,j} = K_{Cr,j} \cdot C_{r,cep}. \quad (7.4)$$

Щоденні витрати підземного стоку води ($Q_{r,j}$) обчислюють аналогічно:

$$Q_{r,j} = K_{Qr,j} \cdot Q_{r,cep}. \quad (7.5)$$

Щоденні витрати винесення підземним стоком розчинених хімічних речовин ($R_{r,j}$) обчислюються за рівнянням:

$$R_{r,j} = C_{r,j} \cdot Q_{r,j} = K_{Cr,j} \cdot K_{Qr,j} \cdot C_{r,cep} \cdot Q_{r,cep}. \quad (7.6)$$

Взявши для поверхневого стоку

$$R_{n,i} = R_{z,i} - R_{r,i}, \quad (7.7)$$

а

$$R_{n,i} = C_{n,i} \cdot Q_{n,i}, \quad (7.8)$$

одержимо:

$$C_{n,i} = R_{n,i} / Q_{n,i} = (R_{z,i} - R_{r,i}) / Q_{n,i}. \quad (7.9)$$

Модульні коефіцієнти для концентрацій заданої речовини в поверхневому стоці розраховуються за рівнянням:

$$K_{Cn,i} = C_{n,i} / C_{n,cep}. \quad (7.10)$$

Вони використовуються при інтерполяції добових значень $K_{Cn,j}$.

Добові значення концентрації хімічної речовини в поверхневому стоці обчислюються як:

$$C_{n,j} = K_{Cn,j} \cdot C_{n,cep}, \quad (7.11)$$

де $K_{Cn,j}$ – обчислюються за методом сплайн-інтерполяції.

Отже, щоденна витрата винесення речовин поверхневим стоком обчислюється за рівнянням:

$$R_{n,j} = C_{n,j} \cdot Q_{n,j} = K_{Cn,j} \cdot C_{n,cep} \cdot (Q_{z,j} - Q_{r,j}). \quad (7.12)$$

Таким чином, щоденна витрата винесення розчинених хімічних речовин загальним водним стоком річки розраховується за рівнянням:

$$R_{z,j} = R_{n,j} + R_{r,j}. \quad (7.13)$$

Детальний опис рівняння лінії кубічного сплайна, яке використовується для інтерполяції перехідних коефіцієнтів, наведено в літературі [1, 2] та конспекті лекцій з цієї дисципліни.

7.3 Методичні вказівки до ПС “ХІМСТОК” для підрахунку на ПЕОМ добового стоку води та хімічних речовин в гідростворах річок

Обчислювальна ПС “ХІМСТОК” допомагає керувати процесом автоматизованого підрахунку добових витрат води та хімічних речовин через гідроствор річки за річний період спостережень.

Нижче наводяться короткі вказівки щодо використання цієї програми. При цьому викладаються основні практичні рекомендації, а конкретні вказівки оператору з окремих питань висвічуються програмою на екрані монітора при виконанні розрахунків.

Файли з початковими даними гідрометеорологічних і гідрохімічних спостережень і результатами розрахунків для кожного гідроствору повинні бути зосереджені в робочому підкаталозі з ім'ям RXXXYYNN. У назві підкаталогу буква “R” – ідентифікує початок його імені, XXX – номер гідроствору згідно списку Державної гідрометеорологічної служби України; YY – номер річки, згідно вище вказаного списку; NN – останні дві цифри року, для якого ведеться підрахунок стоку.

Наприклад, підкаталог R5478903 створено для гідроствора з номером 547, на річці з номером 89 в списку, за даними 2003 року.

Для кожного поста в цей підкаталог вміщуються 7 файлів початкових даних і папка “TABL” для 9 файлів обчислених даних. В імені кожного з 7 файлів початкових даних містяться однакові елементи “XXXYYNN”, для уникнення можливості підміни файлів різних створів і років. В курсовому проекті код XXXYY замінюють частиною назви річки і гідроствору. Ім'я кожного файла починається відмітною першою буквою. Список цих файлів даних для розрахункового року наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Список файлів робочого підкаталогу RXXXYYNN

Файли	Опис файлів
QXXXYYNN.DAT	ВВВ, м ³ /с, та концентрації хімічних речовин, г/м ³
AXXXYYNN.DAT	Щоденні витрати води, м ³ /с
RXXXYYNN.DAT	Добові суми опадів, мм
CXXXYYNN.DAT	Середньодобові температури повітря, С°
LXXXYYNN.DAT	Додаткові коефіцієнти для розрахунку підземного стоку води
MXXXYYNN.DAT	Додаткові коефіцієнти для розрахунку підземного стоку розчинених хімічних речовин
NXXXYYNN.DAT	Додаткові коефіцієнти для розрахунку поверхневого стоку хімічних речовин

