

551.4
И-71

УПРАВЛІННЯ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ПРИ РНК УСРР
ОВО-ДОСЛІДЧ. ІНСТИТУТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

В І С Т І

УКОВО-ДОСЛІДЧОГО ІНСТИТУТУ ДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

ТОМ V
ЧАСТ. I
1930-1931

ALTUNG DER WASSERWIRTSCHAFT BEI DEM RAT DER VOLKSKOMMISSARE DER
USSR
ENSCHAFTL. FORSCHUNGS-INSTITUT DER WASSERWIRTSCHAFT
DER UKRAINE

NACHRICHTEN

S WISSENSCHAFTL. FORSCHUNGS- STITUTS DER WASSERWIRTSCHAFT DER UKRAINE

V BAND
TEIL I
1930-1931



НТВУ • ТРАНСПОРТ І ЗВ'ЯЗОК

62498

УПРАВЛІННЯ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ПРИ РНК УСРР
НАУКОВО-ДОСЛІД. ІНСТИТУТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

551.4
и-71

В І С Т І

НАУКОВО-ДОСЛІДЧОГО ІНСТИТУТУ
ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Том V

ЧАСТ. I

1930-1931

КИЇВ—1932

VERWALTUNG DER WASSERWIRTSCHAFT BEI DEM RAT DER VOLKSKOMMISSARE DER
USSR

WISSENSCHAFTL. FORSCHUNGS-INSTITUT DER WASSERWIRTSCHAFT
DER UKRAINE

NACHRICHTEN

DES WISSENSCHAFTL. FORSCHUNGS-
INSTITUTS DER WASSERWIRTSCHAFT
DER UKRAINE

V BAND

TEIL I

1930-1931



ОНТВУ ☆ ТРАНСПОРТ І ЗВ'ЯЗОК

Харків

1932

Київ

Бібліографічний опис цього
видання вміщено в „Літопису
Укр. Друку“, „Картковому
реперт.“ та інших покажчиках
Укр. Книжк. Палати

Г/вт) - 01 - 5 - 5(1)

Техкер *Коробка*
Коректор *Торохова*

Друкарня Об'єднання науково-технічних видавництв України.
Київ, вул. Воровського, 42

Зам. № 16.

Тираж 1000—19 арк.

ПЕРЕДМОВА

до V т. „Вістей н.-д. Інституту водного господарства України“

П'ятий том „Вістей“ подає відомості про праці Н.-д. інституту водного господарства України (ІВГУ) за V рік (1930) його існування. Це був останній рік перебування Інституту у віданні Упрнауки НКО, бо з 1931 р. ІВГУ підпорядковано вже новій в УСРР Управі водного господарства.

Як видно з перших чотирьох томів „Вістей“, вони містили виключно статті науково-застосовного характеру з тих дисциплін, що стосуються різних галузів водного господарства, а саме: гідрології, гідрогеології, гідравліки, гідроенергетики, гідротехніки та її розгалужень (водшляхи, меліорація, санітарна техніка) до гідробіології включно.

Після того, як роботу ІВГУ з 1931 року, приблизно з травня м-ця, спляновано й пов'язано з широкими завданнями 5-річного плану реконструкції водного господарства УСРР, „Вісті н.-д. інституту водного господарства“ так само повинні ширше, ніж це робилося в них досі,¹ освітлювати не тільки но вузькі, фахові, переважно технічні, а й широкі загальні питання водного господарства, зокрема повинні відвести належне місце oprіч технічної, ще й економічній частині справи, тим більш, що в ІВГУ 1931 р. організовано окремий відділ економіки водного господарства.

ІВГУ повинен висвітлювати питання не самого лише дослідження та вивчення наших водних багатств, наших водних ресурсів, а й питання їх найдоцільнішого народньо-господарчого використання, обслуговуючи наукові потреби зорганізованої 1930 р. Управи водного господарства України.

Деякі окремі питання сучасності висвітлюють вже й у першій частині V тому (наприклад, про підземні води для водопостачання Донбасу, про дослідження причин прориву земляних загат тощо); крім того, в ньому подано відомості про надзвичайну повінь 1931 року у водозборі Дніпра, та про наслідки опрацювання багаторічних гідрологічних спостережень у водозборі Дніпра, що стосуються вивчення режиму Дніпра та його найголовніших допливів і мають всесоюзне значення. В такому вивченні гідрологічних елементів водозбору р. Дніпра ІВГУ спільно з Катедрою гідрології ВУАН, Службою оповіщень Дніпрельстану та Службою завбачань Українського гідрометінституту веде перед у цілому Союзі, маючи такі досягнення в цьому напрямі, яких не так багато й за кордоном.

¹ Див. статті акад. *С. В. Опкокова*: Про досліди над продукційними силами в галузі водного господарства України, „Вісті“, т. II, ч. 1.; Об изучении производительных сил УССР по линии водного хозяйства, т. II, ч. 2.; Роль водного хозяйства на Україні взагалі та в її сільському господарстві зокрема, „Вісті“, т. IV, ч. 1.; Об организации научно-исследовательской работы в области водного хозяйства Украины, „Вісті“, т. IV, ч. 2.

Щоб ширше ознайомити з цими наслідками дослідів Дніпра, у зв'язку з їх всесоюзним значенням, статтю наукового співробітника інж. А. В. Огієвського надруковано, як виняток, російською мовою, так само й коротку статтю про Задонецькі підземні води для водопостачання Донбасу, та статтю „Правила и инструкции для сооружения земляных плотин в Калифорнии“, перекладену з англійської мови; її видаємо й окремими відбитками для розповсюдження та використання і поза межами УСРР у проектуванні й будові земляних гребель, у додаток до такої ж інструкції німецької, що її переклав і видав Інститут окремою брошурою 1930 року.

У зв'язку з налагодженням вже з I тому „Вістей“ широким обміном цього видання з відповідними закордонними установами, наукові статті в V т. „Вістей“ надруковано, як і раніш, з короткими резюме німецькою мовою, а деякі статті—навіть з повним перекладом на німецьку мову.

Через обмежений обсяг першої частини V тому „Вістей“ та запізнене і без того її видання, бібліографічні огляди сучасної гідрологічної літератури, що їм надається великої ваги в „Вістях“ (див. т. II, ч. 2; т. IV, ч. 1), відкладено до другої частини V тому.

Академік С. Оттоков

ЗВІТ ПРО РОБОТУ Н.-Д. ІНСТИТУТУ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

за 1929-1930 р. (до 31 грудня).

**Kurzer Bericht über die Arbeit des Wissenschaftlichen Forschungs-Institut
der Wasserwirtschaft des Ukraine**

für d. J. 1929—1930.

(Von Direktor Prof Dr. und Akad. E. Orprow).

Минулий 1929-1930 рік був п'ятим роком існування Н.-Д. Інституту водного господарства України у віданні Наркомос'у. Проти попередніх, дуже обмежених держбюджетових коштів, цього року його держбюджет було збільшено за асигнуванням Наркомосу до 51 000 крб. та з сум Раднаркому відпущено додатково 30 000 крб. Крім того у розпорядженні Інституту були позабюджетові кошти його виробничого бюро, що перевищували 250 тис. крб., від замовлень різних трестів на дослідження та складання проектів водопостачання різних заводів у Донбасі. Прибутки від Виробничого бюро за 1930 та попередні роки перевищили 142 000 крб. і дорівнювали тим держбюджетним сумах, що їх одержав Інститут протягом 1926-1930 р., загалом близько 150 000 крб. Усе це дало змогу Інституту значно зміцнити свою так матеріяльну, як і наукову базу.

За розпорядженням Раднаркому від 22 липня 1930 р., Інституту, за його клопотанням, призначено будинок ч. 6 на вул. 25 Жовтня та садибу з будинком колишньої риби на вул. Артема ч. 45 у Києві. Перший чудовий будинок навіть закріплено за Інститутом, хоч фактично в ньому відведено для Інституту дуже невелику площу (50 кв. с.), а другий будинок Інститут орендував у Комгоспу, виконавши за умовою зобов'язання відновити зруйновану колишню рибу. Завдяки своїм позабюджетовим коштам, Інститут зміг витратити на відновлення зруйнованої оранжерії колишньої риби понад 20 000 крб. і придбав таким чином приміщення для своєї гідробіологічної лабораторії, що може бути пристосовано також і для потреб гідротехнічної лабораторії, а також устаткував в буд. ч. 45 на вул. Артема невелику гідрогеологічну, а з початку 1931 р. і хемічну лабораторію.

Інститут ступінево придбав чимале і дуже цінне (на десятки тис. крб. за риночними цінами) закордонне устаткування геодезичними, гідрометричними, та оптичними приладами і цінну, переважно закордонну, фахову бібліотеку понад 4 000 назв. Взагалі можна сказати, що Інститут 1930 р. міцно став на ноги і виявив свою наукову і науково-пристосовну працездатність, своє лице.

Інститут зміг досить широко розгорнути свій літературно-науковий орган „Вісті н.-д. інституту водного господарства України“, видавши за

4 роки 4 великі томи загальним обсягом 100 друкованих аркушів, великого формату по 60 000 літер, з числом надрукованих в них статтів—98, не рахуючи окремих видань понад 30 друк. аркушів. Уже це одно свідчить про продукційність роботи Інституту, що цілком оплатив себе при такій значній науковій продукції, не дивлячись на його дуже обмежені держбюджетні кошти.

Переходячи до розгляду робіт 1929 та 1930 року окремих відділів ІВГУ, що їх є 7, можна почати з основного й провідного відділу гідрології. Цей відділ працює в складі керівничого відділу, директора Інституту акад. *Є. Оппокова*, шт. наук. співроб. інж. *А. Огієвського*, позашт. наукових співробітників інж. *В. Назарова* та *С. К. Комарницького* і асп. інж. *М. Полухтовича*. Відділ працював в контакті й під одним дахом із Службою оповіщень Дніпрельстану, що нею керує науковий співробітник Інституту і колишній його аспірант інж. *А. В. Огієвський*.

На відділі, в окремій Міжвідомчій комісії, 1930 р. було розглянено Інструкції гідрометричних досліджень, за основною доповіддю інж. *А. Огієвського*, і вирішено скласти нові інструкції. Роботу цю Інститут доручив наук. співробітникові інж. *А. Огієвському*, і перший випуск цих інструкцій Інститут видав 1930 р. під назвою: „Производство основных гидрометрических работ“, обсягом 14 друк. аркушів; видання це числом 2 000 примірників уже розійшлося цілком протягом трьох місяців.

Інститут переглянув і дав відповідні вказівки щодо перероблення Інструкції Укрмету для дослідження гідросиловень на річках, що її після перероблення видрукував і видав окремо Укрмет.

Інж. *А. Огієвський*, oprіч зазначених інструкцій, виконав ще такі роботи:

1. Склав доповідну записку для Управи водного господарства в Москві про устаткування випарної станції на одному з водоймищ Донбасу.

2. Опрацював спосіб вираховувати зимові витрати річок; відповідну його статтю: „Hydrometeorologische Methode der Berechnung der Winterabflussmengen“, див. „Вісті н.-д. інституту водного господарства України“ т. IV, ч. 1, стор. 57—88.

3. Склав підручника: „Гідрометрія“, за редакцією акад. *Є. Оппокова*, обсягом на 22 друк. аркуші, надрукований у видавництві ДВУ 1930 року. Ц. 4 крб. 30 коп.

4. Подав кілька рефератів з закордонної гідрологічної літератури для II тому „Вістей інституту“, що містить і його звіт про закордонну подорож 1928 року під назвою:

5. Питання гідрології за кордоном; „Вісті“ т. II, ч. 1, стор. 31—124.

6. З рефератів слід відзначити: Критичний розгляд праці проф. *С. Колунайла* про зимовий збіг. „Вісті Інст.“ т. II, ч. 2, стор. 265—269; про роботу інж. *Беурле*. О предсказаниях расходов рек. Там же, стор. 269—273; про гідрометрію *Лидделя*, там же стор. 273—278, та про гідрологію р. Рони *М. Парде*, там же, стор. 259—263.

Кер. Відділу акад. *Є. Оппоков* подав такі статті з фаху Відділу:

1. „Bilanz der Feuchtigkeit in den Flussgebieten in einzelnen hydrographischen Jahren“. Meteorolog. Zeitschrift. 1929. Н. 8.

2. „Die neusten Formeln des Flussabflusses“. „Вісті н.-д. інституту водного господарства України“, т. II, ч. 1, 1929, стор. 152—156.

3. Постава й організація виучування річкового стоку в різних фізично-географічних умовах, „Вісті“, т. II, ч. 1, стор. 175—185.

4. Гідрометеорологічний режим боліт і їх роля в режимі річок. Там же, стор. 186—200.

5. Балянс вологи ґрунту в посушливі роки, зокрема на Чернігівщині. Там же, стор. 201—207.

6. Підпір води коло старого мосту Поліських залізниць на р. Прип'яті. Там же, стор. 208—217.

7. Вода у боротьбі з посухою. Там же, стор. 27—30.
8. Про досліди над продукційними силами в галузі водного господарства України. Там же, стор. 17—26 та російською мовою „Вісті“, т. II, ч. 2 стор. 25—40.

9. Сток и испарение, как функция атмосферных осадков речного бассейна. „Вісті“, т. II, ч. 2, 1929, стор. 143—170.

10. Гидрология, как наука, и краткий список главнейшей литературы по гидрологии. Там же, стор. 171—230.

11. Краткий обзор иностранной литературы по гидрологии; 19 рефератів. Там же, стор. 231—242; 244—256 та 286.

12. Рецензія на книгу *О. Бірулі*: Река Бог. Бюл. УКОПС'а 1919, № 2, стор. 81—82.

13. Про хемічний склад Дніпрової води. „Вісті“, т. IV, ч. 1, 1931, стор. 161—166.

14. Некоторые данные по гидрологии Верхней Припяти. „Вісті“, т. IV, ч. 2
З праць інших співробітників Інституту відділу гідрології можна визначити:

1. Проф. *Я. Ненько*. Головніші чинники річкового стоку. Укр. та нім. мовою. „Вісті“, т. II, 1919, стор. 136—151.

2. Инж. *А. Огієвський* та *А. Прядченко*, Сніговий покрив у басейні р. Дніпра до м. Києва. „Вісті“, т. IV, 1931 р. ч. 1, стор. 111—128.

3. Инж. *М. Чеботарьов*. Винарування з поверхні Штерівського водоймища. Там же, стор. 167—172.

4. Инж. *В. Назаров*. Гидрологический очерк р. Волчьей. „Вісті“, т. IV, ч. 2.

4 а. Він таки подав 2 реферати про американські підручники гідрології Міда та Мейєра у „Вістях“, т. II, ч. 2, стор. 256—259.

5. Инж. *В. Черноградський*. Перші роботи гідрогехнічної лябораторії н.-д. Інституту водного господарства України. „Вісті“, т. II, ч. I, стор. 166—174.

6. Инж. *С. Комарницький* Докладний реферат про гідрологічні роботи в Італії, „Вісті“, т. II, ч. 2, стор. 278—283, про досліди р. Дунайця в Польщі, там же стор. 283—286 та про роботу проф. *С. Колупайло* про зимовий збіг річок, там же, стор. 263—265.

7. Проф. *О. Позняков*. Осолонення водопровідної води м. Миколаєва. „Вісті“, т. IV, ч. 1, стор. 174—179.

8. Доц. *І. Половко*. Густина й вишина снігового настилу в Києві. Там же, стор. 100—110.

9. Акад. *Б. П. Срезневский*. Отведение и задержание ливневых вод. Предельные ливни, сток и резервуар. „Вісті“, т. II, 1929, ч. 2, стор. 125—142.

10. Проф. *П. М. Чирвінський*. О молекулярном весе воды в разных фазах. „Вісті“, т. II, ч. 2, стор. 91—98.

ІВГУ склав умову з Управлінням Дніпрельстану видати, спільно з Дніпрельстаном, працю інж. *А. В. Огієвського*: „Режим річкового збігу горішнього та середнього Дніпра“, що дає докладну гідрологію водозбору Дніпра за спостереженнями останнього часу і є продовження праці акад. *Оттокова* 1904—1913 г. „Режим речного стока в бас. верх. Днепра за 1877—1908 г.“.

До праць гідрологічного відділу треба віднести також підготування до друку й видання II та IV томів „Вістей“ ІВГУ, кожний у двох частинах. Перший том видано 1929 р. обсягом 35 друкованих аркушів по 60 000 літер, що містить у собі 33 статті переважно гідрологічного змісту; т. IV „Вістей“ видруковано 1930 року, такого самого обсягу, з 32 статтями.

У щільному контакті з відділом гідрології працював і відділ гідрогеології, що відокремився від нього після того, як 1929 р. завідувати відділом призначено проф. *О. Красовського*. До складу відділу належали: науковий співробітник геолог *Г. Буренін* з 1926 р. та науковий співробітник *В. Ткачук*, що до 1929 р. відбувала в Інституті аспірантський стаж.

У роботах відділу брав участь наук. співробітник: інж. *В. Черноградський*, проф. *Р. Виржиківський*, проф. *П. Двойченко* (Симферополь), проф. *М. Криштафович*, проф. *П. Чирвінський* (Новочеркаське) та інші і аспірант інж. *П. Дранішніков*.

Співробітники Інституту брали участь в дослідженнях Виробничого бюро ІВГУ в Донбасі, при чому зразки порід з свердловин при дослідженнях опрацьовувала гідрологічна лабораторія Інституту, проводячи механічну аналізу та студіюючи їх водні властивості.

Взагалі протягом 1929-1930 р. Інститут виконав 649 свердловин, загальною глибиною 4182 м. Про деякі праці Відділу в галузі дослідження зразків порід при дослідах в Донбасі, роблених з метою будувати водосховища, а також дослідів ґрунтових вод на території вокзалу в Києві, розпочатих дослідів в галузі вивчення водних здатностей артезійних поземів України—скажемо нижче. Відомості про перші роботи гідрогеологічної лабораторії подано в статті наук. співробітника інж. *В. Черноградського*, „Перші роботи гідротехнічної лабораторії н.-д. Інституту водного господарства України, „Вісті“, т. II, ч. 1, стор. 166—174, а почасти в статті наукового співробітника *В. Ткачук*, „Матеріяли до гідрологічної класифікації ґрунтів“, там же т. IV, ч. 1, стор. 129—160. Остання стаття цікава, як спроба зробити деякі висновки з дослідів лабораторії.

Кер. відділу проф. *О. Красовський* провадив 1929 р. гідрогеологічні досліді в Тульчинській окрузі на Поділлі з доручення Тульчинського Окрвиконкому, а також досліді з спеціальними завданнями виявити гідрогеологічні умови водопостачання окремих пунктів, наприклад, Немерчинської дослідної станції, Люлінецької сортівничо-насіневої станції та Гаврилівської економії Зінов'ївської округи, Шабліно-Знам'янської цукроварні, Косарської гуральні Спиртотресту, у Шевченківській окрузі, ст. Хвастів Півд. Зах. залізниць та ін.

1930 р., з доручення Інституту, проф. *Ф. Виржиківський* провів експедиційні досліді для вивчення гезового водовмісного позему в районі поширення фосфоритів Поділля. Наслідки цих дослідів, як і дослідів проф. *Красовського* на Поділлі, маємо надрукувати в V томі „Вістей“ Інституту.

З доручення Наркомздоров'я України ІВГУ опрацьовав матеріяли щодо використання надземних та підземних джерел водопостачання в різних районах України. Матеріяли про надземні води опрацьовали співробітник інженер *А. Огієвський* та інж. *А. Прядченко*, про підземні води—науковий співробітник *В. Ткачук*. Матеріяли ці розміром на 6 друк. аркушів маємо надрукувати Наркомздоров'я.

1929 р. ІВГУ видав ще окремий том, III, своїх „Вістей“, що містить: „Матеріяли по гідрогеології України“, т. I, вип. 1 та 2, розміром 15 друк. аркушів по 60 000 літер. Перший випуск цих матеріялів містить у собі такі статті:

- 1) Акад. *Є. Оппоков*. Роботи ак. *П. А. Тутковського* в галузі гідрогеології.
- 2) *Р. Виржиківський*. Підземне живлення річок Наддністрянського плято на Поділлі.
- 3) Проф. *О. Красовський*. Звідомлення про гідрогеологічні дослідження на Поділлі, та його ж гідрогеологічна мапа Поділля.
- 4) Інж. *Є. Тамм*. Робота юрських свердловин Київського міського водопостачання; праця ця з'явилася додатком до його статті: „Робота подмеловых скважин Киевского городского водоснабжения в период 1897—1927 г.“, що надрукована в I томі „Вістей“ Інституту.
- 5) *В. Різниченко* та *В. Василевський*. Гідрогеологічний нарис м. Кодня на Волині.
- 6) *В. Ткачук*. Гідрогеологічний нарис долини р. Гірського Тікичу на Гуманщині.
- 7) *Г. Буренін*. Про використання підземних вод Донецького басейну для водопостачання.

8) Інж. *Д. Націєвський*. Підземні води Донецького басейну за даними впорядкування й експлуатації свердловин на Донецьких залізницях.

9) Проф. *М. Криштафович*. Попередній висновок у справі постачання води до содового заводу при ст. Переїзна Донецьких залізниць.

10) Проф. *П. Двойченко*. Гідрогеологічні умови постачання води Марію-полеві.

Випуск 2 того самого тому містить „Показника головнішої літератури про підземні води на Україні та почасти на суміжних просторах у зв'язку з геологічною літературою взагалі“ акад. *П. Тутковського* та *Є. Оппокова*.

Акад. *Є. Оппоков*, крім зазначених вище статтів у III том¹ „Вістей“, з відділу гідрогеології виконав такі праці:

1) подав висновок щодо проєкту зміцнення берегів р. Дністра в м. Тирашполі проти осувів високого берега; висновок зроблено з доручення НКЗ АМСРР.

2) Подав висновок щодо глибокого свердлування в районі Шостенського заводу на Чернігівщині.

3) На підставі тонографічних дослідів, що провів ІВГУ на лівобережній терасі Дніпра між м. Дніпропетровським та м. Кам'янським-Запоріжжям, склав статтю: „О левобережных террасах среднего Днестра“, „Вісті Інституту“, т. II, ч. 2, стор. 41—70;

4) На підставі дослідів, що провів з доручення Інституту, асп. інж. *А. Корчагин* 1929 р. на правобережній терасі Дніпра між Черкасами та Чигирином, склав статтю: „Правобережная терраса р. Днестра между г. Черкасами и г. Чигирином“, „Вісті Інституту“ т. IV, ч. 2.

5) Подав статтю: „Ожидаемое повышение уровня грунтовых вод в связи с возведением плотин на Днепре и влияние его на сельское хозяйство и санитарное состояние прилегающих районов“. „Вісті“ т. IV, ч. 2.

З праць інших співробітників ІВГУ з відділу гідрогеології можна відзначити ще такі:

1) Проф. *П. А. Двойченко*. Морфологическая и генетическая классификация оползней и обвалов. „Вісті Інституту“, т. II, ч. 2, стор. 9^о—107.

2) Проф. *С. Гембицький* і інж. *А. Алексеев*. К вопросу об изменении уровня грунтовых вод на территории заводов им. Петровского в Днепропетровске в связи с сооружением Днепростроя, „Вісті“, т. II, ч. 2, стор. 108—124.

3) Інж. *М. Лоташевський*. Нові відомості про Бирзульські свердловини. „Вісті“, т. IV, ч. 2.

4) Інж. *Д. Націєвський*. К вопросу о подземных водах в районе Донецкого бассейна. „Вісті“, т. IV, ч. 2.

5) Інж. *В. Черноградський*. Гидрологические исследования на территории строящегося вокзала в г. Киеве. „Вісті“ т. IV, ч. 2.

6) Проф. *Р. Виржиківський*. Гидрогеологическое описание окрестностей г. Могилева-Под.

7) Проф. *П. Н. Чирвинський* і *А. А. Ульянов*. Матеріали по гидрогеологии и гидрохимии Донецкого бассейна (буде надруковано в V томі „Вістей Інституту“).

У щільному контакті з відділом гідрології існував та працював до останнього 1930 р. й Відділ меліорації ІВГУ, що ним керував проф. *Я. Ненько*—в Харкові. Співробітник цього відділу, колишній його аспірант інж. *В. Цінгер* провів 1930 р., коштами додаткового асигнування Раднаркому, польові досліді в районі другої високої тераси лівобережжя Дніпра на південь від с. Скельки, нижче м. Запоріжжя, з метою виявити можливість, умови й вартість піднесення води з р. Дніпра та р. Кінської на третю терасу для зрошення родючих чорноземів. Цю роботу поставлено й виконано в зв'язку з питанням, що його поставив акад. *Є. Оппоков*, про широке використання весняних вод р. Дніпра для іригації південних

степів. Звіт про ці досліді інж. *Цінгера*, з підрахунком вартости піднесення води на височінь 89 м для зрошення полів, надруковано у „Вістях“ т. IV, ч. 2.

Акад. *С. Оппоков* виконав такі роботи, що стосуються зазначеного відділу меліорації.

1) Двічі знайомився з осушними роботами в БССР в серпні 1929 р. та в червні 1930 р., перший раз з запрошення Управи колфондів БССР, другий — з доручення Управи водного господарства НКЗ РСФРР, при чому звіт про першу подорож подав в статті: „Цікава спроба механізації меліоративних робіт у БССР“. „Укр. Землевпорядник“, 1929, № 9, стор. 33 — 39; далі подав статті:

2) Норми стоку для висушних робіт, зокрема в умовах України. „Вісті“, т. II, ч. 1, 1929, стор. 218 — 232.

3) Днепрострой и развитие производительных сил Украины. „Вісті“, т. II, ч. 2, стор. 3 — 24.

4) Роля водного господарства на Україні взагалі та в її сільському господарстві зокрема. „Вісті“, т. IV, ч. 1, 1931, 16—32 стор.

5) Про використання весняних Дніпрових вод для іригації південних степів. Там же, стор. 89 — 99.

6) Науково-дослідчий інститут водного господарства та сільсько-господарської меліорації. Там же, стор. 180 — 194.

7) О рациональных мерах борьбы с наводнениями в бассейне р. Днепра и об использовании его высоких вод в интересах сельского хозяйства. „Вісті“, т. IV, ч. 2.

8) Інструкція, як провадити досліді перед висушуванням багон та складати проєкти на висушні роботи. Там же та окремими відбитками.

9) Висушування земель. ДВУ. 1930 р., стор. 197.

Асп. відділу інж. *Цінгер*, за рекомендацією акад. *С. Оппокова* та запрошенням Управи колфондів БССР, поставив і провадив 1929 р. широкі гідрологічні спостереження у водозборі р. Ореси на Бобруйщині, з метою здобути матеріал, щоб уgruntувати проєкт регулювання цієї річки. Наслідки цих спостережень він використав для своєї промощійної праці: „Опыт установления расчетных модулей осушения для бассейна р. Ореси в Бобруйском округе БССР“, що її надруковано в IV томі „Вістей Інституту“, ч. 2, стор. 177 — 195.

Другий аспірант того самого відділу інж. *В. Герасимов* 1929 р. обороняв у Києві на ступінь наукового співробітника промощійну працю: „Річки м. Харкова, їх режим та поліпшення“. У зв'язку з додатковими дослідями 1930 р. у верховинах цих річок, інж. *Герасимов* має доповнити цю роботу та підготувати до друку в VI томі „Вістей Інституту“.

Третій аспірант того ж відділу інж. *О. Панадіяді* оборонив 1930 р. в Києві промощійну працю: „Накреслення форми поперечного перетину земляних гребель“.

Четвертий аспірант відділу меліорації інж. *М. Чеботарьов* ще 1928 р. обороняв у Харкові при відділі ІВГУ одну з своїх доповідів на ступінь наукового співробітника, а пізніше подав ще деякі статті, крім зазначеної вище, про випарування Штерівського водосховища („Вісті“, т. IV, ч. 1), у зв'язку з чим Інститут водного господарства погодився надати йому зазначену ступінь наукового співробітника з 1930 р.

Кер. відділу меліорації проф. *Я. Ненько*, розвиваючи далі свої попередні міркування, що він їх подав у статті „Найголовніші чинники річкового стоку“, „Вісті“, т. II, ч. 1, 1929, стор. 136—151, надрукував у „Науково-Технічному Віснику“ 1930 р. ч. 5, статтю: „Відносна величина весняного збігу“.

З пропозицій Упрнауки НКО ІВГУ передав відділ меліорації, як такий, до нового н.-д. інституту сільсько-господарської меліорації, заснованого

на Україні 1930 р., з тими п'ятьма аспірантами, що не закінчили свого стажу в ІВГУ. Та в зв'язку з тим, що з обсягу питань водного господарства викреслити питання меліорації не можна, то замість відділу меліорації ІВГУ мусів утворити Відділ застосовної гідрології, з функціями попереднього відділу, під керівництвом проф. *Я. Ненько*, що й далі продовжує свою роботу в складі ІВГУ. В розпорядженні відділу лишилися матеріяли для бібліографії з гідротехніки та меліорації колишнього кер. Відділу проф. *Ю. В. Ланге* на 4 томи; видання їх дуже бажане, щоб ознайомити з ними всіх молодих гідротехніків та меліораторів.

З інших відділів Інституту треба зазначити ще такі: відділ водної енергії, під керівництвом проф. *С. П. Шенберга*, в складі штатних наукових співробітників: інж. *В. Черноградського* та інж. *В. Тихомірова*, аспірантів інж. *А. Корчагіна* та інж. *М. Олійника*, нештатних співробітників: проф. *Г. Й. Су о м е л а*, інж. *С. Говорова*, інж. *В. Спроге* та інших.

Відділ працював також над складанням проектів водопостачання для сталінського заводу Південкриці, а наприкінці 1930 р.—для водопостачання заводу № 5 „Союзнефті“ в Туапсе.

Науковий співробітник Відділу інж. *В. Черноградський* підготував до друку „Проект водохранилища на р. Крынке для водоснабження Макевского заводу Югостали в Донбассе“, розміром 18 друк. аркушів, з атласом малюнків—на 20 аркушів. Цю працю видав ІВГУ 1931 р. ц. 7 крб.

Цей самий співробітник підготував для друку другу свою працю: „Расчет водосливов и флютбетов плотин“, розміром до 12 друк. аркушів; її Інститут має друкувати 1932 року.

Інж. *В. Черноградський* брав також участь у гідрологічних дослідах на території будівлі Київського вокзалу (див. вище), в опрацюванні проекту гідротехнічної лабораторії ІВГУ в буд. ч. 45 на вул. Артема в Києві та проекту тарувального каналу довжиною 50 м в садибі того ж будинку, що його орендує у Комгоспу ІВГУ.

Науковий співробітник проф. *Г. Сухомел* вмістив у IV томі ч. 1, „Вістей Інституту“, спеціальний дослід з галузі гідравліки: „Нерівномірний рух течава в одкритих коритах“, що має серйозне наукове значення. Окрім того він склав окремі таблиці для вирахування довжини розповсюдження підпору води через загати; їх Інститут має видати 1932 р.

Науковий співробітник інж. *В. Назаров* зробив, з доручення Інституту, перевірений розрахунок водовмісности Карлівського водосховища на р. Вовчий при багаторічному регулюванні збігу; розрахунок цей цікавий і для проектування гідросиловень. Надрукований він у IV томі „Вістей Інституту“, ч. 2.

Відділ водних шляхів ІВГУ, після смерті проф. *М. І. Максимовича* 1928 р., відновлено лише 1930 р., коли запрошено на керівника відділу проф. *П. М. Пушечнікова*. Як науковий співробітник відділу, працював проф. *О. Жарський*. Він керував роботою Відділу в галузі залізобетонних гідротехнічних споруд. Аспірантами при відділі лишаються інженери *М. Бобровніков*, *В. Мостовий*, *М. П. Омшанський*, *Яєїнський* та *М. Ястребов*.

Крім того ІВГУ опрацював і підготував до друку наслідки багаторічних спостережень на 25 водпостах водозбору р. Дніпра щодо найхарактерніших висот рівня та дат, як для найвищих так і для найнижчих річних рівнів, а також льодоходних і судоплавних рівнів, для початку скресу та замерзання річок, з вирахуванням і багаторічних пересічних висот зазначених рівнів за 54 роки. Відповідні таблиці складено, їх маємо лише доповнити для більшої наочности відповідними графіками 54-річних спостережень і видати друком 1932 року.

Відділ гідробіології працював у складі керівничого відділу проф. *Д. О. Белінга*, дійсних членів: проф. *Д. О. Свіренка* та проф. *Л. Рейнгарда*,

аспірантів *П. Сабанєєва* та *М. Тарана*, наукового співробітника *С. Рибінського* та проф. *О. Познякова*.

Відділ провадив 1929 р. гідробіологічні досліді Дніпра між Кременчуком та порогами і ставків Винницької округи, а 1930 року—експедиційні досліді р. Дніпра між Києвом та Кременчуком і р. Тясьмина. Роботи ці були чимало підсилені 1930 р. коштом додаткових асигнувань Раднаркому. З цих коштів ІВГУ відпустив проф. *Д. Свіренкові* та його співробітникам 6 878 крб. на експедиційні гідробіологічні досліді р. Самари та р. Вовчої, 1 500 крб.—проф. *Л. В. Рейнгардові* на ентомологічні досліді р. Самари та порогуватої частини р. Дніпра і 4 000 крб. проф. *Д. О. Белінгові*—на досліді р. Тясьмина та р. Дніпра.

Наслідки цих дослідів опрацьовували протягом зими 1930-31 року, а надруковані вони будуть у V томі „Вістей Інституту“.

Незалежно від того, Гідробіологічний Відділ, на субсидію Київського Комгоспу в розмірі 6 000 крб., розпочав і провадив регулярні систематичні спостереження над забрудненням дніпрових вод у зв'язку із спуском каналізаційних вод. Ці досліді Інститут провадив вкупі з Бактеріологічним інститутом ім. Заболотного, Санітарною станцією та Дніпрянською біологічною станцією.

З надрукованих праць відділу можна визначити такі:

1) Ентомологічні дослідження р. Самари Дніпрянської у зв'язку з Дніпробудом, проф. *Л. Рейнгарда*, „Вісті Інституту“, т. II, ч. 1, стор. 237—251.

2) Проф. *Д. Белінг*. До вичучування тваринного населення в порожистій частині та в суміжних з нею районах Дніпра. Там же, стор. 259—276.

3) Асп. *П. Сабанєєв*. Місця, де виплоджується малярійний комар у порожистій частині Дніпра. Там же, стор. 252—258.

4) *С. Рибінський*. Гідротехнічні споруди, як радикальний спосіб боротися проти малярії. Там же, стор. 277—280.

5) Асп. *П. Сабанєєв*. Про неоднорідність плянктону в Дніпрі нижче допливів Самари, Ворскли, Орелі та Десни. „Вісті“, т. IV, ч. 1, стор. 195—208. Цю працю асп. *П. Сабанєєв* оборонив 1930 р. на ступінь наук. співробітника Інституту.

6) Асп. *М. Таран*. Матеріяли до характеристики гідрофавни заплавних водойм та узбережних заростів р. Дніпра. Там же, стор. 209—240.

7) Проф. *Д. Белінг* та асп. *М. Таран*. Показчик літератури з гідробіології, іхтіології, рибицтва та рибальства України за роки 1917—1927. Там же, стор. 241—278.

Останній показчик літератури з гідробіології належить до серії показчиків літератури з різних галузів гідрології України, що його Інститут почав видавати, вмістивши показчик літератури з гідрології за 1918-1927 р., в I томі своїх „Вістей“ (стор. 215—248 петиту) та показчики літератури з гідрології в II т. „Вістей“ ч. 2, стор. 187—130 і з гідрології України в III томі „Вістей Інституту“, ч. 2, на 99 сторінках.

Для V тому „Вістей“ в галузі гідробіології є такі статті: *С. В. Рибінського*, Спостереження над меліоративними роботами вздовж р. Тясьмина в зв'язку з малярією в її заплаві; проф. *О. Познякова*, Зв'язок поміж хеміко-гідрологічними факторами та уловом риби в Очакові року 1921, 1922 й 1923; стаття проф. *В. М. Рола* на 10—12 аркушів, крім зазначених вище праць проф. *Д. О. Свіренка*, *Д. О. Белінга* та ін.

ІВГУ протягом 1929 і 1930 року закінчив цілком відновлення зруйнованої 1920 р. колишньої рибні А. Шелюжка в Києві на вул. Артема № 45, з численними бетоновими басейнами та пристосуванням до пароводяного опалення. Інститут відновив велику оранжерію колишньої рибні й пристосував її для центральної Гідробіологічної станції Інституту, витративши на це 20 000 крб. і відновивши умову з Комгоспом на оренду садиби № 45 на дальші 5 років. В цій садибі і в двоповерховому кам'яному будинкові, що його орендує Інститут, міститься й гідрогеологічна лябо-

раторія Інституту; тут же маємо встаткувати згаданий вище тарувальний канал, довжиною 50 м, для гідрометричних млиноків та для праці в ньому з аспірантами.

Останній відділ санітарної гідротехніки (водопостачання та каналізації) в Харкові; керує ним проф. *Я. І. Ніколін*; участь у роботі беруть: проф. *М. Г. Малішевський*, науковий співробітник інж. *О. Розанова* та група фахівців Виробничого бюро Інституту. Саме в цьому відділі, УВГІ через своє Виробниче бюро провадив найзначніші роботи, на поза бюджетові кошти, в галузі водопостачання різних заводів Донбасу тощо. Головніші з цих робіт зазначено далі.

З праць співробітників відділу можна зазначити такі:

1) Статтю проф. *М. Малішевського* „Законы очистки питьевой воды“. „Вісті ІВГУ“ т. II, ч. 2, стор. 85—95.

2) Інж. *В. Турчинович*. К вопросу о техническом водоснабжении Сталинского, Макеевского и Рыковского комбинатов Югостали. Там же, стор. 71—84.

3) Проф. *М. Малішевський*. Очистка питьевой воды. 1930, Госиздат, 288 сторінок.

Крім зазначених вище відділів, в ІВГУ існувало Виробниче бюро, що протягом 1929-30 року виконало замовлень десь на суму 250 000 крб., тоді як увесь держбюджет Інституту становив лише 50 000 крб. Виробниче бюро виконало цілий ряд дослідів з доручень різних установ. Так ІВГУ провів в Донбасі 1929 р., з доручення Сталінського заводу Південкриці, топографічні та гідрологічні досліді на р. Вовчий вище с. Карлівки впродовж 14,5 км, у долинах її допливів р. Дурній (7 км) і Водяній (5 км); зазняв загалом площу 27 кв. км і протрасував лінію водопроводу від с. Карлівки до ст. Піски, довжиною 14 км, здійнявши 8 кв. км і виконавши 189 свердловин, загальною глибиною 1712 м; опрацював проекти водосховища та водопроводу з кількома варіантами водотяжні. Водопровід за проектом ІВГУ уже виконують.

З доручення Водоканалбуду в Москві, ІВГУ взимку 1929-30 р. провів досліді на р. Вовчий від х. Волчанського й с. Курахівки впродовж 30 км до с. Карлівки та на р. Лозовій 11 км, зазнявши на плян 27,25 кв. км і виконавши 53 свердловини загальною глибиною 582 м, так само з метою підсилити водопостачання району м. Сталіного. Наслідки дослідів опрацьовано й передано Водоканалбудові.

З його таки доручення, влітку 1929 р. ІВГУ виконав через своє Виробниче бюро широкі топографічні досліді на тій же р. Вовчий впродовж 56 км вище с. Андріївки-Клевцового та на її допливах, р. Мокрим Ялам 15 км і р. Солоній — 14 км, зазнявши загалом на плян площу 155 кв. км і виконавши 66 свердловин загальною глибиною 393 м; матеріяли опрацьовано й надіслано Водоканалбудові для складання проекту великого водосховища, обсягом приблизно на 60 млн. куб. м.

Далі на р. Кальміусі, для того ж Водоканалбуду, влітку 1929 р. здійснено 20 кв. км площі на протязі 24 км вище с. Григорівки—першої та на р. Грузькій від ст. Моспино до с. Макиївки 25 кв. км здійснення на протязі 31 км, з 21 свердловиною, загальною глибиною 168 м.

Того ж 1929 року, з доручення Першотравневого каолінового заводу при ст. Просіяній в Донбасі, Інститут провів досліді б. Скиданої на площі 6 кв. км з 48 свердловинами, загальною глибиною 240 м, а влітку 1930 р. досліді з метою устаткувати водопровід з р. Вовчої до ст. Просіяної, на протязі 17,5 км, з 31 свердловиною, загальною глибиною 81 м і склав проект водопроводу для того ж заводу.

Влітку 1929 р., з доручення Алчевського заводу ім. Ворошилова, ІВГУ провів досліді і склав проекти двох водосховищ на б. Довжик для технічного водопостачання заводу, з них одно виконане, а друге трохи не закінчене 1930 р.

Протягом зими 1929-30 р. та осени 1929 р. ІВГУ виконав для того ж заводу топографічні й геологічні дослідження на р. Білій впродовж 11 км від с. Ящиківки до с. Іванівки та впродовж 11 км від с. Ісаківки до с. Бугаївки, зазняв загалом 28 кв. км і спроектував трасу 10 км водопроводу від с. Ісаківки до Алчевського заводу і 13 км від с. Ящиківки, виконавши 248 свердловин, загальною глибиною 650 м. Наслідки дослідів опрацьовано й передано заводові для складання проекту водопроводу з того чи другого з зазначених пунктів; крім того, надіслано геологічний висновок геолога *В. С. Попова*.

Наприкінці 1929 р. ІВГУ, з доручення Держбюро „Нептун“ у Москві, зробив дослідження в низах р. Кальміюса впродовж 21 км від гирла до с. Сартани і його допливу Кальчика на 5 км біля м. Маріюполя, зазнявши вузьку смугу землі на площі 9,2 км. Дослідження провадилися з метою водопостачання Маріупільського металургійного заводу, як питною ґрунтовою водою, так і технічною з р. Кальміюса. При дослідженнях виконано 30 свердловин, загальною глибиною 368 м в місцях запроєктованих запруд та 32 свердловини, загальною глибиною 219 м, для дослідження ґрунтових вод в низах р. Кальчика; з двох свердловин проведено спробне відпомпуння. Пояснювальна записка про водопостачання з ґрунтових вод та схематичний проект загати на р. Кальміюсі надіслано до бюро „Нептун“ і до Водоканалбуду, після приєднання до нього бюро „Нептун“.

З доручення Водоканалбуду 1930 р. Інститут провів топографічні дослідження в 4 пунктах Донбасу, а саме:

1) На р. Казеному Торцю від колгоспу Горняк № 1 впродовж 21,5 км до с. Бандишівки, на р. Грузькій 7 км і Полтавщині — 2 км з подвійною нівеляцією 6,5 км до ст. Дружківки, зазнявши загалом площу 30 кв. км.

2) По р. Сухим Ялам с. Улакли до с. Успенівки впродовж 21,7 км та на б. Сухий — 3 км, з подвійною нівеляцією 16 км від с. Улакли до ст. Роя, з загальною площею здійснення 30,5 кв. км.

3) На р. Лугані впродовж 18,5 км від с. Каліновського до с. Троїцького та на балці Корташинській 1,5 км, з подвійною нівеляцією впродовж 6 км до ст. Ірмино, з зазняттям площі 14 кв. км.

4) На р. Кам'яній впродовж 7 км від с. Кам'янки до с. Македонів, з подвійною нівеляцією 8 км від останнього пункту до ст. Картушино, з зазняттям площі 3,5 кв. км.

Матеріали дослідів опрацьовано й передано Водоканалбудові згідно з умовою.

1929 року Інститут склав проект водопостачання з р. Гнилоп'яті Глуховецького Каолінового заводу, Бердичівського району.

1929 року Інститут провів дослідження і склав проект каналізації й очищення фенольних вод нового коксового цеху заводу ім. Держинського в м. Кам'янському-Запоріжжі.

У січні 1930 р. Інститут провів дослідження, спорудивши 3 розвідкових та 6 спостережних свердловин, глибиною кожна до 17 м в долині р. Дніпра, з метою водопостачання коксового цеху того таки заводу, а 1930 року склав проект водопостачання центральної електросилової (РЕС) на тому ж заводі, з проектом регуляції р. Дніпра біля цього заводу.

З доручення Будівельного бюро Київського вокзалу, Інститут провів влітку 1929 року на території будівлі вокзалу в долині р. Либеді, за вимогою Інституту споруджень у Москві, спостереження, з метою визначити швидкість та напрям течії ґрунтових вод, у зв'язку з питаннями про стійкість фундаменту будівлі вокзалу на залізобетонних палях. Дослідження проведено за трьома методами визначення (електролітичною, кольориметричною та хемічною). Описи і наслідки роботи подано в статті наук. співробітника Інституту інж. *В. Черноградського* у „Вістях Інституту“, т. IV, ч. 2.

Як у попередніх дослідженнях на території Київського вокзалу, так і в дослідженнях у м. Кам'янському-Запоріжжі і в багатьох пунктах Донбасу,

зразки ґрунтів досліджувано в гідрогеологічній лабораторії ІВГУ на їх фізичні й зокрема водні здібності (механічний склад, водонепрохідність, коефіцієнт фільтрації). Попередні наслідки цих дослідів використала наук. співробіт. Інституту *В. Ткачук* для статті, під назвою: „Матеріали до гідрологічної класифікації ґрунтів“, „Вісті Інституту“ т. IV, ч. 1, стор. 129—160.

До цього слід додати, що влітку 1930 року науковий співробітник *В. Ткачук* взяла для гідрогеологічної лабораторії 12 монолітів—зразків водовмісних шарів найнижчих артезійних горизонтів України, які піднесені вище денної поверхні в околицях м. Канева, що й дозволило взяти тут їх зразки для дослідів фізичних, зокрема водних властивостей ґрунту; таке вивчення має продовжуватися на інших зразках з вищих водовмісних артезійних поземів, за пляном робіт Гідрогеологічного відділу Інституту на 1931 р.

Уже з попереднього короткого переліку робіт ІВГУ видно, що вони стосуються переважно вивчення гідрологічних умов Донбасу та інших місцевостей України і провадились у зв'язку з пляновим завданням ради влади поліпшити в першу чергу умови водопостачання Донбасу. Керівник Катедри гідрології ВУАН, одночасно й директор ІВГУ з доручення ВУАН бере безпосередню участь в засіданнях Водного комітету при УЕН, як член комітету, а також брав участь в окремій Експертній комісії для розгляду проекту водопостачання Донбасу, що його складання доручено Водоканалбудові в Москві, і як член Технічної ради Донбасводтресту, — при розгляданні й затвердженні інших проєктів.

1929-1930 року виникла й обмірковувалася пропозиція організувати Український науково-дослідчий інститут меліорації, або як самостійний, або як філію Всесоюзного інституту меліорації та гідротехніки в Москві. Доповідну записку акад. *Є. Оппокова* про потребу організувати цей інститут, як науково-дослідчий інститут водного господарства та сільськогосподарської меліорації, надруковано в IV томі „Вістей Інституту“, ч. 1, стор. 180—190; там таки надруковано (стор. 191—204) й тези доповіді ІВГУ на нараді НКЗ у Москві 25—28 вересня 1928 р. в цій же справі.

Восени 1930 р. утворено Український відділ всесоюзного інституту меліорації, і Упрнаука НКО запропонувала ІВГУ передати до нього свій відділ меліорації. Для цього ІВГУ провів оборону промоційних праць тих аспірантів (*В. Цінгера* та *О. Панаб'яді*), що закінчували аспірантський стаж, а решту аспірантів цього відділу (5 осіб) передав до нового інституту. Але керівничий відділу проф. *Я. Ненько* лишився в ІВГУ як керівник відділу гідротехніки, чи застосовної гідрології, що його мусів організувати ІВГУ замість відділу меліорації і завдання якого накреслено на стор. 13—14 доповіді акад. *Є. Оппокова*: „Об организации научно-исследовательской работы в области водного хозяйства Украины“ („Вісті“, т. IV, ч. 2).

Наприкінці 1930 року почав організовуватися в Харкові ще один науково-дослідчий інститут, що повинен працювати поруч з ІВГУ, а саме—Гідрометеорологічний Інститут, що його гідрометеорологічний відділ має провадити дослідчі роботи не лише в галузі гідрології. Керувати цим відділом запропонували акад. *Є. Оппокову*, але тому, що це б призвело до подвійності в роботі і якоюсь мірою знесиловало б ІВГУ, що існує вже 4 роки і працює досить продуктивно, то від цієї пропозиції директор Інституту *В. Г. мусів відмовитись*.

Щодо науково-популярної та громадської роботи Інституту, то протягом 1929-1930 р. відбувались прилюдні засідання Інституту, що на них співробітники Інституту й директор подали ряд доповідей з різних галузей водного господарства; перелік їх до 1/III—30 р. подано у звіті ІВГУ за цей час (див. „Вісті“ т. IV, ч. 1, стор. 9—11; подано там назви 29 доповідей).

Акад. *С. Оттоков*, з доручення НКО, брав участь у проведенні тижня „Техніка масам“ на Артемівщині в жовтні 1929 р., виступивши з промовою в м. Артемівському і з доповіддю про водопостачання Донбасу в Палаці культури в Щербівці. Шостою січня 1930 р. він зробив доповідь на засіданні Фізико-математичного відділу ВУАН про роботу ІВГУ взагалі і зокрема про водопостачання Донбасу та плян праці Інституту на 1929-30 р. Після цієї доповіді відділ ВУАН ухвалив: „підтримати пропозицію щодо приєднання Науково-дослідчого Інституту водного господарства України до ВУАН і підготувати матеріали в цій справі у президії відділу, а також погодитись передати до ІВГУ майно колишньої гідрологічної секції“ (постанова ч. 4689).

З доручення Фізико-математичного відділу він же зробив інформаційну доповідь про водопостачання Донбасу на пленумі ВУАН 9 березня 1930 р.

На запрошення Управи водного господарства РСФРР, у червні 1930 р. директор ІВГУ виїздив до БСРР в Менськ і радгосп „Мар'їно“ для участі в Окремій комісії, що обмірковувала і вирішувала ряд питань, зв'язаних з осушенням боліт.

Акад. *С. Оттоков* брав участь у засіданнях Експертної комісії в Москві та Харкові, що розглядала схеми проєкту водопостачання Донбасу; останні були в грудні 1930 р.

Співробітники Інституту під час дослідів у Донбасі й інших місцях УСРР робили доповіді в сільрадах та ріках про завдання дослідів, що вони провадили з доручення Інституту. Серед них можна зазначити доповідь в с. Янисолі на партійній районній конференції про водопостачання Донбасу, доповіді інж. *Цінгера* про іригаційні досліді в Запорізькій окрузі, доповіді проф. *Белінга* в с. Медведівці Шевченківської округи про справу СВУ та про роботу ІВГУ і ін.

Співробітники Інституту т. т. Сабанєєв і Таран брали участь в анти-релігійній пропаганді, виступивши з доповідями та деякими хемічними експериментами на зборах ОДПУ, 134 і 136 полків.

Всі технічні співробітники Інституту є члени секції ІТР, дехто з них та директор робили прилюдні доповіді на з'їздах Водників про роботу Інституту тощо.

В ІВГУ зорганізовано осередок ТСО Авіахему з секторами: науково-дослідчим, повітряної оборони та стрілецьким, маємо утворити ще й окремий осередок Автодору.

Серед співробітників Інституту збирали кошти на збудування глісера та літака „Правди“ і викликали на змагання інші науково-дослідчі інститути.

В Інституті зорганізовано окрему комісію в справі соцзмагання, і комісію раціоналізації, що провела цілий ряд засідань і подала ряд пропозицій щодо організації пляну робіт на 1931 р.

З попереднього короткого огляду роботи відділів ІВГУ за 1930 р. видно, що в науковій роботі на Україні він відігравав і відіграє досі провідну роль в галузі, як чистої, так і застосовної гідрології (гідротехніки), працюючи в повному контакті з катедрою гідрології ВУАН. І це не зважаючи на його дуже обмежені держбюджетові кошти за перебування в віданні Наркомосу. Його наукова й науково-видавнича продукційність може бути прикладом для нових науково-дослідчих інститутів.

Значне поширення завдань і роботи Інституту з переходом його з 1931 року до Управи водного господарства України вимагає деякої раціоналізації роботи Інституту водного господарства України, а саме, бажано:

1) просити Управу водного господарства затвердити нові штати співробітників, по можливості без сполучення з роботою в інших інститу-

тах та виробничих установах, і збільшити технічний апарат Інституту, додавши йому завгоспа, архіварія, бібліотекаря та додаткового канцелярського робітника;

2) зобов'язати керівників відділів приділяти належну увагу роботі в відділах, надто в справі підготування кадрів і вимагати від них, крім наукової, енергійної роботи з аспірантами;

3) мати, крім наукового, ще й штатного технічного секретаря, що вів би всі протоколи засідань, складав звіти про роботу Інституту тощо (досі це виконував сам директор);

4) затвердити в Раднаркомі новий статут Інституту;

5) домагатись якнайскоріше фактично закріпити за Інститутом всю площу наданого йому від Раднаркому буд. ч. 6 на вул. 25 Жовтня в Києві та скоріше устаткувати тут гідрологічну і разом гідротехнічну лабораторію, а в садибі № 45 на вул. Артема — гідрохемічну, гідробіологічну та гідрогеологічну лабораторії й довгий, на 50 метрів, тарувальний канал для гідрометричних млинків.