Файли обчислених даних папки “TABL” наведено нижче в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Файли обчислених даних папки TABL

Файли	Опис файлів
Tg_q.dat	Добові витрати загального стоку води, м ³ /с
Tg_qp.dat	Добові витрати поверхневого стоку води, м ³ /с
Tg_qs.dat	Добові витрати підземного стоку води, м ³ /с
Tg_co.dat	Добові концентрації речовини в загальному стоці води, г/м ³
Tg_cp.dat	Добові концентрації речовини в поверхневому стоці води, г/м ³
Tg_cs.dat	Добові концентрації речовини в підземному стоці води, г/м ³
Tg_r.dat	Добові витрати речовини в загальному стоці води, г/с
Tg_rp.dat	Добові витрати речовини в поверхневому стоці води, г/с
Tg_rs.dat	Добові витрати речовини в підземному стоці води, г/с

З перелічених в табл. 7.1 файлів частина є вихідними. Вони містять числові значення, які використовуються для обчислення добових концентрацій та витрат необхідної хімічної речовини. Нижче наведено пояснення до цих файлів.

Файл QXXXYYNN.DAT – таблиця виміряних (або добових) витрат води, м³/с, та відповідних ним виміряних концентрацій заданої хімічної речовини, г/м³, розрахункового року. В останньому стовпці “Прим.” (примітка) цієї таблиці заносяться позначення “rov” або “gr”, що вказують на використання даного виміру концентрації для обчислення при

поверхневого чи підземного стоці води відповідно. Ця таблиця, як і всі інші таблиці з вихідними та розрахунковими даними, у трьох перших текстових рядках містить такі дані:

- 1 рядок – назва таблиці (вид спостережень),
- 2 рядок – назва річки, пункту і року спостережень,
- 3 рядок – позначення стовпців таблиці (місяці, дні та інше).

Ці три рядки не використовуються програмою, а в розрахунок беруться тільки наступні рядки таблиці з цифровою та символною інформацією для кожного виміру.

Файл AXXXYYNN.DAT – річна таблиця середньодобових витрат води, м³/с.

Файл PXXXYYNN.DAT – річна таблиця добових сум опадів, мм, по характерному для водозбірному басейну метеорологічному посту.

Файл CXXXYYNN.DAT – річна таблиця середньодобових температур повітря, С°, по характерному метеорологічному посту.

Файли LXXXYYNN.DAT, MXXXYYNN.DAT та NXXXYYNN.DAT – служать для розміщення в них проміжних даних про додаткові перехідні коефіцієнти для різних видів стоку. Ці файли включають в себе дати і значення додаткових перехідних коефіцієнтів, що вводяться з клавіатури в час розрахунків на ПЕОМ для уточнення інтерполяційного графіка в періоди з недостатнім числом вимірювань, а також на граничні дати 01.01 і 31.12, коли концентрації хімічних речовин найчастіше не вимірюються.

Основними вимогами при складанні робочих файлів-таблиць підкаталогу “RXXXYYNN” є такі:

- число заголовних рядків файла в символних виразах не повинно перевищувати три;
- між окремими числами в рядку може бути один або декілька пропусків, однак всередині стовпця, між цифрами або символами, пропуски недопустимі;
- на місці відсутніх в календарі днів (29, 30, 31 числа певних місяців) проставляється пропуск, шляхом натискання клавіші “Пробіл”, а при відсутності опадів (в файлі “PXXXYYNN.DAT”) ставиться знак мінус “-”;
- цифрова частина таблиць повинна бути ретельно вивірена по чорновому роздруку з оригіналом.

Числові і символні дані файлів підкаталогу “R...” потрібно ретельно звірити з оригіналом і виправити помилки занесення даних на технічний носій, використовуючи при цьому будь-який текстовий редактор.

7.4 Автоматизоване обчислення щоденних концентрацій і витрат хімічних речовин програмною системою “ХІМСТОК”

В склад ПС “ХІМСТОК” входять:

- робочий підкаталог RXXXYYNN (з 7 файлами початкових даних і

папкою TABL для 9 файлів обчислених даних);

- файл INITDATA.DAT;
- сама програма для розрахунку ХІМСТОК.EXE;
- допоміжні файли для підтримки роботи програми з різним обладнанням ПЕОМ і в різних операційних системах.

Основні рекомендації щодо підготовки масивів даних підкаталогу RXXXYYNN та опис файлів з вихідними і розрахунковими таблицями наведено вище.

ПС “ХІМСТОК” вводиться в дію програмою ХІМСТОК.EXE, яка розміщується в одному каталозі з підкаталогом RXXXYYNN. Тут же повинен розташовуватися файл INITDATA.DAT, якій містить такі дані: назва річки, пункту спостережень, рік, ім’я робочого підкаталогу та назва (позначення) заданої хімічної речовини. Структуру та опис файла INITDATA.DAT, з конкретним прикладом, наведено в табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Опис та приклад заповнення файла INITDATA.DAT

Структура файла	Приклад
Назва річки:	р.Салгір
Пункт спостереження:	с.Дворіччя
Рік:	2009
Ім’я підкаталогу:	RSalDv09
Позначення хімічної речовини:	K(+)

Після введення в дію ПС “ХІМСТОК”, шляхом запуску програми ХІМСТОК.EXE, на екрані монітора висвічується головне меню програми з 3 вікнами першого рівня: “ГМФонд”, “Розрахунок” та “Аналіз”, при активізації яких (кожного окремо) висвічуються вікна другого рівня: “Гідроствор”, “Сплайном” та “Комплексний графік”, відповідно (рис. 7.1).

Вікно “Гідроствор” другого рівня вікна “ГМФонд” має таку ж будову, як і файл INITDATA.DAT, опис якого приведено в табл. 7.3.

З вікна “Розрахунок” виконується управління обчисленням щоденних витрат води та обраної хімічної речовини, а також її концентрацій, за вимірними даними на кожен день для різних видів стоку методом сплайн-інтерполяції (вікно другого рівня “Сплайном”).

Вікно “Аналіз” містить вікно 2-го рівня “Комплексний графік”, з якого надсилається команда для побудови комплексного графіка гідрометеорологічних і гідрохімічних спостережень для аналізу якості результатів розрахунку щоденних витрат хімічної речовини.

Головне меню ПС “ХІМСТОК”



Рис. 7.1 – Схема робочих вікон ПС “ХІМСТОК”

Нижче наведено короткі вказівки щодо виконання розрахунків ПС “ХІМСТОК”. Конкретні рекомендації щодо управління розрахунками за допомогою програми “ХІМСТОК.EXE” висвічуються на екрані монітора.

Спочатку в файлі QXXXYYNN.DAT в останній колонці “Прим.” (примітка) для всіх вимірювань проставляють “gr” та закривають цей файл.

Далі, після активізації вікна другого рівня “Сплайном”, головного меню “Розрахунок”, на екрані монітора висвічується питання “Обчислювати витрати Q_s підземного стоку води? (y/n)”, на яке треба відповісти латинською буквою “у”. Після цього на екрані з’явиться скорочений комплексний графік річного ходу щоденних гідрометеорологічних та вимірянних гідрохімічних елементів, а саме: середньодобові температури повітря, добові суми опадів, щоденні витрати води та у нижній частині графіка (нанесені в хронологічному порядку) перехідні коефіцієнти для підземного стоку води (в даному випадку для всіх вимірювань). Ці коефіцієнти зображені значками “х”, які розташовані згідно масштабних шкал, виведених з обох сторін графіка. Головна задача цього графіка – допомогти провести об’єктивний аналіз розташування точок перехідних коефіцієнтів протягом всього року та відібрати точки вимірювань при підземному стоці води. Тобто, потрібно проаналізувати відповідність розміщення точок перехідних коефіцієнтів різним періодам ходу гідрометеорологічних елементів, а саме різним видам стоку води.

Для врахування уточнень щодо видів стоку води потрібно внести зміни у файл вихідних даних QXXXYYNN.DAT. Для цього треба перервати подальшу роботу програми ХІМСТОК.EXE шляхом послідовного натискання на клавіатурі клавіші “Esc” та далі дворазовим одночасним натисканням клавіш “Ctrl” і “С” (латинської) або триразовим одночасним натисканням клавіш “Ctrl” і “С”, після чого всі вікна програми ХІМСТОК.EXE будуть закриті, а сама програма буде виключена. Далі в таблиці файла QXXXYYNN.DAT, в колонці “Прим.” (примітка) для вимірювань в період підземного стоку води залишають позначення “gr”, а для вимірювань, що відносяться до поверхневого виду стоку,

проставляють позначення “rov”, після чого розрахунок починають знову.