Директор Інституту, акад. ВУАН *Є. Опіков.*



ПРО РОБОТУ НАУКОВО-ДОСЛІДЧОГО ІНСТИТУТУ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ В ГАЛУЗІ ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ВИВЧЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД¹

Ueber die Arbeit des Wissenschaftlichen Forschungs-Institut der Wasserwirtschaft der Ukraine im Gebiete der Hydrogeologie und der Grundwasserforschung. Von Prof. Dr. und Akad. E. Orpokow

На самому початку свого існування, року 1926, н/д Інститут водного господарства України накреслив програму науково-дослідчих робіт у ділянці гідрогеології та вивчення підземних вод України.² На II Всесоюзному геологічному з'їзді, що відбувся в Києві у травні 1926 р., інститут водного господарства України цю програму доповів і порушив одне з основних її питань про те, як виявити, звести, впорядкувати, доповнити та опублікувати весь дотеперішній матеріал у справі гідрогеології України. Узявши ініціативу, він сам заходився коло цього, зібравши в себе чималу частину матеріалів у вигляді окремих гідрогеологічних мап, розрізів свердловин, рідких гідрогеологічних робіт професорів *О. В. Гурова, І. Леваковського, П. Тутковського* та інших південних геологів, а також склав і видав року 1929 I том своїх „Матеріалів до гідрогеології України“ („Вісті Інституту“, т. III).

У першій частині цього тому зміщено ряд статтів з гідрогеології України, а в другій частині опубліковано докладний „Показчик літератури про підземні води“ акад. *П. А. Тутковського* з додатками проф. *Є. В. Опшкова*; останній підготував також матеріали для ще докладнішого показчика літератури про підземні води взагалі чужоземними мовами.

Н/д Інститут водного господарства України накреслив також кошторис на виконання науково-дослідчих робіт у галузі гідрогеології на п'ятилітку, в сумі 865 000 карбованців, при чому в цій кошторисі передбачив не тільки зведення та опублікування дотеперішніх гідрогеологічних матеріалів і мап, але й їх доповнення нівелюваннями, потрібними на те, щоб звести свердловини до рівня моря, а також новими свердловинами в районах, не досить висвітлених попередніми матеріалами; кошторис так само передбачає заснувати 30 станцій, щоб робити там спостереження над режимом глибоких підземних вод України, і накреслює провести гідрохемічні обслідування вод, насамперед із свердлових колодязів.

Того ж таки 1926 року Інститут водного господарства вдавсь до НКЗ України, просячи передати йому з меліоративних організацій НКЗ ті гідрогеологічні матеріали, що їх одержали ці організації через співробітників Укргеолкому, для того, щоб Інститут зробив їм зведення та

¹ Доповідь акад. Є. В. Опшкова на нараді Укргімекому 18 січня 1931 р. в м. Києві в справі гідрогеологічної роботи в УСРР.

² Див. „Вісті н/д Інституту В. Г. Укр.“ за 1926-27 р. т. I, стор. 12—15; т. II, ч. 1, стор. 18—21, ч. 2, стор. 27—31 (російською мовою).

опублікував їх, перевіривши й доповнивши зібраними в Інституті даними.

Дарма що НКЗ не підтримав клопотання Інституту в цій справі, його ініціатива не лишилась без наслідків, бо ті меліоративні організації НКЗ, що існували до 1926 року, або виникли разом з Інститутом водного господарства, почали видавати матеріяли, що в них були, спершу в вигляді „каталогів свердловин“, а потім і їх розрізів і навіть деяких мап. Так опубліковано результати 20-літньої праці проф. П. А. Двойченка в галузі гідрогеографії колишньої Таврійської губернії, що їх він передав, з одного боку до Південної меліоративної організації, а з другого—до н/д Інституту водного господарства України; так само опубліковано гідрогеологічні матеріяли проф. О. С. Федоровського щодо м. Харкова та харківської губ., і ще деякі інші.

Переходячи до огляду того, що зробив з гідрогеології України ІВГУ, окрім опублікування згаданого вище I тому його „Матеріялів до гідрогеології України“, треба насамперед відзначити, що при тих невеличких бюджетових асигнуваннях і штатах, що їх мав аж до 1930 року включно ІВГУ, лишаючись у віданні Укрнауки НКО, він не міг розгорнути науково-дослідчих праць з гідрогеології й підземних вод у такій мірі, як це накреслено в його програмі 1926 р., та все ж він згуртував навколо свого гідрологічного, а потім і гідрогеологічного відділу, що виділився з нього р. 1929, з проф. А. Красовським на чолі зі штатним співробітником з 1926 р. геологом Г. С. Буреніним, ряд нештатних співробітників, що працюють у галузі вивчення підземних вод не тільки України, а й за її межами, і зробив досить велику гідрогеологічну роботу, як це видно з викладеного далі.

Окрім названих допіру штатних співробітників: проф. О. Красовського та Г. Буреніна, до гідрологічних і гідрогеологічних робіт притягалися: науковий співробітник інж. В. Черноградський, аспірантка, а з 1929 р. і наукова співробітниця В. Ткачук, нештатні співробітники: інж. М. Лоташевський і Є. Ф. Талм; для окремих доручень на Донбасі—проф. М. Й. Криштафович, проф. О. С. Федоровський, проф. М. Г. Малишевський у Харкові, проф. С. С. Гембицький у Дніпропетровському, проф. В. Чернишов (Ленінград), геолог В. С. Попов; крім цього, в роботах Ін-ту з гідрогеології від 1929 р. бере участь проф. Р. Р. Виржиківський у Києві, проф. П. А. Двойченко в Симферополі, проф. П. М. Чирвінський у Новочеркаському, інж. Д. П. Націєвський в Харкові, брав участь акад. П. А. Тутковський і, нарешті, директор Ін-ту.

Ці особи дали низку робіт, опублікованих уже почасті в названих вище „Матеріялах до гідрогеології України“, т. I, почасті в I, II та IV томах „Вістей Ін-ту“, а почасті неопублікованих.

Так, проф. О. Красовський, передав до Інституту В. Г. свою гідрогеологічну мапу Поділля в 10-верстовому масштабі, з іогісами водовміних поземів, надруковану в зменшенім масштабі, з деякими змінами, у III томі „Вістей“. Він таки робив, з доручення та коштом Інституту, гідрогеологічні досліди у Кам'янецькій, Тульчинській і почасті в Вінницькій округах Поділля і дав ряд окремих гідрогеологічних висновків у справі водопостачання, виїжджаючи для оглядів на місця; наприклад, для сортивно-насіневої станції Цукротресту в с. Люлинцях і в Гаврилівській економії Зінов'ївської округи, Немерчинської селекц. станції того ж таки Тресту, Шаблино-Знам'янської цукроварні, Косарської гуральні Шевченківської округи, про водопостачання ст. Хвастів П.-З. зал. і про деякі водоймища на Донбасі.

Проф. М. Й. Криштафович, з доручення Інституту, зробив гідрогеологічні досліди і дав висновки, опубліковані в III томі „Вістей“, у справі водопостачання заводу „Донсода“ при ст. Переїздній Донецької зал., а також

висновки в справі збудування водоймищ для Алчевського заводу Півден-сталі на р. Довжук та р. Білій.

Штатний співробітник Інституту геолог *Г. С. Буренін*, окрім керування роботи асп. *В. Ткачук*, зробив гідрогеологічні дослідження в Сталінській окрузі Донбасу, зокрема щоб збудувати водоймища на р. Вовчий біля с. Карлівки та с. Курахівки і на р. Кальміюсі; його статтю (доповідь) про підземні води Донбасу надруковано в III томі „Вістей“ Інституту.

Аспірантка Інституту з відділу гідрогеології *В. Ткачук*, виконала р. 1928, з проводом геолога *Г. С. Буреніна* гідрогеологічний дослід на р. Горішній Тікич в Уманській окрузі. Цю працю надруковано в III томі „Вістей“. Року 1929 вона брала участь у гідрогеологічних дослідженнях Інституту, по завданню Водоканалбуду, на Донбасі і виконала в гідрогеологічній лабораторії Інституту цілий ряд аналіз донабаських ґрунтів, вивчаючи при цьому водні їх властивості, як от водонепрохідність, суцинник фільтрації тощо. У цій таки лабораторії вона виконала свою промодійну працю на ступінь наукової співробітниць Інституту на тему: „Матеріали до гідрологічної класифікації ґрунтів“, опубліковану в IV томі „Вістей“.

З доручення Будівельного бюро Київського вокзалу та Інституту споруджень у Москві, ІВГУ через своїх співробітників: інж. *В. Черноградського*, *В. Ткачук* та тимчасового співробітника хеміка *В. Цитовича* зробив 1929 р. гідрологічні дослідження, щоб визначити швидкість руху ґрунтових вод у долині р. Либеді на території будованого оце вокзалу в Києві, до того ж тут, окрім свердлових робіт, Інститут зробив лабораторні дослідження водних властивостей ґрунтів, застосовувавши три методи, щоб визначити швидкість руху ґрунтових вод на терені вокзалу (електролітичну за Сліхтером, кольориметричну з поміччю флюоресцеїну та еозину, і хемічну з поміччю саль'яку). Опис і результати цих робіт уміщено в статті інж. *В. Черноградського* в IV томі „Вістей Інституту“.

З доручення плянкової комісії Дніпрельстану, проф. *Е. В. Оппоков* спільно з проф. *В. М. Чирвінським* обслідував низи долини р. Самари від гірла до м. Новососковського та долину р. Дніпра повище м. Дніпропетровського, у зв'язку з питанням про підвищення рівня ґрунтових вод після побудови Дніпрельстанової греблі. Висновки цих обслідувань надруковано у IV томі „Вістей“.

В галузі того самого питання в зв'язку з будовою Дніпрельстану, що може змінитися рівень ґрунтових вод на терені зав. ім. Петровського в Дніпропетровському, провадив, з доручення заводу, дослідження щодо залягання рівня ґрунтових вод і коливання їх протягом цілого року співробітник Інституту проф. *С. С. Гембицький*; результати їх опубліковано у II томі „Вістей“, ч. 2.

У зв'язку з тим таки питанням, першу та другу лівобережні тераси р. Дніпра вище м. Дніпропетровського обслідував р. 1927, з доручення Інституту інженер *В. Я. Алексеев*, що виконав тут 94 верстви нівелювань, включаючи сюди й ряд колодязів. Результати обслідування опубліковано в статті проф. *Є. Оппокова*: „Про лівобережні тераси середнього Дніпра“ в II томі „Вістей“, ч. 2.

Таку саму правобережну терасу р. Дніпра, поміж м. Черкасами і м. Чигирином, з її ґрунтовими водами обслідував р. 1929 аспірант Інституту інж. *А. Корчагін*, що зробив 196 км нівелювань, заклавши при цьому 3 свердловини загальною глибиною 40 м та занівелювавши 22 прости і в м. Черкасах 3 свердлові колодязі, а також перевірявши ряд гасел 3-верстової мапи. Матеріали обслідування опубліковано в IV томі „Вістей“, у статті проф. *Є. Оппокова*: „Правобережна тераса р. Дніпра поміж м. Чигирином і м. Черкасами“.

Проф. Р. В. *Виржиківський* з доручення ІВГУ склав нарис підземного живлення річок Подільської Наддністрянщини, опублікований у III томі „Вістей“, і дав „Гідрогеологічний нарис м. Могилева Подільського“, опублікований у IV томі „Вістей“. Року 1930, він, з доручення та коштами ІВГУ виконав гідрогеологічне обслідування районів поширення фосфоритів Поділля і зокрема гезового водовмісного позему. Наслідки обслідування, разом з гідрогеологічними матеріялами про Поділля проф. А. Красовського, мають увійти в 2 том „Матеріялів до гідрогеології України“. Опріч того, року 1930 він з доручення ІВГУ дав висновок про умови водопостачання району залізничних станцій Рахни-Крижопіль-Слобідка.

Директор Інституту давав висновок про умови водопостачання і продовження свердлових робіт на ст. Цвітків П.-З. зал., з доручення управи цієї залізниці.

З доручення НКЗ АМСРР, він давав висновок про боротьбу з обсувами та завалами Дністрового берега в м. Тирашполі та проєкт робіт для укріплення цього берега.

Р. 1930 він давав висновок у питанні про продовження глибокого свердління, що пройшло крейду, в районі ст. Шостки та, з доручення Північної меліоративної організації, консультував у питанні про водопостачання заводу в районі Шостки.

Треба відзначити ще ряд гідрогеологічних обслідувань ІВГУ на Донбасі, що їх роблено в зв'язку з топографічними дослідями його Виробничого бюро на річках: Кринці, Кальміюсі, Грузькій, Вовчій, Довжику тощо, з доручення Електровідділу ВРНГ України 1927 р., Макіївського заводу „Південсталі“ 1928 р., Водоканалбуду 1929 і 1930 р., Алчевського та Сталінського заводів Південсталі 1929 р. та інших. При цьому Інститут зробив дуже багато свердлінь у м'яких породах, а в одному випадку навіть у твердих (за допомогою свердлових партій Донвугілля).

Наприклад, 1927 р., під час вишуків на чотирьох річках для чотирьох водоймищ на Донбасі, по завданню Електровідділу ВРНГ, Виробниче бюро ІВГУ виконало 197 свердловин загальною глибиною 1325 метрів у м'яких породах і 53 метри у твердих породах.

Року 1929, по завданню Водоканалбуду, виконано 328 свердловин загальною глибиною 2855 м. Усього виконав ІВГУ на Донбасі 1019 свердловин загальною глибиною 6427 м, не рахуючи дрібного свердління на лінії Макіївського водоводу на протязі 22 км. Чималу частину зразків досліджено в гідрогеологічній лабораторії ІВГУ.

До попередніх дослідів треба додати ще й гідрогеологічні досліді 1929 р. для потреб водопостачання нового коксового цеху на заводі ім. Дзержинського в с. Кам'яньскім-Запоріжжі, де Інститут зробив не тільки свердління й обслідування водопрохідности ґрунтів у заплаві р. Дніпра в районі забірних колодязів, а й пробне висмокування води.

Такі самі, але ще ширші вишуки зробив ІВГУ 1929 р., з доручення Держбюро „Нептун“ у Москві, з метою водопостачання Маріупільського заводу Південсталі. Тут, oprіч широких топографічних дослідів у низу р. Кальміюса та Кальчика, закладено 62 свердловини загальною глибиною 610 м, а між ними 32 свердловини глибиною 260 м біля ст. Сартани у долині р. Кальчика, щоб вивчити ґрунтові води для потреб водопостачання заводу „Сталь“; до того зроблено проби висмокування і складено поясильну записку.

Співробітник ІВГУ проф. М. Г. *Малішевський* брав участь в обслідуваннях водопостачання з підземних вод у районі Рубежанських заводів, м. Сталіна тощо; як консультант ІВГУ він брав участь в опрацюванні цілого ряду проєктів водопостачання різних заводів, що їх складає Виробниче Бюро ІВГУ, у роботах Донбасводтресту, в конференції та експертизі проєктів водопостачання Донбасу в секції джерел водопостачання, спільно з директором ІВГУ.

Член-кореспондент ІВГУ інж. *Д. П. Націєвський* опублікував в „Вістях Інституту“, т. III і IV ряд даних про свердловини та виходи джерельних вод у районі Донецької залізниці на Донбасі.

Нештатний науковий співробітник ІВГУ інж. *М. Лоташевський* зробив кілька дослідвань залізничного водопостачання станцій Південно-Західної зал., Немерчинської селекційної станції Цукротресту та опублікував у IV томі „Вістей Інституту“ цінні дані про Бірзульську свердловину і про її водовмісні поземи.

Нештатний науковий співробітник ІВГУ інж. *Є. Ф. Тамм* доповів на засіданнях Інституту дуже цінні інформації, опубліковані в I й IV томі „Вістей“, про роботу підкрейдяних та юрських свердловин Київського міського водопостачання, а також окрему статтю в II томі „Вістей“ про роботу фільтрів у свердловинах того самого водопостачання.

Дійсний член ІВГУ проф. *П. А. Двойченко* передав до Інституту в копії широкі записки про гідрогеологічні умови Дніпрівської, Бердянської й Мелітопільської округ Таврії і ряд робіт, опублікованих у „Вістях Інституту“, а саме: „Бердянська віднога Українського кристалічного пасма“, т. I; „Клясифікація обсівів та завалів“, т. III „Вістей“. Окрім того, він запропонував ІВГУ видати його працю: „Клясифікація підземних вод“ та його переклад Гідрології д'Андрімона.

Як уже згадано, ІВГУ zorganizував невелику гідрогеологічну лабораторію, де його співробітники *В. Ткачук*, *В. Чорногородський* та аспіранти роблять за допомогою приладів Дарсі, Терцагі, Сабаніна, Робінсона, Глушкова, Вільяма та інших дослідження водяних властивостей ґрунтів не тільки самої України, але останнього часу й Білоруси, на завдання Полісмеліозему. Зокрема, в лабораторії почали обслідувати ґрунти головних водовмісних поземів України та тих водонепрохідних порід, що їх розділяють. Для цього р. 1930 узято в районі м. Канева 12 монолітів ґрунтів із найнижчих водовмісних поземів, від бучакського ярусу аж до батських юрських глин, відкритих тут і захованих у інших місцях нижче денної поверхні.

Гадаємо також устаткувати цю лабораторію приладами Лубні-Герціка, щоб визначити допускний обтяг на ґрунт, як основу гідротехнічних споруд, і почали вже відповідні переговори про придбання цих приладів.

Улітку 1930 р. Інститут відрядив свого аспіранта інж. *М. Ястребова* до Закавказзя, щоб обізнатися з робленими там за проводом проф. *Б. Л. Личкова*, радіологічними дослідями глибини залягання ґрунтових вод, з приладами конструкції Сирнікова, при чому один з таких приладів замовлено для ІВГУ. Листування з німецькою фірмою Піпмаєра, що робить такі самі досліди, не дало добрих наслідків, бо фірма зажадала, щоб їй сплачено чималу суму валютою за патент і виписано від неї технічний персонал керувати роботами.

Нарешті, треба відзначити досить визначну працю з гідрогеології, що її виконав ІВГУ останнім часом з доручення Наркомздоров'я УСРР, про джерела водопостачання як з поверхневих, так і з підземних вод на Україні. Цю працю зробили співробітники: *В. Ткачук*, інж. *А. Огієвський* та *А. Прядченко*, обіймає вона 5 друкованих аркушів; опублікувати її мав Наркомздоров'я.

Геть останнього часу Нафтобуд доручив ІВГУ керувати його обслідуванням ґрунтових вод у низині р. Туапсинки біля м. Туапсе і скласти проєкт, як розширити водопостачання заводу з цих вод.

Праця ІВГУ в ділянці гідрогеології сходила отже на такі групи:

1. Праця коло складання загального п'ятирічного плану гідрогеологічних робіт, зведення та опублікування матеріалів.
2. Систематичне гідрогеологічне вивчення окремих районів, зокрема Поділля, Уманщини, глибоких артезійських поземів м. Києва та їх водного режиму.

3. Лябораторне вивчення водяних властивостей різних водовмісних поземів України.

4. Вивчення гідрогеологічних умов річних низин Донбасу та лябораторне вивчення водних властивостей ґрунтів у цих низинах під час будовання водоймищ.

5. Лябораторне вивчення водних та механічних властивостей будівельних ґрунтів взагалі, наприклад, на терені будованого оце Київського вокзалу.

6. Гідрогеологічні висновки у справі водопостачання окремих пунктів та районів;

7. Складання з доручення Наркомздоров'я, нарису джерел водопостачання УСРР із поверхневих і підземних вод;

8. Нагромадження матеріалів з гідрогеології окремих районів та всієї України, з метою доповнити, перевірити й видати складані вже, але неопубліковані мапи і скласти нові мапи для районів, що їх не мають;

9. Складання та видання покажчиків літератури з гідрогеології та підземних вод УСРР.

10. Переклад і підготування видання Гідрології Принца та Гідрології Рене Д'Андрімона;

11. Видання I тому „Матеріялів до гідрогеології України“ та підготування до друку II їх тому;

12. Поступове розширення гідрогеологічної лябораторії та початок гідрохемічної лябораторії.

З попереднього, далеко неповного огляду праці гідрогеологічного відділу ІВГУ, що працює в щільному контакті з його гідрологічним відділом та з Виробничим бюро ІВГУ, яке провадить здебільшого роботи коло водопостачання, з доручення різних трестів, видно, що ІВГУ, не зважаючи на його обмежені держбюджетові кошти та штати, розвинув проте ж чималу науково-дослідчу роботу в галузі дослідження та вивчення підземних вод України, видав ряд наукових праць з гідрогеології в перших чотирьох томах „Вістей Інституту“, між ними один спеціальний том „Матеріялів до гідрогеології України“. Інститут має свою невеличку гідрогеологічну лябораторію і в ній двох, цілком підготовлених співробітників, інж. В. Я. Чорноградського та В. Г. Ткачук, що їм Інститут доручає відповідальні роботи (напр. на завдання Інституту споруд у Москві, Полісмієлозему в БСРР, різних заводів і трестів на Україні, Нафтобуду на Кавказі). Інститут має також, мабуть єдину на Україні, бібліотеку з добором літератури з гідрогеології та підземних вод кількома мовами, що в деяких питаннях, наприклад, про річкові тераси, про підземні води, про водозування за допомогою „чародійного прутика“ чи такої ж „гілки“ (Wünchelrute), дуже ймовірно не має собі рівної і в цілому Союзі.

ІВГУ згуртував навколо свого друкованого органу „Вістей Інституту“ ряд фахівців геологів та гідрогеологів Союзу, надто України, що виконали на його завдання ряд праць і вмістили ряд своїх статтів у „Вістях“ Інституту.

Директор ІВГУ мав спеціальне запрошення на святкування століття французького геологічного товариства в 1930 р., що його він найпевніше одержав завдяки опублікованій в „Annales de la Société Géologique de Belgique“ за 1927 р. статті про українську тектонічну мульду та про польський девонський вал.

Коли взяти на увагу, що ІВГУ був 1926 р. за ініціатора щоб впорядкувати, опрацювати, звести й опублікувати гідрогеологічні дані про Україну, і що завдяки його ініціативи останніми роками з'явився друком ряд праць у виданнях не тільки самого Інституту, а й інших організацій,

що до того майже нічого не починали в ділянці гідрогеології; що ІВГУ ще 1926 р. накреслив програму науково-дослідчих робіт у справі вивчення підземних вод України, виходячи з тієї засади, що ділянка підземних вод є один із об'єктів водного господарства краю, які мають до того ж першорядну вагу для УСРР узагалі і для її півдня зокрема,—то не може бути аж ніякого сумніву, що цей Інститут, коли збільшити його сили та кошти, буде продовжувати та плідно розгортати за цією програмою свою роботу в дальшому вивченні підземних вод, а також у ділянці суто гідрологічного вивчення ґрунтів під час будування гідротехнічних споруд. Власне кажучи, не тільки на Україні, але ніде, здається, в Союзі, спеціального вивчення водних властивостей будівельних ґрунтів та водовмісних поремів не було поставлено так глибоко та ґрунтовно, як у ІВГУ, що провадить його на основі праць проф. Терцагі з механіки ґрунтів.

Треба також мати на увазі, що й на те, щоб вивчати продуктивність водовмісних поремів, визначаючи швидкість руху ґрунтових вод та провадячи пробні висмоктування води із свердловин, треба мати чисто інженерну підготовленість і підхід до справи, треба бути спеціально обізнаним з гідравлікою та з гідрологією підземних вод. Такі роботи виходять за межі чистої гідрогеології і під силу тільки ІВГУ, де, крім гідрогеології, є ряд фахівців з гідрології підземних вод і з водопровідної справи, якими, наприклад, є проф. *М. Г. Малішевський*, проф. *С. П. Шенберг*, проф. *С. С. Гембицький*, проф. *Г. Й. Сухомел*, науковий співробітник інж. *В. Ф. Тамм* (технічний керівник київського водопостачання) та інші, що з їх послуг Інститут може користатися і для практичних потреб свого Виробничого бюро, і для підготування аспірантів, не обмежуючись притягненням самих тільки професорів-гідрогеологів, точніше геологів з фаху.

* * *

Переходячи тепер до загального питання про те, де повинен бути Відділ науково-дослідчих робіт з гідрогеології та підземних вод на Україні, можна зауважити, що в даному разі можуть бути різні ситуації. Організуючи нові науково-дослідчі інститути з окремих галузів водного господарства, треба зважати насамперед на те, що наукових працівників у галузі водного господарства, фахівців у питаннях гідрології, гідрогеології тощо, є обмаль не тільки на Україні, а у всьому Союзі. І коли в таких центрах, як Москва, Ленінград, і можна ще підшукати нових робітників і проєкувати науково-дослідчі інститути вузької спеціалізації, то на Україні підшукати потрібне для утворення кількох вузько-спеціальних науково-дослідчих інститутів число кваліфікованих фахівців, не кажучи вже про наукових робітників, є не тільки надзвичайно важко, а й просто неможлива річ, не розірвавши на частки інститути, що вже існують.

За крайньої обмеженості наукових сил, лябораторій, приміщень і кредитів, за єдиний правильний спосіб налагодити науково-дослідчу роботу в ділянці водного господарства треба вважати не розпорошення цих обмежених сил та коштів по окремих вузькоспеціальних н/д інститутах, а навпаки, об'єднання їх навколо одного центрального н/д інституту з загальнішими та ширшими завданнями в ділянці водного господарства, у вигляді лише спеціальних його відділів, із спільними лябораторіями, спільним у деяких відділах проводом, спільними співробітниками й коштами.

За такий інститут у РСФРР у галузі водного господарства можна найпевніше вважати Всесоюзний гідрологічний інститут з його різноманітними відділами, що існує з 1921 р. і своєю структурою є близький до ІВГУ; а в УСРР таким інститутом є той, що існує вже з 1926 р. навіть з відповідною готовою вже назвою—н/д Інститут водного господарства України і якого з такою назвою в РСФРР не існувало, так само як не існувало там аж до 1930 р. і окремої Управи водного господарства з та-

кими широкими завданнями, як в УСРР. Там Управу водного господарства зорганізовано недавно, перебуває вона в віданні НКЗ та здебільшого обслужує його й потреби.

Управа водного господарства УСРР повинна сконцентрувати свою увагу на всьому комплексі проблем водного господарства, приділяючи однаково уваги дослідженню, регулюванню та використанню як поверхневих, так і підземних вод. Питання регулювання водного господарства в ділянці підземних вод у нас на Донбасі та на Півдні є тим складніші, що кількість і поверхневих, і підземних вод тут розмірно обмежена.

Природна річ, що й дослідча робота в ділянці водного господарства в усіх його відділах є для Управи водного господарства на Україні найближча; тому то й бере вона в своє завідування з Укрнауки Наркомосвіти Н. д. інститут водного господарства України — будучи зацікавлена в роботі всіх його відділів, з усіх галузів водного господарства, тим більше, що вони всі повинні вести роботу комплексного характеру, в щільному між собою контакті, навчаючи один одного, доповнюючи й підсилюючи.

Тези

1. Н. д. інститут водного господарства України, зорганізований 1926 р., з самого початку виявив ініціативу в справі впорядкування, складання, опрацювання та опублікування гідрогеологічних матеріалів, зробивши відповідну доповідь на II всесоюзному з'їзді геологів у Києві року 1926 і накресливши програму науково-дослідчих праць у ділянці гідрогеології на суму 865 000 карбованців на п'ятирічку. Ініціатива Інституту дала поштовх до публікації ряду матеріалів з гідрогеології України.

2. Н. д. інститут водного господарства України зробив за 4 роки цілий ряд гідрогеологічних робіт на завдання різних організацій та опублікував, окрім I тому „Матеріалів до гідрогеології України“, ще й ряд статтів у чотирьох томах своїх „Вістей“.

3. Н. д. інститут водного господарства видав „Показчика літератури про підземні води України та суміжних просторів“ акад. П. А. Гутківського та проф. Е. В. Оппокова й підготував матеріал до ще докладнішого показчика, чужоземної літератури про підземні води взагалі.

4. Н. д. інститут водного господарства України має в своєму складі основне ядро для організації ширшого гідрогеологічного відділу з підготовленими співробітниками, невеликою гідрогеологічною лябораторією вивчати водяні властивості ґрунтів, бібліотекою, рядом неопублікованих мап та матеріалів.

5. Гідрогеологічний відділ, перебуваючи в складі Н. д. інституту водного господарства України й провадячи роботи комплексною методою в зв'язку з іншими відділами Інституту, гарантує той інженерно-технічний, зокрема водопровідний ухил, що потрібен цьому відділові для практичних потреб виробництва.

6. За крайньої обмежености не тільки наукових робітників, а й взагалі фахівців з водного господарства на Україні, за відсутности потрібних лябораторій, достатніх коштів, зорганізувати науково-дослідчу роботу в галузі водного господарства, маючи на увазі найбільшу її продуктивність і заощадження на коштах, треба так, щоб ці сили та кошти концентрувалися, а не розпорозувались. Для цього н. д. інституту вузьких споріднених спеціальностей з окремих галузів водного господарства повинні гуртуватися навколо дотеперішніх н. д. інститутів, з ширшими й загальнішими завданнями, як їх відділи, використовуючи при цьому спільні наукові сили, лябораторії, приміщення, бібліотеки, архіви, музеї та встаткування.

7. У ділянці водного господарства України за такий центральний інститут може бути Н/д. інститут водного господарства що існує вже 4 роки; його треба передати до Управи водного господарства України¹ й підсилити як слід штатами й коштами всі його відділи за рахунок утворюваних без достатніх наукових сил, устаткування, приміщень і засобів нових інститутів вужчої спеціальности.

Київ.
Січень 1930 р.

Директор Ін-ту водного господарства України
дійсн. член ВУАН

Є. В. Оттоков.

¹ З 1 січня 1931 р. Н/д. інститут водн. госп. одійшов у відання Управи водного господарства УСРР і постановою Раднаркому від 12 травня 1931 р. його визнано за такий центральний інститут у галузі водного господарства УСРР.

РОБОТА ВОДОЙМИЩ (СТАВКІВ)

Die Leistung der Talsperren-Wasserbehälter. Von Prof. J. T. Nenjko

Гідротехнічна література¹ присвячувала й присвячує чимало уваги водоймищам, але це завдання про роботу водоймищ розв'язувала вона так само, як і ставила саме завдання,—тільки парціально, в окремих деталях питання, тим то цілком резонна є спроба автора даної статті розсунути трохи ширше рамки розв'язуваних завдань, що стосуються до циклу роботи водоймищ.

Для деяких окремих випадків автор пробує дати й саму методологію розв'язування окремих завдань, бо відсутність її гостро відчувається кожного разу в нашій практичній роботі, тобто, коли постає питання про проектування того чи того водоймища.

Найважливішим завданням, що найчастіш зустрічається під **Класифікація** час проектування нових водоймищ, є завдання визначити роз- **водоймищ.** міри водовіддачі проєктованого водоймища. Ми називаємо це завдання найважливішим тільки тому, що для більшого числа випадків практики працюючих водоймищ це завдання переважає питання іншого порядку; регулювання стоку для цих випадків буде завданням побічного характеру. Тут до речі треба зауважити, що практичні робітники дуже часто плутають двоє різних понять: поняття регулювання стоку з поняттям регулювання водоспоживання, але їх треба різко розмежувати, щоб уточнити не тільки ці поняття, а й самі методи підходу до розв'язання завдань. Надалі ми будемо розрізняти ці двоє понять зглядно на цілеві призначення водоймищ.

Перший поділ, що напрошується сам від себе—це поділ водоймищ, зглядно на характер їх роботи, на дві групи, що різко відрізняються одна від одної. До першої групи залучимо водоймища, що працюють своїм обсягом, до другої групи— водоймища, що працюють своєю поверхнею.

¹ Наприклад, *Gould, Engineering news, 1901.*

Ziegler, Der Talsperrenbau, 1904.

Kozeny, Zeitschrift d. oesterr. Ing. und Arch., 1915.

H. A. Thoms, Engineering news rec, 1917.

Ph. Forchheimer, Grundriss der Hydraulik, 1921.

Streck, Aufgaben aus dem Wasserbau, 1925.

Ненько Я. Т., Вестник ирригации, 1925.

Кочерин Д. І., 1) Вестник ирригации, 1927.

2) Труды Московск. инст. инж. трансп. 192

A. Hazen, Transactions of the Am. soc. civ. eng., 1917.

Перша група водоймищ, що її ми й розглядатимемо в даній праці, своєю чергою розпадається на такі типи:

а) Водоймища-регулятори стоку, що мають своїм цілевим призначенням вирівнювати почасти або цілковито стік на даній річці чи водоточній лінії пониже водоймища; у цьому разі вода з водотоки не відходить на сторону: вона лишається в самій водоточі. Отже водоймище має призначення змінити тільки режим водотоки в часі.

б) Водоймище має своє цілеве призначення збирати та зберігати воду для потреб господарчого або промислового споживання; у цьому разі вода з водоймища, після використання, може й не потрапити назад до річки: воду, що її зібрано в водоймищі цього другого типу, треба вважати як утрачену для річки, що на ній збудовано водоймище. Цей тип водоймищ треба назвати водоймищами-акумуляторами стоку.

в) Нарешті, з випадок, дуже близький характером своєї роботи до першого випадку, коли водоймище призначене на потреби боротьби з повідями. Водоймища цього типу призначені трансформувати повідні хвилі, знижуючи величини максимальних витрат кожної повідної хвилі пониже водоймища. Чудовий взірєць такого типу водоймищ створила сама природа в вигляді озер, розміщених по течії ріки.

Цей останній тип водоймищ називатимемо водоймищами трансформаторами стоку.

1. Водоймища-акумулятори стоку

§ 1. Питання про роботу водоймищ перелічених вище типів ми почнемо розглядати з типу, що найчастіш стрівається в практиці й найменш розроблений в літературі, саме з другого типу—*водоймищ-акумуляторів стоку*.

Звичайно основне й кінцеве цілеве призначення цих водоймищ—це акумулювати стік з даного водозбірного сточища в даному замичному простеці водостоку, щоб забезпечити потрібну величину водовіддання для тих чи тих господарчих потреб.

Споживання води з водоймищ буває або цілий рік без перерви (промислове водопостачання, водопостачання населених місць), або протягом певного річного сезону (наприклад, на потреби обводнювання).

Водоймище в своїй роботі може бути розраховане або на річну акумуляцію тоді, коли доводиться брати в розрахунок величину стоку за відповідний характеристичний рік, що дозволяє сподіватися ймовірного відсоткового забезпечення роботи водоймища протягом цілого ряду років. Ймовірність ця може виражатися різним відсотком забезпечення, залежно від вимог, що їх ставлять до водоймища споживачі води. У цьому разі матимемо використання водоносності річки в розмірі *одного* характеристичного року (у практиці стрівається не цілком поправна назва—однорічне регулювання стоку).

Другий випадок—водоймище розраховане так, що дозволяє використати *многорічну водоносність* водостоку, отже й величина водовіддання буде зумовлюватися рядом років.

На практиці ми знову ж таки стріваємо неоправний термін—многорічне зарегулювання стоку; тим часом стік у цьому разі зовсім не регулюється—*регулюється тільки водоспоживання*.

Отже, роботу водоймища для останнього, другого, випадку будемо розглядати покищо в загальному вигляді. Рівняння роботи водоймища, акумулятора стоку, матиме вигляд:

$$V_0 + \int_0^T Q dt - \int_0^T q dt - \int_0^T \Pi dt = V_T$$

Рівняння (1) ми навмисно написали двома написаннями, щоб вияснити ті неполадки, що часто трапляються в проєктовників.

Перший напис рівняння (а) говорить про те, що ми використовуємо тільки водоносність річки за деякий проміжок часу (ряд років), бо після ряду розрахункових років роботи водоймища ми повертаємось до вихідного обсягу V_0 . У цьому разі водовіддання $\int_0^T q dt$ буде точно відповідати режи-

мові стоку за даний ряд років. Другий напис (б) указує на те, що в даному разі ми використали, окрім водоносності річки за даний ряд років, якусь додаткову кількість води, акумульовану в водоймищі поза даним розрахунковим рядом років; у цьому разі ми матимемо штучно підвищену водоносність річки за розрахунковий ряд років, а звідси й збільшене водовіддання, невідповідне до режиму стоку за названий ряд років.

Для другого припущення, коли водоймище вступає в роботу з нулевим обсягом, ми напишемо рівняння його роботи в такому вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \text{а) } \int_0^T Q dt - \int_0^T q dt - \int_0^T P dt &= 0 \\ \text{б) } \int_0^T Q dt - \int_0^T q dt - \int_0^T P dt &= V_0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Рівняння (2) в написі першому (а) говорить, що ми використовуємо водоносність річки за даний ряд років повністю; у написі (б) рівняння вказує на те, що ми цю водоносність річки повністю не використовуємо й тим самим знижуємо величину нормального водовіддання.

Звідси виходить, що для нормального водовіддання, відповідного режимові стоку за даний розрахунковий ряд років, робота водоймища буде виражатися тим самим рівнянням:

$$\int_0^T Q dt - \int_0^T q dt - \int_0^T P dt = 0 \quad (3)$$

чи почне водоймище працювати з якимось початковим обсягом V_0 , чи вступає воно в роботу з нулевим обсягом.

§ 2. На практиці ми, звичайно, будемо оперувати з кінцевими величинами приросту часу, а тому напишемо рівняння (3) роботи водоймища в звичайному для практика вигляді:

$$\sum_0^T Q \Delta t - \sum_0^T q \Delta t - \sum_0^T P \Delta t = 0 \quad (3')$$

Спробуємо з'ясувати питання про можливий підрахунок величини кожного доданку рівняння (3').

Перший доданок $\sum_0^T Q \Delta t$ за наявності об'єктивних даних гідрометричних спостережень, ми можемо вирахувати порівнюючи легко; за відсутності даних об'єктивних спостережень спробуємо дати нижче спосіб підрахунку на базі тільки кліматичних чинників.

Другий доданок, $\sum_0^T q \Delta t$, тісно зв'язаний з третім доданком $\sum_0^T P \Delta t$, тим то спробуємо спочатку встановити природу з доданку. Цей останній доданок складається з двох величин: першої—утрат на інфільтрацію в ложіщі водоймища та на греблю, і другої—утрат води на випар з вільної поверхні води.

Питання про розміри кожного виду цих утрат зокрема розроблене дуже мало й ще менше вгрунтоване даними об'єктивних спостережень над діе-

Рівняння роботи водоймища за всякий інтервал часу напишемо, виходячи з таких міркувань.

Нехай водоймище вступає в роботу в даний інтервал часу з якимось початковим обсягом — V_0 .

За взятий розрахунковий інтервал часу Δt_1 водоймище прийме доплив, рівний Q_1 , і витратить:

1) на корисне віддання — q_1 ;

2) на випар: $E_1 = \frac{\omega_0 + \omega_1}{2} \cdot z_1$

3) на фільтрацію:

$$\Phi_1 = \beta \frac{V_0 + Q_1 - q_1 - E_1 + V_0}{2} = \beta \left(V_0 + \frac{Q_1}{2} - \frac{q_1}{2} - \frac{E_1}{2} \right)$$

Отже, коли закінчиться даний інтервал часу Δt , у водоймищі повинен зостатись обсяг води, що дорівнює:

$$V_1 = V_0 + Q_1 - q_1 - \beta \left(V_0 + \frac{Q_1}{2} - \frac{q_1}{2} - \frac{E_1}{2} \right) - E_1 = (1 - \beta) V_0 + \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) Q_1 - \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) q_1 - \frac{2 - \beta}{4} (\omega_0 + \omega_1) z_1$$

для другого інтервалу часу очевидно матимемо:

$$V_2 = (1 - \beta) V_1 + \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) Q_2 - \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) q_2 - \frac{2 - \beta}{4} (\omega_1 + \omega_2) z_2$$

або підставляючи значення V_1 з рівняння роботи водоймища в першому інтервалі часу матимемо:

$$V_2 = (1 - \beta) \left[(1 - \beta) V_0 + \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) Q_1 - \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) q_1 - \frac{2 - \beta}{4} (\omega_0 + \omega_1) z_1 \right] + \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) Q_2 - \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) q_2 - \frac{2 - \beta}{4} (\omega_1 + \omega_2) z_2$$

злучаючи подібні члени, перепишемо:

$$V_2 = (1 - \beta)^2 V_0 + \frac{2 - \beta}{2} \left[(1 - \beta) Q_1 + Q_2 \right] - \frac{2 - \beta}{2} \left[(1 - \beta) q_1 + q_2 \right] - \frac{2 - \beta}{4} \left[(1 - \beta) (\omega_0 + \omega_1) z_1 + (\omega_1 + \omega_2) z_2 \right]$$

З останнього рівняння цілком ясно видно закон, що на його підставі складено рівняння роботи водоймища для кожного з наступних інтервалів часу; напишімо рівняння роботи водоймища для n -го інтервалу:

$$V_n = (1 - \beta)^n V_0 + \frac{2 - \beta}{2} \left[(1 - \beta)^{n-1} Q_1 + (1 - \beta)^{n-2} Q_2 + \dots + (1 - \beta) Q_{n-1} + Q_n \right] - \frac{2 - \beta}{2} \left[(1 - \beta)^{n-1} q_1 + (1 - \beta)^{n-2} q_2 + \dots + (1 - \beta) q_{n-1} + q_n \right] - \frac{2 - \beta}{4} \left[(1 - \beta)^{n-1} (\omega_0 + \omega_1) z_1 + (1 - \beta)^{n-2} (\omega_1 + \omega_2) z_2 + \dots + (1 - \beta) (\omega_{n-2} + \omega_{n-1}) z_{n-1} + (\omega_{n-1} + \omega_n) z_n \right] \quad (6)$$

або скорочено:

$$V_n = (1-\beta)^n V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{4} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \quad (6')$$

Інколи для підрахунку зручніше користуватися з рівняння в такій формі:

$$V_n = (1-\beta)^n V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (Q_i - q_i) - \frac{2-\beta}{4} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \quad (6'')$$

У тім разі, коли водоспоживання в кожному розрахунковому інтервалі лишається незмінне, цебто $q_i = \text{const}$, сума:

$$\sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} q_i$$

матиме дуже простий вигляд:

$$\sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} q_i = q \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} = q \frac{1 - (1-\beta)^n}{\beta}$$

і рівняння (6') буде переписане в такому вигляді:

$$V_n = (1-\beta)^n V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} Q_i - \frac{2-\beta}{2} \left[\frac{1 - (1-\beta)^n}{\beta} \right] q - \frac{2-\beta}{4} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \quad (6''')$$

§ 3. Рівняння (6) в різних його написах указує на те, що чим на більшу кількість інтервалів буде розбитий розрахунковий рік, тим менші числові значення матимуть величини: допливу, витрат і втрат, що в загальній сумі відповідають першим інтервалам, бо $(1-\beta) < 1$. Отже, завдавшись величиною допускних похибок, або, що те саме, точністю підрахунків, ми можемо встановити раціональну кількість розрахункових інтервалів, що відповідала б заданій точності підрахунків та наявній характеристиці ґрунтів ложища водоймища, що її відбиватиме величина коефіцієнта β .

Останній момент є надзвичайно важливий для встановлення тривалости розрахункового періоду років у разі многорічного регулювання водоспоживання.

Справді, припустимо, що річний період часу розбито на n інтервалів: тоді для N -го року роботи водоймища ми зможемо написати рівняння роботи в такому вигляді:

$$V_{nN} = (1-\beta)^{nN} V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} Q_i - \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} q_i - \frac{2-\beta}{4} \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \quad (7)$$

далі, відзначаючи, що величина:

$$(1 - \beta)^{nN}$$

дає спадний ряд при одночасному зростанні величини покажчика степеня nN зможемо, очевидно, написати критерій для всякої наперед завданої точности підрахунків у формі рівняння:

$$(1 - \beta)^{nN} = \delta \quad (8)$$

де δ — завданий або встановлений відсоток допускної похибки, залежної своєю природою від міри вивчення даної водотоки, знання геологічних умов тощо.

Рівняння (8) дозволяє одержати потрібне число розрахункових років для потрібної точности підрахунків та встановленого значення коефіцієнта β :

$$N = \frac{\lg \delta}{n \lg (1 - \beta)} \quad (9)$$

Для ілюстрації наведемо таблицю потрібного числа розрахункових років для різних значень величини коефіцієнта β та наперед завданої точности підрахунків δ при кількості рокових інтервалів $n = 12$:

Таблиця 1

Місячна величина коефіцієнта β	Завдана точність підрахунків		
	$\delta = 5\%$	$\delta = 8\%$	$\delta = 10\%$
0,005	50 років	42	38
0,010	25 "	21	19
0,015	16 "	14	13
0,020	13 "	11	10
0,025	10 "	8	7,5
0,030	8 "	7	6
0,035	7 "	6	5
0,040	6 "	5	5

З рівняння (9) і таблиці 1 виходить, що для водоймищ, проєктованих на слабких водопроникливих ґрунтах нема потреби охоплювати довгий період розрахункових років, бо перші з цього ряду років не зроблять хоч трохи помітного впливу на величину водовіддання водоймища: навпаки, для ґрунтів водонепроникливих ми повинні прагнути до того, щоб охопити по змозі довший ряд років; або коротше: *що водотривкіші ґрунти, які становлять ложище водоймища, то більше змоги регулювати на довгий час водоспоживання й, навпаки, що водопроникливіші ці ложища, то на менший ряд років ми зможемо поширювати регулювання водоспоживання.*

Звідси висновок, що характеристика роботи водоймища за пересічним многорічним стоком можлива тільки для водоймищ, проєктованих для добрих геологічних умов. Але для водоймищ, проєктованих на слабких водопроникливих ґрунтах, така характеристика не буде поправна і дасть хибне уявлення про величину водовіддання. Для цього останнього випадку встановити водовіддання можливо тільки для ряду найнепогіднішого щодо стокового режиму злучення років.

§ 4. Рівняння роботи водоймища (7) в тому вигляді, як воно написане, становить технічні труднощі для підрахунків і головне не дозволяє зразу встановити величину можливого водовіддання для даного ряду років. Розв'язувати завдання в цьому разі треба помацки, способом усяких наближень.

Спробуємо спростити рівняння (7) і надати йому такого вигляду, що дозволяв би нам розв'язати питання про можливу величину водовіддання зразу, без намацувань, з допуском, звичайно, величиною похибки. Таке спрощення підрахунків на шкоду точності ми маємо право зробити, бо наші знання про характер та величину окремих утрат, (на фільтрацію й випар з вільної поверхні води водоймища) такі недосконалі, орудуємо ми такими малими даними об'єктивних спостережень, що припущення наші, які нам потрібно взяти, будуть цілком укладатися своєю точністю в межі точності тих знань, з якими ми орудуємо: про режим водотоки та втрати.

Припущення, яке нам потрібно зробити, стосуватиметься:

а) пересічення величини:

$$\frac{\omega_{n-(i+1)} + \omega_{n-i}}{2} \quad \Omega = \text{const}$$

б) пересічення величини водоспоживання:

$$q = \text{const}$$

Тоді, на підставі взятих припущень, ми зможемо написати рівняння (7) в такому вигляді:

$$V_{nN} = (1-\beta)^{nN} V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} Q_i - \frac{2-\beta}{2} q \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} - \frac{2-\beta}{2} \sum_{j=1}^{j=N} \Omega_j \left[\sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} z_i \right]_j \quad (7')$$

Звідси маємо:

$$q \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} = [(1-\beta)^{nN} V_0 - V_{nN}] \frac{2}{2-\beta} + \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} Q_i - \sum_{j=1}^{j=N} \Omega_j \left[\sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} z_i \right]_j \dots \dots \dots (7'')$$

Вище ми встановили, що *нормальна величина* водовіддання повинна відповідати замкненому циклові роботи водоймища, цебо для даного ряду розрахункових літ ми повинні прийти до величини остаточного обсягу в водоймищі V_{nN} , що дорівнює початковому обсягу:

$$V_{nN} = V_0$$

Тоді, пам'ятаючи, що

$$\sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} = N \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} = N \frac{1-(1-\beta)^n}{\beta}$$

перепишемо рівняння (7^o) в такому вигляді:

$$q^N \frac{1-(1-\beta)^n}{\beta} = [(1-\beta)^{nN} - 1] \frac{2V_0}{2-\beta} + \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} Q_i - \sum_{j=1}^{j=N} \Omega_j \left[\sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} z_i \right] \quad (8)$$

Звідси виходить, що величина річного водовіддання дорівнює:

$$q_n = [(1-\beta)^{nN} - 1] \frac{2n\beta V_0}{N(2-\beta) [1-(1-\beta)^n]} + \frac{n\beta}{N[1-(1-\beta)^n]} \sum_{i=1}^{i=nN} Q_i (1-\beta)^{nN-i} - \frac{n\beta}{N[1-(1-\beta)^n]} \sum_{j=1}^{j=N} \Omega_j \left[\sum_{i=1}^{i=n} z_i (1-\beta)^{n-i} \right] \quad (9)$$

або:

$$q_n = [(1-\beta)^{nN} - 1] \frac{2n\beta V_0}{N(2-\beta)[1-(1-\beta)^n]} + \frac{n\beta}{N[1-(1-\beta)^n]} \sum_{j=1}^{j=N} \left[\sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1-\beta)^{n-i} \right] - \frac{n\beta}{N[1-(1-\beta)^n]} \sum_{j=1}^{j=N} \Omega_j \left[\sum_{i=1}^{i=n} z_i (1-\beta)^{n-i} \right] \quad (9')$$

Величину площі вільної поверхні води Ω_j , як показали авторів підрахунки, можна брати, лишаючись у межах допустимої точності (величини відхилу від дійсних величин), за рівну площі вільної поверхні води водоймища для кожного року в інтервал часу з найбільшим допливом (цебто ω_{\max} для кожного року).

§ 5. Одержані рівняння (9) і (9') збудовані на принципі повного акумулювання річкового стоку, вірніше, повного використання водозносності річки в даному замичному простеці за даний розрахунковий ряд років. Очевидно звідси, що дотримуючи цього принципу, ми повинні запроєктувати водоймище такої місткості, яка б дозволяла нам цілковито затримувати воду за інтервал з найбільшим допливом в даному ряді років.

Коли ми уважно розглянемо одержані в нас формули, то побачимо, що вони дозволяють відповісти й на дане питання. Справді, установивши величину водовіддання— q_n , ми зможемо вирахувати для кожного року з розрахункового ряду літ остаточний обсяг; маючи ці дані, можна порівнюючи просто й легко підрахувати величину потрібного проєктного обсягу водоймища (корисного обсягу). Для цього вибираємо рік j з найбільшим значенням суми: початкового обсягу— V_{nj} та допливу за інтервал часу (K) з найбільшим допливом для даного року.

Тоді величина корисного обсягу водоймища дорівнюватиме:

$$V_{\Pi} = (1-\beta)^k V_{kj} + \frac{2-\beta}{2} [(1-\beta)^{k-1} Q_1 + (1-\beta)^{k-2} Q_2 + \dots + Q_k (\max)] - \frac{2-\beta}{2} [(1-\beta)^{k-1} q_1 + (1-\beta)^{k-2} q_2 + \dots + q_k] - \frac{2-\beta}{4} [(1-\beta)^{k-1} (\omega_{nj} + \omega_1) z_1 + \dots + (\omega_{k-1} + \omega_k) z_k] \quad (10)$$

Може статися протє, що в дальших підрахунках ми встановимо, що одержана величина корисного обсягу водоймища з настановою на найбільшу в даному ряді літ суму: $V_{n,j} + Q(\max)j$, де $Q(\max)j$ доплив за інтервал з найінтенсивнішим прибуванням води в водоймищі року j не буде використана досить ефективно, цебто корисний обсяг буде заповнюватися в данім розрахунковім ряді років рідко, і вартість води, що її віддаватиме водоймище, через це саме значно зростє; тоді, очевидно, доведеться відшукуватиекономічно допільну величину корисної місткості, відмовившись від повного використання водоносности даного ряду років.

Нарешті, на практиці можуть бути й такі випадки, коли вартість води з проєктованого водоймища буде найменша, проти вартости води з інших можливих джерел постачання, але настанова на повне вловлення стоку річки може дати наслідки несприятливі для здобуття ефективної величини водовіддання. Це може трапитися тоді, коли із зростанням місткості водоймища будуть надто сильно зростати площі вільної поверхні води. Очевидно, у цьому разі за критерій ефективного використання рельєфу місцевости та режиму водотоки буде нерівність:

$$\left(\sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1-\beta)^{n-i} \right)_{\min} \geq \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z,$$

цебто величина мінімального річного допливу повинна бути не менша від величини втрат на випар з площі вільної поверхні води за цей самий рік.