По закінченню аналізу скороченого комплексного графіка для визначення витрат підземного стоку води оператор повинен встановити значення перехідного коефіцієнта $K_{r,i}$ для дат “1 січня” та “31 грудня” поточного року, якщо в ці дати не було вимірювань концентрацій. Значення цих коефіцієнтів відновлюються “вручну” (або “на око”) за аналогічним графіком в кінці попереднього року і на початку поточного року (для 1 січня) та в кінці поточного року і на початку наступного року (для 31 грудня) шляхом інтерполяції. Якщо дані (графіки) попереднього та наступного років відсутні, то значення потрібних коефіцієнтів на 1 січня та 31 грудня поточного (розрахункового) року відновлюються “вручну” (або “на око”) шляхом їх екстраполяції.

Для того, щоб всі “нові” значення перехідних коефіцієнтів були введені в розрахунок, потрібно натиснути клавішу “Esc” і на питання “Будете вводити додаткові коефіцієнти? (y/n)” відповісти “y”, натиснувши клавішу з латинською літерою “y”. Після цього треба ввести необхідні (підготовлені на попередньому етапі аналізу графіка перехідних коефіцієнтів) дати і значення коефіцієнтів за формою та у послідовності, що буде пропонувати програма. Після введення останнього додаткового коефіцієнту, на питання “Будете вводити додаткові коефіцієнти? (y/n)” треба відповісти “n”, натиснувши клавішу з латинською літерою “n”.

Далі програма попросить ввести значення вагового коефіцієнта (коефіцієнта згладжування PP) для проведення по потоку точок перехідних коефіцієнтів (в тому числі і додаткових) суцільної нерозривної кривої лінії (лінії кубічного згладжуючого сплайна). Рекомендується спочатку вводити значення $PP = 0,01$. Після введення значення вагового коефіцієнта та натиснення клавіші “Enter” на екрані монітора з’явиться комплексний графік з вже проведеною по точках перехідних коефіцієнтів інтерполяційною сплайн-кривою, яку оператор повинен оцінити.

Основні критерії цієї оцінки такі:

- по-перше, інтерполяційна крива в інтервалі між сусідніми (суміжними) точками не повинна помітно перевищувати ординати лівої і правої точок;
- по-друге, крива може пройти між точками, якщо ті без відомих причин змінюються вище меж допустимого відхилення (наприклад, через похибки вимірювання витрат води);
- по-третє, при невеликих значеннях коефіцієнтів (близьких до 0) не допускається зниження інтерполяційної кривої в область негативних значень.

Для дотримання перерахованих вище критеріїв потрібно:

- 1) для уникнення зайвої динаміки (пульсації) сплайн-функції треба зменшити ваговий коефіцієнт PP;
- 2) при наявності невеликої кількості вимірювань (нечастих

вимірюваннях), або коли інтерполяційна крива знизилась в область негативних значень, однією з найважливіших умов правильного управління формою сплайн-кривої є уміння задати їй додаткові “фіктивні” точки (коефіцієнти), що примушують криву на ділянках, де не витримані критерії, пройти так, як цього потребує критерій стикування з сусідніми (суміжними) точками та у відповідності з графіком вимірювань гідрометеорологічних елементів в ці періоди.

Якщо всі критерії стосовно інтерполяційної сплайн-кривої витримані, то цей етап розрахунку вважається виконаним. Для переходу до наступного етапу обчислень треба натиснути клавішу “Esc” або “Enter”, після чого програма закриє вікно з комплексним графіком та запитає “Будете змінювати ваговий коефіцієнт PP? (y/n)”, на що треба відповісти натиснувши клавішу з літерою “n”, тобто “ні”, далі програма запитає “Будете вводити додаткові коефіцієнти? (y/n)”, на що потрібно також натиснути “n”, після цього на екрані монітора з’явиться питання “Зберегти додаткові коефіцієнти? (y/n)”, на яке треба відповісти “y”, тобто “так”.

Далі програма автоматично (без втручання оператора) зберігає додаткові перехідні коефіцієнти для розрахунку підземного стоку води (введені на попередніх етапах “вручну”) в файл LXXXYYNN.DAT, та запитує “Зберегти файл Tg_Qs в папці Tab1? (y/n)”, на що треба відповісти натиснувши латинську літеру “y”, тобто “так”, після чого програма автоматично формує та зберігає в папці “Tab1” підкаталога “RXXXYYNN” файл “Tg_qs.dat” з середніми добовими, декадними, місячними та річними витратами підземного стоку води, за формою ТГ-2. Далі програма запитує “Обчислювати витрати R_s у підземному стоці води? (y/n)”, на що потрібно відповісти “y”, тобто “так”, і за алгоритмом, викладеним вище, виконати розрахунок середньодобових витрат заданої хімічної речовини для підземного (R_r) і поверхневого (R_n) видів стоку води.