Водоймища-аккумулятори, що працюють періодично § 6. Рівняння роботи для водоймищ-аккумуляторів, що працюють на водоспоживання не цілий рік, а тільки в певний сезон року, як наприклад водоймища, використовувані для потреб обводнювання, ми можемо одержати з раніш здобутих рівнянь роботи водоймища. Припустимо, що водоймище, яке працює періодично, починає працювати на водовіддання в інтервал року j і закінчує свою роботу в інтервал k ; це значить, що в інтервали року: $1-j$ і $k-n$ водовіддання дорівнює нулеві:

$$q \begin{cases} 1-j \\ k-n \end{cases} = 0$$

Тоді рівняння (6') буде переписане в такому вигляді:

$$V_n = (1-\beta)^n V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=j}^{i=k} q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{4} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z$$

Для ряду розрахункових років N напишемо:

$$V_{nN} = (1-\beta)^{nN} V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_1^N \sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{2} \sum_1^N \sum_{i=1}^{i=n} q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{4} \sum_1^N \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z \quad (12)$$

Припустимо, що водоспоживання за даний ряд інтервалів $j \dots k$ установлюється рівномірно: $q = \text{const}$, тоді матимемо:

$$\sum_{i=j}^{i=k} (1 - \beta)^{n-i} q_i = q \sum_{i=j}^{i=k} (1 - \beta)^{n-i} = q \frac{(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}}{\beta}$$

коли ми припускаємо багаторічне регулювання, то, маючи на увазі замкнений цикл роботи водоймища: $V_{nN} = V_0$, та збереження умови для даного циклу років: $q = \text{const}$, ми матимемо рівняння в вигляді:

$$V_0 = (1 - \beta)^{nN} V_0 + \frac{2 - \beta}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1 - \beta)^{n-i} - \\ - \frac{2 - \beta}{2} q N \frac{(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}}{\beta} - \frac{2 - \beta}{4} \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^{i=n} (1 - \beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i$$

або, розв'язуючи щодо q , матимемо:

$$q = \left[(1 - \beta)^{nN} - 1 \right] \frac{2\beta V_0}{N(2 - \beta)[(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}]} + \\ + \frac{\beta}{N[(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}]} \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^{i=n} (1 - \beta)^{n-i} Q_i - \\ - \frac{\beta}{2N[(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}]} \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^{i=n} (1 - \beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i$$

Для повного річного водовіддання при кількості інтервалів роботи на рік: $k - j$ матимемо вираз:

$$q \cdot m = [(1 - \beta)^{nN} - 1] \frac{2\beta m V_0}{N(2 - \beta)[(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}]} + \\ + \frac{\beta m}{N[(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}]} \sum_{i=1}^N \left[\sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1 - \beta)^{n-i} - \right. \\ \left. - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} (1 - \beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \right] \quad (13)$$

Визначення величини допливу § 7. Вище ми відзначили, що спиратися на величину пересічно-багаторічного стоку для визначення розмірів водовіддання не завжди можливо без великих помилок у розрахунках; тим то стає дуже важливим завдання встановити величини річного стоку для кожного року зокрема, у разі, коли немає гідрометричних спостережень, тільки на ґрунті кліматичних даних. Автор цієї статті вже раніш (року 1927) проробив аналізу залежностей величини річного стоку

від кліматичних чинників;¹ цю залежність автор визначив у таких формулах:

$$y_1 = x \left(\frac{1}{10} \right)^{\frac{a \pm bt_6}{c + x_6}} \quad (14)$$

або

$$y_2 = x \left(\frac{c + x_6}{a \pm bt_6} \right)$$

Для умов України числові величини параметрів встановлено такі:

$$y_1 = x \left(\frac{1}{10} \right)^{\frac{304 \pm 20t_6}{160 + x_6}} \quad (14')$$

$$y_2 = x \left(\frac{55 + x_6}{1869 \pm 300t_6} \right)$$

де x — сума опадів за гідрологічний рік (з 1/X до 30/IX);

y — стік у міліметрах за той таки рік;

x_6 — сума опадів за зимове півріччя (жовтень — березень);

t_6 — пересічна температура в ступнях Цельсія за те саме півріччя (жовтень — березень).

Межі застосовності формул з числовими значеннями параметрів рівнянь 14' визначає температурний чинник: для першої формули — до $t_6 = -12^\circ \text{C}$, для другої до $t_6 = -3^\circ \text{C}$.

Маючи на увазі нерівномірність розподілу стоку протягом року й що ця нерівномірність модифікується з року в рік, автор цієї праці спробував в одній із попередніх праць² встановити закономірність цієї модифікації розподілу стоку в розрахунковому році на підставі кліматичних даних поки що тільки для двох періодів: весняного стоку й для решти часу в році.

Автор намагався встановити відносну величину весняного стоку для кожного року зокрема на підставі даних метеорологічних спостережень:

$$K = \frac{y_6}{y_0}$$

де

K — величина відносного весняного стоку;

y_6 — стік за весняне півріччя;

y_0 — річний стік.

Виявилось, що величина відносного стоку K залежить від кліматичних чинників; її дається виразити такою простою формулою:

$$K = m[x_6 - (\pm pt_6) - q] \quad (15)$$

де x_6 — сума опадів за зимове півріччя (жовтень — березень);

t_6 — пересічна температура за те саме півріччя.

Параметри формули (15) для українських річок встановлено такі:

$$K = 0,25[x_6 - (\pm 30t_6) - 20] \text{ у відсотках} \quad (15')$$

¹ Я. Т. Ненько: Найголовніші чинники річкового стоку; Вісті науково-дослідчого інституту водного господарства України, 1927—1928 р., т. II.

Такого ж роду залежність витрати річки від кліматичних чинників — опадів та температури в її басейні вивів ще року 1923 для річки Дніпра проф. С. В. Оппоків з даних за 1877—1908 р. р. (див. інформаційний бюлетень Укрмету, т. III, 1924 (а пізніше — інженер А. В. Огієвський та інженер В. А. Назаров для р. Дніпра, і останній року 1928 для р. Південного Бугу).

² Я. Т. Ненько. Відносна величина весняного водозбігу. Науково-технічний вісник, № 5, 1930 рік.

Отже, користуючись із залежності (15), ми зможемо річний стік розбити на два періоди: 1) весняний стік і 2) меженний стік. А що водоймища рідко провентуються з площею водозбору понад 2000 кв. км, то можна гадати, що весняний стік цілком укладається в одному розрахунковому інтервалі часу, коли за розрахунковий інтервал узяти місяць. Для решти інтервалів року ми можемо взяти без великих похибок у наших дальших розрахунках остаточний (меженний) стік, рівномірно розподілений, цєбто:

$$y_{12-1} = \frac{y_0 - y_s}{11}$$

Завбачення § 8. Можливість підрахувати величину відносного весняного стоку за літню половину гідрологічного року. Ного стоку за даними тільки метеорологічних спостережень дозволяє встановити дуже чітку роботу водоймища, що вже працює, організувавши так звану службу завбачень.

Справді, коли в спостереження над допливом до водоймища протягом зимового періоду (жовтень—березень) та за весняне водопілля, коли в метеорологічні спостереження в даному районі, то ми зможемо з даних спостережень мати величину y_s й підрахувати відносний весняний стік формули (15) і з відношення:

$$K = \frac{y_s}{y_0}$$

маємо:

$$y_0 = \frac{y_s}{K}$$

За 6 зимових місяців (жовтень—березень) наші спостереження покажуть величину стоку, що дорівнює y_s ; отже за друге літнє півріччя ми можемо сподіватись величини стоку, що дорівнюватиме:

$$1) y_1 = \frac{y_s}{K} - (y_s + y_s)$$

коли водопілля пройшло після березня місяця, і

$$2) y_1 = \frac{y_s}{K} - y_s$$

коли весняне водопілля скінчилося в березні місяці.

Обраховуючи можливі похибки, що їх дає формула, ми зменшуємо в інтересах запасу одержані вирази для літнього стоку на якийсь коефіцієнт φ , менший від одиниці:

$$1. y_1 = \varphi \left(\frac{y_s}{K} - y_s - y_s \right) \text{ і}$$

$$2. y_1 = \varphi \left(\frac{y_s}{K} - y_s \right)$$

Величину коефіцієнта φ рекомендуємо брати близько:

$$\varphi \approx 0,80$$

Отже, спираючись на наявність води в водоймищі після проходу весняної води й на підрахунки сподіваного допливу за літні місяці, ми зможемо уточнити роботу водоймища щодо водовіддання в даному експлуатаційному році.

2. Водоймища - трансформатори стоку

§ 1. Питанню трансформування повідної хвилі в водоймищах штучних або природних (озерах), як проблемі дуже істотній для гідротехніків, присвячували й присвячують багато уваги гідротехніки та гідраліки. Ми вважаємо, що цікаво поставити це питання знову й розв'язати його, підвівши під нього основу математичної аналізи.

Щоб з'ясувати характер повідної хвилі, як явища природи, спробуємо встановити саму природу цього явища і його математичне оформлення.

Як відомо, всяка повідна хвиля, що пробігає водотокою, з'являється або від випадання дощів, або від розтавання снігового покриву на площ сточища даної водотоки.

Звідси напрошується перша класифікація повідних хвиль: 1 випадок—повідну хвилю бачимо до замичного простеця тої частини сточища водотоки, що безперестання впродовж усього шляху повіддя живить це повіддя; у цьому разі ми матимемо *повідну хвилю, що безперервно росте своїм обсягом та своїми висотними ординатами*.

2 випадок—повідну хвилю бачимо в простеці пониже від тої частини сточища водотоки, що живить хвилі; повідна хвиля, утворившись вище, проходить транзитним коритом. Цю хвилю умовимося називати *транзитною хвилею: вона протягом свого шляху не зростає своїм обсягом*.

Погляньмо, як ці два випадки можна інтерпретувати математично. Хвилеві витрати всякої повідної хвилі є одночасно функцією часу й шляху її пробігу; отже ми можемо написати:

$$Q = F(s, t) \quad (16)$$

де: Q —величина хвилевої витрати,
 s —шлях, що його пройшла хвиля,
 t —час спостереження.

Застосуємо наш розгляд повіддя до будь-якої певної точки, наприклад, до вершини (гребеня) повідної хвилі.

Диференціюючи функцію (16) матимемо:

$$dQ = \frac{\partial F}{\partial s} ds + \frac{\partial F}{\partial t} dt \quad (17)$$

Перший випадок повідних хвиль характеризуватиме величина диференціала— dQ , відмінна від нуля: $dQ > 0$; другий випадок буде, очевидно, характеризувати величина диференціала, що дорівнює нулеві:

$$dQ = 0$$

Розгляньмо перший випадок, для якого маємо:

$$dQ > 0$$

або:

$$\frac{\partial F}{\partial s} ds + \frac{\partial F}{\partial t} dt > 0$$

Припустимо, що з одиниці довжини головного корита водотоки повідна хвиля дістає додаткове живлення, що дорівнює q , тоді очевидно величина диференціала dQ дорівнюватиме:

$$dQ = qds$$

і рівняння (17) буде переписане в такому вигляді:

$$qds = \frac{\partial F}{\partial s} ds + \frac{\partial F}{\partial t} dt$$

або, тому що:

$$Q = F(s, t)$$

то можемо написати

$$q ds = \frac{\partial Q}{\partial s} ds + \frac{\partial Q}{\partial t} dt \quad (18)$$

Згідно з умовою безперервності маємо:

$$\frac{\partial Q}{\partial s} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = 0 \quad (19)$$

де ω — площа живого перекрою водотоки. [Підставляючи з рівняння (19) в рівняння (18) значення величини: $\frac{\partial Q}{\partial s}$, матимемо:

$$q ds = - \frac{\partial \omega}{\partial t} ds + \frac{\partial Q}{\partial t} dt$$

або поділивши обидві частини рівняння на dt , напишемо:

$$q \frac{ds}{dt} = \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{\partial \omega}{\partial t} \frac{ds}{dt}$$

Але $\frac{ds}{dt} = V_Q$ — швидкість переміщення повіддя (гребеня, хвилі), отже ми можемо написати:

$$q V_Q = \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{\partial \omega}{\partial t} V_Q \quad (20)$$

З другого боку, ми маємо таку залежність:

$$Q = U \omega \quad (21)$$

де U — пересічна швидкість живого перекрою потоку в даний момент часу.

Диференціюючи рівняння (21) матимемо:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\partial U}{\partial t} \omega + \frac{\partial \omega}{\partial t} U$$

Підставляючи це значення $\frac{\partial Q}{\partial t}$ у рівняння (20), матимемо:

$$q V_Q = \frac{\partial U}{\partial t} \omega + \frac{\partial \omega}{\partial t} U - \frac{\partial \omega}{\partial t} V_Q$$

розв'язуючи V_Q , матимемо:

$$V_Q = \frac{U \frac{\partial \omega}{\partial t} + \omega \frac{\partial U}{\partial t}}{q + \frac{\partial \omega}{\partial t}} \quad (22)$$

Для другого випадку, випадку транзитного корита, ми матимемо збільшення витрат на шляху хвилі, що дорівнюють нулеві: $dQ = 0$; тоді рівняння (17), напишемо так:

$$\frac{\partial F}{\partial s} ds + \frac{\partial F}{\partial t} dt = 0$$

або

$$\frac{\partial Q}{\partial s} ds + \frac{\partial Q}{\partial t} dt = 0 \quad (23)$$

Пам'ятаючи, що рівняння (23) мусить задовольняти рівняння (22), коли $q=0$, напишемо:

$$V_Q = U + \omega \frac{\frac{\partial U}{\partial t}}{\frac{\partial \omega}{\partial t}} \quad (24)$$

Зіставляючи рівняння (22) й (24) помічаємо, що швидкість переміщення повіддя в першому випадку менша, ніж у другому. Звідси робимо висновок: для корита *нетранзитного* ми матимемо при меншій швидкості переміщення повідного гребеня *безперервне додаткове живлення повідної хвилі*, а значить, і *безперервне збільшення її висотних ординат* (збільшення обсягу повідної хвилі при зменшенні її розпливання). З рівняння (22) виходить, що інтенсивніший доплив (що більше q , то менше розпливання повіддя й то *інтенсивніше будуть рости висотні ординати повідної хвилі*).

Для *транзитного* корита, ми матимемо *безперервне розпливання повідної хвилі при тім самім обсязі*; звідси висотні ординати транзитної повідної хвилі повинні безперервно знижуватися впродовж шляху її пробігу.

Наведена коротка математична аналіза дозволяє нам установити такі прості, але дуже важливі, правила: 1. Через те, що звичайно зливи або інтенсивні дощі охоплюють одночасно розмірно невелику площу водозборів, то очевидно для невеликих площ треба сподіватися найінтенсивніших повідних хвиль від зливних вод, зважаючи на те, що під час злив доплив до головного корита буває інтенсивніший; при цьому за критерій для встановлення граничної величини цієї площі буде величина площі граничного зливного охоплення. Отже, розрахунковою повідною хвилею для таких площ буде хвиля утворена від випадання злив.

Навпаки, для чималих площ, що перевищують своїми розмірами можливу максимальну площу зливного охоплення, найінтенсивніша хвиля може утворитися тільки від розтавання снігового покриву на площі сточища, що її живить.

Проте для площ, що не дуже відхиляються своєю величиною від площ зливного охоплення, може статися така орієнтація зливної площі, що охопить всю довжину головного корита до розрахункового простеця й тоді повідна хвиля від такої зливи буде може інтенсивніша від хвилі, що утвориться за найдружнішого розтавання найпотужнішого снігового покриву.

2) Далі, розглядаючи рівняння (22) і (24), помічаємо, що як у першому, так і в другому разі швидкість просування повіддя більша за пересічну швидкість на живому перекрої потоку: гребінь повідної хвилі безпе-

* Для часткового випадку широкого прямокутного призматичного корита, для якого можна покласти: $U = C \sqrt{H} i$, ми зможемо підрахувати величину швидкості V_Q Справді, диференціюючи рівняння $U = C \sqrt{H} i$ і $\omega = bH$, матимемо:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{C \sqrt{i}}{2 \sqrt{H}} \frac{dH}{dt}; \quad \frac{d\omega}{dt} = b \frac{dH}{dt}$$

беручи $C \sqrt{i} = \text{const}$, напишемо: $\omega \frac{\frac{dU}{dt}}{\frac{d\omega}{dt}} = \frac{C \sqrt{i} \sqrt{H}}{2} = \frac{U}{2}$.

Звідки величина швидкості переміщення повіддя дорівнюватиме:

$$V_Q = U + \frac{U}{2} = \frac{3}{2} U$$

рервно набігає на низовий край повіддя; звідси відзначаємо ще одну особливість повідної хвилі: повідна хвиля самою природою своєю повинна бути асиметрична; для транзитної повідної хвилі ця асиметричність буде збільшуватися разом з просуванням повіддя вздовж потоку. Коли вдатися до спостережень на річних водомірних постах, то матимемо повне підтвердження цього висновку з нашої аналізи.

Ці зроблені засновки були нам потрібні на те, щоб намітити дальші етапи в розгляді питання про трансформації повідної хвилі в водоймищах.

Звичайно, через те що водотоки вивчені мало, а інколи й зовсім не вивчені, нам лишається тільки один шлях, щоб розв'язати завдання—шлях математичний.

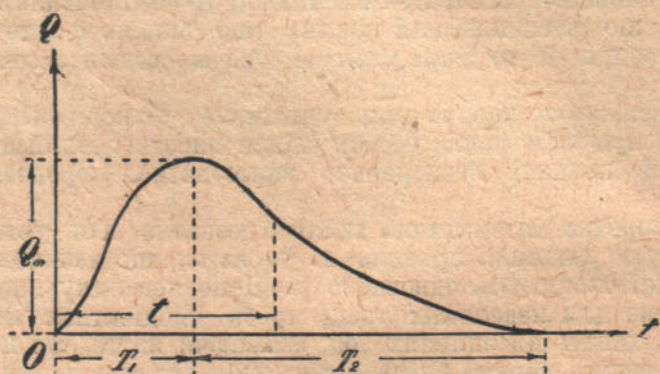


Рис. 3

§ 2. Першим завданням, що стоїть перед нами, буде завдання встановити математичний вираз для форми повідної хвилі, що припливає до даного простеця. Аналізую, що вище пророблена, це завдання уже полегшено тим, що ми встановили асиметричність кривої обрису повідної хвилі, цебто зона спадання повідної хвилі повинна бути далеко довша проти зони наростання. Крива вигляду:

$$Q = Q_m \left(\frac{t}{T_1} \right)^{n_1} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{t}{T_2} \right)^{n_2} \quad (25)$$

цілком задовольнятиме наші вимоги. На рисунку (3) показано всі позначення формули (25)

Крива, що її визначає рівняння (25), кінцева: при $t=0$ і $t=T_1+T_2$, $Q=0$. Показники степенів n_1 і n_2 повинні бути зв'язані між собою такою математичною залежністю: помічаємо, що крива при $t=T_1$ має максимум, отже:

$$\left(\frac{dQ}{dt} \right)_{t=T_1} = 0$$

або

$$\left[\left(n_1 \frac{Q_m}{T_1^{n_1}} \right) t^{n_1-1} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{t}{T_2} \right)^{n_2} - n_2 \frac{Q_m}{T_2} \left(\frac{t}{T_1} \right)^{n_1} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{t}{T_2} \right)^{n_2-1} \right]_{t=T_1} = 0$$

Звідки після підставлення та скорочення маємо:

$$\frac{n_1}{T_1} - \frac{n_2}{T_2} = 0$$

або

$$n_1 = n_2 \frac{T_1}{T_2}$$

через цю останню рівність рівняння (25) можна переписати в такому вигляді:

$$Q = Q_m \left(\frac{t}{T_1} \right)^{n \frac{T_1}{T_2}} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{t}{T_2} \right)^n \quad (25')$$

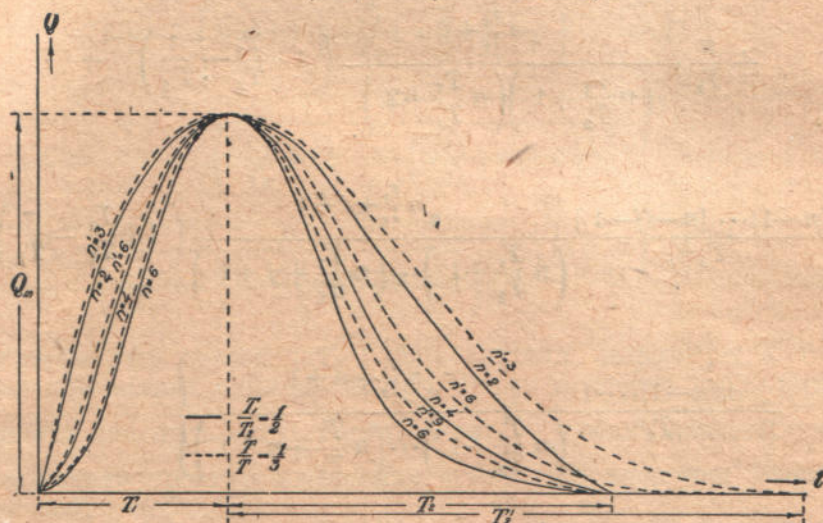


Рис. 4

Характер зміни ординат кривої видно з такої таблиці (2) і рисунка 4.

Таблиця 2

t	$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2}$			$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{3}$		
	n=2	n=4	n=6	n=3	n=6	n=9
0	0	0	0	0	0	0
0,25 T_1	0,473 Q_m	0,219 Q_m	0,106 Q_m	0,488 Q_m	0,238 Q_m	0,116 Q_m
0,50 T_1	0,781 "	0,610 "	0,489 "	0,795 "	0,632 "	0,502 "
0,75 T_1	0,949 "	0,901 "	0,855 "	0,953 "	0,908 "	0,865 "
T_1	Q_m	Q_m	Q_m	Q_m	Q_m	Q_m
1,50 T_1	0,844 "	0,712 "	0,601 "	0,867 "	0,752 "	0,652 "
2,00 T_1	0,500 "	0,250 "	0,125 "	0,593 "	0,352 "	0,209 "
3,00 T_1	0	0		0,111 "	0,012 "	0,001 "
4,00 T_1				0	0	0

Площу кривої (25') визначити розмірно легко, коли n дорівнює цілому числу.

а) Часткова площа кривої, при $t = \tau$:

$$V_\tau = \int_0^\tau Q dt = \frac{Q_m}{T_1^{n \frac{T_1}{T_2}}} \int_0^\tau t^{n \frac{T_1}{T_2}} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{t}{T_2} \right)^n dt$$

Інтегруючи частками, матимемо:

$$\begin{aligned}
 V_{\tau} = & \frac{Q_m}{T_1^n T_2} \left\{ \frac{\tau^{n \frac{T_1}{T_2} + 1}}{n \frac{T_1}{T_2} + 1} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)^n + \right. \\
 & + \frac{n}{T_2} \frac{\tau^{n \frac{T_1}{T_2} + 2}}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \left(n \frac{T_1}{T_2} + 2 \right)} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)^{n-1} + \\
 & + \frac{n(n-1) \dots [n-(j-1)]}{T_2^j} \frac{\tau^{n \frac{T_1}{T_2} + j + 1}}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + j + 1 \right)} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)^{n-j} + \\
 & \left. + \frac{n(n-1) \dots 1}{T_2^n} \frac{\tau^{n \frac{T_1}{T_2} + n + 1}}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1 \right)} \right\} \quad (26)
 \end{aligned}$$

б) Часткова площа при $t = T_1$:

$$\begin{aligned}
 V_{T_1} = Q_m T_1 \left[\frac{1}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right)} + \frac{n}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \left(n \frac{T_1}{T_2} + 2 \right)} \frac{T_1}{T_2} + \dots \right. \\
 \left. \dots + \frac{n(n-1) \dots 1}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1 \right)} \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^n \right] \quad (27)
 \end{aligned}$$

в) Повна площа кривої при $t = T_1 + T_2$ у цьому разі многочлен:

$$\left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)_{\tau=T_1+T_2} = 0$$

отже, з рівняння (26) матимемо:

$$V_{\Pi} = \frac{Q_m}{T_1^n T_2} \cdot \frac{n!}{T_2^n} \frac{(T_1 + T_2)^{n \frac{T_1}{T_2} + 1}}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1 \right)} \quad (28)$$

або

$$V_{\Pi} = Q_m T_1 \frac{n!}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1 \right)} \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^n \left(1 + \frac{T_2}{T_1} \right)^{n \frac{T_1}{T_2} + n + 1} \quad (28')$$

Припускаючи в формулах (27) і (28) значення:
 $Q_m = 1$ і $T_1 = 1$, матимемо такі вирази:

$$V_{T_1}' = \frac{1}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1\right)} + \frac{n}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1\right) \left(n \frac{T_1}{T_2} + 2\right)} \cdot \frac{T_1}{T_2} +$$

$$+ \frac{n(n-1)}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1\right) \left(n \frac{T_1}{T_2} + 2\right) \left(n \frac{T_1}{T_2} + 3\right)} \cdot \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 +$$

$$+ \dots + \frac{n!}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1\right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1\right)} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^n \quad (27')$$

$$V_{II} = \frac{n!}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1\right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1\right)} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^n \left(1 + \frac{T_2}{T_1}\right)^n \frac{T_1}{T_2} + n + 1 \quad (28'')$$

Пам'ятаймо, що вирази (27') і (28'') вийшли безрозмірні, а тому вони придатні для всяких одиниць виміру. Через те можна заздалегідь скласти таблиці для будь-яких значень n та $\frac{T_1}{T_2}$, і обсяг повідної хвилі буде легко зазначити простим множенням відповідної величини площі з таблиць на добуток: $Q_m \cdot T_1$.

Таблиця 3
 значень V_{II} при $Q_m \cdot T_1 = 1$

n	$\frac{T_1}{T_2}$					
	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20
1	1,6361	—	—	—	—	—
2	1,3543	1,4982	1,6875	1,9517	2,3574	3,0899
3	1,1705	1,2931	1,4572	1,6853	2,0301	2,6463
4	1,0410	1,1541	1,3018	1,5054	1,8103	2,3481
5	0,9485	1,0521	1,1872	1,3726	1,6496	2,1328
6	0,8769	0,9730	1,1009	1,2700	1,5254	1,9678
7	0,8194	0,9095	1,0269	1,1875	1,4256	—
8	0,7719	0,8570	0,9678	1,1192	1,3433	—
9	0,7318	0,8126	0,9177	1,0615	1,2737	—

§ 3. Усяка повідна хвиля, пробігаючи через будь-яке водоймище: природне озеро, просте поширення річкового корита) або штучне, конче повинна трансформуватися; в одних випадках ця трансформація більша, в інших менша.

Явище трансформації повідної хвилі ми зможемо спостерігати на першій-ліпшій природній водотокі, бо наявність окремих поширень річкового корита якнайбільше сприяє цьому явищу. Цю трансформацію повідної хвилі на річках, як неминуче явище самої природи річки, дуже часто гідрологи приймають за чинник розливання самої хвилі.

Явище трансформації ми зможемо дуже просто й легко собі уявити, рисуючи його графічно; нехай на рисунку (5) крива ABC виображає повідну хвилю в даному замичному простеці водотоки; крива ADE —трансформо-

вану хвилю (хвилю, що її скинула водойма); при цьому припускаємо, що водойма починає скидати воду повідної хвилі одночасно з початком допливу. Тоді, очевидно, чинником, що зумовлює розміри та міру трансформації повідної хвилі в даній водоймі, буде тимчасова місткість водойми або регуляційна місткість водойми — V_u .

На рисунку (5) ця тимчасова (регуляційна) місткість водойми показана зарискованою площею ABD .



Рис. 5

Очевидно, при нашому припущенні, що складання повідної води починається одночасно з допливом до водоймища й що водойма скидає всю повідну хвилю вповні, ми зможемо написати рівність:

$$V_{ABC} = V_{ADE} \quad (29)$$

цебто сьєяти повідної хвилі, що допливає до водойми, і хвилі трансформованої однакові. *Таке припущення вносить визначеність у розв'язання завдання й значно спрощує саме розв'язання коли користуватися з аналітичних метод.*

Диференціальне рівняння роботи водоймища з погляду трансформування повідної хвилі для випадку, що ми його припускаємо, писатиметься дуже просто:

$$Qdt - qdt - \Omega dH = 0 \quad (30)$$

де Q — доплив до водойми за одиницю часу;

q — скидання з водойми " " "

Ω — площа вільної поверхні води водойми;

H — величина напору на водоскидній споруді.

Безпосередньо інтегрувати рівняння (30) можливо тільки в тому разі, коли ми маємо або $Q = \text{const}$, або зможемо виразити q у функції від часу t .

У даному разі такий шлях інтегрування неможливий, отже ми будемо користуватися з методи наближеного розв'язання завдання; для цього припускаємо, що скидна хвиля повинна бути також асиметрична й що рівняння кривої її обрису виражатиметься кривою такого ж порядку, що й крива повідної хвилі, тільки, очевидно, параметри нової кривої повинні відрізнятись від параметрів кривої повіддя, цебто припускаємо:

$$q = q_m \left(\frac{t}{\tau} \right)^m \frac{\tau}{T_2'} \left(1 + \frac{\tau}{T_2'} - \frac{t}{T_2'} \right)^m \quad (31)$$

Отже, вважаємо, що рівняння (30) ми проінтегрували, бо рівняння (31) дозволяє нам визначити в кожний момент величину напору на водоскидній споруді. Справді, для випадку переливу маємо:

$$a) \quad q = mb\sqrt{2gH^{3/2}} = M_a \cdot bH^{3/2}$$

де

$$M_0 = m \sqrt{2g}$$

б) для випадку труби (тонеля):

$$q = \varphi \omega \sqrt{2g} H = M_T \omega H^{1/2}$$

де

$$M_T = \varphi \sqrt{2g}$$

Підставляючи ці вирази на витрати в праву частину рівняння (31), матимемо:

а) для переливу:

$$H_0 = \left(\frac{q_m}{M_0 b} \right)^2 \left(\frac{t}{\tau} \right)^2 \frac{\tau}{T_1} m \left(1 + \frac{\tau}{T_2'} - \frac{t}{T_2'} \right)^2 m \quad (32)$$

б) для труби:

$$H_T = \left(\frac{q_m}{M_0 b} \right)^2 \left(\frac{t}{\tau} \right)^2 \frac{\tau}{T_1} m \left(1 + \frac{\tau}{T_2'} - \frac{t}{T_2'} \right)^{2m} \quad (32')$$

При цьому припущено, що коефіцієнти витрати m і φ лишаються на весь час роботи водоскидання стабільні.

Написавши рівняння (30) в інтегральній формі:

$$\int_0^{\tau} Q dt - \int_0^{\tau} q dt = \int_0^H \Omega dH$$

пам'ятаємо, що для моменту часу τ (див. рисунок 5) ми матимемо:

$$V_{\Pi\tau} - V_{c\tau} = V_u$$

де

$V_{\Pi\tau}$ — частковий обсяг повідної хвилі, що припливає за час τ (площа кривої $ABDK$, рис. 5);

$V_{c\tau}$ — частковий обсяг скидної хвилі (площа кривої ADK).

Далі, припускаючи: $Q_\tau = q_m$, можна написати:

$$q_m = Q_m \left(\frac{\tau}{T_1} \right)^{T_1/n} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)^n$$

Отже, ми маємо три рівняння:

$$\left. \begin{aligned} 1. \quad & V_{\Pi} = V_c \\ 2. \quad & V_{\Pi\tau} - V_{c\tau} = V_u \\ 3. \quad & q_m = Q_m \left(\frac{\tau}{T_1} \right)^{T_1/n} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)^n \end{aligned} \right\} \quad (A)$$

що об'єднують шукані невідомі: τ , q_m , m і $\frac{\tau}{T_2}$. Ці трое рівнянь не дозволяють розв'язувати систему безпосередньо, бо не вистачає 4 умови, що зв'яже названі вище невідомі.

Тому ми мусимо завдатися будь-якою із шуканих невідомих, і тоді система рівнянь (A) стає виразною.

Найзручніше розв'язати завдання, коли ми завдаємось величиною τ , цебто проміжком часу між початком і моментом максимально-напруженої роботи водоскидання.

Завдаючись величиною: $\tau = \tau_1$, з рівняння (3) системи (A) одержуємо величину q_m' і з таблиці з підбираємо таку величину площі, яка, будучи помножена на добуток $q_m \cdot \tau_1$, дала б величину обсягу, рівну

Обсягові повідної хвилі, цебто задовольняла рівняння (1) системи (А). Тоді рівняння (2) системи (А) дозволить знайти ту величину регуляційної місткості, що повинна буде відповідати завданій величині τ_1 .

Одержана величина регуляційної місткості V_4' буде звичайно відрізняться від тієї, що є в нас V_4 , тому ми муситимемо зробити кілька таких вираховань і наслідки їх звести в таблицю:

τ_1	q_m^I	m^I	$\left(\frac{\tau_1}{T_2'}\right)^I$	V_4^I
τ_2	q_m^{II}	m^{II}	$\left(\frac{\tau_2}{T_2'}\right)^{II}$	V_4^{II}
τ_3	q_m^{III}	m^{III}	$\left(\frac{\tau_3}{T_2'}\right)^{III}$	V_4^{III}
τ_4	q_m^{IV}	m^{IV}	$\left(\frac{\tau_4}{T_2'}\right)^{IV}$	V_4^{IV}

Таблиця ця дозволить способом інтерполяції знайти потрібну нам величину витрат q_m , що відповідає наявній величині регуляційної місткості V_4 , для визначення розмірів водоскидних споруд і параметри кривої (31) m , τ і T_2' для визначення форми трансформованої кривої.

Лютий 1931 р.
Харків.

Проф. Я. Ненько.

DIE LEISTUNG DER TALSPERREN-WASSERBEHÄLTER

Die hydrotechnische Literatur¹ hat sich bisher und auch heute recht viel mit den Wasserbehältern beschäftigt, hat jedoch das Problem der Tätigkeit der Wasserbehälter nicht gelöst und hat sich diese Aufgabe auch nur partiell für einzelne Detailfragen gestellt. Infolgedessen hat der Versuch des Autors dieser Abhandlung die Grenzen der zu lösenden Aufgaben, die zum Zyklus der Leistung von Wasserbehältern gehören, um Einiges zu erweitern, vollständige Begründung.

In einigen Ausnahmefällen versucht der Autor die eigene Methodologie der Lösung der einzelnen Aufgaben anzugeben, da sich derer Abwesenheit beständig in unserer praktischen Arbeit stark fühlbar macht, sobald die Projektionsfrage des einen oder anderen Wasserbehälters in Frage kommt.

Die wichtigste Aufgabe, die am häufigsten bei Projekten von neuen Wasserbehältern vorkommt, ist die der Grössefeststellung der zu erwartenden Wasserrückgabe aus dem zu projektierenden Wasserbehälter. Wir halten diese Aufgabe nur deshalb für die wichtigste, weil sie für die meisten Fälle der praktisch arbeitenden Wasserbehälter als Hauptaufgabe gegenüber der Fragen anderer Ordnung gilt; die Regulierung des Abflusses für diese Fälle wird eine Aufgabe nebensächlichen Charakters sein. Hier muss man u. a. bemerken, dass die praktischen Arbeiter sehr oft zwei verschiedene Begriffe verwechseln: d. h. *den Begriff Regulierung des Abflusses* mit dem *Begriff Regulierung des Wasserbedarfs*, die man nicht nur Genauigkeitshalber, sondern auch für die Methoden zum Lösen der Aufgaben selbst, stark unterscheiden muss. Wir werden ferner diese zwei Begriffe nach zweckmässiger Bestimmung des Wasserbehälters unterscheiden.

Die erste, sich von selbst ergebende Einteilung wird die Einteilung der Wasserbehälter in zwei Gruppen enthalten, dem Charakter der Arbeit letzterer gemäss, die sich stark eine von der anderen unterscheiden.

Zur ersten Gruppe wollen wir Wasserbehälter rechnen, die *mittelst eigenem Umfang arbeiten*.

Zur zweiten — Wasserbehälter, die *mittelst ihrer Oberfläche arbeiten*.

Die erste Gruppe der Wasserbehälter, mit der wir uns in dieser Abhandlung beschäftigen werden, zerfällt ihrerseits in folgende Arten:

¹ z. B. *Gould*, Engineering News, 1901.
Ziegler, Der Talsperrenbau, 1904.
Kozeny, Ztschr. d. Österr. Ing und Arch., 1915.
H. A. Thoms, Engineering News Rec., 1917.
Ph. Forchheimer, Grundriss der Hydraulik, 1921.
Streck, Aufgaben aus dem Wasserbau, 1925.
Nenjko, J. T. Irrigations Bote („Вестник ирригации“) 1925.
Kotscherin, D. I. 1. Irrigations Bote („Вестник ирригации“) 1927.
2. die Arbeiten des Moskauer Inst. der Ing. d. Transp.
A. Hazen, Transaction of the Am. Soc. of Civ. Eng., 1912.

a) *Wasserbehälter Abfluss-Regulatoren* haben als ihre Zielbestimmung die teilweise oder gänzliche Abfluss-Ausgleichung auf dem gegebenen Flusse oder Talwege, unterhalb des Platzes, wo der Wasserbehälter sich befindet. In diesem Falle wird das Wasser aus dem Wasserstrom *nicht zur Seite geschafft*: es bleibt im Strome selbst. Der Wasserbehälter bezweckt demzufolge nur eine Veränderung des Strom-Regimes bezüglich der Zeit.

b) Der Wasserbehälter hat als Zielbestimmung das Wasser für wirtschaftliche oder industrielle Zwecke zu sammeln und aufzubewahren; in diesem Falle gelangt das Wasser aus dem Wasserbehälter nach Gebrauch nicht immer in den Fluss zurück: das Wasser vom Wasserbehälter zweiter Art gesammelt muss für den Fluss, auf dem der Wasserbehälter gebaut ist als verloren gelten. Diese Art Wasserbehälter muss *Wasserbehälter Akkumulatoren des Abflusses* genannt werden.

c) Endlich, der dritte Fall, nach dem Charakter seiner Arbeit dem ersten Falle sehr nahe stehend, wird die Bestimmung des Wasserbehälters zum Zwecke der Bekämpfung von Überschwemmungen sein. Die Wasserbehälter dieser Art sind bestimmt, die Überschwemmungswellen zu transformieren, in der Richtung der Herabsetzung der Maximalgrösse des Verbrauches jeder Überschwemmungswelle, unterhalb der Stelle, wo der Wasserbehälter sich befindet. Als prachtvolles Beispiel solcher Art von Wasserbehältern, gibt uns die Natur in Form von Seen, die sich längst der Flusströmung ziehen. Diese letzte Art Wasserbehälter wollen wir *Wasserbehälter Transformatoren des Abflusses* nennen.

1. Wasserbehälter Abfluss-Akkumulatoren

§ 1. Bei Betrachtung der Frage betreffs der Leistung der von uns erwähnten Wasserbehälter-Arten, fangen wir mit der in der Praktik am häufigsten vorkommenden Art an und mit der in der Literatur am wenigsten erforschten, d. h. von der zweiten Art—*Wasserbehälter Abfluss-Akkumulatoren*.

Gewöhnlich ist für diese Wasserbehälter die Grund-, End- und Ziel-Bestimmung die Arbeit der Abflussakkumulierung von diesem wassersammelnden Bassin im angegebenen Punkte des Wasserstromes zur Versorgung des nötigen Quantum von Wasserabgabe für diese oder andere Wirtschaftszwecke. Die Wasserabgabe aus den Wasserbehältern kann sich entweder das runde Jahr ununterbrochen vollziehen (industrielle Wasserversorgung, Wasserversorgung bevölkerter Orte) oder im Laufe einer bestimmten Jahresaison (z. B. zum Bedarf der Bewässerung).

Der Wasserbehälter kann in seiner Leistung auf eine Jahres-Akkumulation berechnet werden, wenn man die Grösse des Abflusses für das betreffende charakteristische Jahr in Betracht zieht, welches einen wahrscheinlichen Prozent der Arbeitssicherung des Wasserbehälters in einer Reihe von Jahren erwarten lässt.

Diese Wahrscheinlichkeit kann sich hier in den verschiedenen Prozents der Sicherung ausdrücken, abhängig von den Forderungen, die die Konsumenten des Wassers an den Wasserbehälter stellen.

In diesem Falle werden wir die Ausnutzung der Wasserführung des Flusses in Grösse *eines* charakteristischen Jahres haben (in der Praktik kommt eine nicht ganz richtige Benennung—einjährige Abfluss-Regulierung vor).

Der zweite Fall—der Wasserbehälter ist so berechnet, dass er die Ausnutzung *vieljähriger Wasserführung* des Wasserlaufes erlaubt und in Folge dessen, wird die Grösse der Wasserrückgabe durch *eine Reihe von Jahren* bedingt.

In der Praktik treffen wir wiederum den unregelmässigen Termin—vieljährige Regulierung des Abflusses, während dem der Abfluss in diesem Falle überhaupt *nicht reguliert wird, sondern nur der Wasserverbrauch*.

Wollen wir die Tätigkeit des Wasserbehälters für den letzten, zweiten Fall in allgemeinen betrachten. Die Leistung des Wasserbehälters des Abfluss-Akkumulators wird die Gleichung haben:

$$V_0 + \int_0^T Q dt - \int_0^T q dt - \int_0^T \Pi dt = V_T$$

wo: V_0 — Anfangs-Rauminhalt des Wassers im Wasserbehälter;

$\int_0^T Q dt$ — Zufluss in der Zeit T;

$\int_0^T q dt$ — Wasserverbrauch in der Zeit T;

$\int_0^T \Pi dt$ — Wasserverlust im Wasserbehälter in der Zeit T;

V_T — Rest-Rauminhalt des Wassers im Wasserbehälter am Ende der Zeit T;

Graphisch wird diese Gleichung so dargestellt:

Lassen wir die Krummlinie EA die Integralkurve des Abflusses vorstellen (Abbild. 1).¹ Die Krummlinie OB — die Integralkurve des nützlichen Wasserverbrauches aus dem Wasserbehälter; augenscheinlich, wird sich der volle Wasserverbrauch in der Zeit T durch die Ordinate DB ausdrücken. Die Krummlinie OC stellt die Integralkurve der Summe des Wasserverbrauches durch nützliche Rückgabe und Verluste im Wasserbehälter selbst vor: das Übrige ist in der Zeichnung 1 klar.

In den Wasserbehältern ist die Grösse der Verluste gewöhnlich eng mit den Grössen des Abflusses und Verbrauches verbunden, deswegen ist die Berechnung der nützlichen Wasserabgabe mittelst einer Annäherung zu führen. Ferner kommen wir wie auf die Methode, so auch auf die Technik der Annäherung nochmals zurück; nun aber versuchen wir den prinzipiellen Moment in der Frage der Berechnung der Wasserabgabe klar zu legen — es ist die Frage der Berechnung der Anfangsfüllung des Wasserbehälters — V_0 , was gewöhnlich, ein Stein des Anstosses für die Projektierenden ist.

Dabei betrachten wir die Frage von zwei Voraussetzungen: *erstens* — der Wasserbehälter tritt mit einigem Anfangs-Raum in Tätigkeit — V_0 , — grösser als der tote Rauminhalt *zweitens* — der Wasserbehälter beginnt seine Tätigkeit mit Null-Rauminhalt, oder einfacher, mit dem toten Rauminhalt.

Schreiben wir die Gleichung der Wasserbehälter-tätigkeit für den ersten Fall auf:

$$\left. \begin{array}{l} \text{a) } V_0 + \int_0^T Q dt - \int_0^T q dt - \int_0^T \Pi dt = V_0 \\ \text{b) } V_0 + \int_0^T Q dt - \int_0^T q dt - \int_0^T \Pi dt = 0 \end{array} \right\} \quad (1)$$

Die Gleichung (1) haben wir absichtlich in zwei Aufzeichnungen dargestellt, um die Zusammenhangslosigkeit, die bei den Projektierenden oft vorkommt, aufzuklären.

Die erste Aufzeichnung der Gleichung (a) besagt, dass wir *nur die Wasserführung des Flusses* für einen gegebenen Zeitraum (Reihe von Jahren) ausnutzen, da wir nach einer Reihe von Berechnungs-Jahren der Tätigkeit des Wasserbehälters zum Ausgangs-Raum V_0 zurückkehren. In diesem Falle wird die Wasserabgabe: $\int_0^T q dt$ dem Regime des Abflusses für die gegebene Reihe von Jahren genau entsprechen.

¹ Abbil. 1—5 sind im ukrainischen Text gegeben.

Die zweite Aufzeichnung (b) weist darauf hin, dass in diesem Falle von uns ausser der Wasserführung des Flusses für eine gegebene Reihe von Jahren, auch eine Zugabe von Wassermenge ausgenutzt wurde, die durch den Wasserbehälter akkumuliert war, ausserhalb der gegebenen Reihe von Berechnungs Jahren; in diesem Falle werden wir eine künstlich erhöhte Wasserführung des Flusses für eine gegebene Berechnungsreihe von Jahren haben, und hieraus auch eine vergrösserte Wasserabgabe, die nicht dem Abfluss-Regime besagter Reihe von Jahren entspricht.

Für die zweite Voraussetzung, wenn der Wasserbehälter mit Null-Rauminhalt in Tätigkeit tritt, schreiben wir die Gleichung seiner Leistung folgendermassen auf:

$$\left. \begin{aligned} \text{a) } \int_0^T Q dt - \int_0^T q dt - \int_0^T \Pi dt &= 0; \\ \text{b) } \int_0^T Q dt - \int_0^T q dt - \int_0^T \Pi dt &= V_0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Die Gleichung (2) in der ersten Aufzeichnung (a) besagt, dass wir die Wasserführung des Flusses, für die gegebene Reihe von Jahren vollständig ausnutzen; in der Aufzeichnung (b) bezeigt die Gleichung, dass wir diese Wasserführung des Flusses nicht vollständig ausnutzen, wodurch wir die Grösse der normalen Wasserabgabe verringern.

Daraus geht hervor, dass sich zur normalen Wasserabgabe, die mit dem Regime des Abflusses für eine gegebene Reihe von Jahren übereinstimmt, die Leistung des Wasserbehälters in ein und derselben Gleichung ausdrücken wird:

$$\int_0^T Q dt - \int_0^T q dt - \int_0^T \Pi dt = 0 \quad (3)$$

gleichzeitig, ob der Wasserbehälter mit einigem Anfangs-Rauminhalt in Tätigkeit tritt V_0 oder er beginnt seine Tätigkeit mit dem Null-Rauminhalt.

§ 2. In der Praktik wollen wir, für gewöhnlich, mit den End-Grössen der Zeitzunahme operieren, und deshalb schreiben wir die Gleichung (3) der Leistung des Wasserbehälters für die in der Praktik gebräuchliche Form:

$$\sum_0^T Q \cdot \Delta t - \sum_0^T q \cdot \Delta t - \sum_0^T \Pi \cdot \Delta t = 0 \quad (3')$$

Versuchen wir die Frage über die mögliche Grösse-Berechnung jeder der zu addierenden Zahlen der Gleichung (3') zu lösen:

Die erste zu addierende Zahl: $\sum Q \cdot \Delta t$, bei Vorhandensein der Beobachtungsangaben, wollen wir uns bemühen weiterhin die Art der Ausrechnung nur auf Basis der klimatischen Faktoren anzugeben.

Die zweite zu addierende Zahl: $\sum q \Delta t$, ist eng mit der dritten zu addierenden Zahl verbunden: $\sum \Pi \cdot \Delta t$, und daher wollen wir uns bemühen zuerst die Eigenart der dritten zu addierenden Zahl festzustellen. Diese letzte zu addierende Zahl wird aus zwei Grössen zusammengestellt: der ersten — Verluste durch Infiltration im Bette des Wasserbehälters und des Dammes, der zweiten — Wasserverlust durch die Verdunstung der Oberfläche des Wasserspiegels.

Die Frage betreff des Quantum dieser Verluste im einzelnen ist bisher sehr schwach bearbeitet worden; noch weniger ist sie begründet durch die unmittelbaren Beobachtungsdaten für die existierenden Wasserbehälter. Wenn wir zur Feststellung der Verdunstungs-Verluste mit mehr oder weniger Genauigkeitswahrscheinlichkeit die von den Hydrologen und Geophysikern vorgeschlagenen Abhängigkeiten benutzen können, so haben wir doch keine diesbezügliche Bearbeitung über Infiltrationsverluste.

Eine Ausnahme hiervon bilden nur einige Angaben in der betreffenden Literatur in Form von sporadischen Beobachtungen, die jedoch keine relativ gute und vollständige Charakteristik über den Grund des Wasserbehälterbettes geben.

Deshalb sind wir genötigt die Infiltrationsverluste bedingungsweise festzustellen, obwohl deswegen ein Teil der Genauigkeit und des Wertes unserer weiteren Analyse verloren geht.

Nehmen wir die Infiltrationsverluste durch die gegebene Elementarfläche (Abb. 2), und lassen wir die Infiltrationsgrösse durch die Fläche mit Abhängigkeit ausdrücken:

$$\Delta\Phi = \beta H^m \Delta\omega$$

Es ist klar, dass wir bei Ausbreitung dieser Abhängigkeit auf die ganze Spiegelfläche des Wasserbehälters eine Verlustgrösse von Infiltration erzielen werden, die gleich ist:

$$\Phi = \sum^{\omega} \beta H^m \Delta\omega$$

oder, indem wir das Mass der Elementarfläche bis zu eine endlos-kleinen Grösse verringern, können wir angeben:

$$\Phi = \iint \beta H^m db dl \quad (\text{Zeichn. 2}).$$

Praktisch wird für gewöhnlich die Grösse des Gradanzeigers angenommen: ² $m=1$; dabei nehmen wir an, dass die möglichen Abweichungen von der Wirklichkeit durch den Koeffizienten $-\beta$ berücksichtigt werden.

Der Koeffizient β muss offenbar eine Zeitdimensionierung haben, und daher ändert sich die Grösse dieses Koeffizienten, ausser der Abhängigkeit vom geologischen Bau des Wasserbettes, abhängig von der angenommenen Einheit der Zeitmessung.

Diese Annahme erlaubt uns die Verlustgrösse durch die Infiltration sehr einfach, so darzustellen:

$$\Phi = \beta \int_b \int_t H db dl = \beta V \quad (4)$$

wo:

V — der Rauminhalt des Wasserbehälters ist.

Auf Grund dieser Vereinfachung können wir für eine beliebige Füllung des Wasserbehälters und einen beliebigen Zeitabschnitt Δt die Verlust-Grösse der Infiltration durch das Wasserbehälterbett berechnen, indem wir aus den Angaben der praktisch tätigen Wasserbehälter in den gewissen geologischen Verhältnissen des Bettes letzterer die Grösse des Koeffizienten β feststellen.

Die Verlustgrösse der Verdunstung von der Spiegeloberfläche des Wasserbehälters für den gegebenen Zeitabschnitt wollen wir als gleich halten:

$$E = z \cdot \omega \quad (5)$$

wo:

ω — die Fläche des Wasserbehälterspiegels im gegebenen Zeitabschnitt ist, und

z — die Höhe der Wasserverdunstungsschicht von der Spiegeloberfläche des gegebenen Zeitabschnittes.

¹ In wie weit diese Annahme der Wirklichkeit nahe kommt, ist schwer zu beurteilen da genaue Angaben fast gar nicht vorhanden sind, wenn man die Versuche der amerikanischen Irrigations-Ingenieure Etcheverry und Davis nicht mitrechnet, die funktionale Abhängigkeit des Wasserverlustes in den Bewässerungskanälen von der Tiefe des Wassers in denselben feststellen.

Schreiben wir die Gleichung der Arbeit des Wasserbehälters in beliebigem Zeitintervall, aus folgenden Berechnungen ausgehend: soll der Wasserbehälter im gegebenen Zeitabschnitt mit einigem Anfangs-Rauminhalt— V_0 in Tätigkeit treten; für genommenen berechnenden Zeitabschnitt Δt , nimmt der Wasserbehälter den Zufluss Q_1 an und verbraucht:

1. für nützliche Abgabe — q_1 ;
2. „ Verdunstung: $E_1 = \frac{\omega_0 + \omega_1}{2} \cdot z_1$;
3. „ Filtration:

$$\Phi_1 = \beta \frac{V_0 + Q_1 - q_1 - E_1 + V_0}{2} = \beta \left(V_0 + \frac{Q_1}{2} - \frac{q_1}{2} - \frac{E_1}{2} \right);$$

Fölglich muss, nach Ablauf gegebenen Zeitabschnittes Δt_1 im Wasserbehälter der Rauminhalt des Wassers gleich bleiben:

$$\begin{aligned} V_1 &= V_0 + Q_1 - q_1 - \beta \left(V_0 + \frac{Q_1}{2} - \frac{q_1}{2} - \frac{E_1}{2} \right) - E_1 = \\ &= (1 - \beta) V_0 + \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) Q_1 - \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) q_1 - \frac{2 - \beta}{4} (\omega_0 + \omega_1) z_1; \end{aligned}$$

Für den zweiten Zeitabschnitt werden wir, wie ersichtlich, folgendes haben:

$$V_2 = (1 - \beta) V_1 + \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) Q_2 - \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) q_2 - \frac{2 - \beta}{4} (\omega_1 + \omega_2) z_2;$$

Oder bei Umstellung der Bedeutung V_1 aus der Gleichung der Wasserbehälterarbeit im ersten Zeitabschnitte bekommen wir:

$$\begin{aligned} V_2 &= (1 - \beta) \left[(1 - \beta) V_0 + \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) Q_1 - \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) q_1 - \frac{2 - \beta}{4} (\omega_0 + \omega_1) z_1 \right] + \\ &+ \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) Q_2 - \left(\frac{2 - \beta}{2} \right) q_2 - \frac{2 - \beta}{4} (\omega_1 + \omega_2) z_2; \end{aligned}$$

Bei Herbeiführung von ähnlichen Gliedern schreiben wir es folgendermassen um.

$$\begin{aligned} V_2 &= (1 - \beta)^2 V_0 + \frac{2 - \beta}{2} [(1 - \beta) Q_1 + Q_2] - \frac{2 - \beta}{2} [(1 - \beta) q_1 + q_2] - \\ &- \frac{2 - \beta}{4} [(1 - \beta) (\omega_0 + \omega_1) z_1 + (\omega_1 + \omega_2) z_2] \end{aligned}$$

Aus der letzten Gleichung ist das Gesetz der Aufstellung der Wasserbehältersarbeit klar zu ersehen für jeden darauffolgenden Zeitabschnitt; schreiben wir die Gleichung der Arbeit des Wasserbehälters für den n -ten Zeitabschnitt auf:

$$\begin{aligned} V_n &= (1 - \beta)^n V_0 + \frac{2 - \beta}{2} [(1 - \beta)^{n-1} Q_1 + (1 - \beta)^{n-2} Q_2 + \dots + (1 - \beta) Q_{n-1} + Q_n] - \\ &- \frac{2 - \beta}{2} [(1 - \beta)^{n-1} q_1 + (1 - \beta)^{n-2} q_2 + \dots + (1 - \beta) q_{n-1} + q_n] - \\ &- \frac{2 - \beta}{4} [(1 - \beta)^{n-1} (\omega_0 + \omega_1) z_1 + (1 - \beta)^{n-2} (\omega_1 + \omega_2) z_2 + \dots + \\ &+ (1 - \beta) (\omega_{n-2} + \omega_{n-1}) z_{n-1} + (\omega_{n-1} + \omega_n) z_n] \end{aligned} \quad (6)$$

oder abgekürzt:

$$V_n = (1-\beta)^n V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{4} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \quad (6')$$

Manchmal ist es bei Berechnungen bequemer sich solch einer Form von Gleichung zu bedienen:

$$V_n = (1-\beta)^n V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} \cdot (Q_i - q_i) - \frac{2-\beta}{4} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} \cdot (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \quad (6'')$$

In dem Falle, wenn der Wasserverbrauch in jedem berechneten Zeitabschnitte unverändert bleibt, d. h: $q_i = \text{Const}$,

Summe:

$$\sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} \cdot q_i$$

erhält man einen ziemlich einfachen Ausdruck:

$$\sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} \cdot q_i = q \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} = q \frac{1 - (1-\beta)^n}{\beta};$$

und die Gleichung (6') wird derart umgeschrieben:

$$V_n = (1-\beta)^n V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} \cdot Q_i = \frac{2-\beta}{2} \left[\frac{1 - (1-\beta)^n}{\beta} \right] q - \frac{2-\beta}{4} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} \cdot (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \quad (6''')$$

§ 3. Die Gleichung (6) in ihren verschiedenen Aufzeichnungen weist auf folgenden Umstand hin: in je grössere Anzahl von Zeitabschnitten das zu berechnende Jahr zerteilt ist, um so kleinere Zahlenbedeutung werden die Grössen haben: des Zuflusses, Verbrauches und Verlustes, dem ersten Zeitabschnitt entsprechend, in der Gemeinsumme, da:

$$(1-\beta) < 1$$

Folglich, wenn wir die Grösse zulässlicher Unterlassungen oder, was das Gleiche ist, die Genauigkeit der Berechnungen vorgeben, können wir die von berechnenden Zeitabschnitten rationelle Anzahl entsprechend der gegebenen Genauigkeit der Berechnungen und der vorhandenen Charakteristik des Wasserbehälterbettes feststellen, welche sich in der Grösse des Koeffizienten β ausdrückt. Der letzte Umstand erscheint als sehr wichtig zur Feststellung der Dauerhaftigkeit einer berechnenden Periode von Jahren, im Falle

vielfähriger Regulierung des Wasserverbrauches. Und wirklich, nehmen wir an, dass die Jahresperiode der Zeit in n Abschnitte eingeteilt ist; dann können wir für das N -te Tätigkeitsjahr des Wasserbehälters eine Gleichung der Leistung niederschreiben wie folgt:

$$V_{nN} = (1 - \beta)^{nN} \cdot V_0 + \frac{2 - \beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} (1 - \beta)^{nN-i} Q_i - \frac{2 - \beta}{2} \sum_{i=1}^{i=nN} (1 - \beta)^{nN-i} \cdot q_i - \frac{2 - \beta}{4} \sum_{i=1}^{i=nN} (1 - \beta)^{nN-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \quad (7)$$

weiter bemerkend, dass die Grösse

$$(1 - \beta)^{nN}$$

eine abnehmende Reihe ergibt bei zunehmender Grösse des Gradanzeigers — nN , können wir, offenbar, das Kriterium für jegliche im voraus gegebene Genauigkeit der Berechnung in folgender Gleichung aufschreiben:

$$(1 - \beta)^{nN} = \delta \quad (8)$$

wo:

δ — der gegebene oder festgestellte Prozent zulässlicher Abweichungen, welche, seiner Natur nach, von Erforschungsgrade des betreffenden Wasserlaufes von geologischen Bedingungen u. s. w. abhängt.

Die Gleichung (8) erlaubt uns für die verlangte Genauigkeit der Abrechnungen und der festgestellten Bedeutung des Koeffizienten β die nötige Zahl der Berechnungsjahre zu erhalten:

$$N = \frac{\lg \delta}{n \lg (1 - \beta)} \quad (9)$$

Als Illustration führen wir die Tabelle der nötigen Anzahl von Berechnungsjahren für verschiedene Bedeutungen der Grösse des Koeffizienten β an und im voraus gegebener Genauigkeit der Abrechnungen δ bei der Anzahl der Jahresabschnitte $n=12$:

Tabelle 1

Monatliche Grösse des Koeffiz. β	gegebene Genauigkeit der Berechnungen		
	$\delta=5\%$	$\delta=8\%$	$\delta=10\%$
0,005	50 Jahre	42	38
0,010	25 "	21	19
0,015	16 "	14	13
0,020	13 "	11	10
0,025	10 "	8	7,5
0,030	8 "	7	6
0,035	7 "	6	5
0,040	6 "	5	5

Aus der Gleichung (9) und der Tabelle 1 folgt, dass für Wasserbehälter, welche auf schwachem *wasserdurchlässigem* Boden projiziert sind, die

Umfassung einer langen Periode von Berechnungsjahren nicht bedingt ist, da aus dieser Reihe von Jahren die ersten keinen merklichen Eindruck auf die Grösse der Wasserabgabe des Wasserbehälters ausüben; im Gegenteil, bei *wasserundurchlässigen* Bodenschichten müssen wir bestrebt sein eine Umfassung von einer möglichst langen Reihe von Jahren zu erhalten; oder kürzer: *je wasserwiderstandsfähiger der Boden ist, aus welchem das Wasserbehälterbett besteht, desto zulässiger ist die andauernde Regulierung des Wasserverbrauches, und im Gegenteil, je wasserdurchlässiger dieses Bett—auf desto kürzere Reihe von Jahren können wir die Regulierung des Wasserverbrauches ausbreiten.*

Darauf folgt, dass die Charakteristik der Arbeit des Wasserbehälters durch vieljährigen Durchschnitts-Abfluss nur für Wasserbehälter, welche für günstige geologische Bedingungen projektiert sind, möglich ist; für Wasserbehälter, jedoch, welche auf schwachem wasserdurchlässigen Boden projektiert sind, wird diese Charakteristik falsch sein, und eine unrichtige Vorstellung von der Grösse der Wasserabgabe geben. Für diesen letzten Fall ist die Feststellung der Wasserabgabe nur nach einer Reihe von Jahresvereinigungen, die, nach dem Abflussregime, als unvorteilhafteste gelten, möglich.

§ 4. Die Gleichung der Wasserbehälterarbeit (7) in der Form, wie sie geschrieben ist, stellt technische Schwierigkeiten bei den Berechnungen dar und erlaubt nicht, was von Wichtigkeit ist, sofort die Grösse der möglichen Wasserabgabe für die gegebene Reihe von Jahren festzustellen.

Die Lösung der Aufgabe muss in diesem Falle nur tastend vorgehen, mittelst einer Reihe von Annäherungen.

Versuchen wir die Gleichung (7) zu vereinfachen und sie so darzustellen, dass uns erlaubt wird die Frage von der möglichen Grösse der Wasserabgabe, direkt, ohne Tasten zu lösen, jedoch mit der zulässigen Abweichungsgrösse. Solch eine Vereinfachung der Berechnungen auf Kosten der Genauigkeit zu machen, sind wir im Recht, da unsere Kenntnisse über den Charakter und Grösse einzelner Verluste (der Filtration und Verdunstung des Wasserbehälterspiegels) so unvollständig sind, und wir über so geringe Angaben der unmittelbaren Beobachtungen verfügen, dass unsere Zulassungen, die wir genötigt sind anzunehmen, vollständig, ihrer Genauigkeit nach, mit unserem Wissen des Stromregimes und der Verluste übereinstimmen.

Die Zulassung, die wir genötigt sind zu machen, wird betreffen:

a) Mittelangabe der Grösse:

$$\frac{\omega_{n-(i+1)} + \omega_{n-i}}{2} = \Omega = \text{const}$$

b) Mittelangabe der Grösse des Wasserverbrauches:

$$q = \text{const}$$

Dann können wir, auf Grund der angenommenen Zulassung, die Gleichung (7) dergestalt niederschreiben:

$$V_{nN} = (1 - \beta)^{nN} \cdot V_0 + \frac{2 - \beta}{2} \sum_{i=1}^{i=nN} (1 - \beta)^{nN-i} \cdot Q_i - \frac{2 - \beta}{2} q \sum_{i=1}^{i=nN} (1 - \beta)^{nN-i} - \frac{2 - \beta}{2} \sum_{j=1}^{j=N} \Omega_j \left[\sum_{i=1}^{i=n} (1 - \beta)^{n-i} \cdot z_i \right] \quad (7')$$

Hierauf erhalten wir:

$$q \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} = [(1-\beta)^{nN} V_0 - V_{nN}] \frac{2}{2-\beta} + \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} \cdot Q_i - \sum_{j=1}^{j=N} \Omega_j \left[\sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} \cdot z_i \right] \quad (7'')$$

Wie oben von uns festgestellt ist, muss die *Normal-Grösse* der Wasserabgabe mit dem *geschlossenen Zyklus* der Wasserbehälterarbeit übereinstimmen, d. h., für die gegebene Reihe von Berechnungsjahren, müssen wir zur Grösse des Rest-Rauminhaltes des Wasserbehälters V_{nN} kommen, der dem Anfangs-Rauminhalt gleich ist:

$$V_{nN} = V_0;$$

dann, bemerkend dass:

$$\sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} = N \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} = N \frac{1 - (1-\beta)^n}{\beta},$$

schreiben wir die Gleichung (7'') derartig um:

$$qN \frac{1 - (1-\beta)^n}{\beta} = [(1-\beta)^{nN} - 1] \frac{2 V_0}{2-\beta} + \sum_{i=1}^{i=nN} (1-\beta)^{nN-i} Q_i - \sum_{j=1}^{j=N} \Omega_j \left[\sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} \cdot z_i \right] \quad (8)$$

woraus die Grösse der Jahres-Wasserabgabe gleich sein wird:

$$q \cdot n = [(1-\beta)^{nN} - 1] \frac{2 n \beta V_0}{N(2-\beta)[1 - (1-\beta)^n]} + \frac{n \beta}{N[1 - (1-\beta)^n]} \sum_{i=1}^{i=nN} Q_i (1-\beta)^{nN-i} - \frac{n \beta}{N[1 - (1-\beta)^n]} \sum_{j=1}^{j=N} \Omega_j \left[\sum_{i=1}^{i=n} z_i (1-\beta)^{n-i} \right] \quad (9)$$

oder:

$$q \cdot n = [(1-\beta)^{nN} - 1] \frac{2 n \beta V_0}{N(2-\beta)[1 - (1-\beta)^n]} + \frac{n \beta}{N[1 - (1-\beta)^n]} \sum_{j=1}^{j=N} \left[\sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1-\beta)^{n-i} \right] - \frac{n \beta}{N[1 - (1-\beta)^n]} \sum_{j=1}^{j=N} \Omega_j \left[\sum_{i=1}^{i=n} z_i (1-\beta)^{n-i} \right] \quad (9')$$

Die Grösse der Spiegelfläche Ω_j , nach den Berechnungen des Autors ist, in den erlaubten Grenzen der Genauigkeit bleibend (Grösseabweichung von der eigentlichen Grösse), der Spiegelfläche des Wasserbehälters für jeden

Jahresabschnitt mit dem meist grossen Zufluss (d. h. ω_{\max} für jedes Jahr) gleich.

§ 5. Die erhaltenen Gleichungen (9) und (9') sind auf dem Prinzip der vollen Akkumulierung des Abflusses, richtiger der vollen Ausnutzung seiner Wasserführung des Flusses im gegebenen Punkte, für die gegebene Reihe von Berechnungsjahren, aufgebaut.

Daraus geht hervor, dass wir zur Aufrechterhaltung dieses Prinzips einen Wasserbehälter von solchem Rauminhalt projektieren müssen, welcher uns ermöglicht sämtliches Wasser in einem Abschnitt mit grösstem Zufluss in betreffender Reihe von Jahren zurückzuhalten.

Wenn wir die, durch uns erhaltenen Formeln aufmerksam betrachten, so ist ersichtlich, dass sie auch auf betreffende Frage Antwort geben können.

Und wirklich, nach Feststellung der Grösse der Wasserabgabe— q, n , können wir für jedes Jahr aus der Reihe von Berechnungsjahren den Rest Rauminhalt berechnen; über diese Daten verfügend, kann man verhältnismässig leicht und einfach die Grösse des verlangten Projekt-Rauminhaltes des Wasserbehälters berechnen (nützlicher Inhalt). Dann wählen wir das Jahr j mit der grössten Bedeutung der Summe: Anfangs-Rauminhalts— $V_{n,j}$, und des Zuflusses im Zeitabschnitt (k) mit dem grössten Zufluss fürs gegebene Jahr. Dann wird die nützliche Umfangsgrösse des Wasserbehälters gleich sein:

$$\begin{aligned}
 V_{II} = & (1 - \beta)^k V_{n,j} + \frac{2 - \beta}{2} [(1 - \beta)^{k-1} \cdot Q_1 + (1 - \beta)^{k-2} \cdot Q_2 + \dots + Q_{k(\max)}] - \\
 & - \frac{2 - \beta}{2} [(1 - \beta)^{k-1} \cdot q_1 + (1 - \beta)^{k-2} \cdot q_2 + \dots + q_k] - \\
 & - \frac{2 - \beta}{4} [(1 - \beta)^{k-1} (\omega_{n,j} + \omega_1) z_1 + \dots + (\omega_{k-1} + \omega_k) z_k] \quad (10)
 \end{aligned}$$

Es kann jedoch vorkommen, nach weiteren Berechnungen, von uns festgestellt, dass die erhaltene Grösse des nützlichen Wasserbehälter-Rauminhalts mit Aufstellen auf die grösste, in betreffender Jahresreihe, Summe: $V_{n,j} + Q_{(\max),j}$, wo: $Q_{(\max),j}$ —Zufluss im Abschnitt mit intensivstem Wassereintritt in den Behälter im Jahre j , nicht effektiv genug ausgenutzt wird, d. h. der nützliche Rauminhalt wird in der berechneten Jahresreihe selten gefüllt, und dass sich der Wert des vom Wasserbehälter abgegebenen Wassers erhöht, infolgedessen, bedeutender wird. Dann muss man eine ökonomisch zweckmässige Grösse des Rauminhaltes finden, sich von der vollen Ausnutzung der Wasserführung der betreffenden Jahresreihe, absagend.

Zuletzt, können in der Praktik auch solche Fälle vorkommen, wo der Wasserwert aus den projektierten Wasserbehälter der niedrigste ist, im Vergleich zum Wasserwert aus den anderen möglichen Versorgungsquellen, doch die Aufstellung auf das vollkommene Abfangen des Flussabflusses kann ungünstige Resultate ergeben, im Sinne der Erhaltung von einer Effektivgrösse der Wasserabgabe. Das kann geschehen, wenn mit Zunahme von Rauminhalt des Behälters die Spiegelfläche besonders stark zunimmt.

Es ist ersichtlich, dass in diesem Falle zum Kriterium der effektiven Ausnutzung des Oberflächenreliefs und des Stromlaufsregimes uns die Ungleichung:

$$\left| \sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1 - \beta)^{n-i} \right|_{\min} \geq \sum_{i=1}^{i=n} (1 - \beta)^{n-i} \cdot (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i$$

dienen wird, d. h. die Grösse des minimalen Jahres-Zuflusses darf nicht

geringer, als die Grösse der Verluste auf Verdunstung von der Spiegelfläche für dasselbe Jahr sein.

Wasserbehälter-Akkumulatoren, die nicht das ganze Jahr für die Wasserabgabe tätig sind, sondern nur in einer gewissen Jahressaison, wie z. B. Behälter, die zur Bewässerung dienen, können wir aus den früher erzielten Gleichungen der Wasserbehälterleistung erhalten. Möge der periodisch arbeitende Wasserbehälter für die Wasserabgabe in Jahresabschnitt in Tätigkeit treten und seine Funktion in Zeitabschnitt k einstellen; das bedeutet, dass in den Jahresabschnitten: $1-j$ und $k-n$, die Wasserabgabe gleich Null ist:

$$q \begin{cases} 1-j \\ k-n \end{cases} = 0;$$

dann kann man die Gleichung (6') so umschreiben:

$$V_n = (1-\beta)^n V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=j}^{i=k} q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{2} \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \quad (11)$$

Für die Reihe von Berechnungsjahren N schreiben wir:

$$V_{nN} = (1-\beta)^{nN} V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_1^N \sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{2} \sum_1^N \sum_{i=1}^{i=n} q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{4} \sum_1^N \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \quad (12)$$

Nehmen wir an, dass der Wasserverbrauch für gegebene Reihe von Abschnitten $j...k$ als gleichmässig, d. h. $q = \text{const}$, festgestellt ist, dann werden wir

$$\sum_{i=j}^{i=k} (1-\beta)^{n-i} \cdot q_i = q \sum_{i=j}^{i=k} (1-\beta)^{n-i} = q \frac{(1-\beta)^{n-j} - (1-\beta)^{n+1-k}}{\beta} \text{ haben.}$$

Wenn wir eine vieljährige Regulierung zulassen, so haben wir in Anbetracht eines geschlossenen Zyklus der Wasserbehälterarbeit: $V_{nN} = V_0$ und bei Aufrechthaltung der Bedingung für gegebenen Jahreszyklus: $q = \text{const}$, eine folgende Gleichung:

$$V_0 = (1-\beta)^{nN} V_0 + \frac{2-\beta}{2} \sum_1^N \sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1-\beta)^{n-i} - \frac{2-\beta}{2} q N \frac{(1-\beta)^{n-j} - (1-\beta)^{n+1-k}}{\beta} - \frac{2-\beta}{4} \sum_1^N \sum_{i=1}^{i=n} (1-\beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i;$$

oder über q lösend, erhalten wir:

$$q = [(1 - \beta)^{nN} - 1] \frac{2\beta V_0}{N(2 - \beta) [(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}]} +$$

$$+ \frac{\beta}{N [(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}]} \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^{i=n} (1 - \beta)^{n-i} Q_i -$$

$$- \frac{\beta}{2N [(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}]} \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^{i=n} (1 - \beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i$$

Für die volle Jahreswasserabgabe, bei der Anzahl von Arbeitsabschnitten im Jahr: $k - j = m$, erhalten wir:

$$q \cdot m = [(1 - \beta)^{nN} - 1] \frac{2\beta \cdot m V_0}{N(2 - \beta) [(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}]} + \quad (13)$$

$$+ \frac{\beta \cdot m}{N [(1 - \beta)^{n-j} - (1 - \beta)^{n+1-k}]} \sum_{i=1}^N \left[\sum_{i=1}^{i=n} Q_i (1 - \beta)^{n-i} - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} (1 - \beta)^{n-i} (\omega_{i-1} + \omega_i) z_i \right]$$

§ 7. Wir bemerkten oben, dass man sich auf die Grösse des vieljährigen mittleren Abflusses zur Feststellung der Grösse der Wasserabgabe, ohne grobe Berechnungsfehler zu machen, nicht immer verlassen kann; die Aufgabe ist demnach vollkommen berechtigt die Grösse des Jahresabflusses für jedes Jahr im einzelnen festzustellen, im Falle Nichtvorhandenseins von hydrometrischen Daten unmittelbarer Beobachtungen, — nur auf Basis der klimatischen Daten.

Schon früher (im J. 1927) wurde vom Autor dieser Abhandlung eine Analyse der Abhängigkeiten der Jahres-Abflussgrössen von den klimatischen Faktoren gemacht.¹

Diese Abhängigkeit hat der Autor in folgenden Formeln ausgedrückt:

oder:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= x \left(\frac{1}{10} \right)^{\frac{a \pm b t_6}{c + x_6}}, \\ y_2 &= x \left(\frac{c + x_6}{a \pm b t_6} \right). \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Für die Bedingungen der Ukraine sind die Zahlengrössen der Parametern so festgestellt:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= x \left(\frac{1}{10} \right)^{\frac{304 \pm 20 t_6}{160 + x_6}}, \\ y_2 &= x \left(\frac{55 + x_6}{1869 \pm 300 t_6} \right) \end{aligned} \right\} \quad (14')$$

¹ J. T. Nenjko: Die Hauptfaktore der Flussabflusses, Nachrichten des Wissenschaftl. Forschungs-Institutes der Wasserwirtschaft der Ukraine, 1927 — 1928, Band II. Dieselbe Abhängigkeit der Wasserabflüsse des Stromes Dnjepr von den klimatischen Elementen in dessen Flussgebiet — dem Niederschlag und der Temperatur ist von Prof. Dr. E. O p p o k o w noch im Jahre 1923 (Informat. Bull. des Ukrmets, Bd. III. 1924) und später von Ing. A. O g i e w s k y und Ing. W. N a s a r o f f für denselben Strom, und von Ing. W. N a s a r o f f für den Südlichen Bug angegeben.

Redaktion.

wo:

x — Summe der Niederschläge des hydrologischen Jahres (1/X—bis 30/IX);

y — Abfluss in Millimetern desselben Jahres,

x_6 — Summe der Niederschläge des Winterhalbjahres (Oktober—März);

t_6 — Mitteltemperatur in Celsius desselben Halbjahres (Oktober—März) ist.

Die Grenzen zur Annahme der Formeln mit den Zahlenbedeutungen von Parametern der Gleichungen (14') werden durch Temperatur-Faktore festgestellt:

für die erste Formel: bis $t_6 = -12^\circ\text{C}$

für die zweite — bis $t_6 = -3^\circ\text{C}$

In Erwägung ziehend, dass die Ungleichmässigkeit der Abflusseinteilung im Laufe des Jahres existiert und dass diese Ungleichmässigkeit von Jahr zu Jahr modifiziert wird, hat der Autor dieser Abhandlung in einer seiner früheren Arbeiten¹ versucht die Gesetzmässigkeit dieser Modifikation der Abflusseinteilung im berechneten Jahre, auf Grund der klimatischen Daten, einstweilig nur für zwei Perioden festzustellen: für den Frühlings-Abfluss und den der übrigen Jahreszeit.

Der Versuch des Autors betraf die Feststellung der *bezüglichen Grösse* des Frühlings-Abflusses für jedes *einzelne Jahr* auf Grund der Daten von meteorologischen Betrachtungen:

$$K = \frac{y_6}{y_0},$$

wo:

K — die Grösse des bezüglichen Frühlings-Abflusses,

y_6 — Abfluss des Frühlingshochwassers (Überschwemmung),

y_0 — Jahresabfluss ist.

Es erwies sich, dass die Grösse des bezüglichen Abflusses K von den klimatischen Faktoren abhängt und sich in folgender einfachen Formel ausdrückt:

$$K = m [x_6 - (\pm pt_6) - q] \quad (15)$$

wo:

x_6 — Summe der Niederschläge des Winter-Halbjahres (Oktober-März)

t_6 — Mitteltemperatur desselben Halbjahres ist.

Die Parameter der Formel (15) sind für Ukrainische Flüsse so dargestellt:

$$K = 0,25 [x_6 - (\pm 30 t_6) - 20], \text{ in Prozenten} \quad (15')$$

Uns der Abhängigkeit (15) bedienend, können wir, demgemäss, den Jahresabfluss in zwei Perioden teilen: 1) Frühlings-Abfluss und 2) Rest-Abfluss.

Da die Wasserbehälter selten mit ihrer Wasserfläche von über 2000 quad. Kilometer projektiert werden, so haben wir die Möglichkeit vorzusetzen, dass der Frühlingsabfluss gänzlich in einem berechneten Zeitabschnitt aufgeht, wenn wir für den berechneten Abschnitt einen Monat annehmen. In die Restabschnitte des Jahres können wir, ohne besondere Fehler für unsere weiteren Berechnungen, den Restabfluss, gleichmässig verteilt, aufnehmen, d. h.

$$y_{12-1} = \frac{y_0 - y_6}{11}$$

¹ J. T. Nenjko, Bezügliche Grösse des Frühlings-Hochwassers; Wissenschaftlich Technischer Bote („Науково-Технічний Вісник“) № 5, 1930.

Vorbestimmung der Abflusses für die Sommerhälfte des hydrologischen Jahres

§ 8. Die Möglichkeit einer Berechnung nur nach Daten meteorologischer Beobachtungen der Grösse eines relativen Frühlingsabflusses, lässt uns eine ziemlich genaue Leistung des schon in Exploitation befindlichen, Wasserbehälters feststellen, indem der, sogenannte, Vorherbestimmungsdienst organisiert wird.

Tatsächlich, beim Vorhandensein von Beobachtungen über den Zufluss zum Wasserbehälter im Laufe der Wintersaison (Oktober — März) und des Hochwassers im Frühling, bei Vorhandensein von meteorologischen Beobachtungen im gegebenen Rayon, können wir die Grösse y_0 aus diesen Beobachtungen erzielen und den relativen Frühlingsabfluss ausrechnen nach Formel (15) und aus der Gleichung:

$$k = \frac{y_0}{y_s}$$

erzielen wir:

$$y_0 = \frac{y_0}{k}$$

In 6 Wintermonaten (Oktober — März) zeigen unsere Beobachtungen die Grösse des Abflusses an, welche y_s gleicht; infolgedessen können wir von dem nachgebliebenen Sommerhalbjahr die Grösse des Abflusses erwarten, welche gleicht:

1) $y_n = \frac{y_0}{k} - (y_s + y_0)$, wenn das Hochwasser sich nach dem März eingestellt hat und:

2) $y_n = \frac{y_0}{k} - y_s$, wenn sich das Hochwasser schon im März verlaufen hat.

Die möglichen Ungenauigkeiten in Acht nehmend, die die Formel gibt, verringern wir im Interesse der Sicherheit die erzielten Ausdrücke zum Sommerabfluss durch einen Koeffizienten φ kleiner, als die Einheit:

$$1) y_n = \varphi \left(\frac{y_0}{k} - y_s - y_0 \right);$$

$$2) y_n = \varphi \left(\frac{y_0}{k} - y_s \right).$$

Die Grösse des Koeffizienten φ empfehlen wir nahe zu nehmen:

$$\varphi \cong 0,80$$

Infolgedessen, unterstützt durch die Anwesenheit des Wassers im Behälter nach Durchfluss des Frühlingswassers und durch Berechnung des erwartenden Zuflusses für die Sommermonate, können wir die Tätigkeit des Wasserbehälters betreffs Wasserabgabe im Exploitationsjahre vervollkommen.

2. Wasserbehälter Transformatoren des Abflusses

§ 1. Der Frage der Transformation der Überschwemmungswelle durch künstliche oder natürliche Wasserbehälter (Seen) als sehr wichtiges Problem für Hydrotechnik wird und wurde sehr grosse Aufmerksamkeit von Seiten der Hydrotechniker und Hydrauliker gewidmet. Wir halten es für nicht uninteressant die Frage aufs Neue zu stellen und sie, auf Grund einer mathematischen Analyse zu lösen.

Um den Charakter einer Überschwemmungswelle, als Naturerscheinung zu erklären, versuchen wir uns die Natur dieser Erscheinung und ihrer mathematische Interpretation festzustellen.

Wie bekannt, ist jede, über den Wasserstrom laufende Überschwemmungswelle, das Resultat von Regengüssen oder vom Schmelzen der Schneedecke im Flussgebiete.

Daraus ergibt sich die erste Klassifizierung der Überschwemmungswellen:

Im ersten Falle beobachtet man die Überschwemmungswelle vor dem schliessenden Querschnitt des Gebietsteiles vom Wasserlauf, welcher ununterbrochen längs der Bahn der plötzlichen Überschwemmung, letztere zu nähren fortfährt; in diesem Falle haben wir eine *in ihrem Umfang und in der Höhe ihrer Ordinate ununterbrochen wachsende Überschwemmungswelle*.

Im zweiten Falle wird die Überschwemmungswelle im Querschnitt beobachtet, der sich unterhalb der die Welle nährenden Gebietsteile des Wasserlaufes befindet, die sich oberhalb gebildete Überschwemmungswelle geht über ein Transit-Flussbett. Nennen wir an diese Welle als *Transit-Welle* zu nennen: *in ihrem ganzen Laufe vergrössert sie ihren Umfang nicht*.

Sehen wir zu, wie diese beiden Fälle mathematisch interpretiert werden können.

Die augenblickliche Wassermenge einer jeden Überschwemmungswelle ist gleichzeitig die Funktion der Zeit und ihres zurückgelegten Weges, deshalb können wir schreiben:

$$Q = F(s, t) \quad (16)$$

wo:

Q — die Grösse der augenblicklichen Wassermenge;

s — der zurückgelegte Wellenweg;

t — Zeit der Beobachtung ist.

Führen wir unsere Betrachtung der Überschwemmung zu irgend einem bestimmten Punkte, z. B. zum Kamme der Überschwemmungswelle.

Indem wir die Funktion (16) differenzieren, können wir folgendes erhalten

$$dQ = \frac{\partial F}{\partial s} ds + \frac{\partial F}{\partial t} dt \quad (17)$$

Der *erste* Fall der Überschwemmungswellen wird durch die Differenzialgrösse — dQ , verschieden von Null, charakterisiert:

$$dQ > 0;$$

Der *zweite* Fall wird, offenbar, durch die Differenzialgrösse, gleich Null, charakterisiert:

$$dQ = 0$$

Betrachten wir den *ersten* Fall:

$$dQ > 0$$

oder:

$$\frac{\partial F}{\partial s} ds + \frac{\partial F}{\partial t} dt > 0$$

Nehmen wir an, das von der Längeeinheit des ursprünglichen Flussbettes der Strömung die Überschwemmungswelle eine Ergänzungs-Nahrung bekommt, die gleich q ist; dann wird, jedenfalls, die Differenzialgrösse dQ gleich sein:

$$dQ = qds$$

und die Gleichung (17) wird so umgeschrieben:

$$qds = \frac{\partial F}{\partial s} ds + \frac{\partial F}{\partial t} dt$$

oder, da: $Q = F(s, t)$, so können wir folgendermassen schreiben:

$$q ds = \frac{\partial Q}{\partial s} dt + \frac{\partial Q}{\partial t} ds \quad (18)$$

Nach der Bedingung der Ununterbrechung haben wir:

$$\frac{\partial Q}{\partial s} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = 0 \quad (19)$$

wo:

ω — Fläche des nassen Querschnittes des Wasserlaufes ist:

Indem wir die Bedeutung der Grösse: $\frac{\partial Q}{\partial s}$ aus der Gleichung (19) in die Gleichung (18) unterstellen, erhalten wir:

$$q ds = - \frac{\partial \omega}{\partial t} ds + \frac{\partial Q}{\partial t} dt$$

oder, indem wir beide Teile der Gleichung mit dt teilen, schreiben wir:

$$q \frac{ds}{dt} = \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{\partial \omega}{\partial t} \frac{ds}{dt};$$

oder da: $\frac{ds}{dt} = V_Q$ — die Geschwindigkeit der Fortrückung der Überschwemmung (Wellenkammes) ist, können wir, demzufolge schreiben:

$$q V_Q = \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{\partial \omega}{\partial t} V_Q \quad (20)$$

Andererseits haben wir eine Abhängigkeit:

$$Q = U \cdot \omega, \quad (21)$$

wo:

U — die Mittelgeschwindigkeit des Querschnittes des Wasserlaufes im gegebenen Zeitmoment ist.

Die Gleichung differenzierend, erhalten wir:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\partial U}{\partial t} \omega + \frac{\partial \omega}{\partial t} U;$$

Bei Unterstellung dieser Bedeutung $\frac{\partial Q}{\partial t}$ in die Gleichung (20) erhalten wir:

$$q V_Q = \frac{\partial U}{\partial t} \omega + \frac{\partial \omega}{\partial t} U - \frac{\partial \omega}{\partial t} V_Q;$$

beim Lösen betreffs V_Q , erhalten wir:

$$V_Q = \frac{U \cdot \frac{\partial \omega}{\partial t} + \omega \frac{\partial U}{\partial t}}{\frac{\partial \omega}{\partial t} + q} \quad (22)$$

Für den zweiten Fall, den Fall des Transit-Flussbettes werden wir das

Anwachsen von Wassermenge auf den Wellen, gleich Null, haben: $dQ=0$; dann wird die Gleichung (17) so sein:

$$\frac{\partial F}{\partial s} ds + \frac{\partial F}{\partial t} dt = 0,$$

oder:

$$\frac{\partial Q}{\partial s} ds + \frac{\partial Q}{\partial t} dt = 0 \quad (23)$$

Bemerkend, dass die Gleichung (23) die Gleichung (22) befriedigen muss bei der Bedingung: $q=0$, schreiben wir:

$$V_Q = U + \omega \frac{\frac{\partial U}{\partial t}}{\frac{\partial \omega}{\partial t}} \quad * \quad (24)$$

Wenn wir die Gleichung (22) u. (24) nebeneinanderstellen, ersehen wir, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Überschwemmung in ersten Falle geringer ist, als im zweiten Falle. Daraus schliessen wir: für das *nicht-transite* Flussbett bei geringer Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Überschwemmungsscheitel werden wir *eine ununterbrochene Ergänzungs-Nahrung der Überschwemmungswelle* haben und infolgedessen, eine *ununterbrochene Zunahme ihrer Höhe-Ordinaten* (Zunahme des Überschwemmungswellen-Umfanges bei Verringerung ihrer Zerfliessung). Aus der Gleichung (22) folgt, dass, *je intensiver der Zufluss* (je mehr q), desto geringer die Zerfliessung der Überschwemmung und *desto intensiver werden die Höheordinaten der Überschwemmungswelle wachsen*.

Für das *Transit-Flussbett* werden wir die *ununterbrochene Zerfliessung der Überschwemmungswelle haben, bei demselben Umfange*; daraus folgt, dass die Höheordinaten der Transit-Überschwemmungswelle sich ununterbrochen längs ihrer Laufbahn verringern müssen.

Die hier angeführte kurze matematische Analyse erlaubt uns folgende einfache, aber höchst wichtige Regeln festzustellen:

1) Weil, gewöhnlich, durch Platzregen oder intensives Regnen gleichzeitig verhältnismässig nicht grosse Flächen des Gebietes umfasst werden, so,

* Für den besonderen Fall eines breiten, gradwinkligen prismatischen Flussbettes, für den wir niederlegen können:

$$U = C\sqrt{Hi},$$

können wir die Grösse der Geschwindigkeit V_Q berechnen; wirklich, indem wir die Gleichungen differenzieren:

$U = C\sqrt{Hi}$ und $\omega = bH$, erhalten wir:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{C\sqrt{i}}{2\sqrt{H}} \frac{dH}{dt}; \quad \frac{d\omega}{dt} = b \frac{dH}{dt};$$

annehmend, dass: $C\sqrt{i} \cong \text{const}$, schreiben wir:

$$\omega \frac{\frac{du}{dt}}{\frac{d\omega}{dt}} = \frac{C\sqrt{i}\sqrt{H}}{2} = \frac{U}{-};$$

woraus die Geschwindigkeitsgrösse der Überschwemmungs-Fortpflanzung:

$$V_Q = U + \frac{U}{2} = \frac{3}{2} U$$

gleich ist.

offenbar, ist für kleinere Gebiete eine intensivere Überschwemmungswelle durch Regenabfluss zu erwarten, weil bei Regengüssen der Zufluss zum Haupt-Flussbett ein intensiverer ist; wobei das Kriterium zur Feststellung der Grenzgrösse dieser Fläche die Grösse der Grenzfläche des Platzregen-umfanges sein wird. Infolgedessen wird die berechnete Überschwemmungswelle für solche Flächen, die sich durch Regengüsse gebildet, Welle sein.

Im Gegenteil, für bedeutende Gebietsflächen, die durch ihre Grösse die mögliche Maximalfläche des Regenumfanges überschreiten, kann sich die intensivere Welle nur beim Schneeschmelzen auf der Gebietsfläche bilden.

Jedoch für Gebietsflächen, die sich durch ihre Grösse nicht besonders von Flächen des Regengussumfanges unterscheiden, kann solche Orientierung der Regenfläche geschehen, welche die ganze Länge des Hauptflusslaufes bis zum Berechnungs-Querschnitt umfasst, und dann wird von solchem Platzregen die Überschwemmungswelle, wenn möglich intensiver, als eine, durch da intensivste Tauen von grossen Scheedecken hervorgerufene, sein.

2) Die Gleichung (22) und (24) weiter betrachtend, bemerken wir, dass wie im ersten, so auch im zweiten Falle die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Überschwemmung grösser ist, als die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit des Stromes: der Kamm der Überschwemmungswelle läuft ununterbrochen auf das Abwärtsende der Überschwemmung auf.

Hieraus können wir noch eine Eigenheit der Überschwemmungswelle anmerken: *Die Überschwemmungswelle muss ihrer Natur nach asymmetrisch sein.* Für die Transit-Überschwemmungswelle wird sich diese Assymetrie zusammen mit Fortbewegung der Überschwemmung längst der Strömung vergrössern.

Wenn wir uns zu den Beobachtungen der Wasserstands-Flusstationen wenden, so erhalten wir die volle Bestätigung dieses Ergebnisses aus unserer Analyse.

Diese vorhergehenden Angaben hatten wir zur weiteren Betrachtung der Frage über die Transformation der Überschwemmungswelle mittelst Wasserbehälter nötig.

Wegen ungenügender Erforschung, oftmals auch völliger Unerforschung der Wassergebiete, bleibt uns zur Lösung der Aufgabe nur ein Weg — der mathematische Weg.

§ 2. Die erste vor uns stehende Aufgabe wird die Feststellung der mathematischen Bezeichnung für die Form der gegebenen Querschnitt kommenden Überschwemmungswelle sein. Durch die frühere Analyse ist diese Aufgabe schon dadurch erleichtert, dass wir die Assymetrie der Umrisskurve der Überschwemmungswelle festgestellt haben, d. h., die Zone des Fallens der Überschwemmungswelle muss bedeutend länger, als die Zone des Anschwellens sein.

Die Krummlinie:

$$Q = Q_m \left(\frac{t}{T_1} \right)^{n_1} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{t}{T_2} \right)^{n_2} \quad (25)$$

wird vollständig unsere Anforderungen befriedigen. In der Abb. (3) sind alle Bezeichnungen der Formel (25) abgegeben.

Die Krummlinie mit der Gleichung (25), gibt: bei $t=0$ und $t=T_1+T_2$, $Q=0$, also ist endlich.

Die Gradanzeiger: n_1 und n_2 müssen untereinander mit so einer mathematischen Abhängigkeit verbunden sein: bemerkend, dass die Krummlinie bei $t = T_1$ ein Maximum hat, infolgedessen:

$$\left. \frac{dQ}{dt} \right|_{t=T_1} = 0$$

oder:

$$\left| n_1 \frac{Q_m}{T_1^{n_1}} t^{n_1-1} \left(1 + \frac{T_1}{T_1} - \frac{t}{T_2} \right)^{n_1} - n_2 \frac{Q_m}{T_2} \left(\frac{t}{T_1} \right)^{n_2} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{t}{T_2} \right)^{n_2-1} \right|_{t=T_1} = 0$$

Hieraus, nach Unterstellung und Abkürzung haben wir:

$$\frac{n_1}{T_1} - \frac{n_2}{T_2} = 0$$

oder:

$$n_1 = n_2 \frac{T_1}{T_2}$$

In Anbetracht dieser letzten Gleichung kann man die Gleichung (25) so umschreiben:

$$Q = Q_m \left(\frac{t}{T_1} \right)^n \frac{T_1}{T_2} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{t}{T_2} \right)^n \quad (25')$$

Den Charakter der Ordinaten-Veränderung der Krummlinie sieht man aus der folgenden Tabelle (2) und Abb. 4.

Tabelle 2

t	$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2}$			$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{3}$		
	n = 2	n = 4	n = 6	n = 3	n = 6	n = 9
0	0	0	0	0	0	0
0,25 T ₁	0,478 Q _m	0,219 Q _m	0,106 Q _m	0,488 Q _m	0,238 Q _m	0,116 Q
0,50 T ₁	0,781 „	0,610 „	0,489 „	0,795 „	0,632 „	0,502 „
0,75 T ₁	0,919 „	0,901 „	0,855 „	0,953 „	0,908 „	0,865 „
T ₁	Q _m	Q _m	Q _m	Q _m	Q _m	Q _m
1,50 T ₁	0,844 „	0,712 „	0,601 „	0,867 „	0,752 „	0,652 „
2,00 T ₁	0,500 „	0,250 „	0,125 „	0,593 „	0,352 „	0,209 „
3,00 T ₁	0	0		0,111 „	0,012 „	0,001 „
4,00 T ₁				0	0	0

Die Fläche der Krummlinie (25') wird verhältnismässig leicht, wenn einer ganzen Zahl gleich ist, festzustellen sein.
a) Teilweise Fläche der Krummlinie $t = \tau$:

$$V_\tau = \int_0^\tau Q dt = \frac{Q_m}{T_1} \frac{T_1}{T_2} \int_0^\tau t^n \frac{T_2}{T_1} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{t}{T_2} \right)^n dt;$$

bei teilweiser Integrierung erhalten wir:

$$\begin{aligned}
 V_{\tau} = & \frac{Q_m}{T_1^n \frac{T_1}{T_2}} \left\{ \frac{\tau^{n \frac{T_1}{T_2} + 1}}{n \frac{T_1}{T_2} - 1} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)^n + \right. \\
 & + \frac{n}{T_2} \frac{\tau^{n \frac{T_1}{T_2} + 2}}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \left(n \frac{T_1}{T_2} - 2 \right)} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)^{n-1} + \\
 & + \frac{n(n-1) \dots [n-(j-1)]}{T_2^j} \frac{\tau^{n \frac{T_1}{T_2} + j + 1}}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + j + 1 \right)} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)^{n-j} + \\
 & \left. + \frac{n(n-1) \dots 1}{T_2^n} \frac{\tau^{n \frac{T_1}{T_2} + 1 + 1}}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1 \right)} \right\}, \quad (26)
 \end{aligned}$$

b) Teil-Fläche $t = T_1$:

$$\begin{aligned}
 V_{T_1} = Q_m T_1 \left[\frac{1}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right)} + \frac{n}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \left(n \frac{T_1}{T_2} + 2 \right)} \cdot \frac{T_1}{T_2} + \dots \right. \\
 \left. \dots + \frac{n(n-1) \dots 1}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1 \right)} \cdot \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^n \right], \quad (27)
 \end{aligned}$$

c) Ganze Fläche der Krummlinie bei $t = T_1 + T_2$:

in diesem Falle wird $\left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)_{\tau = T_1 + T_2} = 0$

und demzufolge bekommen wir aus der Gleichung (26):

$$V_{\Pi} = \frac{Q_m}{T_1^n \frac{T_1}{T_2}} \cdot \frac{n!}{T_2^n} \frac{(T_1 + T_2)^{n \frac{T_1}{T_2} + n + 1}}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1 \right)} \quad (28)$$

oder:

$$V_{\Pi} = Q_m T_1 \frac{n!}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1 \right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1 \right)} \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^n \left(1 + \frac{T_2}{T_1} \right)^{n \frac{T_1}{T_2} + n + 1} \quad (28')$$

Annehmend in den Formeln (27) u. (28) die Bedeutungen: $Q_m=1$ und $T_1=1$, erhalten wir:

$$V_{T_1}' = \frac{1}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1\right)} + \frac{n}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1\right) \left(n \frac{T_1}{T_2} + 2\right)} \cdot \frac{T_1}{T_2} +$$

$$+ \frac{n(n-1)}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1\right) \left(n \frac{T_1}{T_2} + 2\right) \left(n \frac{T_1}{T_2} + 3\right)} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 + \dots +$$

$$+ \frac{n!}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1\right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1\right)} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^n \quad (27')$$

$$V_{T_1} = \frac{n!}{\left(n \frac{T_1}{T_2} + 1\right) \dots \left(n \frac{T_1}{T_2} + n + 1\right)} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^n \left(1 + \frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{T_1}{T_2} + n + 1} \quad (28'')$$

Wir ersehen, dass die Ausdrücke (27') und (28'') sich als dimensionslose erwiesen haben, und deswegen für jegliche Masseinheiten annehmbar sind.

In Anbetracht dieses Umstandes können wir im angeführten Tabellen für jegliche Bedeutungen n und $\frac{T_1}{T_2}$ zusammenstellen, und der Umfang einer Überschwemmungswelle kann leicht festgestellt werden, bei Multiplizierung der bezüglichen Flächengröße aus der Tabelle 3 mit dem Produkt: $Q_m \cdot T_1$.

die Bedeutung V_{T_1} wenn $Q_m T_1=1$.

Tabelle 3

n	$\frac{T_1}{T_2} =$					
	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20
1	1,6361	—	—	—	—	—
2	1,3543	1,4982	1,6875	1,9517	2,3574	3,0899
3	1,1705	1,2931	1,4572	1,6853	2,0301	2,6463
4	1,0410	1,1541	1,3018	1,5054	1,8103	2,3481
5	0,9485	1,0521	1,1872	1,3726	1,6496	2,1328
6	0,8769	0,9730	1,1009	1,2700	1,5254	1,9678
7	0,8194	0,9095	1,0269	1,1875	1,4256	—
8	0,7719	0,8570	0,9678	1,1192	1,3433	—
9	0,7318	0,8126	0,9177	1,0615	1,2737	—

§ 3. Jegliche Überschwemmungswelle, die durch den Wasserbehälter, natürlichen (See, einfach erweitertes Flussbett) oder künstlichen Ursprunges, läuft, muss unvermeidlich transformiert werden; in einigen Fällen ist diese Transformation eine grössere, in anderen—eine kleinere.

Die Transformations-Erscheinung einer Überschwemmungswelle können wir auf jedem natürlichen Wasserströme beobachten, da dass Vorhandensein einzelner Flussbett-Erweiterung am besten diese Erscheinung befördert.

Diese Transformation der Überschwemmungswelle auf Flüssen wird, als unausbleibliche Naturerscheinung des Flusses selbst, sehr oft von den Hydrologen als Faktor der Zerfliessung der Welle selbst angenommen.

Die Transformationserscheinung können wir sehr einfach und leicht graphisch vorstellen. Lass in der Abb. (5) die Krummlinie ABC die Überschwemmungswelle im gegebenen Schliess-Querschnitt des Wasserstromes darstellen; die Krummlinie ADE —die transformierte Welle (die vom Wasserbehälter abgeworfene Welle). Dabei nehmen wir an, dass der Behälter das Wasser der Überschwemmungswelle gleichzeitig mit dem Anfang des Zuflusses abzuwerfen anfängt.

Dann ist ersichtlich, dass der Faktor, welcher das Mass und die Grade der Transformation einer Überschwemmungswelle durch betreffenden Wasserbehälter bedingt, der zeitweilige Inhalt des Bassins-Regulationsinhaltes des Behälters— V_2 sein wird.

In der Abb. (5) wird dieser zeitweilige oder Regulations-Inhalt mit Schraffierung der Fläche ABD angegeben.

Bei unserer Voraussetzung, dass das Abwerfen der Überschwemmungswelle gleichzeitig mit dem Zufluss zum Wasserbehälter anfängt und dass das Bassin die ganze Überschwemmungswelle auf einmal abwirft, können wir offenbar eine Gleichung schreiben:

$$V_{ABC} = V_{ADE}, \quad (29)$$

d. h. der Umfang der Überschwemmungswelle, die zum Wasserbehälter strömt, stimmt mit dem der transformierten Welle, überein.

Solche Voraussetzung gibt der Lösung der Aufgabe eine Bestimmtheit und vereinfacht stark die Lösung selbst bei Gebrauch von analytischen Methoden.

Die Differenzial-Gleichung der Wasserbehälter-Leistung im Verhältnis zu der Transformation der Überschwemmungswelle für den von uns angenommenen Fall schreibt sich sehr einfach:

$$Qdt - qdt - \Omega dH = 0, \quad (30)$$

wo: Q —Zufluss zum Wasserbehälter in der Zeiteinheit

q —Abwurf aus dem

Ω —Spiegelfläche des Wasserbehälters,

H —die Staugrösse auf der wasserabwerfenden Errichtung ist.

Die unmittelbare Integrierung der Gleichung (30) ist nur in dem Falle möglich, wenn wir entweder $Q = \text{const}$ haben, oder q in der Funktion von der Zeit t ausdrücken mögen.

Im gegebenen Falle ist der Weg solcher Integrierung unmöglich, und deswegen verfolgen wir die Methode der annähernden Lösung der Aufgabe; deshalb nahmen wir an, dass die Abwurfelle gleichfalls assymetrisch sein muss und dass die Gleichung der Krummlinie ihres Umrisses durch die Krummlinie derselben Ordnung ausgedrückt wird, wie auch die der Krummlinie der Überschwemmungswelle; doch müssen sich augenscheinlich die Parameter der neuen Krummlinie von den Parametern der Krummlinie der Überschwemmung unterscheiden, d. h. nehmen wir an:

$$q = q_m \left(\frac{t}{\tau} \right)^{m - \frac{\tau}{T_2}} \left(1 + \frac{\tau}{T_2'} - \frac{t}{T_2'} \right)^m \quad (31)$$

Demzufolge nehmen wir an, dass die Gleichung (30) von uns durchintegriert ist, da uns die Gleichung (31) im beliebigen Zeitmoment erlaubt die Staugrösse auf der wasserabwerfenden Errichtung festzustellen. Für den Fall des Überfalls haben wir:

$$a) \quad q = mb \sqrt{2gH^{3/2}} = M_b \cdot bH^{3/2}$$

wo:

$$M_b = m \sqrt{2g};$$

b) für den Fall des Rohres (Tonnels):

$$q = \varphi \omega \sqrt{2gH} = M_T \omega H^{1/2}$$

wo:

$$M_T = \varphi \sqrt{2g}$$

Indem wir diese Ausdrücke der Wassermenge in den rechten Teil der Gleichung (31) stellen, erhalten wir:

a) Für den Überfall:

$$H_b = \left(\frac{q_m}{M_b b} \right)^{1/2} \left(\frac{t}{\tau} \right)^{1/2} \frac{\tau}{T_2'}{}^m \left(1 + \frac{\tau}{T_2'} - \frac{t}{T_2'} \right)^{1/2 m} \quad (32)$$

b) für das Rohr:

$$H_T = \left(\frac{q_m}{M_T b} \right)^2 \left(\frac{t}{\tau} \right)^2 \frac{\tau}{T_2'}{}^m \left(1 + \frac{\tau}{T_2'} - \frac{t}{T_2'} \right)^{2m} \quad (32')$$

Dabei ist vorausgesetzt, dass die Koeffizienten der Ausgabe: m und φ während der ganzen Zeit der Abwerfarbeit stabil bleiben.

Nehmen wir die Gleichung (30) in einer integralen Form geschrieben:

$$\int_0^{\tau} Q dt - \int_0^{\tau} q dt = \int_0^{H_T} \Omega dH;$$

bemerken wir, dass für den Zeitmoment τ (siehe Zeichn. 5) haben werden:

$$V_{II} - V_{c\tau} = V_r$$

wo: V_{II} —Teilumfang der Überschwemmungswelle, zugeflossen in der Zeit (Fläche der Krummlinie $ABDK$, Zeichn. 5) ist;

$V_{c\tau}$ —Teilumfang der Abwurfswelle (Fläche der Krummlinie ADK) ist.

Weiterhin, annehmend, dass: $Q_\tau = q_m$, schreiben wir:

$$q_m = Q_m \left(\frac{\tau}{T_1} \right)^{T_1/T_2} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)^n$$

Dadurch erhalten wir drei Gleichungen:

$$1. V_{II} = V_c;$$

$$2. V_{II} - V_{c\tau} = V_r;$$

$$3. q_m = Q_m \left(\frac{\tau}{T_1} \right)^{T_1/T_2} \left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{\tau}{T_2} \right)^n$$

(A)

die, die zuzusuchenden Grössen vereinigen:

$$\tau, q_m, m \text{ und } \left(\frac{\tau}{T_2} \right)$$

Diese drei Gleichungen erlauben uns nicht das System unmittelbar zu lösen, da die vierte Bedingung fehlt, die die zuzusuchende Grösse vereint.

Infolgedessen müssen wir eine jegliche aus den gegebenen Unbekannten Grössen voraussetzen und dann wird das System der Gleichungen (A) bestimmt sein.

Das Problem wird in dem Falle leichter gelöst, wenn wir die Grösse τ voraussetzen, d. h., den Zeitraum zwischen dem Anfang und dem Moment

der Maximalspannung der Wasserabwerfleistung. Die Grösse $\tau = \tau_1$, annehmend, aus der Gleichung (3) des Systems (A) erhalten wir die grösse q_m und nach der Tabelle 3 wählen wir solche Flächengrösse, die, wenn multipliziert mit dem Erzeugniss $q_m \tau_1$ eine Umfangsgrösse, dem Umfange nach einer Überschwemmungswelle gleich, ergeben würde, d. h. die Gleichung (1) des Systems (A) zufrieden stellen würde.