Після вказаних вище розрахунків і позитивних відповідей (“y”) на питання програми стосовно збереження результатів обчислень ПС “ХІМСТОК” формує файли з розрахунковими таблицями даних, за формою ТГ-2, у папці “Tab1” підкаталога “RXXXYYNN”, перелік яких наведено вище за текстом в табл. 2.2.

По закінченню всіх розрахунків переходять до оцінки отриманих результатів на базі аналізу комплексного графіка. Він висвічується шляхом активізації вікна першого рівня “Аналіз” і далі його другого вікна “Комплексний графік”. При аналізі цього графіка особлива увага приділяється відповідності коливань обчислених витрат розчиненої хімічної речовини, що аналізується, середньодобовим витратам води та іншим гідрометеорологічним елементам в періоди відсутності вимірювань хімічного складу води.

Внаслідок проведеного аналізу оператор вирішує, чи прийняти розрахунки як оптимальні. Своє рішення він документує графіками і

таблицями, які друкуються за допомогою принтера на аркушах паперу формату А-4 для захисту виконаних розрахунків.

Питання для самоперевірки засвоєння матеріалу розділу 7

1. Яким чином обчислюються добові концентрації розчинених хімічних речовин?
2. За допомогою яких програм здійснюється автоматизація обчислення стоку хімічних речовин?
3. Автоматизований метод обчислення витрат хімічних речовин за генетичними складовими стоку води (за О.Г. Іваненком).
4. Дайте пояснення файлам, що входять до складу ПС «ХІМСТОК».
5. Поясніть структуру файла Initdata.dat і схему робочих вікон програмної системи «ХІМСТОК».
6. Поясніть етапи обчислення іонного стоку за допомогою ПС «ХІМСТОК».
7. Дайте пояснення файлам підкаталогу R... ПС «ХІМСТОК».
8. Дайте пояснення файлам підкаталогу TABL ПС «ХІМСТОК».

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко О.Г. Автоматизовані методи обчислення добового стоку в гідростворах річок: Навчальний посібник. Одеса: «ТЕС», 1998. 58 с.
2. Автоматизоване обчислення стоку хімічних речовин. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин”. / Іваненко О.Г., Даус М.Є., Гриб О.М. Одеса, ОДЕКУ, 2004. 37 с.
3. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів по вивченню дисципліни «Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин» та виконанню курсового проекту. / Гриб О.М. / Одеса, ОДЕКУ, 2010. 64 с.
4. Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни «Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин». / Гриб О.М. / Одеса, ОДЕКУ, 2010. 60 с.
5. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів заочної форми навчання по вивченню дисципліни «Автоматизація обчислення стоку хімічних речовин» та виконанню контрольної роботи і курсового проекту./Белов В.В., Гриб О.М. / Одеса, ОДЕКУ, 2008. 56 с.
6. Побудова кривих витрат води та обчислення щоденних витрат води. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Методи гідрометеорологічних вимірювань”. / Колодєєв Є.І. Одеса, ОГМІ, 1995. 12 с.
7. Обчислення стоку води. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни “Гідрометрія”. / Швебс О.Г., Гриб О.М. Одеса, ОДЕКУ, 2004. 18 с.
8. Григорьев В.И. Автоматизированная обработка гидрометеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 303 с.
9. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Составление и подготовка к печати гидрологического ежегодника. Выпуск 6, Часть 3. // Под редакцией В.В. Уханова, А.К. Проскурякова. Л.: Гидрометеиздат, 1958. 292 с.
10. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. Учебное пособие. Издание второе. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 424 с.
11. Лебедев В.В. Гидрология и гидрометрия в задачах. Учебное пособие. Издание третье. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 700 с.
12. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. Учебник. Издание третье. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 448 с.
13. Карасёв И.Ф., Васильев А.В., Субботина Е.С. Гидрометрия. Учебник. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 376 с.
14. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч. I. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 384 с.
15. Курганевич Л.П. Водний кадастр: Навч. посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 116 с.

Навчальне електронне видання

ЯРОВ ЯРОСЛАВ СЕРГІЙОВИЧ

ГРАЩЕНКОВА ТЕТЯНА ВАЛЕРІЇВНА

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЧИСЛЕННЯ СТОКУ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

Конспект лекцій

Видавець і виготовлювач

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

E-mail: info@odeku.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016