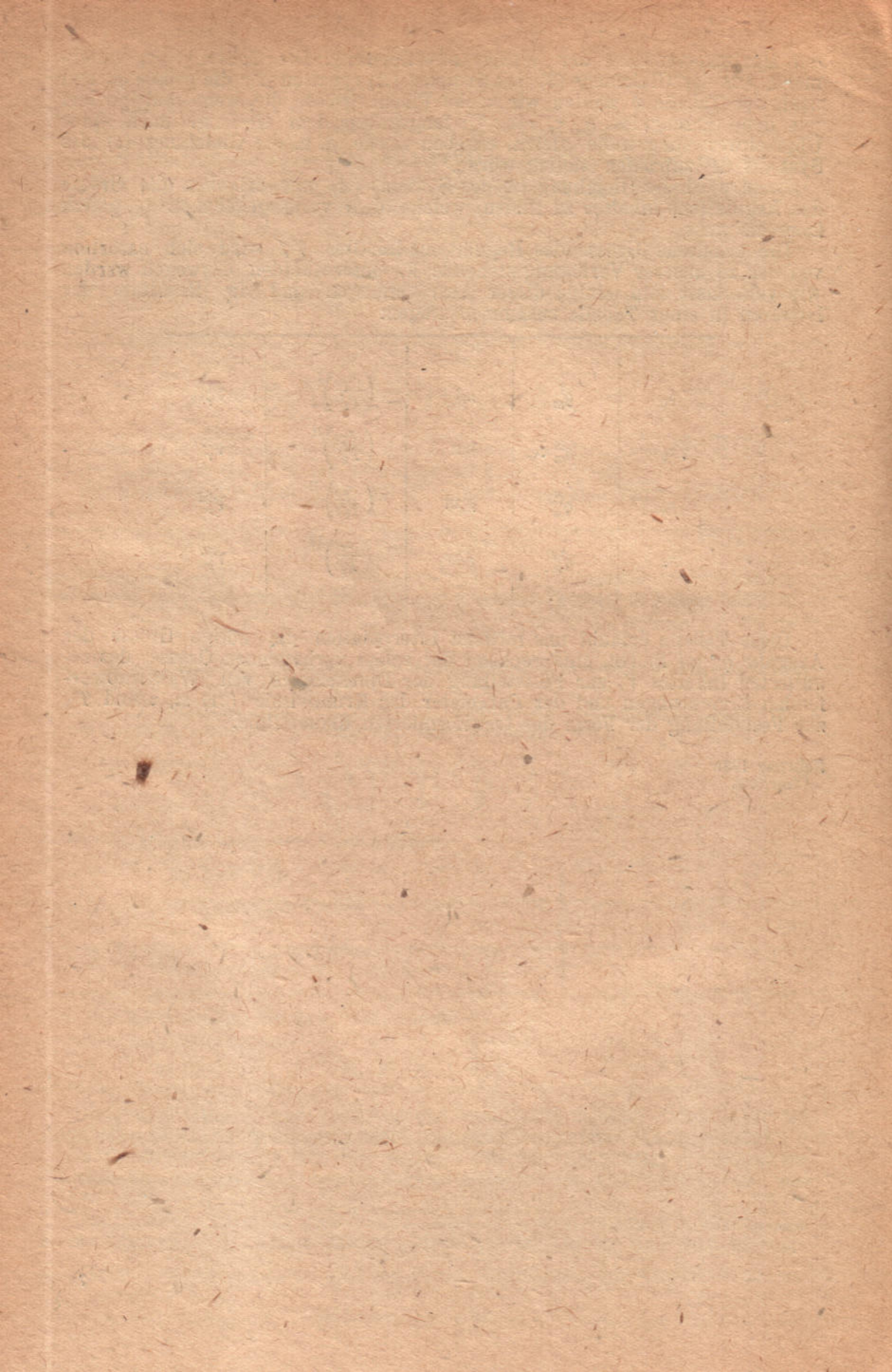
Dann wird die Gleichung (2) des Systems (A) uns erlauben die Grösse des Regulations-Inhaltes zu finden, welche dem vorausgegebenen τ_1 gleich kommen muss.

Die erhaltene Grösse des Regulations-Inhaltes V_r' wird sich natürlich von der zu unserer Verfügung stehende V_r unterscheiden, deswegen werden wir veranlasst sein, einige dieser Ausrechnungen und die Resultate der letzteren in einer Tabelle zusammenzufügen:

τ_1	q_m^I	m^I	$\left(\frac{\tau_1}{T_2^1}\right)^I$	V_r^I
τ_2	q_m^{II}	m^{II}	$\left(\frac{\tau_2}{T_2^1}\right)^{II}$	V_r^{II}
τ_3	q_m^{III}	m^{III}	$\left(\frac{\tau_3}{T_2^1}\right)^{III}$	V_r^{III}
τ_4	q_m^{IV}	m^{IV}	$\left(\frac{\tau_4}{T_2^1}\right)^{IV}$	V_r^{IV}

Diese Tabelle erlaubt uns mittelst Interpolation die nötige Grösse der Ausgabe q_m zu finden, entsprechend der schon vorhandenen Grösse des regulierten Inhaltes V_r zur Feststellung der Dimensionen von Wasserabwerfenden Errichtungen und der Parameter der Krummlinie (31) m, τ und T_2^1 zur Feststellung der Form der transformierten Krummlinie.

Februar 1931
Charkow.



**ГЛАВНЕЙШИЕ ФАКТОРЫ ГОДОВОГО И ПОМЕСЯЧНОГО СТОКА
Р. ДНЕПРА У Г. КИЕВА**

**Die Hauptfaktoren des Jahres- und Monatsabflusses des Dnjeprstromes
bei Kijew. Von Prof. A. Ogijewsky**

1. Общие замечания. В процессе исследований, выполненных для выявления режима р. Днепра,¹ нами был вычислен также сток р. Днепра у г. Киева за период 1878—1929 гг. При этих вычислениях были учтены те факторы, которые не были приняты во внимание при вычислении стока р. Днепра у г. Киева, выполненном ранее проф. Е. В. Оппоковым,² а именно: 1) изменчивость русла р. Днепра у г. Киева и 2) особенности соотношений уровней с расходами в зимнее время, при наличии льда. Учет изменчивости русла был осуществлен путем построения шестнадцати отдельных кривых расходов, отвечающих состоянию русла, имевшему место в отдельные аналогичные группы лет.

Основую выполненных построений служил установленный нами эмпирическим путем ход изменения поправок на изменчивость русла для всего периода 1878—1929 гг. Этот ход был найден,³ исходя из сопоставлений соответственных уровней в Киеве и ряде нижележащих пунктов, до Лоцманской Каменки включительно, имеющей неизменное каменистое русло, а также на основе анализа ряда имеющихся измерений расходов р. Днепра у Киева.

Вычисления стока р. Днепра у г. Киева для зимнего периода были выполнены применением выработанного нами гидрометеорологического способа, исходя из характеристик температурного режима отдельных зим и путем выделения ряда естественных периодов в отдельные зимы.⁴

Таким образом, полученные мною данные по стоку р. Днепра у г. Киева оказались значительно более точными, чем полученные ранее.

Эти данные по стоку были подвергнуты далее анализу, имевшему

¹ Работа автора, посвященная изучению режима стока р. Днепра с его главнейшими притоками, подготовлена к печати и имеет появиться в недалеком будущем в совместном издании Днепростроя и И—та водн. хоз. Украины. Настоящая статья излагает некоторые из материалов упомянутого исследования.

² Е. В. Оппоков. Режим речного стока в бассейне Верхнего Днепра и его составных частях, ч. I, 1904, ч. II, 1914.

³ Dipl. Ing. A. W. Ogijewsky. Hydrologische Prognosen der Wassermengeschwankungen der Flüsse, im besonderem des Dnjeprstromes. Weltkraftkonferenz, Sondertagung Barcelona, Madrid, 1929.

⁴ а) Инж. А. В. Огиевский. Гидрометеорологический способ вычисления зимних расходов. Вестник ирригации, № 6, VI, 1930, Ташкент.

б) Dipl. Ing. A. W. Ogijewsky. Hydrometeorologische Methode der Berechnung der Winterabflussmengen. Вісті Н.-досл. ін-ту вод. госп. Укр. т. IV, ч. 1, Київ. 1931.

целью выявить главнейшие факторы колебаний стока как в отдельные естественные сезоны, так в целые годы и даже в отдельные месяцы.

Как известно, связь между характеристиками климатических и иных факторов стока—с одной стороны, и стоком—с другой, является весьма сложною.

В самом общем виде, для годовых периодов, эта связь может быть выражена известным уравнением Пенка-Опшкова:

$$x = y - z + \frac{u}{-p} \quad (1)$$

где x —осадки, y —сток, z —испарение, u и p —накопление и расходование влаги в бассейне, причем величины u и p из года в год меняются в неизвестных пределах и по неизвестным законам.

Существует ряд эмпирических зависимостей, имеющих целью связать сток с главнейшими факторами стока.

Эти зависимости можно разделить на такие главные группы:

1) зависимости между климатическими факторами и нормою стока, т. е. средне-многолетним годовым стоком;

2) зависимости, имеющие целью связать с климатическими факторами годовые значения стока;

3) зависимости, позволяющие определять различные отдельные характерные значения стока: сезонные значения стока, абс. минимумы и др.

Группа зависимостей первого рода, повидимому, должна определяться наименее сложным взаимодействием факторов стока, уже потому, что в многолетней перспективе в уравнении (1) члены u и p в сумме должны давать нуль, причем исключается неизвестный ход накопления и расходования влаги в бассейне.

К этой группе можно отнести ряд известных формул: Келлера, Пенка, Опшкова, Уле, Ольдекопа, Великанова, Соколовского и др., а также способ изолиний Д. И. Кочерина. Эти формулы включают в себя обычно такие переменные: годовые осадки и температуры, некоторые из них—дефицит насыщения, а некоторые—эмпирические коэффициенты, характеризующие общие условия данного района или бассейна.

Из второй группы, имея в виду условия Украины, можно привести недавно опубликованные формулы проф. Я. Т. Ненько:

$$y_1 = x \left(\frac{1}{10} \right)^{\frac{304 \pm 20t_6}{160 + x_6}} \quad (2)$$

$$y_2 = x \left(\frac{55 + x_6}{1869 \pm 300t_6} \right) \quad (3)$$

где: x_6 и t_6 —соответственно суммы осадков и средние температуры воздуха в данном бассейне за шесть зимних месяцев, с I-X по I-IV (гидрологического года).

Первую из этих формул автор полагает применимой для условий, когда $t_6 < -12^\circ$, а вторую—при $t_6 < -3^\circ$.*

Этим же автором была выведена зависимость, связывающая, по автору, для условий Украины, относительные значения стока за весенний период (по отношению к годовому) с зимними осадками и температурами; чтобы применять эту зависимость, надо, таким образом, знать предварительно значения стока за год. Зависимость годового стока от климатиче-

* См.: а) проф. Я. Т. Ненько. Найголовніші чинники річкового стоку. Вісті Н.-д ін.—ту водн. господ. України, т. II, ч. 1, 1927/28, Київ, 1928.

б) проф. Я. Т. Ненько. Відносна величина весняного водозбігу. Наук.-техн. вісник № 5, 1930, Харків.

ских факторов для р. Ю. Буг дана была также инженером В. А. Назаровым, причем, кроме зимних температур и зимних осадков, им вводятся в расчет также летние осадки и температуры.

К третьей группе соотношений можно отнести, напр. формулу проф. Е. В. Оттокова для весеннего стока р. Днестра у г. Киева:

$$y = 0,405x - 10,14 \Delta t - 5,8 \quad (\text{в мм}) \quad (4)$$

где y —сток за период III—VI, x —осадки за месяцы XI—V (гидрологического года); Δt —отклонения температур в бассейне от нормы ($-5,7^\circ \text{C}$) за месяцы XII—II.*

Далее к этой же группе относятся известные зависимости Ишковского и ряд других.

Как все эмпирические зависимости, существующие соотношения между значениями стока и определяющими его факторами отличаются такою общою чертою: в своем применении они имеют ряд ограничительных условий, вытекающих из способа их построения или из особенностей тех районов, для которых такие зависимости выведены.

Автор формул (2) и (3) проф. Ненько полагает, что его формулы, параметры коих определены им по данным для р. Ю. Буг, годны для применения для всех рек Украины, в том числе и для р. Днестра у г. Киева. Ниже мы покажем, что в этом последнем случае зависимости проф. Я. Т. Ненько дают слишком грубые результаты.

Здесь мы приведем результаты наших исследований, выполненные применительно только к таким трем случаям: 1) сток в отдельные месяцы весеннего периода, 2) сток в отдельные месяцы летне-осеннего периода и 3) сток в отдельные годовые периоды.

Период исследований во всех случаях относится к годам 1884—1917; первые 6 лет периода вычисления стока (т. е. периода 1878—1929) были выброшены из рассмотрения в связи с ненадежностью данных по климатическим элементам (из-за малого числа станций; последние годы—1918—1929—не были введены в исследование в связи с отсутствием к тому времени обработанных данных по климатическим элементам этого периода).

2. Сток в отдельные месяцы весеннего периода. Столь неблагоприятная задача, как установление зависимостей, определяющих вариации месячных значений стока, была поставлена для исследования в связи с потребностью Днепростроя в заблаговременной оценке (и при том за длительный срок времени) хода весеннего спада воды; далее, эти последние исследования были продолжены и на ряд летних и даже осенних месяцев.

Принципиальным обоснованием возможности увязать месячные значения стока с климатическими факторами послужили опубликованные в 1928 г. работы Кесслица (von Kesslitz).¹

Этот исследователь отыскивал подобные зависимости с целью использовать их для долгосрочных прогнозов (на 1 мес. вперед, стока на р. Мур, в районе Австрийских Альп). В основу своих зависимостей Kesslitz положил подмеченные Drenkahn'ом закономерности, наблюдаемые для хода уровней (расходов) в тех случаях, когда эти периоды сопровождаются отсутствием осадков, т. е. в периоды спада, в течение коих сток идет лишь за счет накопленных в бассейне запасов влаги. Drenkahn установил, что кривые спада в таких случаях имеют более или менее быстрое падение в своей верхней части и постепенное замедление в падении стока при

* См. Информ. бюлетень Укрмета, 1924, ч. 1—3, стр. 9.

¹ W. v. Kesslitz. Ueber verschiedene Methoden zur Vorausberechnung von Monatsmittelwerte der Wasserführung österreichischer Alpenflüsse. Die Wasserwirtschaft, Nr. 7, 8 i 9. Wien. 1928.

более низких уровнях („Trockenwetterabflusslinie“). Эти кривые спада еще ранее Кесслица были использованы Беурле (Beurle),¹ также в целях краткосрочных прогнозов. В отличие от последнего Кесслиц разыскивает кривую спада не для засушливых периодов, а для периодов спада вообще, и из ряда таких кривых спада (суммированием ординат и делением сумм на число слагаемых) определяет некоторую кривую спада. Эта средняя кривая спада дает возможность по уровню, отвечающему некоторой начальной дате, определить предстоящий средний сток на 30 дней вперед; в подобном рода подсчеты Кесслиц вводит далее коррективы на осадки предстоящего месяца. В результате зависимости имеют следующий вид:

1) Для месяцев без влияния таяния снега:

$$h = h' + \gamma H \quad (5)$$

где h — искомая высота стока в мм, h' — сток, получаемый по осредненной кривой спада, H — выпавшие в данный месяц жидкие осадки, γ — некоторый постоянный для данного месяца коэффициент, определявшийся Кесслицем путем обработки многолетних данных по способу наименьших квадратов.

2) Для месяцев с наличием таяния снега:

$$h = h' \gamma H + \beta s \quad (6)$$

где введен добавочный к предыдущему уравнению член βs , причем s — средняя для бассейна высота снегового покрова в конце месяца, β — коэффициент, найденный по методу наименьших квадратов совместно с γ , по данным действительных измерений.

Примером полученных Кесслицем уравнений для р. Мур (площадь бассейна $F = 6553$ кв. км) могут служить следующие зависимости:

для января: $h_I = h' + 0,172 H_I$; средняя ошибка $\pm 14,3\%$,

для февраля: $h_{II} = h' + 0,146 H_{II}$; „ „ 19,5%,

для марта: $h_{III} = h' + 0,238 H_{III} + 0,106 s$; ср. ошибка $\pm 14,3\%$;

где индексы при h и H обозначают месяцы, за которые взяты осадки, введенные в расчет.

Как видно, даже средние ошибки (вычислявшиеся, как средние из абсолютных значений) имеют довольно значительные величины.

От построения и использования кривой спада по Дренкану, т. е. для периодов, в которые осадки отсутствуют, Кесслиц принужден был отказаться в связи с тем, что такие засушливые периоды для р. Мур выделить оказалось весьма затруднительным.

Понятно, что в условиях р. Днепра с его громадным бассейном, отыскивать засушливые периоды без осадков оказывается совершенно невозможным.

Поэтому метод Дренкана (и Beurle) для условий р. Днепра является совершенно неприменимым. В то же время и метод Кесслица нам представляется логически не совсем выдержанным. Именно, Кесслиц берет значения кривых спада в их осредненном значении и в то же время сопоставляет их с отдельными частными значениями осадков в соответствующие месяцы, между тем как правильнее было бы вводить в расчет, аналогично значениям спадов, отклонения осадков от некоторых средних норм. Далее, зависимости Кесслица совершенно не учитывают влияния осадков предыдущих месяцев, между тем как в той или иной мере, даже для незначительных бассейнов, это влияние должно иметь место, хотя бы потому,

¹ G. Beurle. Grundzüge der kurzfristigen Wassermengenprognosen. „Deutsche Wasserwirtschaft“, № 9, 1927.

что величина фактического коэффициента стока должна зависеть от степени насыщения влагою почв бассейнов.

Таким образом, в нашем случае пришлось наметить и разработать свою собственную схему.

Наше исследование началось с изучения характера спада весенней воды р. Днепра у г. Киева в отдельные годы. Внимательное рассмотрение этих кривых обнаружило, что в ходе их имеется несомненная закономерность; именно, при более высоких гребнях спад идет, в общем, значительно более резко, чем при более низких гребнях; половодья с самыми высокими уровнями имеют наиболее интенсивный спад, низким же половодьям свойственны весьма растянутые и пологие кривые спада. В целях конкретизации этого явления далее была произведена группировка отдельных лет, имеющих аналогичный вид кривых спада.

В результате выяснилось, что для ряда лет, на протяжении в 2—3 месяца, получается весьма хорошее совпадение хода кривых спада, и средняя

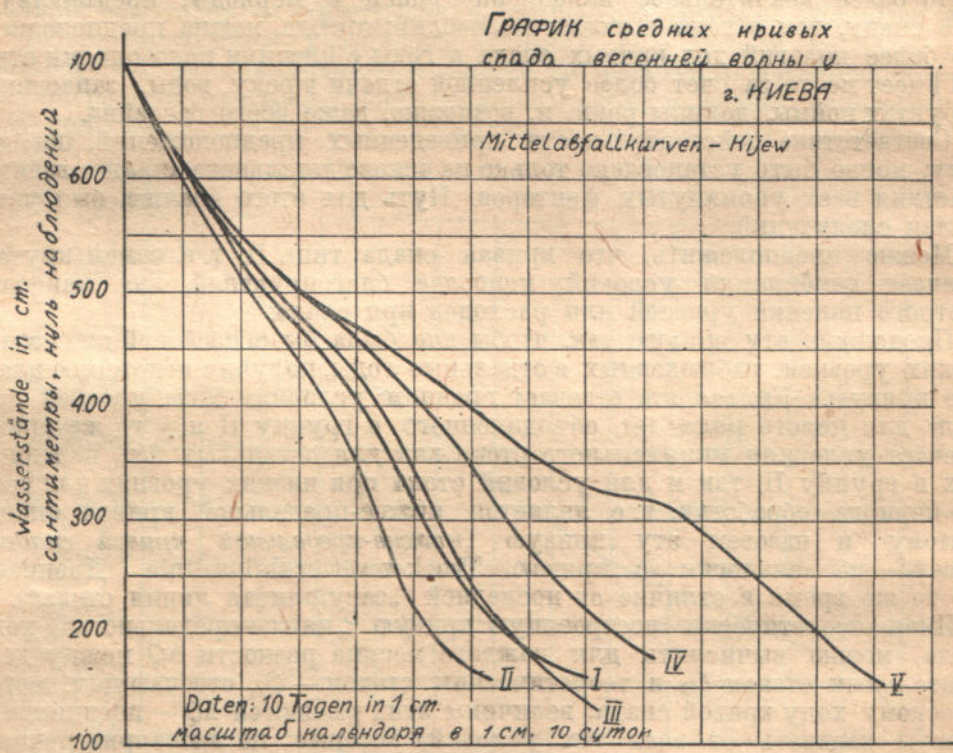


Рис. 1

кривая спада для такой группы лет отвечает ходу спада каждого отдельного года, входящего в группу, весьма хорошо, при отклонениях в 10—20 см. В то же время имеют место какие-то предельные низкие уровни, после коих каждая из кривых спада начинает идти по своему, обнаруживая или подъемы (и при том довольно резкие), или более интенсивные падения уровней, чем для иных годов, объединяемых в данную группу. При этом оказалось, что все кривые спада весенней воды р. Днепра у г. Киева можно объединить всего лишь в пять отдельных групп: I, II, III, IV и V, причем группа II отвечает самому интенсивному ходу спада, а группа V — самому пологому. Общий вид этих кривых, совмещенных по ординатам (высоты уровней), показан на рис. 1.

При этом в группу II вошли такие годы: 1889 (гребень — 672 см),

1895 (685 см), 1900 (653 см), 1905 (608 см), 1907 (683 см), 1915 (687 см), 1917 (785 см), 1922 (619 см), 1924 (657 см), 1926 (612 см), т. е. всего 10 лет; в группу I — 6 лет, в группу III — 16 лет, в группу IV — 11 лет и в группу V — 3 года.

Таким образом, действительно оказывается, что высоким половодьем свойственен более резкий темп спада, чем низким. Это явление можно объяснить такими предположениями: 1) повидимому, ход климатических элементов в бассейне р. Днепра выше Киева таков, что годам с большими зимними осадками и низкими зимними температурами свойственны относительно малые количества осадков в период формирования кривых спада, и наоборот: весенние осадки годов с низким половодьем должны быть выше, чем в годы с высокими половодьями; 2) с другой стороны, можно предположить, что в годы с теплыми зимами и затяжными весенними периодами (т. е. в годы, коим свойственны низкие и средние половодья, имеет место более значительное накопление влаги в периоды, предшествующие спаду, чем в годы высоких половодий; отсюда можно предположить, что более пологий ход кривых спада в годы с низкими половодьями отчасти имеет место за счет более усиленной отдачи в реку воды, запасенной в грунтах поймы, долины реки, и, возможно, даже всего бассейна.

Соответствие действительности приведенных предположений, повидимому, могло быть установлено только на основе детального анализа взаимодействия всех упомянутых факторов. Путь для этого анализа был установлен следующий.

Можно предположить, что кривая спада типа II, т. е. самая крутая, отвечает комбинации условий, наиболее благоприятной для наиболее быстрого падения уровней или расходов при спаде.

Продолжив эту кривую так, чтобы она была бы огибающей для самых низких уровней, наблюдаемых в отдельные годы, получим некоторую плавную кривую. Кривая эта отвечает средним условиям хода уровней при спаде для целого ряда лет, объединенного в группу II и в то же время отвечает условиям минимального стока как для остальных лет, не входящих в группу II, так и для условий стока при низких уровнях для всех лет периода обработки, т. е. является *нижне-предельной кривой спада*. Поэтому и назовем эту кривую *„нижне-предельной кривой спада“*, отчасти по аналогии с кривой *Trockenwetterabflusslinie* Дренкана и в то же время в отличие от последней („засушливая линия стока“).

Имея теоретически построенную кривую „нижне-предельного“ хода спада, можно вычислить для каждого месяца разности ΔQ между действительным стоком Q_d и теоретическим стоком — Q_m отвечающим теоретическому ходу кривой спада; величины этих разностей ΔQ — повидимому, должны зависеть от всех тех условий, которые по вышеприведенным предположениям определяют действительный ход спада для каждого отдельного года.

Таким образом, задача по исследованию особенностей хода спада в весенние месяцы сводится к выявлению зависимости ΔQ от главнейших факторов предшествующей и сопутствующей гидрологической обстановки. Эта последняя задача и составила предмет дальнейшего исследования.

Предварительно был выполнен ряд построений, упрощающих подсчеты величин.

По *нижне-предельной кривой спада* уровней была построена отвечающая ей *нижне-предельная кривая спада расходов*; по последней кривой нетрудно было построить интегральную кривую расходов при спаде и, наконец, расчетную суммарную кривую.

Эта суммарная кривая расходов позволяет определить сразу за 30 суток наперед суммарный теоретический расход Q_s , отвечающий любой начальной точке *нижне-предельной кривой спада*, — уровней или расходов.

Кривая эта может быть выражена аналитически следующими уравнениями, в зависимости от начального расхода $Q_{нач}$.

1) При $400 \leq Q_{нач} \leq 2400$ м³/сек:

$$Q_s = 609,9 (Q_{нач} - 145)^{0,522} \quad (7)$$

2) При $2400 < Q_{нач} \leq 4400$ м³/сек.:

$$\lg Q_s = 36,0255 + 9,315 \lg (2000 + Q_{нач}) \quad (8)$$

3) При $Q_{нач} > 4400$ м³/сек:

$$Q_s = 1341,8 (Q_{нач} - 2637)^{0,547} \quad (9)$$

В связи с принятым выше видом ниже-предельной кривой спада, идущей при значениях $Q_{нач} < 360$ м³/сек — горизонтально, т. е. параллельно оси абсцисс, — построенная суммарная кривая расходов имеет в точке, отвечающей указанному значению $Q_{нач}$, резкий перелом, после которого она дает постоянные значения Q_s , равные 10 000 м³/сек, т. е. примерно, равные величине средне-месячного стока в летние средне-засушливые месяцы.

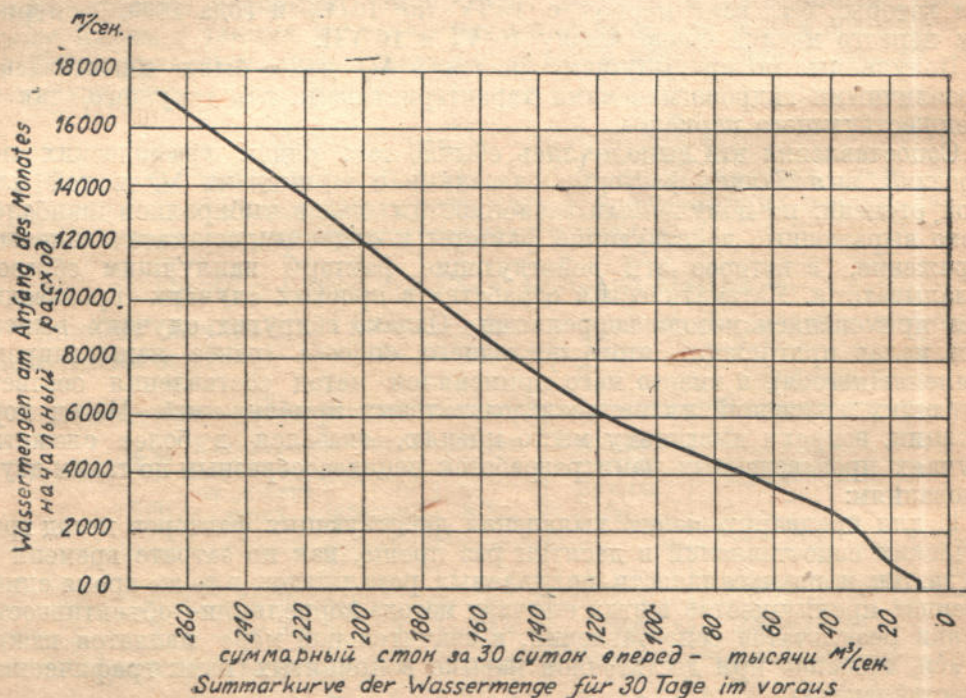


Рис. 2

Поэтому исследование связи теоретического ΔQ див. с гидрологической обстановкой могло бы быть выполнено с учетом теоретического хода спада лишь для первых трех месяцев спада (ибо в последующие месяцы теоретическая кривая спада дает одну и ту же постоянную величину расхода).

Вид полученной суммарной кривой спада дан (схематически) на рис. 2.

Вычисления величины Q_m и Q для первого месяца спада в каждом году делались так: выбиралась дата наступления весеннего гребня в данном году; после этой даты бралось ближайшее десятое число ближайшего

месяца и соответствующие этой дате уровни и расходы; по последним, при помощи суммарной кривой расходов, определялась величина Q_m за последующие 30 суток вперед; величина Q_d находилась суммированием действительных ежедневных секундных расходов за тот же период. Величины Q_m в последующие два месяца спада определялись автоматическим передвижением расчетных ординат кривой спада, выбранных по предыдущему для первых месяцев спада, на величину абсцисс: в первом случае (второй месяц спада) — на 30 суток от первых, а во втором — на 60 суток вперед. Десятое число месяца, ближайшее к дате гребня, было выбрано за начало расчетного месяца по двум соображениям: 1) чтобы этим хотя бы отчасти учесть добегание воды от верховых пунктов к расчетному створу у г. Киева, ибо срок в 10 суток приблизительно отвечает срокам пробега воды от центров тяжести частных основных бассейнов р. Днепра до г. Киева; 2) в соответствии с тем, что большинство дат весенних гребней приходится на конец апреля — начало мая и, таким образом, начало сформировавшейся кривой спада падает большей частью на конец первой декады мая. Понятно, что пришлось считаться с тем, что данные обработки об осадках и температурах относятся к целым календарным месяцам.

При указанной схеме первый месяц спада пришелся в огромном большинстве случаев на период с $10/\sqrt{V}$ по $10/\sqrt{VI}$, кроме годов 1903 и 1906, для которых был взят период с $10/\sqrt{IV}$ по $10/\sqrt{V}$, и года 1899, с периодом первого месяца спада между $10/\sqrt{VI}$ и $10/\sqrt{VII}$.

Полученные по предыдущему значения ΔQ далее были сопоставлены с различными гидрологическими характеристиками как текущего, так и предшествующего периодов.

Сопоставления эти выполнялись обычно так: рядом графических построений выявлялись факторы, связанные с величинами ΔQ в той или иной степени; по полученным зависимостям далее выбирались наиболее резко выраженные действующие факторы и отыскивалось математическое выражение, в которое эти действующие факторы наилучшим образом укладываются. Математическая обработка в простых случаях производилась применением метода корреляции. Однако в других случаях выявилась малая пригодность этого последнего способа (ранее нами широко применявшегося), и вместо него применялся метод составления соответствующих уравнений путем последовательных приближений. Метод корреляции, вопреки имеющему место мнению, оказался в более сложных случаях произведенных нами разработок нецелесообразным по таким двум основаниям:

1) для предварительного выявления действующих факторов метод графических сопоставлений в десятки раз проще, как по затрате времени и труда, так и по наглядности получаемых результатов; в то же время единственное преимущество в этих случаях метода корреляции — объективность оценки результатов сопоставления, в значительной мере является кажущимся, особенно при достаточном навыке в принятых нами графических сопоставлениях;

2) метод корреляции предусматривает введение в расчет значений отдельных рядов наблюдений в том виде, как они есть; между тем в ряде случаев легко констатировалось влияние определенного соотношения значений одного ряда к значениям другого ряда или некоторых отклонений переменных от каких-либо значений данного ряда, не совпадающих со средними арифметическими.

В иных случаях оказывалось целесообразным применение метода корреляции только лишь для окончательного, более точного, оформления зависимостей, составленных предварительно без применения корреляций. Во всех случаях оценка пригодности и соответствия действительности найденных зависимостей производилась окончательно путем сравнения результатов, получаемых по найденным уравнениям, с данными действи-

тельных измерений, т. е. путем вычисления получающихся абсолютных и процентных отклонений.

Эти положения, выявившиеся в процессе произведенных исследований, были проверены на нескольких примерах, целиком подтвердивших практическую правильность высказанных соображений; полученные нами (и приводимые ниже) результаты также как будто бы полностью оправдывают выработанную и примененную методику отыскивания закономерностей в более сложных из разбираемых случаев.

Введем для дальнейшего такие обозначения: Q_i , Q^i , и ΔQ_i , при $i=1, 2, 3$ — соответственно действительный, теоретический и дополнительный к теоретическому сток за 1, 2 и 3 месяца спада, все в м³/сек;

H — высота весеннего гребня над нулем Киевского водомерного поста в см;

N_i — осадки в бассейне Днепра выше Киева за тот или иной месяц спада, причем индексом i будем обозначать месяц, на который приходится дата гребня: 1 — первый предшествующий месяц, 2 — второй месяц спада, 3 — третий месяц спада и т. д.

Через индекс 0 будем обозначать норму осадков за тот месяц, по отношению к коему эта норма будет браться;

t_i — средние месячные температуры воздуха в бассейне р. Днепра выше Киева, с такими же значениями индексов, как и для осадков.

Тогда уравнение, полученное для первого месяца спада, может быть написано так:

$$Q_1 = Q^1 - 0,137H - 2,39t_1 - 65,8 \quad (10)$$

Несколько лучшие результаты, однако несущественно, дает то же уравнение с введением добавочных членов, учитывающих осадки данного месяца и температуру предшествующего месяца:

$$Q_1 = Q^1 - 0,137H - 2,39t_1 + 1,72t_{-1} + 0,12N_1 + 61 \quad (11)$$

Ошибки вычислений по выведенному уравнению сведены в следующую табличку:

Таблица 1

№№ п.п.	Категории ошибок в % от действ. стока	Число ошибок		Последова- тельн. суммы %	Примечание
		абсолют.	в %		
1	0-5	22	59,5	—	В обработку ве- дены годы: 1881-1917, т. е. всего 37 лет
2	6-10	9	24,3	83,8	
3	11-15	4	10,8	94,6	
4	16-20	1	2,7	97,3	
5	>20	1	2,7	100	
	Итого	37	100		

Как видно из таблички, результаты вычислений по найденному уравнению могут быть признаны хорошими, т. е. ход явления выведенным уравнением отображается достаточно близко к действительности (сравни дальше, на стр. 74, рис. 5, показывающий совпадение вычисленных и действительных значений стока для р. Днепра у г. Киева по формуле проф. Я. Т. Ненько).

Следует упомянуть, что сток первого месяца дал достаточно хорошую связь также с максимальной высотой снега в бассейне р. Днепра выше

Киева; эта связь не была однако введена в расчет вследствие относительно малого числа лет наблюдений (только с 1892 г.).

Для второго месяца спада, т. е. в огромном большинстве случаев (кроме трех) для месяца с 10/VI по 10/VII, получены следующие зависимости:

I. Для группы лет с $H > 550$ см или $(t_1 + t_{-1}) > 15^\circ$:

$$Q_2 = Q_2^1 + 1,64 \frac{N_1 - 28}{t_1 + t_{-1} - 15} + 0,437 (18,5 - t_2)^3 + 0,06 \quad (12)$$

II. Для группы остальных лет:

$$Q_2 = Q_2^1 + 1,86 \frac{N_1 - N_0 + 30}{(t_1 + t_{-1} - 8)^{0,5}} - 0,562 \frac{N_0 - N_2 - 2}{N_2} - 1,035 (17,5 - t_2)^2 + 1,28 \quad (13)$$

причем в обоих уравнениях через N_0 обозначена многолетняя норма осадков для соответствующего месяца.

Можно отметить, что поверочные вычисления, выполненные при помощи метода корреляции, дали для значений ΔQ и первоначально взятого члена $\frac{2(N_1 - N_0 + 30)}{(t_1 + t_{-1} - 8)^{0,5}}$ в уравнении (13) коэффициент корреляции, равный 0,91, т. е. подтвердили весьма действительную связь взятой комбинации осадков с теоретическим дополнительным стоком.

Интересно, что в формуле (12), во втором ее члене, число 28 (в числителе этого члена) отвечает абсолютному минимуму осадков, наблюдаемых в первый месяц спада для всего периода исследований.

Для этого же случая был получен также иной второй вариант уравнений, также хорошо отвечающий действительности, как и вышеприведенные уравнения. Именно была получена такая система зависимостей:

I. Для группы с $H > 550$ см — то же уравнение, что и по первому варианту;

II. Для группы с $400 < H < 550$ см или $(t_1 + t_{-1}) < 15^\circ$:

$$Q_2 = Q_2^1 + 2 \frac{N_1 - N_0 + 30}{(t_1 + t_{-1} - 8)^{0,5}} - (17,5 - t_2)^2 \quad (14)$$

III. Для группы с $H < 400$ см:

$$Q_2 = Q_2^1 + 2 \frac{N_1 - N_0 + 30}{(t_1 + t_{-1} - 8)^{0,5}} - 8 \quad (15)$$

Сходимость вычислений по уравнениям (12) и (13) с действительностью видна из следующей таблички:

Таблица 2

№№ п. п.	Категории ошибок в % от действ. стока	Число ошибок		Последоват. суммы %	Примечания
		абс.	в %		
1	0—5	16	51,6		В обработку вошли годы: 1886, 1888—1917; годы 1881—1885 и 1887 исключены, как сомнительные в отношении наблюдений за осадками и температурами; в частности в мае 1887 г. имеем: по Припяти 109 мм, что выше нормы на 55 мм, по Десне и В. Днепру — ниже или около нормы (38 и 52, против 46 и 50 мм).
2	6—10	3	9,7	61,3	
3	11—15	9	29,0	90,3	
4	16—20	3	9,7	100	
	Итого . .	31	100		

Наконец, для третьего месяца спада, т. е. в огромном большинстве случаев (кроме трех) для июля месяца (с 10/VII по 10/VIII) была получена такая зависимость:

$$Q_3 = Q_3^1 + 0,323 [(N_{21}^* - N_0) + (N_3 - N_0) + 59] + 0,144 (N_1 - N_0 + 11) + \\ + 0,1336 (N_2 - N_0 + 12) + 0,8 \quad (16)$$

Результаты вычислений по этой формуле, в общем, показали достаточно удовлетворительную сходимость с действительностью; все же оказался ряд ошибок в пределах от 25 до 35% (19% всех случаев).

Дальнейшее исследование обнаружило, что формула (16) может быть значительно уточнена, если принять во внимание два обстоятельства: 1) различные колебания средних температур воздуха в бассейне Днепра выше Киева, которые вообще не были введены в расчет; 2) то обстоятельство, что средние по бассейну Днепра выше Киева количества осадков, вводимые в расчет, отнюдь не отражают того или иного распределения осадков по отдельным частным бассейнам р. Днепра выше Киева: Припяти, Верхн. Днепру и Десне.

Первое из отмеченного ясно само собою. В отношении распределения осадков по отдельным бассейнам можно предположить, что результативная цифра месячных осадков, получаемая при примерно одинаковых частных суммах для отдельных бассейнов, должна давать в отношении стока отнюдь не тот эффект, как если та же результативная цифра будет получена, напр., в выводе из весьма значительного количества осадков в бассейне р. Припяти и относительно малых количеств в остальных бассейнах; ясно, что заболоченному низинному бассейну р. Припяти должны быть свойственны более значительные потери, чем остальным частным бассейнам.

В результате были получены следующие два дополнительных поправочных члена Δ_1 и Δ_2 :

$$\Delta_1 = +3(17,5 - t_{IV} - t_V) \quad (17)$$

для случаев когда $(t_{IV} + t_V)$ по бассейну всего Днепра до Киева $\leq 17^\circ$, т. е. значительно ниже нормы, равной $20,1^\circ$. Таких лет имеется всего шесть — 1893, 1896, 1900, 1904, 1909 и 1912;

$$\Delta_2 = -0,2 (N_{VI \text{ Прип.}} - 90) \quad (18)$$

где $N_{VI \text{ Прип.}}$ — осадки по бассейну р. Припяти, вводимые в расчет только тогда, когда $N_{VI \text{ Прип.}} > 90$ мм за июнь месяц, при норме в 76 мм (годы: 1890, 1891, 1893, 1894, 1899, 1901, 1903, 1906, 1913, 1916).

Знаки этих членов логично указывают на то, что холодные апрель и май должны увеличивать сток, а значительные осадки в бассейне р. Припяти, учитываемые уравнением (16) лишь в виде компонента в общей сумме осадков для всего Днепра выше Киева, уменьшают сток, получаемый по формуле (16).

Обозначая условно частное значение поправочных членов Δ_1 и Δ_2 , (необходимых к введению в расчет только в отмеченных выше частных случаях) заключением этих членов в фигурные скобки, можно написать окончательно:

$$Q_3 = Q_3^1 + 0,323 [(N_2 - N_0) + (N_3 - N_0) + 59] + 0,144 (N_1 - N_0 + 11) + \\ + 0,1336 (N_2 - N_0 + 12) + 0,8 + \{3(17,5 - t_{IV} - t_V)\} - \{0,2(N_{VI \text{ Прип.}} - 90)\} \quad (19)$$

Нижеследующая таблица дает сводку результатов сходимости с действительностью вычислений как по уравнению (16), так и по уравнению (19).

Таблица 3

№№ п. п.	Категории ошибок	По уравн. 16 число ошибок		По у-нию 19 число ошибок.		Послед. суммы %	Примеч.
		абс.	в %	абс.	в %		
1	0—5	6	19	9	28		
2	6—10	5	15,5	7	22	50	
3	11—15	6	19	6	19	69	
4	16—20	7	21,7	5	15,5	84,5	
5	21—25	2	6,2	2	6,2	90,7	
6	26—30	3	9,3	2	6,2	96,9	
7	31—36	3	9,3	1	3,1	100	
	Итого . .	32	100	32	100		Максим. по у-нию 19 ошибка 32%

Для более наглядной иллюстрации характера совпадений вычисленных и действительных значений стока, результаты, отвечающие уравнениям (12) и (13), даны, в виде примера, на рис. 3.

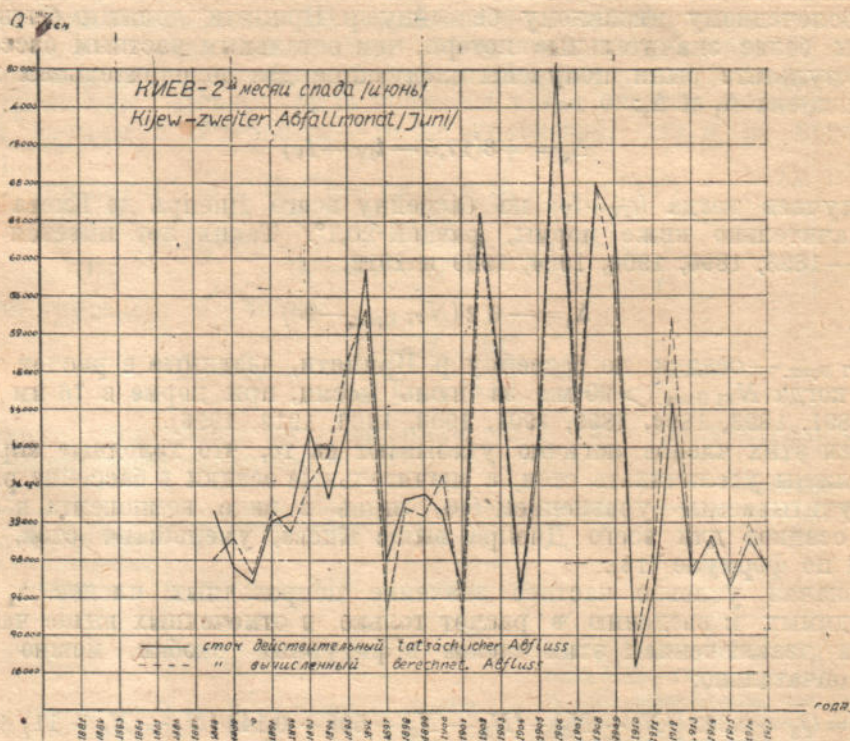


Рис. 3

Ниже, в таблице 4 даны, в виде примера, сводные годовые вычисления для того же случая.

Таблица 4 (Июнь)

Г о д ы	Дата теоретич. уровня через 30 дней после исходного уровня	Теорет. уровень через 30 дней после исход- ного в см	Расход, соответствую- щий теорет. уровню	Теоретический сток за 30 дней вперед от даты графы 2	Действительный сток за 30 дней вперед от даты графы 2	Дополнительный сток за 30 дней вперед от даты графы 2	Вычисленное ΔQ		Ошибки	
							в тысячах куб. м	Вычисленный сток Q_0	абс. в тыс. куб. м	в %
1886	9—VI	195	1006	20600	34144	13544	6,99	27,590	-6,51	-19,08
1888	"	205	1106	21800	33222	11422	6,26	28,150	-5,14	-15,47
1889	"	306	1941	30400	27260	-3140	0,07	30,470	+3,03	+11,04
1890	"	82	590	14600	25514	10914	11,94	26,540	+1,0	3,92
1891	"	176	1118	22000	32162	10162	11,20	33,200	+0,1	3,11
1892	"	132	918	19400	32925	13525	11,65	31,050	-1,85	-5,63
1893	"	176	981	20200	41820	21620	16,09	36,290	-5,51	-13,18
1894	"	90	557	14100	34524	20424	25,14	39,240	+3,74	+10,84
1895	"	373	2830	41800	42460	660	7,24	49,040	+6,54	+15,43
1896	"	306	2132	32100	58795	26695	22,25	54,350	-4,45	-7,57
1897	"	146	890	18900	28069	9169	3,71	22,610	-5,5	-19,60
1898	"	115	793	17800	34508	16708	15,69	33,490	-1,01	-2,93
1899	10—VII	28	389	10800	35081	24281	21,90	32,700	-2,4	-6,84
1900	9—VI	246	1638	27800	32781	4981	9,44	37,240	+4,44	+13,70
1901	"	146	995	20600	24894	4294	1,57	22,170	-2,7	-1,08
1902	"	115	753	17200	64843	47643	45,42	62,620	-2,18	-3,37
1903	10—V	90	664	15600	47301	31701	30,01	45,610	-1,7	-3,60
1904	9—VI	82	678	16000	24614	8614	8,05	24,050	-0,55	-2,24
1905	"	290	1998	30800	37195	6395	8,27	39,070	+1,87	5,03
1906	10—V	246	1590	27400	80410	53010	53,11	80,510	+0,11	0,14
1907	9—VI	333	2486	36400	40749	4349	7,10	43,500	+2,80	6,88
1908	"	384	3108	46600	67516	20916	21,32	67,920	+0,42	0,62
1909	"	194	1271	23900	63753	39853	32,70	56,600	-7,20	-11,30
1910	"	74	644	15400	16687	1287	3,32	18,720	+2,0	+12,0
1911	"	132	918	19400	25352	5952	9,80	29,200	+3,8	+14,5
1912	"	146	995	20600	44523	23923	33,11	53,710	+9,21	20,7
1913	"	82	556	14000	26341	12341	13,15	27,150	+0,85	3,23
1914	"	95	618	15000	30518	15518	14,95	29,950	-0,55	-1,80
1915	"	185	1135	22200	25230	3030	3,51	25,710	+0,51	2,02
1916	"	132	848	18400	30180	11780	13,58	31,980	+1,78	5,90
1917	"	290	1986	30600	26870	-3730	-3,95	26,650	-0,22	-0,93
								Среднее 7,2%		

Таким образом, по предыдущему приему были исследованы климатические факторы стока всего для трех месяцев: мая, июня и июля, для периода 1884 — 1886 — 1917, т. е. за 32 — 37 лет.

Подчеркнем прежде всего, что полученные нами решения мы отнюдь не рассматриваем, как наилучшие из возможных; повидимому, дальнейшая детализация анализа и введение в расчет новых, не затронутых нами факторов, могли бы еще больше уточнить полученные результаты.

Важно, на наш взгляд, однако то, что принятый здесь метод последовательного включения взаимоотношений отдельных простых факторов неоспоримо приводит к выводу, что даже месячные значения стока могут быть увязаны с ходом климатических элементов практически достаточно точно. Эта удовлетворительность полученных результатов делается еще более ясной, если принять во внимание такие обстоятельства:

1) несомненно, месячные данные по действительному стоку в ряде годов могут иметь вполне реальные ошибки вычислений, свойственные таким вычислениям вообще и к тому же возможные в условиях рассматриваемого пункта еще по причине достигнутого нами только лишь приближенного учета изменчивости русла р. Днепра у г. Киева; такие систематические ошибки (одного знака) можно допустить порядка 10 — 15% и может быть даже более значительные; 2) данные об осадках и температурах, несомненно, также включают в себя неизбежные ошибки наблюдений; весьма существенную роль должно играть в процессах стока то или иное распределение осадков или температур на протяжении отдельных месяцев, что нами учтено не было (и не могло быть учтено, за отсутствием соответствующих данных).

Полученные уравнения дают возможность также сделать ряд нижеследующих общих выводов, уясняющих общие условия стока в период спада весенней воды.

I. В первый месяц спада (обычно май месяц) величина месячного стока обуславливается:

1) высотой гребня весеннего половодья, т. е. гидрологическим режимом предшествующей зимы, в частности, главным образом ходом зимних осадков и температур;¹

2) ходом температур воздуха в месяц спада: чем выше температуры, тем меньше сток, т. е., повидимому, тем больше потери; эти два фактора являются основными; в значительно меньшей мере, т. е. в большинстве случаев совершенно несущественно, действуют такие дополнительные факторы: температуры предшествующего месяца и осадки текущего.

II. Во второй месяц спада (обычно июнь) величина месячного стока также зависит прежде всего от высоты весеннего гребня, т. е. от совокупности факторов, определяющих величину весеннего половодья.

Далее, оказываются существенными такие факторы:

A. Для годов с высокими половодьями ($H > 550$ см):

1) соотношение между осадками предшествующего месяца и суммой температур за два предшествующих месяца;

2) температуры данного месяца.

B. Для годов с средним и низким половодьем ($H < 550$ см):

1) соотношение между осадками предшествующего и суммой температуры за два предшествующих месяца;

2) осадки данного месяца;

3) температуры данного месяца.

C. При разбивке годов группы B (с низкими и средними половодьями) на соответствующие две категории, оказываются существенными следующие факторы:

¹ Относительно этого последнего ср. *Е. В. Оттоков*. Режим речного стока в бассейне верхнего Днепра. 1904, ч. 1, стр. 259. *Прим. редакции.*

С₁. Для годов со средними по высоте половодьями:

1) соотношение осадков и температур по п. (1) вышеотмеченной группы В,

2) температуры данного месяца.

С₂. Для годов с низким половодьем ($H < 400$ см):

1) только одно соотношение между осадками предшествующего месяца и температурами двух предшествующих месяцев.

Таким образом, для второго месяца спада выявляется такой интересный момент: ход спада во второй месяц спада определяется главным образом осадками и температурами, предшествующими данному месяцу и только лишь отчасти температурами данного месяца; осадки данного месяца не оказывают видимого влияния даже в годы с очень низкими половодьями.

III. В третий месяц спада (обычно, июль) характерным является следующее: та или иная высота весеннего половодья не выявляет себя в смысле ее влияния на ход спада, т. е. величина стока в этом случае уже не зависит от обстановки, определяющей высоту весеннего половодья.

Главными действующими факторами в этом случае являются:

1) осадки данного и предшествующего месяца (июнь и июль);

2) осадки мая месяца, т. е. второго предшествующего месяца;

3) в годы холодные—температуры воздуха за апрель и май;

4) в годы с большим количеством осадков по заболоченному бассейну р. Припяти, осадки за июнь по этому последнему бассейну.

Все вышеприведенное как будто бы также позволяет сделать такой общий вывод. Поскольку найденные зависимости не учитывают накопления или расходования влаги в бассейне, можно сделать двойное предположение: 1) что учет накопления или расходования влаги в бассейне выведенные зависимости осуществляют автоматически, поскольку ход климатических элементов в отдельные месяцы является более или менее тесно связанным с ходом всей предшествующей обстановки; 2) что величины накопления и расходования влаги может быть не являются особенно большими и колеблются в некоторых пределах, достаточно небольших, чтобы результаты этих колебаний практически могли бы сказаться в отдельные месяцы.

Повидимому, первое предположение является более отвечающим действительности.

В самом деле, подобного рода положение уже давно установлено и фигурирует в метеорологии, именно, в виде факта наличия в ходе погоды более или менее резко выраженной тенденции к сохранению типа погоды, не только от одного дня к другому, но и от одного месяца к другому. Метеорология также устанавливает, что вероятность сохранения того или иного типа погоды (положительной или отрицательной аномалии), в средних месячных выводах, возрастает, если увеличивается число месяцев, в течение которых данный тип погоды удерживается.

Такого рода зависимости хорошо иллюстрируются, напр., следующей таблицей (см. таб. на стр. 66), составленной *Кеппен*ом для северной Германии.¹

Приведенная ниже таблица показывает, что для аномалии, наступившей в данном месяце, вероятность ее сохранения и на следующий месяц почти также велика, как и вероятность ее прекращения. Если же длительность аномалии в предшествующий период больше одного месяца, то вероятность ее сохранения значительно возрастает, достигая, напр., для мая-июня при предшествующей длительности больше 6 мес., вероятности в 87%. Точно также увеличиваются вероятности сохранения аномалий и при увеличении абсолютных значений этих аномалий, как это видно из двух последних столбцов таблички.

¹ Проф. В. Н. Оболенский. Метеорология. Изд. Новая деревня. Москва, 1927, см. стр. 446.

Таблица вероятности сохранения температурной аномалии

Месяцы	Длительность аномалии в предшествующий период					Величина аномалии	
	1 мес.	2 и 3 мес.	4 и 6 мес.	6 мес.	Средн.	> 1° при длительн. в 1 мес.	> 1° и > 1 мес.
I—II	56	67	68	58	62	64	68
II—III	65	61	78	74	66	57	67
III—IV	52	59	65	55	57	58	64
IV—V	49	56	58	57	54	54	59
V—VI	44	45	63	87	50	56	62
VI—VII	56	65	80	76	63	68	73
VII—VIII	58	65	61	67	62	71	75
VIII—IX	55	57	72	69	59	64	69
IX—X	53	51	64	52	54	62	62
X—XI	52	48	66	84	54	57	63
XI—XII	55	68	75	64	62	65	71
XII—I	56	57	59	57	57	62	65

Отсюда весьма вероятным представляется то, что, вводя в расчет в наших уравнениях климатические характеристики ряда месяцев предшествующего периода, мы этим, в скрытой форме, включаем в наши уравнения климатическую обстановку еще более отдаленных периодов, поскольку эта последняя может быть связана с учтенными нами климатическими элементами.

Вопрос этот однако требует еще дальнейших соответствующих исследований.

Отметим еще, что кроме вышеприведенных исследований, был выполнен также ряд разработок по увязке ΔQ с климатическими элементами путем применения несколько иной основной схемы. Именно, можно величину ΔQ определять для каждого месяца спада непосредственно по уровню (или расходу), приходящемуся на начало данного месяца (десятое число), а не механическим отсчетом от даты начала первого месяца промежутков в 30 суток, как это было принято раньше. В таком случае однако в подсчеты ΔQ для каждого месяца должен входить начальный уровень этого месяца.

Вычисления, выполненные по этой схеме, дали следующие результаты, представленные при прежних обозначениях:

I. Уравнение для суммарного стока за первый и второй месяц спада:

$$Q_{1+2} = \Delta Q_{1+2} - 0,128 H + 0,439 N_1 - 2,29(t_{-1} - t_1) + 0,17(N_2 - N_0) + 1,15(t_2 - t_0) + 61,60 \quad (20)$$

II. Уравнение для стока за третий месяц спада:

$$Q_3 = \Delta Q_3 + 0,12 Q_{1+2} + 0,15 N_2 + 0,11 N_3 - 16,10 \quad (21)$$

III. Уравнение для стока за четвертый месяц спада:

$$Q_4 = \Delta Q_4 + 0,063 Q_3 + 0,130 N_3 + 0,086 N_4 - 14,40 \quad (22)$$

Уравнения (20) и (21) могут быть представлены в более полном виде, путем исключения из них Q_{1+2} и Q_3 ; так, напр., вместо уравнения (20) можно написать:

$$Q_3 = \Delta Q_3 - 0,017H - 0,275(t_{-1} + t_1) + 0,052N_1 + 0,15N_2 + 0,11N_3 - 8,8 \quad (23)$$

Сходимость этих уравнений с действительностью видна из следующей таблицы:

Таблица 6

№ п. п.	Категории ошибок	Для у-ния (20)			Для у-ния (21)			Для у-ния (22)			Примечания
		Чис. ошибок.		Послед. суммы %	Чис. ошибок.		Послед. суммы %	Чис. ошибок.		Послед. суммы %	
		абс.	в %		абс.	в %		абс.	в %		
1	0—5	24	64,9	—	12	32,4	—	13	35,2	—	В обработку вошел период 1881—1917 гг., т. е. 37 лет
2	6—10	10	27,0	91,9	9	24,3	56,7	10	27,0	62,2	
3	11—15	2	5,4	97,3	8	21,7	78,4	9	24,3	86,5	
4	16—20	1	2,7	100	4	10,8	89,2	2	5,4	91,9	
5	21—25	—	—	—	4	10,8	100	3	8,1	100	
Всего .		37	100	—	37	100	—	37	100	—	

Соответствие выведенных уравнений действительности оказывается весьма хорошим; повидимому, такой результат следует отнести за счет причин двойного рода: 1) введения в расчет начальных расходов, 2) введения в расчет стока предшествующего месяца.

3. Сток Выше было установлено, что теоретический сток, вычисленный по принятой нами ниже-предельной кривой спада, для летних месяцев дает постоянную величину; уже для июня месяца величина ΔQ меняется в относительно малых пределах. Поэтому, естественно было предположить, что теоретически вполне возможно связать значения месячных величин стока и для последующих летних месяцев, не рассмотренных выше, т. е. для августа, сентября и октября.

Такая работа была выполнена по тем же принципам и теми же путями, что были выработаны мною для предыдущих месяцев; работа эта была проделана инж. А. И. Прядченко. При этом, кроме периода VIII—X, вторично был исследован сток для июля месяца, (совпадающего в огромном большинстве случаев, кроме трех, с нашим третьим месяцем спада), но без применения кривой спада. Результаты этого рода обработок оказались вполне удовлетворительными.

Введем в дальнейшем обозначения климатических элементов и стока в отдельные месяцы теми же буквами, что и выше, но с индексами, отвечающими номеру соответствующего месяца.

Тогда полученные результаты изобразятся так:

1. Для июля месяца:

$$Q_7 = 0,1(N_5 - 50) + 0,2(N_6 - 55) + 0,05(N_7 - 80) + 0,1[[N_7 - 70]] + 0,2[[N_7 - 100]] + 0,2[[N_5 - 60]] + 0,4[[N_7 - 50]] + 17 \quad (24)$$

Двойными скобками в вышеуказанном уравнении (как и в последующих) условно обозначены члены, которые вводятся в расчет только в тех слу-

чаях, когда стоящее в скобках выражение — положительно; в противном случае эти члены следует принимать равными нулю. Иначе такого рода выражения можно было бы обозначить введением квадратных корней, с избирательным знаком перед этими корнями; напр., для последних четырех членов предыдущего уравнения можно было бы написать:

$$+ \frac{0,1}{2} \left[(N_7 - 70) + \sqrt{(N_7 - 70)^2} \right] + \frac{0,2}{2} \left[(N_7 - 100) + \sqrt{(N_7 - 100)^2} \right] + \\ + \frac{0,2}{2} \left[(N_5 - 60) + \sqrt{(N_5 - 60)^2} \right] + \frac{0,4}{2} \left[(N_7 - 50) + \sqrt{(N_7 - 50)^2} \right]$$

Такие общие обозначения, как в этом нетрудно убедиться, дают тот результат, какой получается при предыдущих более простых, но условных обозначениях.

Полученное выше уравнение (24) дало следующую сходимость с действительностью:

Таблица 7

№№ п. п.	Категории ошибок	Число ошибок		Последов. суммы в %	Примечания
		абс.	в %		
1	0—5	7	21,2	—	Взят период с 1884 по 1917 г.; пропущен 1899 г., как имеющий весьма позднюю дату гребня и потому резко выпадающий из общего ряда.
2	6—10	11	33,4	54,6	
3	11—15	7	21,2	75,8	
4	16—20	5	15,2	91,0	
5	21—25	0	0,0	91,0	
6	26—30	1	3,0	94,3	
7	31—42	2	6,0	100	
	Итого . .	33	100		

Результаты получились несколько хуже в том смысле, что максимальные ошибки получились более значительными, чем по уравнению (19), учитывающему кривую спада; повидимому, учет кривой спада для июля месяца является в некоторой мере существенным обстоятельством.

Интересно отметить, что основные действующие факторы в полученном уравнении (24) и ранее составленном уравнении (19), разработанными независимо друг от друга (и к тому же разными лицами), — *целиком совпадают*; в обоих уравнениях фигурируют только лишь осадки за V, VI и VII месяцы и отсутствуют температуры.

Уравнение (24) показывает, что на сток июля месяца оказывают влияние осадки мая, июня и июля, причем: 1) осадки июля влияют в разных соотношениях, если они больше 50 мм или 100 мм; 2) осадки мая влияют, если они больше 60 мм; 3) осадки июня, если они больше 50 мм; иначе говоря, как это уже было выяснено ранее, величина стока зависит не только от общей суммы осадков, но и от их распределения в предшествующие месяцы.

II. Для августа месяца получено:

$$Q_8 = 0,05 (N_8 - 50) + 0,1 (N_6 + N_8 - 95) + 0,2 (N_7 - 80) - 0,5 [(45 - N_6)] + \\ + 0,2 [(N_5 + N_6 + N_7 - 250)] + 0,5 [(N_7 - 120)] + 14 \quad (25)$$

Сходимость результатов с действительностью показана в табл. 8.

Таблица 8

№№ п. п.	Категории оши- бок	Число ошибок		Послед. суммы %
		абс.	в %	
1	0—5	8	23,5	—
2	6—10	8	23,5	47,0
3	11—15	5	14,7	61,7
4	16—20	7	20,6	82,3
5	21—25	4	11,8	94,1
6	26—41	2	5,9	100
	Итого . .	34	100	

Таким образом, сток августа зависит от таких элементов: 1) разных соотношений осадков за май, июнь и июль; 2) осадков июня, если они меньше 45 мм; в этом случае сток уменьшается; 3) осадков за V, VI и VII, если они в сумме больше 250 и 4) осадков за июль, если они больше 120 мм.

III. Для сентября месяца получено:

$$Q_9 = 0,1 (N_6 + N_7 + N_8 + N_9 - 225) + 0,25 [[N_7 - 100]] - 0,3 [[40 - N_8]] + 0,2 [[N_5 + N_6 - 150]] + 12,5 \quad (26)$$

Сходимость с действительностью показана в табл. 9.

Таблица 9

№№ п. п.	Категории оши- бок	Число ошибок		Послед. суммы %	Примечания
		абс.	в %		
1	0—5	11	33,4	—	Из подсчетов исключен 1912 год, имевший абсолют. (многолетний) максимум осадков в сентябре и дающий поэтому ошибку в 51%.
2	6—10	11	33,4	66,8	
3	11—15	4	12,1	78,9	
4	16—20	4	12,1	91,0	
5	21—25	1	3,0	94,0	
6	26—30	2	6,0	100	
	Итого . .	33	100		

Таким образом, сток сентября определяется: 1) осадками VI—IX месяцев, 2) осадками VII, если они больше 100 мм, 3) осадками VIII, если они меньше 40 мм, 4) осадками V+VI, если они больше 150 мм.

IV. Для октября месяца получено:

$$Q_{10} = 0,05 (N_6 + N_7 + N_8 - 175) + 0,1 (N_9 + N_{10} - 70) - 0,1 [[80 - N_8 - N_9]] - 0,2 [[40 - N_8]] + 0,2 [[N_7 - 100]] + 0,5 [[N_9 - 70]] \quad (27)$$

Ошибки по этому у-нию показаны в табл. 10.

№№ п. п.	Категории оши- бок	Число ошибок		Послед. суммы %
		абс.	в %	
1	0—5	16	47,2	—
2	6—10	7	20,6	67,8
3	11—15	3	8,8	76,6
4	16—20	4	11,8	88,4
5	21—25	3	8,8	97,2
6	26—27	1	2,8	100
Итого . .		34	100	

Таким образом, сток октября определяется: 1) осадками VI, VII, VIII, IX и X месяцев, взятых в разных комбинациях; 2) осадками VIII и IX месяцев, взятых вместе, если эта сумма осадков меньше 80 мм, 3) осадками VIII месяца, если они меньше 40 мм 4) осадками VII месяца, если они больше 100 мм и 5) осадками IX месяца, если они больше 70 мм.

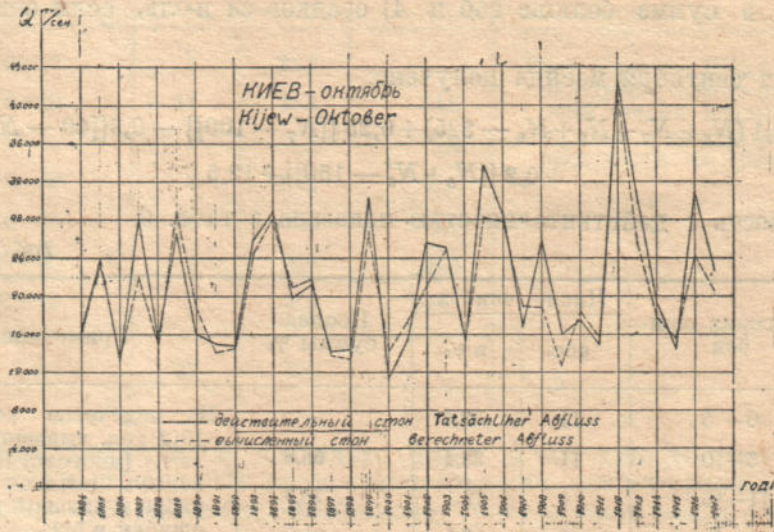


Рис. 4

В виде иллюстрации данные вычислений для октября месяца даны на рис. 4.

В качестве примера деталей вычислений по отдельным месяцам ниже дана таблица вычислений для октября (см. табл. 11 на стр. 71).

Таким образом, в конечном итоге оказались вполне удовлетворительно связанными с климатическими факторами значения стока для таких месяцев: май, июнь, июль, август, сентябрь и октябрь, т. е. для шести месяцев теплого поюгодия; в уравнения для первых трех месяцев вошли некоторые переменные величины, определяемые по найденной нами нижнепредельной кривой спада, а сток остальных месяцев — а также июля, определен непосредственно по соотношениям, не включающим в себя величин, даваемых теоретической кривой спада.

Вычисления действительного месячного стока за октябрь

Тысячи м³/сек

Водпост Киев

Годы	$N_6 + N_7 + N_8$	$N_9 + N_{10}$	$0,5(N_6 + N_7 + N_8 - 175)$	$0,1(N_9 + N_{10} - 70)$	$0,1 \frac{[(N_6 + N_9 - 80)]}{V(N_6 + N_9 - 80)^2}$	$0,2 \frac{[(N_8 - 40) - V(N_8 - 40)^2]}{2}$	$0,2 \frac{[(N_7 - 100) + V(N_7 - 100)^2]}{2}$	$0,5 \frac{[(N_9 - 70) + V(N_9 - 70)^2]}{2}$	$\sum + 14$	Действительный сток	Ошибки абс.	Ошибки в % к действительному стоку	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1884	196	80	1,1	1,0						16,1	16,3	- 0,2	- 0,1
1885	211	139	1,8	6,9				1,0	23,7	23,8	- 0,1	- 0,0	
1886	207	58	1,6	- 1,2	- 0,8				13,6	13,2	+ 0,4	+ 0,3	
1887	235	120	3,0	5,0					22,0	28,0	- 6,0	- 21,4	
1888	210	56	1,8	- 1,4	- 2,2		2,8		15,0	15,7	- 0,7	- 4,5	
1889	222	153	2,4	8,3				4,0	28,7	26,5	+ 2,2	+ 8,3	
1890	219	113	2,2	4,3		- 1,8			18,7	16,1	+ 2,6	+ 16,2	
1891	219	49	2,2	- 2,1					14,1	15,0	- 0,9	- 6,0	
1892	170	102	- 0,3	3,2	- 1,7	- 0,8			14,4	14,8	- 0,4	- 2,7	
1893	277	103	5,1	3,3			2,0		24,4	25,9	- 1,5	- 5,8	
1894	245	145	3,5	7,5				3,0	28,0	28,9	- 0,9	- 3,1	
1895	221	116	2,3	4,6					20,9	19,8	+ 1,1	+ 5,6	
1896	239	91	3,2	2,1				2,5	21,8	21,2	+ 0,6	+ 2,8	
1897	181	81	0,3	1,1	- 0,6	- 1,0			13,8	14,2	- 0,4	- 2,8	
1898	205	89	1,5	1,9	- 1,5	- 4,6	2,0		13,3	14,4	- 1,1	- 7,6	
1899	247	136	3,6	6,6				2,5	26,7	30,2	- 3,5	- 11,6	
1900	187	85	0,6	1,5	- 1,1	- 0,8			14,2	11,3	+ 2,9	+ 25,7	
1901	215	83	2,0	1,3					17,3	15,6	+ 1,7	+ 10,9	
1902	265	90	4,5	2,0			0,6		21,1	25,6	- 4,5	- 17,6	
1903	295	85	6,0	1,5	- 0,7		3,8		24,6	25,1	- 0,5	- 0,2	
1904	166	90	- 0,5	2,0					15,5	15,2	+ 0,3	+ 0,2	
1905	188	170	0,7	10,0				3,5	28,2	33,7	- 5,5	- 16,3	
1906	267	112	4,6	4,2			3,4	1,5	27,7	28,6	- 0,9	- 3,2	
1907	258	24	4,2	- 4,6	- 1,3		6,6		18,9	16,8	+ 2,1	+ 12,5	
1908	250	80	3,8	1,0					18,8	25,8	- 7,0	- 27,2	
1909	205	75	1,5	0,5	- 1,1	- 2,2			12,7	16,0	- 3,3	- 20,6	
1910	262	52	4,4	- 1,8			1,8		18,4	17,5	+ 0,9	+ 5,1	
1911	218	65	2,2	- 0,5					15,7	14,9	+ 0,8	+ 5,4	
1912	200	152	1,3	8,2				18,5	42,0	42,7	- 0,7	- 1,6	
1913	296	68	6,1	- 0,2			5,8		25,7	30,1	- 4,4	- 14,6	
1914	177	107	0,1	3,7					17,8	19,3	- 1,5	- 7,8	
1915	212	68	1,9	- 0,2					15,7	14,4	+ 1,3	+ 9,2	
1916	274	110	5,0	4,0			1,2		24,2	30,7	- 6,5	- 21,2	
1917	237	94	3,1	2,4			1,0		20,5	22,7	- 2,2	- 9,7	

Легко представить, что суммы выведенных соотношений, взятые для любых комбинаций месяцев, вошедших в обработку, должны достаточно точно отображать суммарные значения стока для этих комбинаций, т. е. по выведенным зависимостям нетрудно получить уравнения для сезонного стока за весь летний сезон, или уравнение для периода VII—X и т. д.

Можно предположить однако, что сезонные значения стока проще увяжутся в сопоставлении лишь с некоторыми из тех факторов, которые выявлены для стока отдельных месяцев.

Вне наших исследований пока остались, таким образом, месяцы холодного полугодия, а также месяцы обычного весеннего подъема воды. Этот анализ должен будет составить предмет особого изложения, и некоторые предварительные результаты в этом отношении уже получены.

Выводы общего порядка были намечены нами выше, на стр. 64; все изложенное в целом эти выводы целиком подтверждает.

Таким образом, можно считать: 1) *месячные значения стока, вообще говоря, могут быть увязаны с характеристиками климатических элементов; 2) такая увязка может быть осуществлена путем детального учета не только некоторых суммарных характеристик климатических элементов, но и распределения последних во времени и даже в пространстве (при разном характере отдельных частей бассейна), 3) общий путь нахождения закономерностей должен состоять в последовательном включении в расчетные зависимости как отдельных частных характеристик, так и отклонений таковых от некоторых предельных „критических“ их значений.*

Выше было указано, что в существующих формулах для стока фигурируют или лишь осадки (Шрейбер, Уле, Келлер, Пенк), в других — еще температуры (Оппоков, Вермюэль, Джестин) или дефицит насыщения (Руссель, Великанов, Соколовский), в формуле проф. Я. Т. Ненько — еще зимние осадки и температуры. Применительно к поставленной нами задаче: составлению формулы, в которую можно было бы уложить ход изменений стока в каждый отдельный год, можно отметить следующее.

Во-первых, следует предположить, что вариации годового стока A_i в общем случае нельзя выразить в зависимости только от одной годовой суммы осадков $N_{\text{год}}$:

$$A_i = f(N_{\text{год}}) = a \cdot N_{\text{год}}$$

такое предположение предусматривает в скрытом виде наличие постоянства коэффициентов стока из года в год, что возможно допустить только в некоторых специфических условиях (реки Швеции).

Во-вторых, повидимому, ход годового стока должен искажаться явлениями накопления и расходования влаги, согласно закона *Пенка—Оппокова*¹ в общем случае, *если учет последних не осуществляется косвенным путем*, задача по установлению связи между климатическими элементами и стоком для отдельных годов — может быть решена только в первом грубом приближении.

В третьих, весьма важным фактором (обычно неучитываемым) должны являться характеристики того или иного *распределения годовых осадков на протяжении всего годового периода*; иначе говоря, одинаковые годовые суммы осадков должны давать, при прочих равных условиях, различный эффект для стока в зависимости от того, какими порциями и в какие естественные периоды эти осадки выпадали.

Наконец, *в четвертых*, исследование этого вопроса должно в значительной мере осложняться уже отмеченной выше *взаимною связанностью*

¹ Проф. Е. В. Оппоков. Накопление и расходование влаги в грунтах равнинных речных бассейнов. 1908 г. Сток и испарение, как функция атм. осадков в речном бассейне. Вісті Н.-д. інст. водн. госп. Укр. т. II, ч. 2, 1929, стр. 143 — 170.

отдельных климатических факторов; весьма часто, как устанавливает климатология, известному ходу осадков отвечает вполне определенный ход температур, точно также как ход осадков в одни естественные периоды часто бывает тесно связан с ходом их в последующие или предыдущие естественные периоды. Такая взаимная связанность может вести к затруднениям в попытках действительного выделения отдельных действующих факторов, но с другой стороны, такая связанность может облегчать отыскание главных действующих факторов, в их средне-превалирующем влиянии, если не принимать во внимание отдельные выпадающие из общей средней схемы случаи.

Как указывалось сток р. Днепра у г. Киева, как и иных рек Украины, по проф. Я. Т. Ненько,¹ должен определяться в зависимости от климатических факторов по его вышеприведенным двум формулам (2) и (3).

При ближайшем исследовании результатов, которые дают формулы проф. Я. Т. Ненько в применении их к Киеву, обнаруживается следующая сходимостъ вычислений с действительностью:

Категория ошибок	По ф-ле 2		По ф-ле 3		Примечания
	абс. число	%	абс. число	%	
0—10%	4	25	5	31	Макс. ошибки: по ф-ле (2): 38% по ф-ле (3): 182,0%
0—15%	5	31	8	50	
0—20%	9	56	10	62,5	
0—25%	9	56	10	62,5	
0—30%	11	68,5	13	81	
>30	5	31	3	19	

Сходимость формул проф. Я. Т. Ненько с действительностью иллюстрирована на рис. 5.

При этом нужно отметить, что сравнение результатов вычислений автором формулы выполнено по старым данным о стоке для Киева, принадлежащим проф. Е. В. Оппокову. При замене этих последних данных более точными — нашими — в которых учтены изменчивость русла и зимний режим, расхождение теоретических подсчетов с действительностью значительно *еще более увеличивается*. Точность годовых значений стока может быть оценена в пределах не ниже 5—10% (в условиях Киева); точность вычислений осадков и температур, вводимых в расчетные формулы, вероятно, также близка к 10%, что в сумме вряд ли может давать ошибки более 15%. Отсюда видно, что сходимость формулы проф. Я. Т. Ненько с действительными данными является совершенно недостаточной; правильно ход явлений стока учитывается менее, чем в 50% всех случаев.

Нетрудно наметить и причины этого. В самом деле, обе формулы проф. Я. Т. Ненько можно изобразить в таком общем виде:

$$y = x[f(t_0, x_0)] = \alpha x$$

Отсюда видно, что член, заключенный в скобки, в сущности представляет собою коэффициент годового стока α . Трудно предположить, что коэффициент годового стока в действительности может определяться

¹ Проф. Я. Т. Ненько. Відносна величина весняного збігу. Науково-техн. вісник, № 5, 1930, Харків.

Проф. Я. Т. Ненько. Найголовніші чинники річного стоку. Вісті Наук.-дослід. інституту водного господарства України, т. II, ч. 1, Київ, 1929.

целиком величинами зимних осадков и зимних температур — x_6 и t_6 . Эти два фактора, как это было выяснено еще акад. Е. В. Оппоковым, действительно для некоторых рек Украины являются главными в ходе годового стока, однако несомненно, на величину коэффициента стока должен

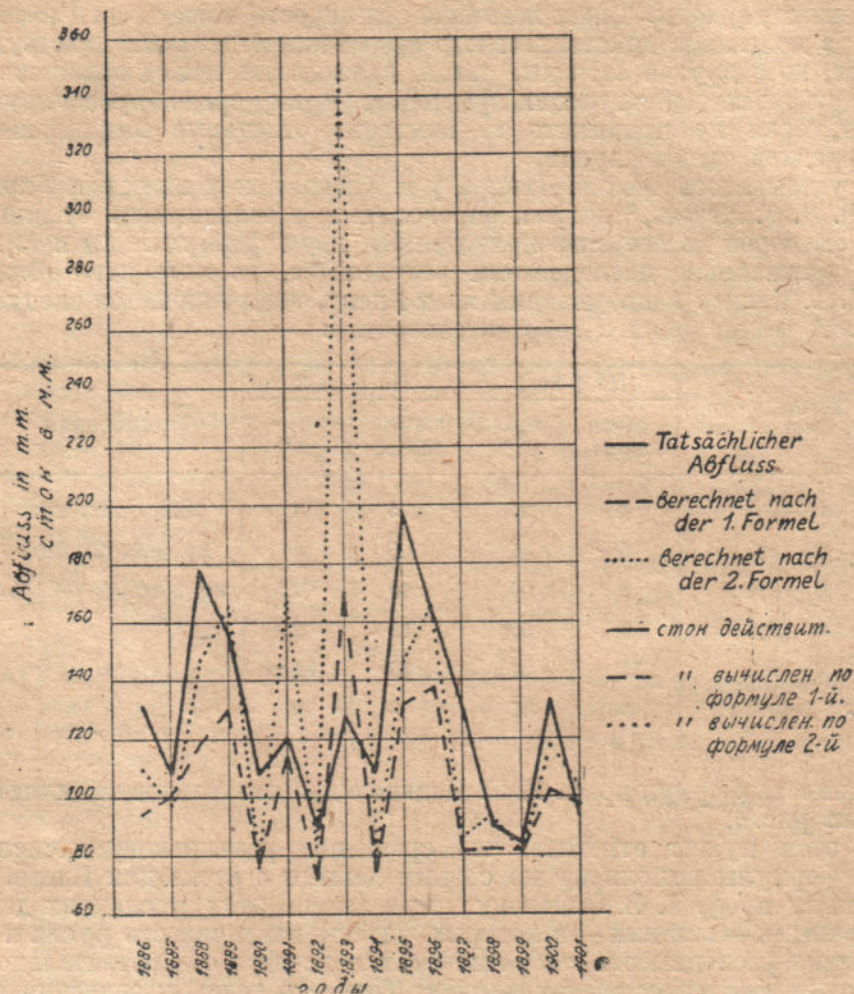


Рис. 5

влиять и ряд иных факторов, в особенности в условиях равнинных бассейнов, где могут иметь видную роль явления накопления и расходования влаги. Поэтому ошибки, даваемые формулами проф. Я. Т. Ненько в применении их к р. Днепру, отнюдь не являются случайными: эти ошибки вполне законны, и при продолжении его вычислений (которые у проф. Я. Т. Ненько даны для р. Днепра лишь для 1886 — 1901), повидимому, вполне уверенно можно ожидать еще более значительных отклонений его вычислений от действительности.

Отметим, что для Ю. Буга формулы проф. Я. Т. Ненько дают значительно лучшие результаты, хотя и тут ошибки $> 15\%$ составляют соответственно $38,5\%$ и 23% от всего числа случаев. Повидимому, для условий Ю. Буга факторы t_6 и x_6 являются более существенными в ходе годового стока, чем для р. Днепра.

Однако на этом основании мы никак не можем согласиться с автором разбираемых формул в том, что его формулам можно придавать более

общее значение — годных и применимых для всех рек УССР. Это могло бы быть доказано только лишь поверкой его формул на данных действительных измерений по рекам, представляющим хотя бы основные типы рек УССР и расположенным при том в различных ее районах. Однако теоретически, вряд ли можно ожидать в этом случае хороших результатов.

В соответствии с принятыми нами общими принципами подобного рода исследований, сформулированными выше (в разделе, посвященном изучению месячных значений стока), исследование годового стока было начато с выявления основных действующих факторов этого процесса. В рассмотрение были взяты значения стока, относящиеся к гидрологическим годам, (с I-X) за период 1884—1917 гг. (по тем же соображениям, что и для исследования месячного стока).

В то время, как значения стока для отдельных годов не обнаруживают параллельного хода с осадками этих же годов, выявилось, что более ясно выраженная закономерность имеет место во взаимном ходе годовых осадков и годовых потерь (т. е. разностей годовых осадков $N_{\text{год}}$ и годового стока $A_{\text{год}}$).

В то же время, при изучении изменчивости годовых коэффициентов стока, было констатировано такое явление: *большие значения коэффициентов стока имеют место только тогда, когда им предшествуют значительные летне-весенние осадки в предыдущий год.*

Эти выявленные нами два положения были положены в основу дальнейшего.

Рассмотрим их подробнее.

Первое положение — о более резко выраженной связи с осадками потерь, чем стока с осадками, видно из рис. 6 и 7. В то время, как значения стока при осадках, больших приблизительно 550 мм, никакой зависимости от осадков не обнаруживают, значения потерь (рис. 7) имеют ясно выраженную тенденцию возрастать так же, как возрастают значения осадков; максимальным осадкам отвечают максимальные потери, в то время как максимальные значения стока имеют место при осадках, близких к середине всей амплитуды.

Второе положение иллюстрируется вполне определенной связью, наметившейся на рис. 8 между значениями годовых коэффициентов стока α , с одной стороны, и суммами годовых осадков, взятыми за теплую часть предшествующего года, т. е. за месяцы с апреля по сентябрь включительно. Рис. 8 показывает, что большие значения коэффициентов могут

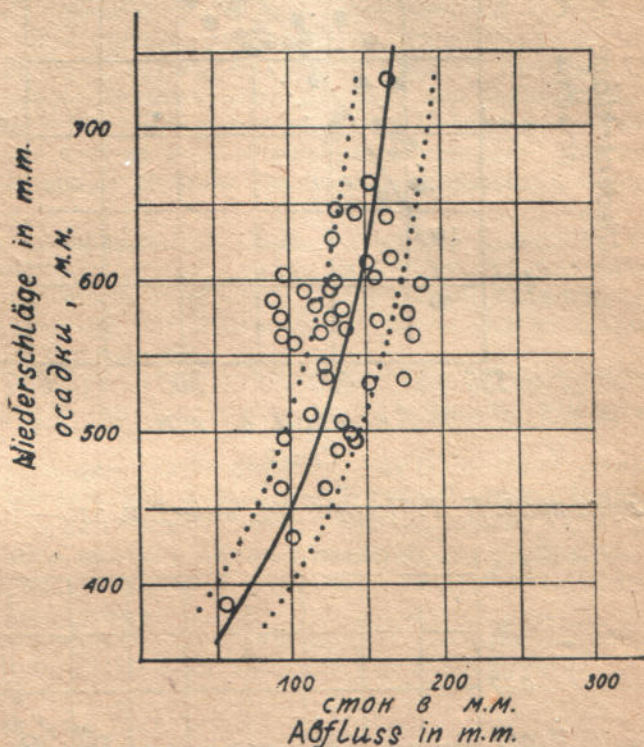


Рис. 6

иметь место только при значительных осадках шестьющего года; наоборот, минимальные

теплой половины пред- значения коэффициентов стока (1920, 1886, 1884 г.) отвечают очень малым значениям осадков пред- шествующего года. Интере- сно отметить, что полу- чающаяся на рис. 8 раз- бросанность точек, если за закон связи коэффи- циентов стока с осадками принять среднюю сплош- ную линию, дает в огромном большинстве случаев ошибки менее 20%; предельные линии для ошибок, более значи- тельных, чем указанный предел, намечены при- ближенно крайними пунк- тирными линиями; таким образом, по связи рис. 8 ошибки более 20% полу- чаются в 13 случаях из всего числа случаев в 40, т. е. ошибки величиною более 20% имеем всего в 32 всех случаев (про- тив 44—38% по фор- мule проф. Я. Т. Ненько, см. выше), и это — только при введении в расчет

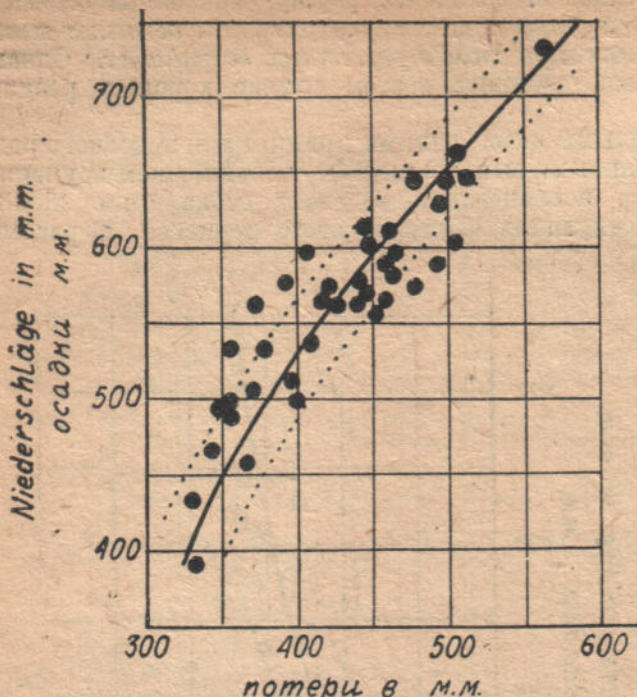


Рис. 7

мудре проф. Я. Т. Ненько, см. выше), и это — только при введении в расчет

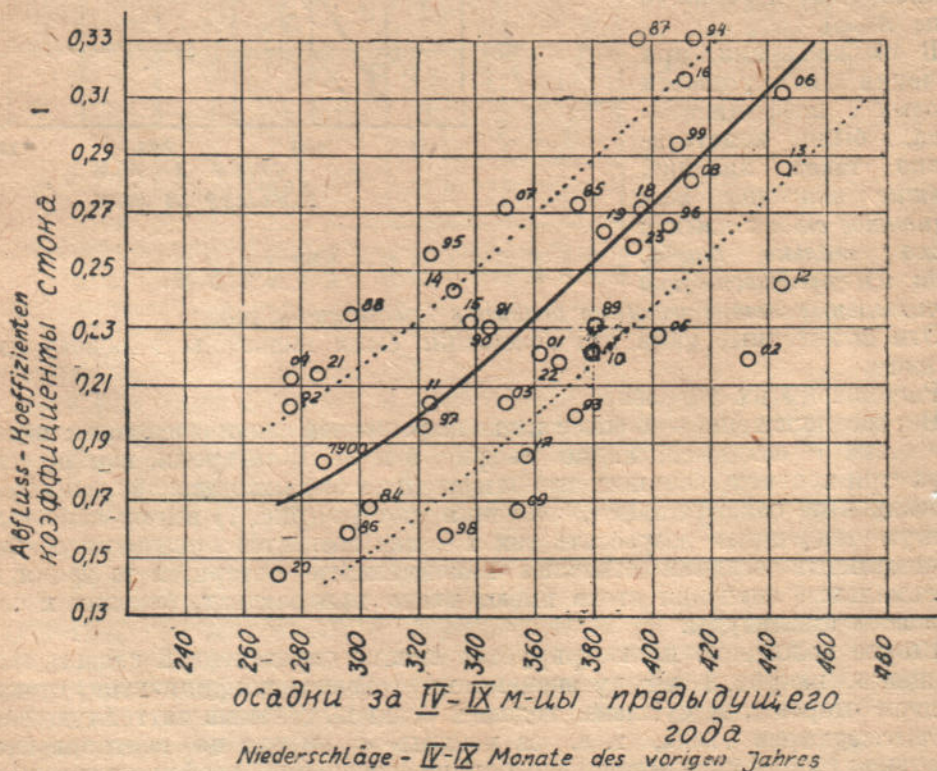


Рис. 8.

одних осадков теплой части *прошлого года*; ошибки, величиною менее 10 % имеем в 18 случаях, т. е. в 45 % всех случаев (против 25 и 31 % по формуле проф. Я. Т. Ненько), а максимальная ошибка (1902 г.) равна всего 38 % (против 38 и 182 % по проф. Я. Т. Ненько).

Отметим, что такие же, т. е. значительно лучшие соотношения, чем результаты применения формулы проф. Я. Т. Ненько, дает и приближенная зависимость, показанная на рис. 7: ошибки, больше 20 %, получаются тут тоже только в 13 случаях, т. е. в 32,5 % всех случаев.

Связь, полученная между величинами коэффициентов стока и осадками теплых месяцев предыдущего года, отнюдь не является логически странной. Легко себе представить, что та или иная величина коэффициентов стока должна прежде всего определяться общей подготовкой бассейна в предшествующий период; если предшествующий год, именно его теплые месяцы, был беден осадками, то в последующий год процент стекающих осадков, (т. е. коэффициент стока) должен быть меньше, ибо более значительная часть осадков пойдет на предварительное насыщение почв бассейна до какого-то минимума или на пополнение истощившихся запасов влаги в грунтах бассейна; в годы, идущие за годами с большим количеством осадков (в теплые месяцы), процент потерь выпадающих осадков должен быть меньше, т. е. коэффициенты стока — больше; понятно, что осадки холодных (зимних) месяцев в этом случае на подготовку бассейна для процессов стока в последующем году существенного влияния оказывать не должны; это последнее обстоятельство было подтверждено рядом соответствующих поверочных построений.

Сопоставление величин потерь с величинами осадков предыдущего года (без зимы) также выявило определенную закономерность и в этом случае.

В качестве следующих основных действующих факторов были выявлены: 1) зимние осадки за месяцы XII, I, II, III и 2) суммы зимних температур за те же месяцы. С коэффициентами стока зимние осадки обнаружили прямо пропорциональную связь, а зимние температуры — обратную. В отношении потерь констатировано, как и следовало ожидать, обратное соотношение.

В результате, в качестве первого приближения к действительному ходу процессов годового стока, были составлены такие зависимости.

Для коэффициента стока α :

$$\alpha = 0,00095 N_{IV-IX}^1 - 0,0039 t_{XII-III} + 0,00109 N_{XII-III} - 0,305 \quad (28)$$

где N_{IV-IX}^1 — осадки за период с IV по IX *предыдущего года*;

$t_{XII-III}$ — сумма температуры за XII — III данного года,

$N_{XII-III}$ — сумма осадков за то же время.

Для потерь u :

$$u = 0,89 N_{год} - 0,5 N_{XII-III} - 0,22 N_{меж}^1 + 2,5 t_{XII-III} + 133 \quad (29)$$

где: $N_{год}$ — сумма осадков за данный гидрологический год,

$N_{меж}^1$ — сумма осадков за *предшествующий* гидрологический год, исключая XII — III месяцы этого года,

$N_{XII-III}$ и $t_{XII-III}$ — имеют те же значения, что и выше.

В таком случае формулы годового стока Y могут быть написаны в таком виде:

$$Y_1 = 0,001 N_{год} (0,95 N_{IV-IX}^1 - 3,9 t_{XII-III} + 1,09 N_{XII-III} - 305) \quad (30)$$

$$Y_2 = 0,11 N_{год} + 0,5 N_{XII-III} + 0,22 N_{меж}^1 - 2,5 t_{XII-III} - 133 \quad (31)$$

Сходимость результатов по обеим формулам приведена в нижеследующей табличке:

Таблица 12

№№ п. п.	Категории оши- бок	По у-нию 30 (по α)			По у-нию 31 (по u)		
		Число ошиб.		Послед. суммы %	Число ошиб.		Послед. суммы %
		абс.	%		абс.	%	
1	0—5	9	27,2	—	9	27,3	—
2	6—10	9	27,3	54,5	12	36,4	63,7
3	11—15	7	21,2	75,7	7	21,2	84,9
4	16—20	6	18,2	93,9	4	12,1	97,0
5	21—25	1	3,05	96,95	1	3,0	100
6	26—30	—	—	—	—	—	—
7	31—36	1	3,05	100	—	—	—
	Итого . .	33	100		33	100	

Следующая таблица дает различные категории ошибок, вычисленных в мм:

Таблица 13

№№ п. п.	Категории оши- бок	По у-нию 30 (по α)			По у-нию 31 (по u)		
		Число ошиб.		Послед. суммы %	Число ошиб.		Послед. суммы %
		абс.	в %		абс.	в %	
1	0—5	5	15,1	—	9	27,3	—
2	6—10	11	33,3	48,4	6	18,2	45,5
3	11—15	6	18,2	66,6	8	24,2	69,7
4	16—20	6	18,2	84,8	7	21,2	90,9
5	21—25	1	3,0	87,8	1	3,1	94,0
6	26—30	2	6,1	93,9	2	6,0	100
7	31—45	2	6,1	100	—	—	—
	Итого . .	33	100	—	33	100	

Таким образом, найденные зависимости (30) и (31), в общем, достаточно близко отражают действительный ход процессов годового стока. При этом уравнение (31) дает лучшие результаты, чем уравнение (30), оперирующее с коэффициентами стока.

Для уравнения (31) оказалось возможным легко найти еще один дополнительный поправочный член; выяснилось, что наиболее крупные ошибки имеют место для годов, которым свойственны наиболее высокие значения $t_{XII-III}$, т. е. наиболее теплые зимы, в частности, теплый март месяц с положительной средней температурой; при этом высокие температуры марта оказывают тем более сильное влияние, чем выше температуры всей зимы. Поправочный член Δ_1 , учитывающий отмеченное, был выражен в таком виде:

$$\Delta_1 = +(2+t_m)(t_{XII-III}+17)$$

причем введение величины Δ_1 , оказалось полезным лишь в тех случаях, когда $\Sigma t_{\text{ХП-III}} \leq -26^\circ$ (т. е. в 26 случаях из 33).

Таким образом, более уточненный вид уравнения (31) оказывается таким:

$$Y_2^1 = 0,11 N_{\text{год}} + 0,5 N_{\text{ХП-III}} + 0,22 N_{\text{меж}}^1 - 2,5 t_{\text{ХП-III}} + [(2 + t_{\text{III}}) (t_{\text{ХП-III}} + 17)] - 133 \quad (32)$$

Ошибки, получаемые по этому уравнению, даны в нижеследующей таблице:

Таблица 14

№ п. п.	Категории ошибок	Ошибки в %			Ошибки в мм		
		Число	%	Послед. суммы %	Число	%	Послед. суммы %
1	0—5	12	36,4	—	11	33,3	—
2	6—10	12	36,4	72,8	7	21,2	54,5
3	11—15	7	21,2	94,0	9	27,3	81,8
4	16—20	2	6,0	100	6	18,2	100
	Всего . .	33	100		33	100	

Годовой сток у Киева
Jahres Abfluss bei Kijew

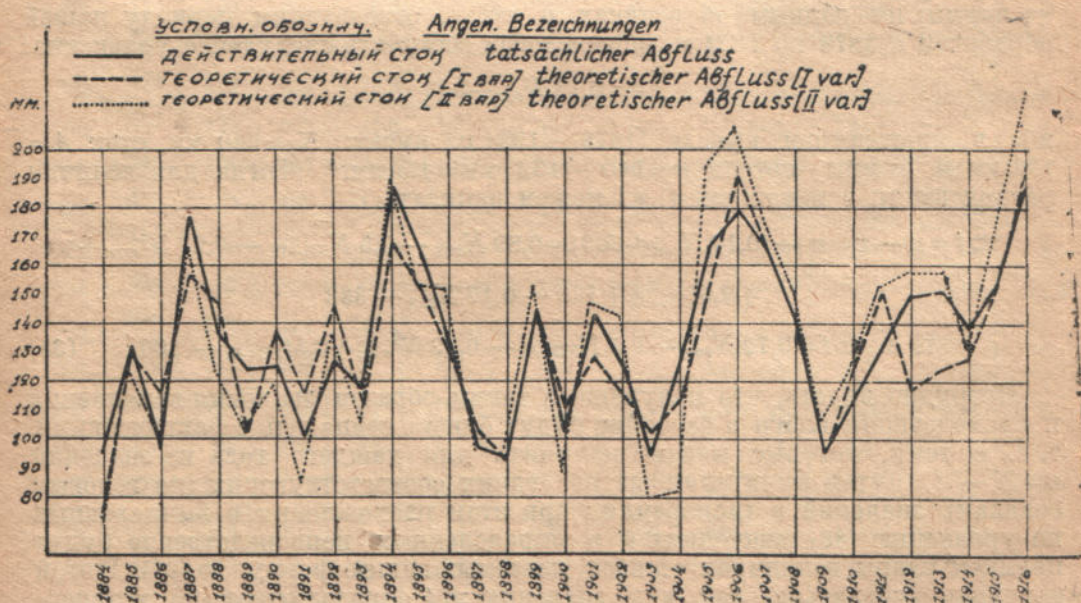


Рис. 9

Т. е. в огромном большинстве случаев (94%) ошибки остаются меньше 15%, а в 81,8% — меньше 15 мм; средняя ошибка равна всего 8%.

Сходимость уравнений (30)—вар. II и (32)—вар. I с данными действительных вычислений показана на рис. 9.

Основные элементы вычислений для у-ний (30), (31) и (32) даны в таблицах 15 и 16 (см. стр. 81 и 82).

Дальнейшие исследования должны были бы включить в расчет еще другие, не рассмотренные факторы, в частности дальнейшие особенности распределения температур и осадков как во взятом зимнем периоде, так и в течение иных естественных сезонов года, вовсе не освещенных элементами, входящими в составленные уравнения.

В связи с тем, что учет этих последних факторов представлялся рациональным осуществить лишь после того, как будет доведено до конца изучение особенностей стока в отдельные сезоны, каковая задача нами в настоящее время еще целиком не выполнена, дальнейшее уточнение выведенных зависимостей мы оставляем на дальнейшее время, и сохраняем за ними лишь значение первого приближения к действительности.

Выведенное выражение для значений потерь дает возможность проанализировать эти потери при их более детальном рассмотрении.

В общем виде, как известно, уравнение для потерь может быть написано так:

$$N_{\text{год}} - A - v = \pm t \quad (33)$$

где v — испарение, $\pm t$ — накопление (плюс) и расходование (минус) влаги в бассейне.

Отсюда можно написать:

$$\pm t = u - v \quad (34)$$

где $u = N_{\text{год}} - A$, т. е. потери.

Зададимся для испарения выражением, отвечающим предлагаемому для р. Днепра (выше Киева) академиком *Е. В. Оппоковым*¹ закону, именно, что испарение возрастает на 17 мм на каждые 100 мм отклонения осадков от нормы; по данным об осадках и стоке, отвечающим периоду нашей обработки с 1878 по 1924 г., можем тогда составить следующее уравнение:

$$v = 0,17 N_{\text{год}} + 333$$

либо в многолетнем выводе (1878 — 1924 г.) имеем: $N_0 = 560$ мм, сток $A = 132$ мм и, значит, потери $u = 560 - 132$ мм = 428 мм.² Тогда для величин расходования и накопления $\pm t$ можем написать:

$$\begin{aligned} \pm t = u - v = u - (0,17 N_{\text{год}} + 333) = 0,89 N_{\text{год}} - 0,5 N_{\text{ХП-III}} - 0,22 N_{\text{меж}}^1 + \\ + 2,5 t_{\text{ХП-III}} + 133 - 0,17 N_{\text{год}} - 333 \end{aligned}$$

$$\text{т. е. } \pm t = 0,72 N_{\text{год}} - 0,5 N_{\text{ХП-III}} - 0,22 N_{\text{меж}}^1 + 2,5 t_{\text{ХП-III}} - 200 \quad (35)$$

Нетрудно видеть, что полученные таким образом значения накопления и расходования влаги в бассейне будут близко совпадать с фактическими, т. е. с теми, которые можно получить для каждого года из значений $u = N - A$, путем вычитания из последних соответствующих (по годовым осадкам) значений v (испарения); при этом расхождения в вычисленных по уравнению (35) значениях t и определенных непосредственно будут целиком равны величинам ошибок, даваемых нашей формулой (31). В этом нетрудно убедиться, так как значения $\pm t$ определяются (по установленному в гидрологии понятию этих значений) как разности потерь и испарения, согласно линейного уравнения (33); следовательно, приняв

¹ Проф. *Е. В. Оппоков*. Сток и испарение, как функция атм. осадков в речном бассейне. Вiстi Н-д. iн-ту водн. госп. Украiни, т. II, ч. 2-а, 1927—1928, Киiв, 1929.

² По данным проф. *Е. В. Оппокова* за 1876—1901 г. $N_0 = 556$ мм, $A = 137$ мм и $N_0 - A = u = 419$ мм.

Таблица 15
(вычисления по и)

Годы (гидр.)	N год	N зим.	N мес. пред. года	tXII—III	Результат по у-нию [35] в мм	Действит. сток в мм	Ошибки		tIII	Результат по у-нию [36]	Ошибки	
							абсол. в мм	в %			абсол. в мм	в %
1884	566	99	335	— 9,4	75,9	95	19,1	— 2,0	— 0,4	88	— 7	— 7
1885	488	99	467	— 22,5	129,2	132	— 2,8	— 2,1	— 4,5	143	11	8
1886	603	132	389	— 11,9	114,7	96	18,7	19,5	— 1,7	116	20	21
1887	532	129	471	— 24,8	155,6	176	— 20,4	— 11,6	— 4,5	176	— 1	— 0,4
1888	578	117	403	— 27,3	146,0	136	10,0	7,3	— 5,5	146	10	7
1889	537	72	461	— 15,2	101,5	124	— 22,5	— 18,1	1	106	18	— 14
1890	541	87	465	— 26,4	138,3	125	13,3	10,6	1	138	13	10
1891	431	115	454	— 17,2	114,8	100	14,8	14,8	— 2,3	115	15	15
1892	626	122	316	— 32	146,3	127	19,3	15,2	— 1,5	146	19	15
1893	582	70	504	— 13,5	111	117	— 6	— 5,4	0,9	121	4	3
1894	562	159	512	— 19	168,4	187	— 18,6	— 9,9	— 2,3	169	— 18	— 9,6
1895	642	122	403	— 26	152,3	164	— 11,7	— 7,1	— 0,8	152	— 12	— 7,3
1896	505	138	520	— 17,7	150,3	134	16,3	12,2	— 0,3	148	14	11
1897	499	108	367	— 18,3	102,4	97	5,4	5,6	— 4,7	105	8	9
1898	588	123	391	— 5,1	92,0	93	— 1,0	— 1,1	— 1,7	95	2	3
1899	494	122	465	— 23,6	143,7	144	— 0,3	— 0,2	— 3,3	152	8	6
1900	557	123	372	— 15,2	109,6	102	7,6	7,4	— 1,1	111	9	9
1901	644	137	434	— 10,3	127,6	143	— 15,4	— 10,8	— 0,3	139	— 4	— 3
1902	570	89	507	— 11,9	115,5	125	— 9,5	— 7,6	2,7	139	14	12
1903	461	72	481	— 17,0	102,0	94	8,0	8,5	— 3,4	102	8	8,5
1904	594	99	389	— 18,1	112,7	127	— 14,3	— 11,3	— 1,7	113	— 14	— 11,5
1905	732	124	495	— 13,5	152,2	167	— 14,8	— 8,9	— 0,2	174	7	4
1906	578	123	608	— 26	190,9	179	11,9	6,6	— 3,1	191	12	6,7
1907	614	159	450	— 21	165,5	166	— 0,5	— 0,3	— 3,1	170	4	2
1908	499	96	455	— 23,3	140,8	141	— 0,2	— 0,1	— 2,3	141	0	0
1909	575	111	403	— 7,8	94,0	95	— 1,0	— 1,0	0	112	17	18,2
1910	514	94	464	— 20,9	124,9	114	10,9	9,6	1,8	117	3	3
1911	645	139	520	— 20,7	151,7	132	19,7	14,9	1,9	127	5	4
1912	611	97	506	— 9,1	116,8	150	— 33,2	— 22,1	2,5	148	— 2	— 1,5
1913	534	142	514	— 5,5	123,6	152	— 28,4	— 18,7	1,7	166	14	9,5
1914	567	151	392	— 14,6	127,6	138	— 10,4	— 7,5	— 4,6	122	— 16	— 11,6
1915	663	180	416	— 12,5	153,8	154	— 0,2	— 0,1	— 1,5	156	2	1,3
1916	596	141	483	— 33,3	192,7	188	4,7	2,5	— 6,6	193	5	2,5

Таблица 16
(вычисления по а)

Годы	а	N _{год}	N ^{IV} — IX	N ^{XII} — III	Σ ^{XII} — III	Вычисленный сток, мм	Действитель- ный сток, мм	Ошибки	
								в %	абсол. в мм
1884 — 85	0,168	566	304	99	— 9,4	72	95	— 24	— 23
85 — 86	0,272	488	378	99	— 22,5	122	132	— 8	— 10
86 — 87	0,159	603	296	132	— 11,9	100	96	+ 11	+ 4
87 — 88	0,330	532	396	129	— 24,8	164	176	— 6	— 12
88 — 89	0,235	578	298	117	— 27,3	122	136	— 10	— 14
89 — 90	0,231	537	381	72	— 15,2	104	124	— 16	— 20
90 — 91	0,232	541	340	87	— 26,4	117	125	— 7	— 8
91 — 92	0,231	431	346	115	— 17,2	84	100	— 16	— 16
92 — 93	0,203	626	276	122	— 32	135	127	+ 6	+ 8
93 — 94	0,201	582	375	70	— 13,5	104	117	— 11	— 13
94 — 95	0,332	562	415	159	— 19	189	187	+ 1	+ 2
95 — 96	0,256	642	325	122	— 26	153	164	— 7	— 11
96 — 97	0,265	505	406	138	— 17,7	151	134	+ 13	+ 17
97 — 98	0,195	499	322	108	— 18,3	95	97	— 3	— 2
98 — 99	0,158	588	330	123	— 5,1	96	93	+ 3	+ 3
99 — 900	0,293	494	408	122	— 23,6	152	144	+ 5	+ 8
900 — 01	0,184	557	284	123	— 15,2	88	102	— 14	— 14
01 — 02	0,221	644	362	137	— 10,3	146	143	+ 3	+ 3
02 — 03	0,219	570	433	89	— 11,9	142	125	+ 14	+ 17
03 — 04	0,204	461	350	72	— 17	79	94	— 16	— 15
04 — 05	0,213	594	276	99	— 18,1	81	127	— 36	— 46
05 — 06	0,228	732	402	124	— 13,5	194	167	+ 16	+ 27
06 — 07	0,310	578	445	123	— 26	208	179	+ 16	+ 29
07 — 08	0,271	614	351	159	— 21	174	166	+ 4	+ 8
08 — 09	0,282	499	413	96	— 28,3	151	141	+ 7	+ 10
09 — 10	0,166	575	355	111	— 7,8	105	95	+ 10	+ 10
10 — 11	0,221	514	380	94	— 20,9	123	114	+ 9	+ 9
11 — 12	0,204	645	323	139	— 20,7	152	132	+ 15	+ 20
12 — 13	0,245	611	444	97	— 9,1	157	150	+ 5	+ 7
13 — 14	0,235	534	446	142	— 5,5	158	152	+ 4	+ 6
14 — 15	0,243	567	331	151	— 14,6	131	138	— 5	— 7
15 — 16	0,232	663	338	180	— 12,5	174	154	+ 13	+ 20
16 — 17	0,316	596	412	141	— 33,3	220	188	+ 17	+ 32

закон изменения испарения и потерь линейными, мы и для $\pm t$ должны получить результаты, укладывающиеся в линейное же уравнение, причем

$$\pm t = u - v \pm \Delta_1 \quad (36)$$

где $\pm \Delta_1$ — ошибки теоретического вычисления значений u .

Иначе говоря, в указанном понимании, значения накопления и расхода влаги в бассейне являются дополнениями к испарению, исправленными на $\pm \Delta_1$ до полной величины потерь u .

Отсюда же ясно, что точно такие же результаты, т. е. весьма хорошее совпадение значений $\pm t$, вычисленных по уравнению, аналогичному у-нию (35), и определяемых непосредственно, мы получим и при любой иной форме выражения для испарения, приняв, напр., что $v = 0,50 N_{\text{год}} + 148$, т. е. явно несообразный закон изменения испарения с увеличением осадков. Еще иначе, то же самое можно формулировать так: если принять зависимость испарения от годовых осадков, отвечающей линейному уравнению, то действительный сток плюс накопление или минус расходование влаги тоже должны изменяться по линейному закону, ибо

$$N_{\text{год}} - v = A \pm t$$

$$\text{т. е. } N_{\text{год}} - (aN_{\text{год}} + b) = A \pm t, \text{ где } aN_{\text{год}} + b = v$$

$$\text{или: } N_{\text{год}}(1 - a) - b = A \pm t \quad (37)$$

Действительные подсчеты были выполнены акад. Е. В. Оппоковым¹ для р. Днепра и ряда иных рек для того, чтобы обнаружить это обстоятельство на ряде разобранных им примеров. Эти же данные акад. Е. В. Оппокова интересны в другом отношении.

Напомним, что под накоплением влаги в бассейне (+ t), по Е. В. Оппокову, следует понимать восстановление запасов влаги в речном бассейне, истощенных в предыдущий (или предыдущие) засушливый год, а под расходом (- t) — извлечение влаги из почв и частью из грунтовых вод в отдельные сухие годы для нужд не стока, а испарения.

Возьмем ряд примеров, для коих значения $\pm t$ даны акад. Е. В. Оппоковым в его вышеуказанном труде.

Сопоставим ряд значений $\pm t$, взятых в порядке их календарного изменения по годам, и найдем их последовательные интегральные значения. Тогда получим табличку, приведенную на след. странице.

Таблица 17 показывает, что при принятых в этой таблице способах вычисления значений $\pm t$, интегральные величины накоплений и расходований во всех приведенных случаях отличаются весьма значительным постоянством какого-либо одного преобладающего знака (большею частью — минуса). Таким образом, по р. Днепру следовало бы предположить наличие невосполняемого ничем расходования или дефицита влаги в грунтах непрерывно на протяжении периода с 1881 по 1902 г., т. е. на протяжении 22 лет (1881—1902 г.) и при том при абсолютных значениях до 244 мм; по р. Везер — то же самое на протяжении 13 лет (1899—1911 гг.); по р. Эльбе — по первому варианту (испарение = 27 мм на 100 мм) то же самое на протяжении 4 и затем 5 лет, а по второму варианту довольно длительное результативное накопление или избыток против нормы влаги — на протяжении 9 лет (1882—1890 гг.). Иначе говоря, почвы и грунты бассейна р. Днепра в течение 22 лет оказываются в состоянии отдавать свою влагу на испарение, отнюдь не восполняя эту отдачу на протяжении всех 22 лет целиком, т. е. *испарение оказывается более сильно действующим фактором, чем влагопоглощительная и влагоудерживающая способность почв и грунтов, повидимому, независимо*

¹ Проф. Е. В. Оппоков. Вісті Н.-д. інст., т. II, ч. 2.

Таблица 17

р. Днепр			р. В. Везер			р. Э л ь б а				
Годы	$\pm t$	$\Sigma \pm t$	Годы	$\pm t$	$\Sigma \pm t$	при 27 мм			при 45 мм	
						Годы	$\pm t$	$\Sigma \pm t$	$\pm t$	$\Sigma \pm t$
1880	-55	—	1896	39	—	1875	55	—	54	—
1881	-85	-140	1897	23	63	1876	-77	-22	-68	-14
1882	-39	-179	1898	-26	37	1877	-25	-47	-14	-28
1883	-12	-191	1899	-58	-21	1878	-9	-56	0	-28
1884	-28	-219	1900	-26	-47	1879	14	-42	14	-14
1885	57	-162	1901	-21	-68	1880	48	6	24	10
1886	-87	-249	1902	-22	-90	1881	-28	-22	-23	-13
1887	96	-153	1903	35	-55	1882	56	44	46	33
1888	-77	-230	1904	-54	-109	1883	-43	-1	-32	1
1889	31	-199	1905	+68	-41	1884	11	10	13	14
1890	-12	-211	1906	-36	-77	1885	-30	-40	-6	8
1891	-37	-248	1907	-21	-98	1886	38	-2	31	39
1892	-5	-253	1908	33	-65	1887	-39	-41	-13	26
1893	53	-200	1909	23	-42	1888	20	-21	3	29
1894	73	-127	1910	-9	-51	1889	-4	-25	-2	27
1895	-54	-181	1911	-63	-114	1890	45	20	15	42
1896	-6	-187	1912	123	+9					
1897	-16	-203	1913	-34	-25					
1898	-3	-206	1914	22	-3					
1899	101	-105	1915	-21	-24					
1900	-63	-168								
1901	+29	-139								
1902	101	-38								
1903	+63	+25								
1904	-41	-16								
1905	82	+66								
1906	85	+151								
1907	-45	+106								
1908	22	+128								

от состояния последних. Такое положение вещей вытекает только из того допущения, что потери обуславливаются в первую очередь испарением и при том подчиняющимся определенному линейному закону, в зависимости от годового количества осадков, а величины накопления и расходования влаги определяются, как производные от испарения, т. е. как дополнения к испарению до полной величины потерь.

Нам представляется, что такая постановка вопроса слишком упрощает очень сложное на самом деле явление.

В самом деле, можно отметить следующие положения:

1) Приведенная схема не учитывает того, что недостаток влаги в почвах и грунтах может пополняться не только за счет атмосферных осадков, а и за счет влаги, содержащейся в виде паров в воздухе; проф. А. Ф. Лебедевым¹ указывается, что таким путем почвы могут получать воду в количестве порядка около 100 мм. (в районе Одессы) в год; проф. Н. И. Максимович и доц. К. А. Деллен² также называют цифру, близкую к вышеотмеченной. В силу этого физически величины $\pm t$ не должны определяться только лишь в зависимости от суммы годовых осадков, а должны зависеть от всего комплекса факторов, определяющих процессы влагооборота в бассейнах, в том числе в почвах и грунтах,—в первую очередь, от дефицита насыщения. Таким образом, получаемые как разность $u-v$ значения $\pm t$ не характеризуют правильно действительных значений накопления и расходования влаги, имеющих место на самом деле в бассейне, поскольку в разности ($u-v$) не фигурирует то количество влаги, которое дождемерными измерениями не охватывается.

2) Действительная величина испарения в каждом году должна, повидому, зависеть не только от годовой суммы осадков, но в значительной степени также от: а) распределения этих осадков в году, б) соотношения жидких и твердых осадков (снега), в) хода температур в отдельные сезоны года, г) хода иных метеорологических факторов, определяющих энергию испарения; первые из этих положений как будто-бы подтверждаются установленными нами выше закономерностями: зависимостью стока последующего года от осадков только лишь за летние месяцы (а не за весь год), взятых за предшествующий год.

3) Действительная величина испарения в каждом году, наряду с указанным выше, должна определяться также различным свободным наличием влаги в грунтах, остающейся, как избыток над той, которая удерживается ими в том или ином размере³, ибо величины потерь в каждом году зависят прежде всего от степени дефицита влаги в бассейне, определяемого осадками теплой части предыдущего года, как это показано нами выше.

4) Для отдельных лет ход испарения в зависимости от осадков не является доказанным; можно предположить более правильной схему, которая предполагает гиперболический закон, предлагаемый, напр., Ольдекопом:

$$v = v_0 \operatorname{th} \frac{x}{v_0}, \quad (38)$$

где th символ гиперболического тангенса. Однако и такого рода соотношение вряд ли сможет правильно отобразить ход испарения по отдельным годам.

¹ Проф. А. Ф. Лебедев. Подземные и грунтовые воды. Москва, 1929.

² Проф. Н. И. Максимович и доц. К. А. Деллен. Происхождение и условия образования рсы. „Вісті“ Н.-Д. І.—ту Водн. Господ. Укр., т. I, Київ, 1927.

³ Данная формулировка представляется очень неопределенной, т. к. степень „пропитывания почв“ может быть очень различной. Испарение может сильно истощать запасы почвенных и даже грунтовых вод (высыхание почв, высыхание и выгорание торфяных болот, снижение уровня грунтовых вод в колодцах в годы засухи и т. д.), и эта способность испарения пополняться в сухие годы за счет запасов почвенных и грунтовых вод и является причиной относительного постоянства величины испарения в речных бассейнах в разные годы, по сравнению с другими гидрологическими элементами в таковых (осадками и стоком), на что нами указывалось еще в 1918 г. (См. Б. Оглоков. Про гідрологію взагалі й гідрологію водозбору Дніпра зокрема. „Збірник Природничої Секції Українського Наукового Товариства“, 1918—1919. Кн. 4, ст. 48). Наличие такого „расходования“ запасов почвенной влаги и грунтовых вод в равнинных речных бассейнах и последующего пополнения („накопления“) этих запасов в почвах и грунтах речных бассейнов была нами указана впервые еще в 1904 г. (Zeitschrift für Gewässerkunde, Bd. 6, S. 1—23), исходя в сущности из предположения о таком постоянстве величины действительного испарения в разные годы в бассейне р. Днепра.

Таким образом, резюмируя и имея в виду также сказанное выше в начале п. 4,—можно формулировать.

1) Действительный ход испарения в отдельные годы пока может быть представлен в виде определенных зависимостей лишь гипотетически¹.

2) Действительные величины накопления и расходования влаги в бассейне вряд ли могут быть определены сколько-нибудь точно даже для годов, по коим имеются значения осадков и действительного стока², ибо мы не можем точно ни определить величины годового испарения, ни учитывать всю влагу, принимающую участие в процессах влагооборота.

3) Истинные слагаемые, из коих составляются значения ежегодных потерь, подлежат дальнейшему изучению и выявлению.

Этими общими соображениями, вытекающими из приведенного, мы заканчиваем настоящее изложение, надеясь вернуться к более подробному развитию их в следующем, специально посвященном процессам стока, исследовании.

9/IV—1931 года.

Киев.

¹ Отметим еще, что действительные варианты годового стока даже в формулах сложного типа, включающих 4—5 переменных, не учитываются целиком и никак нельзя считать, что явление должно идти так, как это определяет выведенная формула (быть может, верная лишь в многолетних выводах); вряд ли правильно сложное явление подгонять к простой формуле, а не идти обратным порядком, т. е., искать для сложного явления и более сложные зависимости. Точно также совсем нельзя считать доказательными единичные случаи видимых соответствий принимаемым грубым гипотезам.

² Мы не разделяем мнения автора в этом отношении и показываем (Информационный Бюлетень Укрмета, т. III, 1924, № 1—3, стр. 4), что, например, для бассейна верхнего Днепра до г. Киева, по данному нами уравнению стока: $y=0,83(x-395)$ можно легко установить величину накопления и расходования влаги в отдельные годы. Так, например, для засушливого 1886 г., с $x=453$ мм. за год осадков в бассейне сток y , по вышеуказанному уравнению должен был бы составлять всего 48 мм., на самом же деле он был равен 138 мм.; разница 90 мм. соответствует расходованию влаги из грунтов в бассейне в 1885 г. Соответствующее же этому стоку (138 мм.) количество осадков в бассейне должно было бы составлять по тому же уравнению, 551 мм. а не 453 мм. т. е. быть больше на 108 мм.

В следующем же обильном осадками 1887 г., с $x=628$ мм. осадков в год должен был бы быть в бассейне Днепра у г. Киева сток $y=193$ мм по тому же уравнению; на самом же деле он был равен в этом году всего лишь 100 мм; разница 93 мм соответствует накоплению или восстановлению в 1887 г. запасов влаги, израсходованных в бассейне в предыдущий засушливый год, и близко равна величине расходования 1886 г. Соответствующее стоку 100 мм количество осадков по уравнению для р. Днепра до г. Киева должно было бы составлять только 516 мм вместо 628 мм; т. е. быть на 112 мм меньше.

Уже близость этих цифр, как для накопления 1887 и расходования 1886 г., так и для вероятных величин осадков, могущих обусловить бывший в действительности в эти годы сток при отсутствии накопления и расходования в бассейне, говорит за то, что величину накопления и расходования, а вместе с тем и величину действительного испарения влаги в бассейне можно все же определять достаточно приблизительно, по крайней мере в отдельные годы.

Проф. Е. Оттоков.

HAUPTFAKTOREN DES JAHRES-UND MONATSABFLUSSES DES FLUSSES DNJEPR BEI KIJEW

Im Forschungsprozess zur Erklärung des Dnjeprregims, wurden von uns der Abfluss vom Dnjepr¹ bei Kijew in der Periode 1878—1929 gleichfalls berechnet. Bei diesen Berechnungen wurden die Faktoren in Betracht gezogen, die bei Berechnung des Dnjeprabflusses bei Kijew nicht in Frage kamen, früher ausgeführt von Prof. Dr. E. W. Oppokow² und zwar 1) Veränderlichkeit des Dnjepr-Flussbettes bei Kijew und 2) Besonderheiten der Verhältnisse zwischen den Wasserständen und den Winterabflussmengen bei Vorhandensein von einer Eisdecke. Der Einfluss der Veränderlichkeit des Flussbettes wurde mittels Aufbaug von sechzehn appartigen Wasserabflusskurven, die dem Flussbettzustand in einzelnen analogen Jahresgruppen entsprachen, in Abzug genommen.

Als Grundlage der ausgeführten Aufstellungen diente der auf empirischem Wege festgestellte Gang der Verbesserungenabänderung der Wassermengen auf die Veränderlichkeit des Flussbettes für die ganze Periode 1878-1929. Diesen Gang fand ich³ aus Vergleichen der entsprechenden Wasserstände bei Kijew und in den Flussabwärtsgelegenen Lotsmanner Kamenka, die ein unveränderliches felsiges Flussbett hat, und gleichfalls auf Grund der Analyse einer Reihe von vorhandenen Ausmessungen der Dnjepr-Abflussmengen bei Kijew.

Die Abfluss-Berechnungen des Dnjepr bei Kijew für die Winterperiode wurden, ausgehend aus den Charakteristiken des Temperaturregims einzelner Winter und mittels Absonderung einer Reihe von natürlichen Perioden in einzelnen Wintern ausgeführt:⁴

Demzufolge sind die erhaltenen Abflussangaben des Dnjeprflusses bei Kijew bedeutend genauer, als die früher erhaltenen.

Diese Angaben des Abflusses waren weiterhin einer Analyse unterzogen, die den Zweck hatte die Hauptfaktoren der Abflussschwankungen, wie in einzelnen natürlichen Saisons, so auch in ganzen Jahren, und sogar in einzelnen Monaten zu erklären.

Wie bekannt, ist die Verbindung zwischen den Charakteristiken der kli-

¹ Das Werk des Autors, das der Erforschung des Abflussregime vom Dnjepr und seiner Haupt-Nebenflüsse gewidmet ist, wird zum Druck vorbereitet und in absehbarer Zeit erscheinen, in der vereinbarten Ausgabe vom Dnjeprstroy und dem Wissenschaftlichen Forschungs-Institut der Wasserwirtschaft der Ukraine. Die vorliegende Abhandlung enthält einige Materiale der erwähnten Erforschung.

² E. Oppokow. Der Wasserhaushalt im Flussgebiet oberen Dnjepr oberhalb Kijew und seiner einzelnen Gebietsbestandteile. T. I 1931, T. II, 1912.

³ Siehe darüber: Dipl. Ing. A. W. Ogjewsky. Hydrologische Prognosen der Wassermengese-ankungen der Flüsse, im besonderen des Dnjeprstromes. Weltkraftkonferenz, Sondertagung Barcelona—Madrid, 1929.

⁴ Siehe darüber: A) Dipl. Ing. A. W. Ogjewsky. Hydrometeorologische Methode der Berechnung der Winterabflussmengen. Irrigationsnachrichten, № 6, VI, 1930. Tasekent. b) Dipl. Ing. A. W. Ogjewsky. Hydrometeorologische Methode der Berechnung der Winterabflussmengen. Nachrichten der Wissenschaftlichen Forschungs-Institut der Wasserwirtschaft der Ukraine. Band IV, T. I, Kijew, 1931.

matischen und anderen Abflussfaktoren einerseits und dem Abflusse andererseits, sehr kompliziert. Im Grossen und Ganzen kann diese Verbindung für die Jahresperioden durch die bekannte Gleichung von *Penk* und *Oppokow* ausgedrückt werden:

$$x = y - z \pm \frac{u}{p} \quad (1)$$

wo: x = Niederschläge, y = Abfluss, z = Verdunstung; u und p — die Aufspeicherung und der Verbrauch der Feuchtigkeit im Flussgebiete ist, wobei die Grössen u und p von Jahr zu Jahr sich in unbestimmten Grenzen und nach unbestimmten Gesetzen ändern.

Es besteht eine Reihe von empirischen Abhängigkeiten, die den Zweck haben, den Flussabfluss mit den Hauptfaktoren des Abflusses zu verbinden.

Diese Abhängigkeiten kann man in folgende Hauptgruppen teilen: 1) Abhängigkeiten der klimatischen Faktoren und der Abfluss-Norm, d. h. des mittleren vieljährigen Jahres-Abflusses 2) Abhängigkeiten, die den Zweck haben, die klimatischen Faktoren mit den Jahressummen des Abflusses zu verbinden; 3) Abhängigkeiten, die gestatten die verschiedenen einzelnen charakteristischen Bedeutungen des Abflusses festzustellen: die Grösse des Saison-Abflusses, absolutes Minimum, u. a.

Die Gruppe der Abhängigkeiten erster Art muss, dem Anscheine nach, durch eine am wenigst komplizierte wechselseitige Beziehung der Abflussfaktoren festgestellt werden, schon deshalb, weil in der vieljährigen Perspektive der Gleichung (1) die Glieder u und p in der Summe eine Null ergeben müssen, wobei der unbekannt Gang der Aufspeicherung und des Verbrauches der Feuchtigkeit im Flussgebiete ausgeschlossen wird.

Zu dieser Gruppe kann man eine Reihe bekannter Formeln hinzutragen: *Keller*, *Penck*, *Oppokow*, *Ule*, *Oldekop*, *Welikanow* und *Sokolowsky* u. a., und gleichfalls die Methode der Isolinien von *D. I. Kotscherin*. Diese Formeln enthalten in sich gewöhnlich solche Veränderliche: Jahresniederschläge und Temperaturen, einige daraus — den Sättigungsdefizit und einige empirische Koeffizienten, die die allgemeinen Verhältnisse des gegebenen Rayons oder Flussgebiets charakterisieren.

Aus der zweiten Gruppe, die Bedingungen der Ukraine in Betracht ziehend, kann man die unlängst von *Prof. J. Nenjko* veröffentlichten Formeln anführen:

$$y_1 = x \left(\frac{1}{10} \right)^{\frac{304 + 20t_6}{160 + x_6}} \quad (2)$$

$$y_2 = x \left(\frac{55 + x_6}{1869 \pm 300t_6} \right) \quad (3)$$

wo: x_6 und t_6 — der Summe der Niederschläge und Mitteltemperatur im gegebenen Flussgebiete für 6 Wintermonate entsprechen, vom 1. X bis zum 1. IV (eines hydrologischen Jahres). Die erste dieser Formeln findet der Autor möglich anzuwenden für die Bedingungen, wenn $t_6 < -12^\circ$, und die zweite, wenn $t_6 < -3^\circ$.¹

Derselbe Autor führte die Abhängigkeit an, die nach dem Autor, für Bedingungen der Ukraine, die relativen Abflussmengen für die Frühlingsperiode (in Bezug auf Jahresabflussmenge) mit den Winterniederschlägen und Temperaturen verbindet; um diese Abhängigkeit anzuwenden, muss man demzufolge vorläufig die Abflussmenge für ein Jahr wissen.

¹ Siehe: a) *Prof. J. Nenjko*, Die wichtigsten Faktoren des Flussabflusses: Nachrichten des Wissenschaftl. Forsch. Institut. der Wasserwirtschaft der Ukraine B. II, L. I, 1927-28, Kijew, 1928. S. 136-144.

b) *Prof. J. Nenjko*. Relative Grösse des Frühlingsabflusses, Wissenschaftl. Technische Kunde, № 5, 1930. Charkow.

Die Abhängigkeit des Jahresabflusses von den klimatischen Faktoren für den Fluss „Südlicher Bug“ wurde gleichfalls vom Dipl. Ing. W. A. Nasarow angegeben wobei er ausser den Wintertemperaturen und Winterniederschlägen, auch die Sommerniederschläge und Temperaturen zur Berechnung zuzieht.

Zur dritten Gruppe der Wechselbeziehungen kann man z. B. die Formel von Prof. Dr. E. W. Oppokow¹ für den Frühlingsabfluss des Dnjepr bei Kijew zurechnen:

$$y = 0,405x - 10,14\Delta t - 5,8 \quad (\text{in mm}) \quad (4)$$

wo: y = Abfluss für die Periode III—VI, x = Niederschläge für die Monate XI—V (eines hydrologischen Jahres); Δt = Abweichungen der Temperatur im Flussgebiete von der Norm ($-5,7^{\circ}\text{C}$) für die Monate XII—II ist.

Ferner gehören zu dieser Gruppe die bekannten Abhängigkeiten von Iszkowsky und eine Reihe anderer.

Wie alle empirischen Abhängigkeiten unterscheiden sich die betreffenden Wechselbeziehungen von den Abflussmengen und den sie bestimmenden Faktoren in einem allgemeinen Zuge: *in ihrer Anwendung haben sie eine Reihe abgrenzender Bedingungen, die durch ihre Aufbaumethode oder durch die Eigentümlichkeiten derjenigen Rayons, für die solche Abhängigkeiten angewendet werden, hervorgehen.*

Der Autor der Formeln (2) und (3) Prof. J. Nenjko nimmt an, dass seine Formeln, deren Parameter nach Angaben für den Fluss Süd. Bug festgestellt sind, für die Anwendung aller Flüsse der Ukraine, auch den Dnjeprstrom bei Kijew eingeschlossen, gelten können.

In den folgenden Zeilen geben wir an, dass in diesem letzten Falle die Abhängigkeiten des Prof. J. Nenjko zu grobe Resultate ergeben.

Hier führen wir die Ergebnisse unserer Erforschungen an, die nur folgende drei Fälle umfassen: 1) den Abfluss in einzelnen Monaten der Frühlingsperiode, 2) den Abfluss in einzelnen Monaten der Sommer-Herbst Periode und 3) den Abfluss in einzelnen Jahresperioden.

Die Periode der Erforschungen in allen Fällen zählt zu den Jahren 1884-1917; die ersten 6 Jahre der Berechnungsperiode des Abflusses, d. h. der Periode 1878-1929, wurden aus der Betrachtung, im Zusammenhange mit den unzuverlässlichen Angaben der klimatischen Elemente (einer geringen Anzahl von Stationen wegen) ausgeschlossen, die letzten Jahre 1918-1929 wurden nicht in die Erforschung eingegliedert, im Zusammenhange mit den zu der Zeit nicht vorhandenen und nicht verarbeiteten Daten der klimatischen Elemente dieser Periode.

Die Abhängigkeiten, die die Variationen der Monats-Abflussbedeutungen bedingen, wurden zur Erforschung in Verbindung mit der Notwendigkeit des Dnjeprstroy einer zeitigen Wertbestimmung (sogar für dauernde Zeit) der Frühlingshochwasserabnahme, gestellt; weiterhin, wurden diese letzten Erforschungen in einer Reihe von Sommer- und sogar Herbstmonate fortgesetzt.

Zur prinzipiellen Begründung der Möglichkeit die Monatsbedeutungen des Abflusses mit den klimatischen Faktoren zu verbinden, dienten die im Jahre 1928 veröffentlichten Arbeiten von Kesslitz.²

Dieser Forscher ermittelte solche Abhängigkeiten zwecks ihrer Ausnutzung für langfristige Prognosen (auf 1 Monat im Voraus) des Abflusses auf dem Fluss Mur, im Rayon der Österreichischen Alpen. Als Grundriss

¹ Siehe: Informations-Bulletin Ukrmet, 1924, T. 1—3, S. 3.

² W. v. Kesslitz. Ueber verschiedene Methoden zur Vorausberechnung von Monatmittelwerte der Wasserführung österreichischer Alpenflüsse. Die Wasserwirtschaft, Nr. 7, 8 und 9. Wien, 1928.

seiner Abhängigkeiten legte Kesslitz die von *Drenkahn* angemerkten Gesetzmässigkeiten, welche für den Gang des Wasserstandes (wie Abflussmenge) in der Periode des Wasserabfallens in den Fällen beobachtet werden, wenn diese Perioden durch Ausbleiben von Niederschlägen begleitet werden, d. h., in Perioden des Wasserabfallens, in welchen der Wasserabfluss auf Rechnung der im Flussgebiete angesammelten Vorräte von Feuchtigkeit geht.

Drenkahn stellte fest, dass die Wasserabfallkurven in diesen Fällen einen mehr oder weniger schnellen Wasserabfall in ihrem oberen Teile und eine allmähliche Ermässigung im Abfallen des Wasserflusses bei niedrigen Wasserständen haben (Trockenwetterabflusslinie). Diese Wasserabflusskurven sind schon vor Kesslitz von *G. Beurle*¹ benutzt worden, gleichfalls zwecks kurzfristiger Prognosen. Zum Unterschied von letzterem sucht Kesslitz die Abflusskurve nicht für die Trockenwetterperioden, sondern für die Wasserabfall-Perioden überhaupt und aus einer Reihe von solchen Wasserabfallkurven (durch Summieren der Ordinate und Dividierung der Summe durch die zu addierende Zahl) stellt er eine Mittelabflusskurve fest. Diese mittlere Abflusskurve gibt die Möglichkeit nach dem Wasserstande, der einem Anfangsdatum entspricht, den bevorstehenden Mittelabfluss auf 30 Tage im Voraus festzustellen.

In diese Art von Berechnungen führt Kesslitz weiterhin Korrektive hinsichtlich der Niederschläge des kommenden Monats ein. Als Resultat haben die Abhängigkeiten solch ein Aussehen:

1) Für Monate ohne Einfluss des Schneeschmelzens:

$$h = h' + \gamma H \quad (5)$$

wo: h = die gesuchte Höhe des Abflusses in mm ist, h' = Abfluss, erhalten nach der Mittelkurve des Wasserabfallens, H = im gegebenen Monat ausgefallene flüssige Niederschläge, γ = ein für den gegebenen Monat beständiger Koeffizient, der von Kesslitz mittels Bearbeitung vieljähriger Daten nach der Methode der kleinsten Quadrate festgestellt wurde.

2) Für Monate mit dem Vorhandensein von Schneeschmelzen:

$$h = h' + \gamma H + \beta S \quad (6)$$

wo zur vorherigen Gleichung das ergänzende Glied βS hinzugefügt ist, wobei S = die Mittelhöhe der Schneedecke für das Flussgebiet zu Ende des Monats ist, β = Koeffizient, der nach der Methode der kleinsten Quadrate gleichsam mit γ gefunden wird, nach Angaben tatsächlicher Ausmessungen.

Als Beispiel für die von Kesslitz erhaltenen Gleichungen für den Fluss Mur (Gebietsfläche $F = 6553$ qu. klm) können folgende Abhängigkeiten dienen:

für den Januar: $h_I = h' + 0,172 H_I$;	Mittelfehler $\pm 14,3\%$
„ „ Februar: $h_{II} = h' + 0,146 H_{II}$	„ $\pm 19,5\%$
„ „ März: $h_{III} = h' + 0,238 H_{III} + 0,106 S$;	„ $\pm 14,3\%$

wo die Indexe bei h und H die Monate bedeuten, in denen die Niederschläge genommen wurden, die zur Berechnung zugeführt wurden.

Wie hervorgeht, haben sogar die mittleren Fehler (als mittlere aus den absoluten Bedeutungen ausgerechnet) ziemlich bedeutende Grössen.

Von der Aufstellung und Ausnutzung der Wasserabfallkurve nach Drenkahn, für Perioden, in denen Niederschläge ausbleiben, musste sich Kesslitz im Zusammenhange mit den für den Fluss Mur sehr schwierig abteilbaren Trockenperioden absagen.

¹ *G. Beurle*, Grundzüge der kurzfristigen Wassermengeprognosen. Deutsche Wasserwirtschaft, Nr. 9, 1927.

Selbstredend, dass bei den Verhältnissen des Dnjeprflusses und seinem Riesen-Gebiet, Trockenperioden ohne Niederschläge aufzufinden absolut unmöglich ist.

Deswegen ist die Methode von Drenkahn (und Beurle) für die Verhältnisse des Dnjeprflusses ganz unanwendbar. Gleichzeitig kam uns die Methode von Kesslitz logisch nicht ganz folgerichtig vor.

Kesslitz nimmt nämlich die Bedeutung der Wasserabfallkurve in ihrer Mittelbedeutung und vergleicht sie gleichzeitig mit den einzelnen Sonderbedeutungen der Niederschläge in betreffenden Monaten, wo es richtiger wäre, analogisch den Abfallsbedeutungen, die Abweichungen der Niederschläge von einigen Mittelnormen zur Berechnung zuzuziehen. Weiterhin ziehen die Kesslitzer Abhängigkeiten nicht die Wirkungen der Niederschläge von vorherigen Monaten in Betracht, wo doch in dem oder anderen Masse sogar für unbedeutende Flussgebiete, diese Wirkung vertreten sein muss, schon deshalb allein, weil die Grösse des faktischen Abflusskoeffizienten vom Grade der Feuchtigkeitssättigung der Flussgebietsböden abhängen muss.

Demzufolge, waren wir gegebenenfalls genötigt unser eigenes Schema aufzuwerfen und auszuarbeiten.

Unsere Forschung begann mit dem Studium des Charakters des Abflusses des Frühlings-Hochwassers vom Dnjepr bei Kijew in einzelnen Jahren. Die aufmerksame Betrachtung dieser Kurven ergab, dass in ihrem Laufe eine unzweifelhafte Gesetzmässigkeit existiert, d. h. bei höheren Wasserscheiteln fällt der Abfluss, im allgemeinen, schroffer, als es bei niedrigeren der Fall ist; die höchsten Ueberschwemmungen besitzen einen maximal intensiven Abfall, die niedrigen Ueberschwemmungen haben sehr ausgedehnte und abschüssige Abfallkurven. Um diese Erscheinung zu konkretisieren, wurde weiterhin eine Gruppierung einzelner Jahre ausgeführt, wo die Abfallkurven ein analogisches Aussehen hatten.

Als Resultat ging hervor, dass sich in einer Reihe von Jahren im Verlaufe von 2-3 Monaten, ein ziemlich gutes Zusammentreffen des Ganges der Abfallkurven herausstellte, und die Mittelabfallkurve für solche Jahresgruppe dem Abfallaufe jedes einzelnen Jahres ziemlich gut entspricht, bei Abweichungen auf 10-20 cm. Gleichzeitig existieren einige niedrige Grenzwasserstände, nach welchen jede der Abfallkurven ihren eigenen Lauf anfängt, die Steigungen (und sogar ziemlich schroffe) oder intensiveres Fallen von Wasserständen, als für andere Jahre, in gegebener Gruppe vereinigt, äussernd.

Dabei stellte sich heraus, dass man alle Abfallkurven des Dnjepr-Frühlingshochwassers bei Kijew nur in 5 einzelne Gruppen vereinigen kann: I, II, III, IV und V, wobei die Gruppe II dem allerintensivsten Abfallaufe entspricht, und die Gruppe V dem allerflachsten. Die Gesamtansicht dieser Kurven nach Ordinaten auf einandergelegt (Höhe der Wasserstände) ist in der *Abbild. 1* gezeigt. (Siehe die *Abbildungen im russischen Text*).

Dabei rechnete man zur Gruppe II die Jahre: 1889 (Wasserscheitel—672 cm), 1895 (685 cm) 1900 (653 cm), 1905 (608 cm), 1907 (683 cm), 1915 (687 cm), 1917 (785 cm), 1922 (619 cm), 1924 (657 cm), 1926 (612 cm), d. h. im ganzen 10 Jahre; zur Gruppe I—6 Jahre; zur Gruppe III—16 Jahre zur Gruppe IV—11 Jahre und zur Gruppe V—3 Jahre.

Dass die hohen Ueberschwemmungen ein bedeutend schrofferes Wasserabfallen besitzen, als der niedrigen eigen ist, kann man durch solche Voraussetzungen erklären: 1) Vermutlich, ist der Gang der klimatischen Elemente im Gebiete des Dnjeprflusses aufwärts von Kijew ein derartiger, dass für Jahre mit grösseren Winterniederschlägen und niedrigen Wintertemperaturen, kleine Anzahlen von Niederschlägen in der Formierungsperiode der Abfallkurven eigen sind,—und umgekehrt: Frühlingsniederschlägen für Jahre mit niedrigen Ueberschwemmungen müssen gross sein; 2) Andererseits,

kann man annehmen, dass in Jahren mit lauen Wintern und ausgedehnten Frühlingsperioden (d. h. Jahre, denen niedrige und mittlere Überschwemmungen eigen sind) eine mehr bedeutende Feuchtigkeitsaufspeicherung in Perioden stattfindet, die dem Wasserabfallen vorausgehen, als in Jahren hoher Überschwemmungen; hieraus kann man voraussetzen, dass der flachere Gang der Abfallkurve in niedrigen Überschwemmungsjahren teilweise auf Rechnung einer dem Fluss verstärkenden Abgabe des Wassers stattfindet, das im Grunde des überschwemmten Flussteiles des ganzen Flusstales und möglich auch des ganzen Flussgebietes aufgespeichert ist.

Das Entsprechen der Wirklichkeit angeführter Voraussetzungen konnte vermutlich nur auf Grund einer detaillierten Analyse gegenseitiger Beziehungen aller erwähnten Faktoren festgestellt werden.

Zu dieser Analyse kann man auf folgendem Wege gelangen: Man kann voraussetzen, dass die Abfallkurve des Types II, d. h. die allersteilste, der Kombination der Bedingungen entspricht, der vorteilhafteste für den schnellsten Wasserstand- oder Abflussmengen-Abfall beim Wasserabfallen.

Diese Kurve derart fortsetzend, dass sie die umbiegende für die aller-niedrigsten Wasserstände wäre, die in einzelnen Jahren beobachtet worden sind, so erhalten wir eine gleichmässige Kurve. Diese entspricht den Mittelbedingungen des Wasserstandganges beim Abfallen für eine ganze Jahresreihe in der Gruppe II vereint, und entspricht gleichzeitig den Bedingungen des minimalen Abflusses, wie auch für die übrigen Jahre, die nicht der Gruppe II angehören, so auch den Abflussbedingungen bei niedrigen Wasserständen für alle Jahresperioden der Bearbeitung, d. h. ist eine untere Grenzabfallkurve. Deshalb wollen wir diese Kurve *untere Grenzabfallkurve* nennen, teils der Analogie nach mit der Kurve der Trockenwetterabflusslinie von Drenkahn und gleichzeitig zum Unterschiede von letzterer.

Eine theoretisch aufgebaute Kurve des unterbegrenzten Abfallganges besitzend, kann man für jeden Monat des Abfallers die Differenzen ΔQ zwischen dem tatsächlichen Abflusse Q_s und dem theoretischen Q_m dem theoretischen Gange der Abfallkurve entsprechend, ausrechnen; diese Differenzen ΔQ müssen dem Anscheine nach, von allen den Bedingungen abhängen, die nach oben angeführten Vermutungen den wirklichen Abfallgang für jedes einzelne Jahr feststellen.

Demzufolge führt die Forschungsaufgabe der Eigentümlichkeiten des Abfallganges in Frühlingsmonaten zur Kundmachung der Abhängigkeit ΔQ von den vorhergehenden und begleitenden hydrologischen Hauptfaktoren. Diese letzte Aufgabe ist für die weitere Forschung aufgestellt.

Vorläufig wurde eine Reihe von Aufstellungen ausgeführt, die die Grössenberechnungen vereinfachen.

Nach der unteren Grenzabfallkurve der Wasserstände ist eine ihr entsprechende untere Begrenzabfallkurve der Wassermenge aufgestellt; nach der letzten Kurve war es nicht schwer eine Integralkurve der Wassermenge beim Abfallen und zuletzt eine summare Berechnungskurve aufzubauen.

Diese Summarkurve der Wassermenge gestattet uns gleich auf 30 Tage im voraus die summare theoretische Wassermenge Q_s festzustellen, die jeglichem Anfangspunkte der unteren Grenzabfallkurve der Wasserstände oder der Wassermengen entspricht.

Diese Kurve kann analytisch durch folgende Gleichungen, abhängig von der Anfangswassermenge $Q_{\text{Anf.}}$ ausgedrückt werden:

- 1) Bei $400 \leq Q_{\text{Anf.}} \leq 2400 \text{ m}^3/\text{sec}$:

$$Q_s = 609,9 (Q_{\text{Anf.}} - 145)^{0,522} \quad (7)$$

- 2) Bei $2400 < Q_{\text{Anf.}} < 4400 \text{ m}^3/\text{sec}$:

$$Q_s = 36,0255 + 9,315 \lg(2000 + Q_{\text{Anf.}}) \quad (8)$$

3) Bei $Q_{\text{Anf.}} > 4400 \text{ m}^3/\text{sec}$:

$$Q_s = 1341,8(Q_{\text{Anf.}} - 2637)^{0,547} \quad (9)$$

Im Zusammenhange mit der oben angenommenen unteren Grenzabfallkurve, die bei den Bedeutungen $Q_{\text{Anf.}} < 360 \text{ m}^3/\text{sec}$ horizontal läuft, d. h. parallel der Abzessaxe,—hat die aufgebauete Summarkurve der Wassermenge im Punkte, die der gegebenen Bedeutung $Q_{\text{Anf.}}$ entspricht, einen schroffen Abbruch, nachdem sie gleichmässige Bedeutungen $Q_{\text{Anf.}}$ gleich $10000 \text{ m}^3/\text{sec}$. gibt, d. h. beispielweise der Mittelgrösse des Monatsabflusses in mitteltrockenen Sommermonaten gleichkommend.

Deshalb könnte die Erforschung des Zusammenhanges des theoretischen ΔQ mit den hydrologischen Verhältnissen ausgeführt werden mit Abzug des theoretischen Ganges des Abfallens nur für die ersten drei Monate des Abfallens (da in den nächsten Monaten die theoretische Abfallkurve ein und dieselbe gleichmässige Wassermengegrösse ergibt).

Die erhaltene Summarabfallkurve ist in der *Abb. 2* gegeben (schematisch).

Die Berechnungen der Grössen Q_m und ΔQ für den ersten Abfallmonat wurden in jedem Jahre derart gemacht: es wurde das Datum vom Herantreten des Frühlingshochwasserscheitels gegebenen Jahres ausgesucht. Nach diesem Datum nahm man den nächststehenden Zehnten des nächststehenden Monats und die diesem Datum entsprechende Wasserstände und Wassermengen; nach den Letzten, mit Hilfe der summarischen Wassermengekurve wurde die Grösse Q_m für die weiteren 30 Tage im voraus festgestellt; die Grösse Q_s wurde durch Summierung der tatsächlichen täglichen Sekunden-Wassermengen für dieselbe Periode gefunden.

Die Grössen Q_m in den folgenden zwei Monaten des Wasserabfallens wurden durch automatisches Verschieben der Berechnungs-Ordinaten der Abfallkurve festgestellt, die nach vorherigem für die ersten Monate des Wasserabfalls ausgesucht worden waren, auf die Abzess-Grösse im ersten Falle (zweiter Abfallmonat)—auf 30 Tage von den ersten, und im zweiten—auf 60 Tage im voraus.

Der Zehnte des Monats, der nächste zum Datum des Wasserscheitels, wurde als Anfang des Berechnungs-Monats nach zweierlei Erwägungen gewählt: 1) um dadurch wenigstens zum Teil das Wasser-Zufliessen von den obersten Punkten zum berechneten Querschnitt bei Kijew in Abzug zu nehmen, da der Termin von 10 Tagen ungefähr dem Zeitraume des Wasserdurchfliessens von den Schwerpunkten der einzelnen Gebietsteile des Dnjeprstromes bis Kijew entspricht; 2) übereinstimmend mit dem, dass die meisten Daten der Frühlings-Wasserscheitel zu Ende April—Anfang Mai zusammentreffen und demzufolge fällt der Anfang der formierten Abfallkurve grösstenteils auf das Ende der ersten Mai-Dekade. Es ist begreiflich, dass es deswegen beschwärllich wäre die Kalenderdaten ganz zu ignorieren, weil die Bearbeitungs-Angaben über Niederschläge und Temperaturen zu den vollen Kalendermonaten gehören.

Bei angeführtem Schema bezog sich der erste Monat des Wasserabfallens in den allermeisten Fällen zur Periode vom 10. V bis zum 10. VI, ausser den Jahren 1903 und 1906, für die die Periode vom 10—IV bis zum 10. V in Erwägung kommt und die Jahre 1899, mit der Wasserabfall-Periode zwischen dem 10. VI und dem 10. VII.

Die nach Vorhergehendem erhaltenen Bedeutungen ΔQ wurden mit den verschiedenen hydrologischen Charakteristiken wie der laufenden so auch der bisherigen Perioden verglichen.

Diese Vergleiche wurden gewöhnlich so ausgeführt: durch eine Reihe von graphischen Aufstellungen wurden Faktoren ermittelt, die mit den Grössen ΔQ des einen oder anderen Grades verbunden sind; nach den erhaltenen Abhängigkeiten wurden weiterhin die am schärfsten ausgedrückten

wirkenden Faktoren herausgesucht und eine mathematische Beziehung aufgefunden, in welche die wirkenden Faktoren am besten hineinpassen.

Die mathematische Bearbeitung wurde in einfachen Fällen bei Anwendung der Korrelationsmethode ausgeführt. In anderen Fällen, jedoch, war diese letzte Art, früher von uns weitgehend angewandt, wenig tauglich, und anstatt ihrer wurde die Methode der Zusammenstellung der entsprechenden Gleichungen mittelst aufeinanderfolgender Annäherungen angewandt. Die Korrelationsmethode war in komplizierteren Fällen der von uns vollbrachten Verarbeitungen nicht ganz zweckmässig nach folgenden zwei Grundlagen: 1) für vorläufige Ermittlung der wirkenden Faktoren ist die Methode der graphischen Vergleichen 10 mal einfacher, sowohl in Bezug auf Zeit und Arbeitsaufwand, als auch einer Uebersichtlichkeit halber der ermittelten Resultate; gleichzeitig ist der einzige in gegebenen Fällen Vorzug der Korrelationsmethode—Objektivität in der Wertung der Vergleichungsergebnisse—bei weitem nur ein scheinbarer, besonders bei genügender Fertigkeit in den von uns angewandten graphischen Vergleichen.

2) Die Korrelationsmethode sieht die Einführung in die Berechnung der Bedeutungen einzelner Reihen von Beobachtungen in dem Zustande voraus, wie sie sind; unterdessen ist in einer Reihe von Fällen die Wirkung der bestimmten Wechselbeziehungen der Bedeutungen einer Reihe zu den Bedeutungen einer anderen Reihe leicht konstaterbar, oder die Wirkung einiger Abweichungen der Variablen von einigen Bedeutungen der gegebenen Reihe, die nicht mit den mittleren arithmetischen übereinstimmen.

In anderen Fällen war es zweckmässig die Korrelationsmethode nur für die endgültige, genauere Abhängigkeitsform anzuwenden, die vorläufig ohne Korrelationsanwendung, zusammengestellt war. In allen Fällen ist die Nutzbarkeits—und die entsprechende Wirklichkeits—Wertschätzung der gefundenen Abhängigkeiten endgültig durch Vergleichung der Resultate nach den gefundenen Gleichungen mit den Daten der wirklichen Ausmessungen ausgeführt, d. h. mittelst Berechnung der erhaltenen absoluten und prozent-Abweichungen.

Diese Grundlagen—im Prozess der ausgeführten Forschungen ermittelt, sind in einzelnen Beispielen kontrolliert worden, und bekräftigen vollständig die praktische Richtigkeit der ausgesprochenen Erwägungen; die von uns erhaltenen (und weiterhin angeführten) Resultate rechtfertigen auch beinahe gänzlich die ausgearbeitete und angewandte Methode der Ausfindung der Gesetzmässigkeiten in komplizierteren untersuchten Fällen.

Ferner führen wir solche Bezeichnungen ein: Q' , Q'_1 , und ΔQ_1 , wobei $i=1, 2, 3$ —der entsprechend wirkliche, theoretische und zum theoretisch ergänzenden beigelegte Abfluss für 1, 2 und 3 Wasserabfallmonate ist, alle in m^3/sec ; H —ist die Höhe des Frühlings-Wasserscheitels über Null des Kijewer Pegels in cm; N_i —Niederschläge im Flussgebiete des Dnjepr aufwärts von Kijew für diesen oder jenen Wasserabfallmonat, wobei wir durch Index „ i “ = 1, 2, 3 den Monat bezeichnen, welchem das Wasserscheiteldatum zukommt, —1—der erste vorhergehende Monat, 2—der zweite Wasserabfallmonat, 3—der dritte Wasserabfallmonat u. s. w.

Mit dem Index 0 wollen wir die Norm der Niederschläge für den Monat bezeichnen, in Bezug zu welchem diese Norm genommen werden wird; t_i —sind die mittleren Monats-Lufttemperaturen im Bassin des Dnjeprflusses oberhalb von Kijew, mit denselben Indexbedeutungen, wie auch für die Niederschläge.

Dann könnte man die Gleichung, die für den ersten Wasserabfallmonat erhalten wurde, derart aufschreiben:

$$Q_1 = Q' - 0,137 H - 2,39 t_1 + 65,8 \quad (10)$$

Etwas bessere Resultate, jedoch unwesentlich, gibt dieselbe Gleichung

mit Einführung ergänzender Glieder, die die Niederschläge des gegebenen Monats und die Temperature des vorhergehenden Monats berücksichtigen

$$Q_1 = Q' - 0,137 H - 2,39 t_1 + 1,72 t_{-1} + 0,12 N_1 + 61 \quad (11)$$

Die Berechnungsfehler nach aufgeführter Gleichung sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 1.

Nr.	Kategorie der Fehler in %/o d. tatsächl. Abflusses.	Fehleranzahl		Aufeinanderfolgende Summen in %/o	Anmerkung
		Absol.	in %/o		
1	0-5	22	59,5	—	Zur Berechnung sind solche Jahre zugezogen: 1881-1917. d. h. im Ganzen 37 Jahre.
2	6-10	9	24,3	83,8	
3	11-15	4	10,8	94,6	
4	16-20	1	2,7	97,3	
5	>20	1	2,7	100	
	Total . .	37	100%	—	

Wie aus der Tabelle hervorgeht, können die Berechnungsergebnisse laut gefundener Gleichung als gut anerkannt werden, d. h. der Gang der Erscheinung spiegelt sich durch die aufgeführte Gleichung ziemlich nahe der Wirklichkeit wieder (vergleiche weiter, die Abb. 6, die das Zusammentreffen der berechneten und der wirklichen Abflussbedeutungen für den Dnjeprstrom bei Kijew nach der Formel von Prof. J. Nenjko angibt.)

Es müsste erwähnt werden, dass der erste Monatsabfluss einen genügend guten Zusammenhang auch mit der Maximalschneehöhe im Bassin des Dnjeprflusses oberhalb von Kijew gab; dieser Zusammenhang ist jedoch nicht zur Berechnung zugezogen worden, in Folge einer verhältnismässig kleinen Anzahl von Beobachtungsjahren (nur vom Jahre 1892).

Für den zweiten Wasserabfallmonat, d. h. in den allermeisten Fällen (ausser drei) für die Monate vom 10. VI—bis zum 10. VII, erhielt man folgende Abhängigkeiten:

1) Für eine Gruppe von Jahren mit $H > 550$ cm oder $(t_1 + t_{-1}) > 15^\circ$:

$$Q_2 = Q_2' + 1,64 \frac{N_1 - 28}{t_1 + t_{-1} - 15} + 0,437(18,5 - t_2)^2 + 0,06 \quad (12)$$

2) Für die übrige Gruppe von Jahren

$$Q_2 = Q_2' + 1,86 \frac{N_1 - N_0 + 30}{(t_1 + t_{-1} - 8)^{0,5}} - 0,562 \frac{N_0 - N_2 - 2}{N_2} - 1,035(17,5 - t_2)^2 + 1,28 \quad (13)$$

wobei in beiden Gleichungen durch N_0 die vieljährige Niederschlagsnorm für den betreffenden Monat ausgedrückt ist.

Es sei bemerkt, dass die Kontrollberechnungen, die mit Hilfe der Korrelationsmethode ausgeführt sind, für die Bedeutungen ΔQ und das zuerst genommene Glied $\frac{2(N_1 - N_0 + 30)}{(t_1 + t_{-1} - 8)^{0,5}}$ in der Gleichung (13) den Korrelationskoeffizienten

fizient gleich 0,91 ergaben, d. h. sie bestätigten den überaus tatsächlichen Zusammenhang der genommenen Niederschlagkombination mit dem theoretischen Ergänzungsabfluss.

Interessant ist, dass im zweiten Gliede der Formel (12) die Zahl 28 (im Zähler dieses Gliedes) dem absoluten Minimum der Niederschläge entspricht, die im ersten Wasserabfallmonat für die ganze Forschungsperiode beobachtet worden sind.

Für denselben Fall erhielt man gleichfalls einen anderen Gleichungsvariant, der ebenso gut der Wirklichkeit entspricht, wie auch die obenangeführten. Es ergab sich nämlich so ein Abhängigkeitssystem:

I. Für die Gruppe mit $H > 550$ cm dieselbe Gleichung wie nach dem ersten Variant,

II. Für die Gruppe mit $400 < H < 550$ cm. oder $(t_1 + t_{-1}) < 15^\circ$:

$$Q_2 = Q'_2 + 2 \frac{N_1 - N_0 + 30}{(t_1 + t_{-1} - 8)^{0,5}} - (17,5 - t_2)^2 \quad (14)$$

III. Für die Gruppe mit $H < 400$ cm:

$$Q_2 = Q'_2 + 2 \frac{N_1 - N_0 + 30}{(t_1 + t_{-1} - 8)^{0,5}} - 8 \quad (15)$$

Die Uebereinstimmung der Berechnungen nach den Gleichungen (12) und (13) mit der Wirklichkeit sieht man aus folgender Tabelle:

Tabelle 2

Nr. Nr.	Fehlerkategorien in % vom tatsächl. Abfluss.	Fehleranzahl		Aufeinanderfolgende Summen %%	Anmerkung
		absol.	in %%		
1	0—5	16	51,6	—	In die Bearbeitung wurde solche Jahre gezogen: 1886, 1888—1917; die J. 1881—1885 und 1887 sind als zweifelhafte in Bezug auf Beobachtungen von Niederschlägen und
2	6—10	3	9,7	61,3	
3	11—15	9	29,0	90,3	
4	16—20	3	9,7	100%	
	Total. . .	31	100%	—	

Temperaturen ausgeschlossen; im besonderen haben wir im Mai für die Pripjatj 109 mm was die Norm auf 55 mm übertrifft während für die Dessna und den oberen Dnjepr sind die Niederschlägen unter oder gleich der Norm (38 und 52, gegen 46 und 50 mm).

Für den dritten Wasserabfallmonat, d. h. in den allermeisten Fällen (ausser drei) für den Juli-Monat (vom 10. VII, bis zum 10. VIII) erhielt man schliesslich folgende Abhängigkeit:

$$Q_3 = Q'_3 + 0,323[(N_2 - N_0) + (N_3 - N_0) + 59] + 0,144(N_1 - N_0 + 11) + 0,1336(N_2 - N_0 + 12) + 0,8 \quad (16)$$

Die Berechnungsergebnisse nach dieser Formel zeigten, im allgemeinen eine genügend befriedigende Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit; demungeachtet waren eine Reihe von Fehlern von 25 bis 35% vorhanden (19% aus allen Fällen).

Die weitere Forschung offenbarte, dass die Formel (16) bedeutend genauer sein könnte, wenn man zwei Umstände in Betracht ziehen würde:

1) verschiedene Schwankungen der Mittellufttemperatur im Bassin des Dnjepr oberhalb von Kijew, die überhaupt nicht in die Berechnung eingeführt waren; 2) der Umstand, dass die Mittelsummen der Niederschläge im Flussgebiete des Dnjepr oberhalb von Kijew zur Berechnung zugezogen, keineswegs diese oder jene Niederschlagsverteilung in den einzelnen Teilen des Flussgebietes des Dnjepr oberhalb von Kijew wiedergeben: dem Flussgebiete der Pripjatj, Oberen Dnjepr und der Dessna.

Das zuerst Bezeichnete ist selbstverständlich. In Bezug auf die Verteilung von Niederschlägen in einzelnen Gebietsteilen kann man annehmen dass die resultative Ziffer der Monatsniederschläge, die bei beispielweisen gleichen Summen für einzelne Gebietsteile, in Bezug auf den Abfluss, keineswegs den selben Effekt erzielen kann, als wenn dieselbe resultative Ziffer erhalten wird z. B. in der Folge einer sehr bedeutenden Summe von Niederschlägen im Flussgebiete der Pripjatj und verhältnissmässiger kleiner Summe der Niederschläge in den anderen Flussgebieten; es ist klar, dass dem verumpften Niederungsgebiete des Flusses Pripjatj bedeutendere Verluste eigen sein müssten, als den übrigen einzelnen Teilgebieten.

Als Resultat erhielt man folgende zwei ergänzende Verbesserungsglieder Δ_1 und Δ_2 :

$$\Delta_1 = +3 (17,5 - t_{IV} - t_V) \quad (17)$$

für Fälle wenn $(t_{IV} + t_V)$ für den ganzen Dnjeprbassin bis Kijew $\leq 17^\circ$ ist, d. h. bedeutend niedriger, als die Norm, gleich $20,1^\circ$. Solche Jahre sind im Ganzen sechs vorhanden: 1893, 1896, 1900, 1904, 1909 und 1912;

$$\Delta_2 = -0,2 (N_{VI \text{ Prip.}} - 90) \quad (18)$$

wo $N_{VI \text{ Prip.}}$ — Niederschläge des Flussgebietes des Pripjatjflusses nur dann zur Berechnung zugezogen, wenn $N_{VI \text{ Prip.}} > 90$ mm für den Monat Juni ist, bei einer Norm von 76 mm (die Jahre 1890, 1891, 1893, 1894, 1899, 1901, 1903, 1906, 1913, 1916).

Die Zeichen dieser Glieder weisen logisch daraufhin, dass der kalte April und Mai den Abfluss vergrössern muss, und die beträchtlichen Niederschläge im Flussgebiete der Pripjatj, die durch die Gleichung (18) berechnet sind nur in Form eines Komponenten in der Gesamtsumme der Niederschläge für das ganze Flussgebiet des Dnjepr oberhalb von Kijew, — den Abfluss vermindern, der nach der Formel (16) erhalten wird.

Indem wir bedingungsweise die spezielle Bedeutung der Verbesserungsglieder Δ_1 und Δ_2 bezeichnen (die in die Berechnung nur in obenangemerkten speziellen Fällen eingeführt werden müssen) und diese Glieder in fette gerade Klammern fassend, schreiben wir endgültig:

$$Q_3 = Q_3' + 0,323 [(N_2 - N_0) + (N_3 - N_0) + 59] + 0,144 (N_1 - N_0 + 11) + \\ + 0,1336 (N_2 - N_0 + 12) + 0,8 + [3 (17,5 - t_{IV} - t_V)] - \\ - [0,2 (N_{VI \text{ Prip.}} - 90)]. \quad (19)$$

Die unten erwähnte Tabelle führt die Resultate der Uebereinstimmung der tatsächlichen und der berechneten Grössen, wie nach der Gleichung (16) so auch nach der Gleichung (19) zusammen.

Zur anschaulicheren Illustration des Charakters der Uebereinstimmung der berechneten und tatsächlichen Abflussmengen, sind die den Gleichungen (12) und (13) entsprechende Resultate beispielweise in der *Abbildung 3* dargestellt.

Weiterhin sind in der Tabelle 4 die Berechnungen für den denselben Fall beispielweise zusammengestellt.

Tabelle 3

Nr. Nr.	Fehlerkategorie	Nach Gl. 16 Fehleranzahl		Nach Gl. 19 Fehleranzahl		Aufeinander folgende Sum- men %/0/0	Anmerkung
		absol.	in %/0/0	absol.	in %/0/0		
1	0—5	6	19	9	28	—	
2	6—10	5	15,5	7	22	50	
3	11—15	6	19	6	19	69	
4	16—20	7	21,7	5	15,5	84,5	Maximal Fehler 32%/0
5	21—25	2	6,2	2	6,2	90,7	
6	26—30	3	9,3	2	6,2	96,9	
7	31—36	3	9,3	1	3,1	100%/0	
	Total	32	100%	32	100%		

So waren nach vorherigen Annahme die klimatischen Abflussfakto für drei Monate erforscht: Mai, Juni und Juli, für die Periode 1884—1886—1917, d. h. für 32—37 Jahre.

Unterscheiden wir zuallererst, dass die von uns erhaltenen Lösungen durchaus nicht als die besten aus den möglichen betrachtet werden können; scheinbar könnte eine weitere Detaillisierung der Analyse und Einführung in die Berechnung der neuen, von uns unangetasteten, Faktoren noch mehr die erhaltenen Resultate verfeinern.

Unserer Ansicht nach ist es jedoch wichtig, dass die hier angewandte Methode der folgerichtigen Einschliessung der Wechselbeziehungen einzelner einfacher Faktoren unstreitbar zur Schlussfolgerung führt, dass sogar die Monatsabflussbedeutungen mit dem Gange der klimatischen Elemente praktisch ziemlich genau verbunden werden können. Diese Befriedigung der erhaltenen Resultate wird noch klarer, wenn man folgende Umstände in Betracht zieht:

1) Zweifellos können die Monatsangaben des tatsächlichen Abflusses in einer Reihe von Jahren völlig reale Berechnungsfehler haben, die überhaupt solchen Berechnungen eigen sind, und gleichzeitig in den Bedingungen des zu betrachtenden Punktes auch deswegen möglich sind, weil die von uns in Berechnung gezogenen Flussbettveränderungen des Dnjeprstromes bei Kijew nur annähernd erzielt sind; solche systematischen Fehler (eines Zeichens) kann man auf 10—15% zulassen, obwohl es können auch bedeutendere sein; 2) die Angaben über Niederschläge und Temperaturen enthalten auch unbezweifelte unvermeidliche Beobachtungsfehler; eine wesentliche Rolle muss im Abflussprozess diese oder jene Verteilung von Niederschlägen oder Temperaturen im Verlaufe einzelner Monate spielen, was von uns nicht in Betracht gezogen worden war (und nicht in Betracht gezogen werden konnte, durch Fehler von entsprechenden Angaben).

Die erhaltenen Gleichungen geben uns die Möglichkeit ebenso zu einer Reihe von untenfolgenden allgemeinen Schlussfolgerungen zu kommen, die die allgemeinen Abflussbedingungen in der Periode des Frühlings-Wasserabfallens erklären:

1) Im ersten Wasserabfallmonate (gewöhnlich im Mai-Monat) wird die Monatsabflussgrösse bedingt durch: 1) die Höhe der Scheitels der Frühlings-Ueberschwemmung, d. h. durch das hydrologische Regime des vorhergehenden Winters, im einzelnen hauptsächlich durch den Gang der

Tabelle 4 (Juni)

Jahre	Datum des theoret. Was- serst. nach 30 Tagen nach dem Wasser- scheiden	Theoret. Wasserst. nach 30 T. nach dem Wassersch. in cm	Wassermenge entsprechend dem theoret. Wasserstande	Theoret. Ab- fluss auf 30 T. im voraus v. Datum der 2-en Rubrik	Der tatsächl. Abfluss auf 30 Tage vo- raus v. Datum der 2-ten Rubrik	Ergänzungs- Abfluss auf 30 Tage vora- us vom Datum der 2-ten Rubrik	Ausge- rech net- tes ΔQ in Tausend kub. m.	Ausger. Abfluss		Fehler	
								Q _m	in Tausend kub. m.	absol. in Tausend kub. m.	in % / %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
1886	9. VI	195	1 006	20 600	34 144	13 544	6.99	27 590	- 6,51	19,08	
1888	"	205	1 106	21 800	33 222	11 422	6.26	28 150	- 5,14	15,47	
1889	"	306	1 941	30 400	27 260	- 3 140	0.07	30 470	- 3,08	11,01	
1890	"	82	590	14 600	25 514	10 914	11.94	26 540	+ 10	3,92	
1891	"	176	1 118	22 000	32 162	10 162	11.20	33 200	+ 1,0	3,11	
1892	"	132	918	19 400	32 925	13 525	11.65	31 050	+ 1,85	5,63	
1893	"	176	981	20 200	41 820	21 620	16.09	36 290	- 5,51	13,18	
1894	"	90	557	14 100	34 524	20 424	25.14	39 240	+ 3,74	10,84	
1895	"	373	2 830	41 800	42 460	660	7.24	49 040	+ 6,54	15,43	
1896	"	306	2 132	32 100	58 795	26 695	22.25	54 350	- 4,45	7,57	
1897	"	146	890	18 900	28 069	9 169	3.71	22 610	- 5,5	19,60	
1898	"	115	793	17 800	34 508	16 708	15.69	33 490	- 1,01	2,93	
1899	"	28	389	10 800	35 081	24 281	21.90	32 700	- 2,4	6,84	
1900	10. VII 9. VI	246	1 638	27 800	32 781	4 981	9.44	37 240	+ 4,44	13,70	
1901	"	146	995	20 600	24 894	4 294	1.57	22 170	- 2,7	1,08	
1902	"	115	753	17 200	64 843	47 643	45.42	62 620	- 2,18	3,37	
1903	10. V 9. VI	90	664	15 600	47 301	31 701	30.01	45 610	- 1,7	3,60	
1904	"	82	678	16 000	24 614	8 614	8.05	24 050	- 0,55	2,24	
1905	"	290	1 998	30 800	37 195	6 395	8.27	39 070	+ 1,87	5,08	
1906	"	246	1 590	27 400	80 410	53 010	53.11	80 510	+ 0,11	0,14	
1907	10. V 9. VI	333	2 486	36 400	40 749	4 349	7.10	43 500	+ 2,80	6,88	
1908	"	384	3 108	46 600	67 516	20 916	21.32	67 920	+ 0,42	0,62	
1909	"	194	1 271	23 900	63 753	39 853	32.70	56 600	- 7,20	11,30	
1910	"	74	644	15 400	16 687	1 287	3.32	18 720	+ 2,0	12,0	
1911	"	132	918	19 400	25 552	5 952	9.80	29 200	+ 3,8	14,5	
1912	"	146	995	20 600	44 523	23 923	33.11	53 710	+ 9,21	20,7	
1913	"	82	556	14 000	26 341	12 341	13.15	27 150	+ 0,85	3,23	
1914	"	95	618	15 000	30 518	15 518	14.95	29 950	- 0,55	1,80	
1915	"	185	1 135	22 200	25 230	3 030	3.51	25 710	+ 0,51	2,02	
1916	"	132	848	18 400	30 180	11 780	13.58	31 980	+ 1,78	5,90	
1917	"	290	1 986	30 600	26 870	- 3 730	- 3.95	26 630	- 0,25	0,93	
											- 7,2%
								Mittel			

Winterniederschläge und Temperaturen;¹ 2) durch den Gang der Lufttemperatur im Wasserabfallmonate; je höher die Temperaturen, desto kleiner ist der Abfluss, d. h. desto grösser sind, scheinbar, die Verluste; diese zwei Faktoren sind Grundfaktoeren; in bedeutend kleinerem Masse, d. h. in allermeisten Fällen wirken folgende Ergänzungsfaktoren ganz unwesentlich: die Temperaturen des vorausgehenden Monats und Niederschläge des laufenden Monats.

2) Im zweiten Wasserabfallmonate (gewöhnlich Juli) hängt die Monatsabflussgrösse auch in erster Linie von der Höhe des Frühlings-Wasserscheitels ab, d. h. von der Gemeinschaft der Faktoren, die die Grösse der Frühlings-Ueberschwemmung bestimmen.

Ferner sind solche Faktoren wesentlich:

A. Für Jahre mit hohen Ueberschwemmungen ($H > 550$ cm):

1) die Wechselbeziehung zwischen den Niederschlägen der vorausgehenden Monats und der Temperatursumme für zwei vorausgehende Monate;

2) die Temperaturen des gegebenen Monats.

B. Für Jahre mit mittleren und niedrigen Ueberschwemmungen ($H < 550$ cm).

1) Wechselbeziehung zwischen den Niederschlägen des vorhergehenden und der Temperatursumme für zwei vorhergehende Monate;

2) Niederschläge des gegebenen Monats;

3) Temperaturen

C. Bei Einteilung der Gruppe B von Jahren (mit mittleren und niedrigen Ueberschwemmungen) — in entsprechende zwei Kategorien, sind folgende Faktoren wesentlich:

C₁. Für Jahre mit mittleren Ueberschwemmungshöhen:

1) Wechselbeziehung der Niederschläge und Temperaturen nach dem

P. (1) der obenvermerkten Gruppe B,

2) Temperaturen des gegebenen Monats;

C₂. Für Jahre mit niedrigen Ueberschwemmungen ($H < 400$ cm):

2) Nur eine Wechselbeziehung zwischen den Niederschlägen des vorhergehenden Monats und den Temperaturen zweier vorhergehender Monate.

Infolgedessen wird für den zweiten Abfallmonats folgender interessanter Moment hervorgehoben: der Gang des Wasserabfallens im zweiten Abfallmonate wird hauptsächlich durch Niederschläge und Temperaturen des vorhergehenden Monats bestimmt und nur teilweise durch Temperaturen des gegebenen Monats; die Niederschläge des gegebenen Monats äussern keinen merklichen Einfluss, sogar in Jahren mit sehr niedrigen Ueberschwemmungen,

III. Im dritten Abfallmonate (gewöhnlich Juli) ist folgendes charakteristisch:

— die eine oder andere Höhe der Frühlingsueberschwemmung äussert sich nicht im Sinne ihres Einflusses auf den Abfallgang, d. h. die Abflussgrösse hängt in diesem Falle nicht mehr von der Sachlage, die die Frühlingsueberschwemmungshöhe bestimmt, ab.

Als hauptwirkende Faktoren sind in diesem Falle:

1) die Niederschläge des gegebenen und vorhergehenden Monats (Juni, Juli);

2) Niederschläge des Mai Monats, d. h. des zweiten vorhergehenden Monats;

3) in kalten Jahren — Lufttemperaturen für den April und Mai;

4) in Jahren mit grosser Niederschlagsmenge im versumpften Flussgebiete der Pripjatj — Niederschläge für den Juni des letzten Flussgebietes.

Alles obenangeführte erlaubt gleichfalls solche allgemeine Schlussfolge-

¹ E. W. Oppokow, Der Wasserhaushalt im Flussgebiete des oberen Dnjepr oberhalb von Kijew. 1904, 7. I S. 259.

zung zu machen. Insofern die gefundenen Abhängigkeiten die Aufspeicherung und den Feuchtigkeitsverbrauch im Flussgebiete nicht berechnen, kann man zweierlei Vermutungen machen: 1) dass die Aufspeicherung oder der Verbrauch der Feuchtigkeit im Flussgebiete die ausgeführten Abhängigkeiten automatisch berechnen, insofern der Gang der klimatischen Elemente in einzelnen Monaten mehr oder weniger eng mit dem Gang sämtlicher vorhergehender Sachlagen verbunden ist; 2) dass die Aufspeicherungs- und Verbrauchsmengen der Feuchtigkeit vielleicht nicht besonders gross sind und in einzelnen, ziemlich unbedeutenden, Grenzen schwanken, dass sich die Resultate dieser Schwankungen praktisch in einzelnen Monaten bemerkbar machen könnten.

Scheinbar entspricht die erste Voraussetzung mehr der Wirklichkeit.

Tatsächlich, eine ähnliche Sachlage ist schon längst erörtert und figurirt in der Meteorologie, nämlich, als faktisches Vorhandensein im Wettergang der mehr oder weniger schroff ausgedrückten Tendenz zur Aufbewahrung des Wittertyps, nicht nur von einem Tage zum anderen, sondern auch von einem Monate zum anderen. Die Meteorologie stellt gleichfalls fest, dass die Bewahrungswahrscheinlichkeit des einen oder anderen Wittertyp (positiver oder negativer Anomalie) in Mittelmonats-Angaben wächst, wenn sich die Monatsanzahl vergrössert, in deren Lauf sich der gegebene Wittertyp hält.

Solche Art Abhängigkeit sind z. B. in folgender Tabelle gut illustriert, die von *Keppen* für Nord-Deutschland zusammengestellt ist.¹

Tabelle 5

der Wahrscheinlichkeits-Bewahrung der Temperatur-Anomalie

Monate	Dauerhaftigkeit der Anomalie in der vorhergeh. Periode					Anomalie — Grösse \ddot{m}	
	1 Mon.	2 u. 3 M.	4 u. 6 M.	6 M.	Mittel.	> 1° bei Dauerhaftigk. von 1 M.	> 1° und > 1 Mon.
I—II	56	67	68	58	62	64	68
II—III	65	61	78	74	66	57	67
III—IV	52	59	65	55	57	58	64
IV—V	49	56	58	57	54	54	59
V—VI	44	45	63	87	50	56	62
VI—VII	56	65	80	76	63	68	73
VII—VIII	58	65	61	67	62	71	75
VIII—IX	55	57	72	69	59	64	69
IX—X	53	51	64	52	54	62	62
X—XI	52	48	66	84	54	57	63
XI—XII	55	68	75	64	62	65	71
XII—I	56	57	59	57	57	62	65

Die angeführte Tabelle zeigt, dass für den gegebenen Monat die Wahrscheinlichkeit der Bewahrung der Anomalie auf den folgenden Monat beinahe ebenso gross ist, wie auch die Wahrscheinlichkeit ihres Abbrechens; wenn die Anomalie in vorhergehender Periode die Länge eines Monats übertrifft, so wächst die Wahrscheinlichkeit ihrer Bewahrung bedeutend z. B. für Mai—Juni, bei vorhandener Dauerhaftigkeit > 6 Monat von 87% erreichend.

¹ Citiert nach Prof. *W. P. Obolensky*. Meteorologie, Ausgabe „Neues Dorf“, Moskau, 1927, S. 446.

Genau so vergrössern sich die Wahrscheinlichkeiten der Anomalienbewahrung auch bei Vergrösserung der absoluten Bedeutungen dieser Anomalien, wie es aus den zwei letzten Tabellenspalten hervorgeht.

Indem wir in unseren Gleichungen die klimatischen Charaktereigenschaften einer Reihe von Monaten der vorhergehenden Periode in Rechnung stellen, erscheint es sehr wahrscheinlich, dass wir hiermit in verborgener Form die klimatischen Verhältnisse noch entfernterer Perioden in unsere Gleichung einschalten, soweit solche mit den von uns berechneten klimatischen Elementen in Beziehung stehen können.

Diese Frage verlangt jedoch noch weitere entsprechende Erforschung.

Es sei noch bemerkt, dass ausser den obenangeführten Forschungen, eine Reihe von Verarbeitungen über die Verbindung ΔQ mit den klimatischen Elementen, mittelst Anwendung eines etwas anderen Grundschemas, ausgeführt worden sind.

Man kann nämlich die Grösse ΔQ für jeden Abfallmonat unmittelbar durch den Wasserstand (oder Wassermenge) der auf den gegebenen Anfangsmonat kommt (den Zehnten), feststellen, aber nicht durch mechanische Abrechnung vor Anfangsdatum des ersten Monats der Zwischenräume von 30 Tagen, wie es früher Gebrauch war.

In diesem Falle jedoch, muss in die Berechnung Δ für jeden Monat der Anfangswasserstand dieses Monats eingegliedert werden.

Berechnungen, nach solchem Schema ausgeführt, ergaben folgende Resultate, die mit den früheren Bezeichnungen dargestellt sind:

I. Die Gleichung für den Summar-Abfluss des ersten und zweiten Abfallmonats:

$$Q_{1+2} = \Delta Q_{1+2} - 0,128 H + 0,439 N_1 - 2,29 (t_{-1} + t_1) + 0,17 (N_2 - N_0) + 1,15 (t_2 - t_0) + 61,60 \quad (20)$$

II. Die Gleichung für den Abfluss des dritten Abfallmonats:

$$Q_3 = \Delta Q_3 + 0,12 C_{1+2} + 0,15 N_2 + 0,11 N_3 - 16,10 \quad (21)$$

III. Gleichung für den Abfluss des vierten Abfallmonats:

$$C_4 = \Delta Q_4 + 0,063 Q_3 + 0,130 N_3 + 0,086 N_4 - 14,40 \quad (22)$$

Die Gleichungen (21) und (22) können mittelst Ausschliessung von Q_{1+2} und C_3 in ver vollständiger Weise dargestellt werden; so kann man z. B. an Stelle der Gleichung (21) schreiben:

$$Q_3 = \Delta Q - 0,17 H - 0,275 (t_{-1} + t_1) + 0,052 N_1 + 0,15 N_2 + 0,11 N_3 - 8,8 \quad (23)$$

Den Einklang dieser Gleichungen mit der Wirklichkeit sieht man aus folgender Tabelle:

Tabelle 6

Nr.	Fehler- katego- rie	Für d. Gleich. (20)			Für d. Gleich. (21)			Für d. Gleich. (22)			Anmerkung
		Fehler — anzahl		Aufein- ander f. Sum. %	Fehler — anzahl		Aufein- ander f. Sum. %	Fehler — anzahl		Aufein- ander f. Sum. %	
		abs.	in %		abs.	in %		abs.	in %		
1	0 — 5	24	64,9	—	12	32,4	—	13	35,2	—	In die Bear- beitung wurde die Periode 1881 — 1917 ein- geschlossen, d. h. 37 Jahre.
2	6 — 10	10	27,0	91,9	9	24,3	56,7	10	27,0	62,2	
3	11 — 15	2	5,4	97,3	8	21,7	78,4	9	24,3	86,5	
4	16 — 20	1	2,7	100%	4	10,8	89,2	2	5,4	91,9	
5	21 — 25	—	—	—	4	10,8	100%	3	8,1	100%	
	Total	37	100%	—	37	100%	—	37	100%	—	

Die Resultatsübereinstimmung ist beispielweise für den zweiten Abfallmonat in der Abb. 4 illustriert.

Das Entsprechen der angeführten Gleichungen der Wirklichkeit ist ein durchaus gutes; womöglich ist so ein Resultat auf Rechnung zweierlei Arten von Gründen zurückzuführen: 1) Einführen zur Berechnung der Anfangswassermengen, 2) Einführung zur Berechnung des vorhergehenden Monatsabflusses.

3. Abfluss in Sommer — Herbst Monaten — Oben war festgestellt, dass der theoretische Abfluss, der nach der von uns angenommenen niederen Grenz-Abflusskurve berechnet war, gibt für Sommermonate eine beständige Grösse; schon für den Juni Monat verändert sich die Grösse ΔQ in verhältnissmässig kleinen Grenzen. Deswegen war es natürlich anzunehmen, dass es theoretisch völlig möglich ist, die Bedeutungen der Monatsabflussgrössen auch für folgende Sommermonate, die oben nicht betrachtet sind, d. h. für August, September und Oktober, zu verbinden.

Solch eine Arbeit war nach denselben Prinzipien und auf denselben Wegen ausgeführt, die für die vorhergehenden Monate angewandt waren; diese Arbeit war von Dipl. Ing. *Prjadchenko* vollbracht worden. Dabei war, ausser der Periode VIII — X, der Abfluss für den Juli-Monat zum zweiten Mal erforscht, der in den allermeisten Fällen ausser dreien mit unserem dritten Abfallmonate übereinfällt, aber ohne Anwendung der Abfallkurve.

Die Resultate dieser Art von Bearbeitungen waren auch ganz befriedigend.

Weiterhin bezeichnen wir die klimatischen Elemente und den Abfluss in einzelnen Monaten mit denselben Buchstaben, wie auch oben, nur mit Indexen, die der Nummer des betreffenden Monats entsprechen.

Dann gestalten sich die erhaltenen Resultate so:

1. Für den Juli-Monat:

$$Q_7 = 0,1 (N_5 - 50) + 0,2 (N_6 - 55) + 0,05 (N_7 - 80) + 0,1 [[N_7 - 70]] + 0,2 [[N_7 - 100]] + 0,2 [[N_5 - 60]] + 0,4 [[N_6 - 50]] + 17 \quad (24)$$

Mit den Doppelklammern in der oberen Gleichung (wie auch in den weiteren) sind bedingungsweise die Glieder angegeben, welche in die Berechnung nur in den Fällen eingezogen werden, wenn der sich in Klammern befindliche Ausdruck — ein positiver ist; im entgegengesetzten Falle muss man diese Glieder als gleich Null annehmen. Anders könnte man solche Ausdrücke durch Einführung von Quadratwurzeln mit dem Wahlzeichen vor den Wurzeln bezeichnen, z. B. für die letzten vier Glieder der vorhergehenden Gleichung könnte man schreiben:

$$\begin{aligned} & + \frac{0,1}{2} [(N_7 - 70) + \sqrt{(N_7 - 70)^2}] + \frac{0,2}{2} [(N_7 - 100) + \sqrt{(N_7 - 100)^2}] + \\ & + \frac{0,2}{2} [(N_5 - 60) + \sqrt{N_5 - 60}] + \frac{0,4}{2} [(N_6 - 50) + \sqrt{(N_6 - 50)^2}] \end{aligned}$$

Solche allgemeine Bezeichnungen, was nicht schwer ist sieht davon zu überzeugen, geben ein Resultat, das bei den früheren einfacheren, aber bedingten Bezeichnungen erhalten worden ist.

Die obenerhaltene Gleichung (24) gab folgende Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit (siehe Tab. 7).

Die Resultate waren insofern etwas schlechter, dass die Maximalfehler bedeutend grösser waren, als laut Gleichung (19), die die Abfallkurve berechnet; scheinbar ist die Abfallkurvenberechnung für den Juli-Monat gewissermassen ein wesentlicher Umstand.

Interessant ist zu bemerken, dass die grundwirkenden Faktoren in der erhaltenen Gleichung (24) und in der früher erhaltenen (19), die unabhängig von einander ausgearbeitet waren (und zudem noch von verschiedenen Per-

Tabelle 7

Fehlerkategorie	Fehleranzahl		Aufeinanderfolgende Summen in %/0	Anmerkungen
	absol.	in %/0		
0-5	7	21,2	—	Genommen wurde die Periode von 1884 bis 1917; ausgelassen ist das Jahr 1899, da es ein ziemlich spätes Wasserscheiteldatum hat und deshalb schroff aus der allgemeinen Reihe ausfällt.
6-10	11	33,4	54,6	
11-15	7	21,2	75,8	
16-20	5	15,2	91,0	
21-25	0	0,0	91,0	
26-30	1	3,0	04,8	
31-42	2	6,0	100%/0	
Total .	33	100	—	

sonen) vollständig übereinstimmen; in beiden Gleichungen figurieren nur die Niederschläge im V, VI und VII Monat und fehlen die Temperaturen.

Gleichung (24) ergibt, dass auf den Juli-Abfluss Einfluss haben: 1) Niederschläge von Mai, Juni und Juli, 2) Juli-Niederschläge in verschiedenen Wechselbeziehungen, wenn sie grösser als 50 oder 100 mm sind, 3) Mai-Niederschläge, wenn sie grösser als 60 mm, 4) Juni-Niederschläge, wenn sie grösser als 50 mm sind; in anderen Worten, wie es schon früher geklärt war, hängt die Abfluss-Grösse nicht nur von der allgemeinen Niederschlagssumme, sondern auch von ihrer Verteilung in vorhergehenden Monaten ab.

II. Für den August-Monat erhielt man:

$$Q_8 = 0,05(N_5 - 50) + 0,1(N_6 + N_8 - 95) + 0,2(N_7 - 80) - 0,5[[45 - N_6]] + 0,2[[N_5 + N_6 + N_7 - 250]] + 0,5[[N_7 - 120]] + 14 \quad (25)$$

Der Einklang der Resultate mit der Wirklichkeit ist in Tabelle 8 angegeben.

Tabelle 8

NN	Fehlerkategorien	Fehleranzahl		Nacheinanderfolgende Summen %/0
		absol.	in %/0	
1	0-5	8	23,5	—
2	6-10	8	23,5	47,0
3	11-15	5	14,7	61,7
4	16-20	7	20,6	82,3
5	21-26	4	11,8	94,1
6	26-41	2	5,9	100%/0
	Total . .	34	100%/0	

Demzufolge hängt der Augustabfluss von folgenden Elementen ab: 1) von verschiedenen Wechselbeziehungen der Niederschläge der Mai, Juni, Juli,

Monate, 2) von Juni-Niederschlägen, wenn sie minderwärtiger, als 45 mm, sind; in diesem Falle vermindert sich der Abfluss; 3) Niederschläge des V, VI und VII, wenn sie in der Summe grösser als 250 sind und 4) von Niederschlägen des Juli, wenn sie grösser, als 120 mm sind.

III. Für den September-Monat erhielt man:

$$Q_9 = 0,1(N_6 + N_7 + N_8 + N_9 - 225) + 0,25[N_7 - 100] - 0,3[40 - N_8] + 0,2[N_5 + N_6 - 150] + 12,5 \quad (26)$$

Tabelle 9

NN	Fehlerkategorien	Fehleranzahl		Aufeinanderfolg. Summen %/0	Anmerkungen
		absol.	in %/0		
1	0-5	11	33,4	—	Aus den Berechnungen ist das J. 1912 ausgeschlossen, das ein absolutes (vieljähriges) Maximum der September - Niederschläge hatte und deshalb den Fehler von 51 % ergibt.
2	6-10	11	33,4	66,8	
3	11-15	4	12,1	78,9	
4	16-20	4	12,1	91,0	
5	21-25	1	3,0	94,0	
6	26-30	2	6,0	100%	
Total . .		33	100%	—	

Demzufolge wird der Septemberabfluss bestimmt: 1) durch Niederschläge der VI-IX Monate, 2) durch Niederschläge des VIII, wenn sie kleiner, als 40 mm sind, 4) durch Niederschläge von V+VI, wenn sie grösser, als 150 mm sind.

IV. Für den Oktober-Monat erhielt man:

$$Q_{10} = 0,05(N_6 + N_7 + N_8 - 175) + 0,1(N_9 + N_{10} - 70) - 0,1[80 - N_8 - N_9] - 0,2[40 - N_8] + 0,2[N_7 - 100] + 0,5[N_9 - 70] \quad (27)$$

Tabelle 10

NN	Fehlerkategorien	Fehleranzahl		Aufeinanderfolg. Summen %/0
		absol.	in %/0	
1	0-5	16	47,2	—
2	6-10	7	20,6	67,8
3	11-15	3	8,8	76,6
4	16-20	4	11,8	88,4
5	21-25	3	8,8	97,2
6	26-27	1	2,8	100%
Total . . .		34	100%	

Wirklicher Monatsabfluss für Oktober
in Tausend m³/sec. Station Kijew

Jahr	$N_6 + N_7 + N_8$	$N_9 + N_{10}$	$0,05 \frac{(N_6 + N_7 + N_8 + N_9 - 175)}{+ N_9 - 175}$	$0,1 \frac{(N_9 + N_{10} - 70)}{+ N_{10} - 70}$	$0,1 \frac{(N_6 + N_9 - 80)}{2} - \sqrt{\frac{(N_8 + N_9 - 80)^2}{2}}$	$0,2 \frac{(N_8 - 40)}{2} - \sqrt{\frac{(N_8 - 40)^2}{2}}$	$0,2 \frac{(N_7 - 100)}{2} + \sqrt{\frac{(N_7 - 100)^2}{2}}$	$0,5 \frac{(N_9 - 70)}{2} + \sqrt{\frac{(N_9 - 70)^2}{2}}$	$\Sigma + 14$	Wirklicher Abfluss	Fehler	% zum wirklichen Abflusse	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1884	196	80	1,1	1,0						16,1	16,3	-0,2	- 0,1
1885	211	139	1,8	6,9						23,7	23,8	-0,1	- 0,0
1886	207	58	1,6	-1,2	-0,8			1,0		13,6	13,2	+0,4	+ 0,3
1887	235	120	3,0	5,0						22,0	28,0	-0,0	- 21,4
1888	210	56	1,8	-1,4	-2,2		2,8			15,0	15,7	-0,7	- 4,5
1889	222	153	2,4	8,3				4,0		28,7	26,5	+2,2	+ 8,3
1890	219	113	2,2	4,3		-1,8				18,7	16,1	+2,6	+ 16,2
1891	219	49	2,2	-2,1						14,1	15,0	-0,9	- 6,0
1892	170	102	-0,3	3,2	-1,7	-0,8				14,4	14,8	-0,4	- 2,7
1893	277	103	5,1	3,3			2,0			24,4	25,9	-1,5	- 5,8
1894	245	145	3,5	7,5				3,0		28,0	28,9	-0,9	- 3,1
1895	221	116	2,3	4,6				2,5		10,9	19,8	+1,1	+ 5,6
1896	239	91	3,2	2,1				2,5		21,8	21,2	+0,6	+ 2,8
1897	181	81	0,3	1,1	-0,6	-1,0				13,8	14,2	-0,4	- 2,8
1898	205	89	1,5	1,9	-1,5	-4,6	2,0			13,3	14,4	-1,1	- 7,6
1899	247	136	3,6	6,6				2,5		26,7	30,2	-3,5	- 11,6
1900	187	85	0,6	1,5	-1,1	-0,8				14,2	11,3	+2,9	+ 25,7
1901	215	83	2,0	1,3						17,3	15,6	+1,7	+ 10,9
1902	265	90	4,5	2,0			0,6			21,1	25,6	-4,5	- 17,6
1903	295	85	6,0	1,5	-0,7		3,8			24,6	25,1	-0,5	- 0,2
1904	166	90	-0,5	2,0						15,5	25,2	+0,3	+ 0,2
1905	188	170	0,7	10,0				3,5		28,2	33,7	-5,5	- 16,3
1906	267	112	4,6	4,2			3,4	1,5		27,7	23,6	-0,9	- 3,2
1907	258	24	4,2	-4,6	-1,3		6,6			18,9	16,8	+2,1	+ 12,5
1908	250	80	3,8	1,0						18,8	25,8	-7,0	- 27,2
1909	205	75	1,5	0,5	-1,1	-2,2				12,7	16,0	-3,3	- 20,6
1910	262	52	4,4	-1,8			1,8			18,4	17,5	+0,9	+ 5,1
1911	218	65	2,2	-0,5						15,7	14,9	+0,8	+ 5,4
1912	200	152	1,3	8,2				18,5		42,0	42,7	-0,7	- 1,6
1913	296	68	6,1	-0,2			5,8			25,7	30,1	-4,4	- 14,6
1914	177	107	0,1	3,7						17,8	19,3	-1,5	- 7,8
1915	212	68	1,9	-0,2						15,7	14,4	+1,3	+ 9,2
1916	274	110	5,0	4,0			2,2			24,2	30,7	-6,5	- 21,2
1917	237	94	3,1	2,4			1,0			20,5	22,7	-2,2	- 9,7

Demzufolge ist der Oktoberabfluss bestimmt: 1) durch Niederschläge der VI, VII, VIII, IX und X Monate in verschiedenen Kombinationen angewandt; 2) durch Niederschläge von VIII, IX Monate zusammengenommen, wenn diese Summen der Niederschläge minderwärtiger als 80 mm sind, 3) durch Niederschläge vom VIII Monat, wenn sie kleiner, als 40 mm sind, 4) durch Niederschläge vom VII Monat, wenn sie grösser, als 100 mm sind und, 5) durch Niederschläge des IX Monats, wenn sie grösser, als 70 mm sind.

Zur Illustration sind die Berechnungsangaben für den Oktober-Monat in der Abb. 5 und in der Tabelle 11 angegeben.

Demzufolge waren im Endresultate die Abflussbedeutungen der Monate Mai, Juni, Juli, August, September und Oktober, d. h. von 6 Monaten des warmen Halbjahres, mit den klimatischen Faktoren völlig gut verbunden; zur Gleichung für die ersten drei Monate gehörten einige veränderliche Grössen, die nach der von uns gefundenen unteren Grenzabfallkurve festgestellt werden, und der Abfluss der übrigen Monate, ebenso des Juli, stellt sich unmittelbar nach Wechselbeziehungen fest, die nicht die Grössen enthält, welche mittelst theoretischer Abfallkurve erhalten werden.

Es ist leicht vorstellbar, dass die Summen der ausgeführten Wechselbeziehungen, die für jegliche Monatskombinationen benutzt und zur Bearbeitung herangezogen wurden, die summaren Abflussbedeutungen für diese Kombinationen genügend wiedergeben müssen, d. h. nach ausgeführten Abhängigkeiten ist es nicht schwer eine Gleichung für den Saisonabfluss der ganzen Sommersaison oder eine Gleichung für die Periode VII—X u. s. w. zu erhalten.

Man kann jedoch voraussetzen, dass sich die Saison-Abflussbedeutungen einfacher verbinden lassen im Gegenüberstellen von nur einigen Faktoren, welche für den Abfluss einzelner Monate bestimmt sind.

Ausser unserer Erforschung blieben bis jetzt also die Monate des kalten Halbjahres und gleichfalls des gewöhnlichen Frühlings - Wasseranschwellens.

Diese Analyse muss Sache einer ausführlichen Erörterung werden; einige vorläufige Resultate in dieser Hinsicht sind schon vorhanden.

Die Schlussfolgerungen der allgemeinen Ordnung sind von uns schon oben angemerkt worden; alle Erörterungen bekräftigen im grossen und ganzen diese Schlussfolgerungen.

Demzufolge kann man annehmen: 1) die Monatsabflussbedeutungen können im allgemeinen mit der Charakteristik der klimatischen Elemente verbunden werden; 2) diese Verbindung kann mittelst einer detaillierten Berechnung, nicht nur einiger Summarcharakteristik der klimatischen Elemente, sondern auch mittelst Verteilung letzterer in der Zeit und sogar im Raume verwirklicht werden (bei verschiedenem Charakter einzelner Gebietsteile); 3) der allgemeine Weg zum Auffinden der Gesetzmässigkeiten muss in hintereinanderfolgender Einschliessung zur Berechnung der Abhängigkeiten wie der einzelnen Privat-Charakteristiken, so auch der Abweichungen letzterer von einigen „kritischen“ Grenz-Bedeutungen bestehen.

Höher wurde daraufhingewiesen, dass in den existierenden Formeln für den Abfluss entweder nur die Niederschläge figurieren (Schreiber, Ule, Keller, Penck), in anderen—auch die Temperaturen (Oppokow, Vermüel, Justin) oder das Sättigungsdefizit (Rusel, Welikanow-Sokolowsky), und in der Formel von Prof. J. Nenjko—auch die Winterniederschläge und Temperaturen. In Hinsicht auf die von uns gestellte Aufgabe: die Formel, in welche man den Gang der Abflussveränderung in jedem einzelnen Jahre einpassen könnte, zusammenzustellen, ist folgendes anzumerken:

Erstens, muss man annehmen, dass die Jahresabflussvariationen A , im

allgemeinen Falle nicht in der Abhängigkeit von nur einer Jahressumme der Niederschläge N_{Jahr} ausgedrückt werden kann:

$$A_t = f \cdot (N_{\text{Jahr}}) = \alpha \cdot N_{\text{Jahr}}$$

solche Mutmassung sieht im Verborgenen das Vorhandensein der Beständigkeit des Abflusskoeffizienten von Jahr zu Jahr voraus, was nur bei einigen spezifischen Bedingungen (Flüsse von Schweden) zulässig ist.

Zweitens, muss wahrscheinlich der Jahresabfluss durch die Aufspeicherung und den Feuchtigkeitsverbrauch laut dem Gesetz von *Penck* und *Oppokow* entstellt werden; im Gemeinfalle, wenn die Berechnung letzterer nicht auf einem Umwege verwirklicht werden kann, wird die Aufgabe, die Verbindung zwischen den klimatischen Elementen und dem Abflusse für einzelne Jahre festzustellen nur in einer ersten groben Annäherung gelöst.¹

Drittens, sind die Charakteristiken der einen oder anderen *Verteilung der Jahresniederschläge im Zeitraume der ganzen Jahresperiode* ziemlich wichtige Faktoren (gewöhnlich unberechnete). Mit anderen Worten, müssen die gleichen Jahressummen der Niederschläge, bei anderen gleichen Bedingungen, verschiedenen Effekt für den Abfluss geben, im Zusammenhange mit den Portionen und den natürlichen Perioden, in denen diese Niederschläge ausgefallen sind.

Viertens, muss schliesslich die Erforschung dieser Frage durch den schon früher notierten Zusammenhang der einzelnen klimatischen Faktoren bedeutend erschwert werden; sehr oft, wie die Klimathologie feststellt, entspricht der völlig bestimmte Temperaturgang dem gegebenen Niederschlags gange, ebenso, wie der Niederschlags gang in einigen natürlichen Perioden oft mit seinem Gange in den folgenden oder vergangenen natürlichen Perioden eng verbunden ist. Solche gegenseitige Verbindung kann zu Schwierigkeiten in Versuchen der tatsächlichen Absonderung einzelner wirkender Faktoren führen; andererseits, jedoch, kann solche Verbindung das Auffinden der Hauptwirkenden Faktoren in ihrem mittleren vorherrschenden Einflusse erleichtern, wenn man nicht einzelne, aus dem allgemeinen Mittelschema ausgeschlossene Fälle in Betracht zieht.

Wie bereits angezeigt wurde, muss der Dnjepr-Abfluss bei Kijew, wie auch anderer Flüsse der Ukraine,² nach Prof. J. Nenjko, abhängig von den klimatischen Faktoren nach seinen zwei obenangeführten Formeln (2) und (3) festgestellt werden.

Bei nächsten Resultaterforschungen welche die Formeln von Prof. J. Nenjko in ihrer Anwendung für Kijew, geben, ist folgende Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit gefunden worden.

Die Uebereinstimmung der Formeln von Prof. J. Nenjko mit der Wirklichkeit ist in der *Abb. 6* und in der *Tabelle 12* illustriert.

Dabei sei zu notiren, dass die Resultatsvergleiche der Berechnungen vom Autor der Formeln nach den alten Abflussangaben für Kijew, die Prof. E. W. Oppokow gehören, ausgeführt worden sind. Bei Ersetzung dieser letzten Angaben mit unseren, —genaueren, in welchen die Flussbettveränderungen und das Winterregime berechnet sind, *vergrössern sich* bedeu-

¹ E. Oppokow. Sur l'accumulation et la consommation de l'humidité dans le sol des bassins des fleuves de plaines. XI-e Congres Navig. intern. 1908.

Abfluss und Verdunstung als eine Funktion der Niederschlägen im Flussgebiete; Nachrichten des Wissenschaftlichen Forschungs-Instituts der Wasserwirtschaft der Ukraine. B. II. L. 2. 1929. S. 143-170.

² Prof. J. Nenjko. Die relative Grösse des Frühlings-Abflusses. Wissenschaftliche-Technische Kunde Nr. 5, 1930 Charkow.

Prof. J. Nenjko. Die wichtigsten Faktoren des Fluss-Abflusses. Nachrichten des Wissensch. Forsch. Instit. der Wasserwirtschaft der Ukraine. B. II. L. 1, Kijew 1929, S. 145-151 (deutsch).

Nr	Fehlerkategorie	Nach. der Form. 2		Nach. der Form. 3		Anmerkungen
		Abs. Anz.	%%	Abs. Anz.	%%	
1	0—10%	4	25%	5	31%	Maximalfehler: nach der Form. (2) 38%; nach d. Formel (3) 182,0% (1).
2	0—15%	5	31	8	50	
3	0—20%	9	56	10	62,5	
4	0—25%	9	56	10	62,5	
5	0—30%	11	68,5	13	81	
6	30	5	31	3	19	

tend die Abweichungen der theoretischen Berechnungen von der Wirklichkeit *noch mehr*.

Die Genauigkeit der Jahres-Abflussmengen kann in den Grenzen nicht unter 10% bewertet werden (in den Bedingungen von Kijew); die Genauigkeit der Niederschlags- und Temperaturberechnungen, die in die Berechnungsformel eingeschlossen sind, ist wahrscheinlich ebenso nah an 10%, was in der Summe kaum die Fehler mehr als 20% geben wird.

Hieraus geht hervor, dass das Uebereinstimmen der Formel von Prof. J. Nenjko mit den wirklichen Angaben vollkommen ungenügend ist; richtig ist der Gang der Abflusserscheinungen in weniger als in 50% sämtlicher Fälle berechnet.

Den Grund dazu ist nicht schwer anzumerken.

Tatsächlich beide Formeln von Prof. J. Nenjko kann man im allgemeinen so darstellen:

$$y = x[f(t_6, x_6)] = \alpha x$$

Hieraus geht hervor, dass das sich im Klammern befindliche Glied in Wirklichkeit der Jahres-Abflusskoeffizient ist. Es ist schwer anzunehmen, dass der Jahres-Abflusskoeffizient in Wirklichkeit vollständig durch die Grössen der Winterniederschläge und Wintertemperaturen x_6 und t_6 bestimmt werden kann. Diese zwei Faktoren sind, wie es schon vom Akad. E. W. Opokow erklärt war, wirklich für einige Flüsse der Ukraine die Hauptfaktoren im Gange des Jahresabflusses, jedoch zweifellos muss auf die Grösse des Abflusskoeffizienten auch eine Reihe anderer Faktoren wirken, hauptsächlich bei Bedingungen der Niederungs-Flussgebiete, wo die Aufspeicherung und der Verbrauch von Feuchtigkeit eine bedeutende Rolle spielen können.

Deswegen sind die Fehler durch die Formeln von Prof. J. Nenjko angegeben, bei ihrer Anwendung zum Dnjeprstrom, keineswegs Zufallsfehler: das sind vollkommen-gesetzliche Fehler, und beim Fortfahren der Ausrechnungen (welche bei Prof. Nenjko für den Dnjeprstrom nur für die J. 1886-1901 gegeben sind) kann man ganz bestimmt noch grössere Abweichungen seiner Berechnungen von der Wirklichkeit erwarten.

Es sei erwogen, dass für den Südlichen Bug die Formeln von Prof. J. Nenjko bessere Resultate ergeben, obwohl auch hier die Fehler $>15\%$ 38,5% bzw. 23% der Gesamtfälle ausmachen.

Scheinbar sind für die Bedingungen des Südlichen Bug die Faktoren t_6 und x_6 im Gange des Jahresabflusses bedeutender, als für den Dnjeprstrom.

Jedoch können wir uns aus diesem Grunde keineswegs mit dem Autor dieser Formeln einverstanden erklären, dass man seinen Formeln eine all-

gemeine Bedeutung, als annehmbar und tauglich für alle Flüsse der USSR, zusprechen kann. *Dieses könnte nur durch Kontrolle seiner Formeln laut Angaben der tatsächlichen Messungen an den Flüssen bewiesen werden, die wenigstens die Grundtypen der Flüsse der USSR darstellen und sich dabei in verschiedenen Rayons befinden.*

Theoretisch jedoch kann man in diesem Falle schwerlich gute Resultate erwarten.

Im Zusammenhange mit den von uns angenommenen allgemeinen Prinzipien derartiger Erforschungen, die höher formuliert waren (im Abschnitte der dem Studium der monatlichen Abflussmengen gewidmet ist) begann die Erforschung des Jahresabflusses mit der Erörterung der grundwirkenden Faktoren dieses Prozesses.

Zur Betrachtung wurden die Abflussmengen, welche sich auf die hydrologischen Jahre (vom I-X) in der Zeitperiode vom J. 1884—1917 beziehen (nach denselben Gründen, wie auch bei Erforschung des Monatsabflusses).

Während die Abflussmengen für die einzelnen Jahre keinen parallelen Gang mit den Niederschlägen derselben Jahre aufweisen, stellte sich heraus, dass eine klarer ausgedrückte Gesetzmässigkeit im gegenseitigen Gang der Jahresniederschläge und Jahresverluste stattfindet, d. h. der Differenzen der Jahresniederschläge N_{Jahr} und des Jahresabflusses A_{Jahr} .

Während des Studiums der Jahresabfluss-Koeffizientenschwankungen wurde gleichzeitig konstatiert, dass grosse Bedeutungen der Abfluss-Koeffizienten nur dann vertreten sind, wenn ihnen bedeutende Sommer-Frühlings-Niederschläge des vorigen Jahres vorangehen.

Diese von uns erörterten zwei Grundsätze wurden zur Grundlage des Weiteren gelegt.

Betrachten wir sie genauer.

Der erste Grundsatz—eine schärfer ausgedrückte Verbindung mit Niederschlag der Verluste, als des Abflusses, geht aus der *Zeichnung 7* hervor. Während die Abflussmengen bei Niederschlägen, welche grösser, als ungefähr 550 mm sind, keinerlei Abhängigkeit von den Niederschlägen aufweisen, haben die Mengen der Verluste eine klar ausgedrückte Tendenz ebenso zuzunehmen, wie die Niederschlagsmengen zunehmen; die maximalen Verluste entsprechen den maximalen Niederschlägen, während die maximalen Abflussmengen bei solchen Niederschlägen vertreten sind, welche nah zur Mitte der ganzen Amplitude sind.

Der zweite Grundsatz wird durch die völlig bestimmte Verbindung illustriert, die in der *Zeichnung 8* angegeben ist, zwischen den Bedeutungen der Jahres-Abflusskoeffizienten α einerseits und den Summen der Niederschläge, die im warmen Teile des vorhergehenden Jahres genommen sind, d. h. in den Monaten vom April bis September einschliesslich.

Die Zeichnung 8 zeigt, dass grosse Koeffizientenbedeutungen nur bei bedeutenden Niederschlägen der warmen Hälfte des vorhergehenden Jahres stattfinden können; im Gegenteil, die minimalen Koeffizienten-Bedeutungen des Abflusses (1920, 1886, 1884) entsprechen sehr kleinen Bedeutungen von Niederschlägen des vorhergehenden Jahres.

Interessant ist zu bemerken, dass die in der Zeichnung 8 erhaltene Zerstreuung der Punkte, wenn man als Gesetz der Verbindung des Abflusskoeffizienten mit den Niederschlägen die mittlere Linie annimmt, in den allermeisten Fällen Fehler unter 20% ergibt; die Grenzlilien für Fehler, die bedeutender sind als angezeigte Grenze, sind durch äusserste Punktierlinien annähernd bezeichnet.

Auf diese Art entstehen nach dem Zusammenhang der Zeichnung 8 Fehler von mehr als 20% in 13 Fällen aus der Gesamtzahl von 40 Fällen, d. h. Fehler der Grösse nach bis 20% haben wir im ganzen in 32% sämtlicher Fälle (gegen 44%—38% laut Formel von Prof. J. Nenjko; sieh höher),

und das auch nur bei Einführung in die Berechnung alleiniger Niederschläge des warmen Teiles des vorigen Jahres; Fehler der Grösse nach unter 10% haben wir in 18 Fällen, d. h. in 45% sämtlicher Fälle (gegen 25% und 31% laut Formel von Prof. J. Nenjko) und der Maximalfehler (J. 1902) ist total 38% gleich (gegen 38% und 182% nach Prof. J. Nenjko).

Es sei bemerkt, dass ebensoiche, d. h. bedeutend bessere Beziehungen als die Resultate der Anwendung der Formel von Prof. J. Nenjko, gibt uns auch die auf Zeichnung 7 angegebene annähernde Abhängigkeit; Fehler über 20% entstehen hier auch nur in 13 Fällen, d. h. in 32,5% sämtlicher Fälle.

Der zwischen den Grössen der Abflusskoeffizienten und den Niederschlägen der vorjährigen warmen Monate erhaltene Zusammenhang war logisch durchaus nicht sonderbar. Es ist leicht vorstellbar, dass diese oder jene Grösse der Abflusskoeffizienten in erster Linie durch die allgemeine Vorbereitung des Flussgebietes in vorhergehender Periode festgestellt werden muss; wenn das vorhergehende Jahr mit seinen warmen Monaten arm an Niederschlägen war, so muss im nächstfolgenden Jahre das Prozent der abfliessenden Niederschläge (d. h. der Abflusskoeffizient) kleiner sein, da ein bedeutenderer Teil der Niederschläge auf die vorläufige Sättigung des Flussgebietsbodens geht bis zu einem gewissen Minimum oder auf die Nachfüllung des erschöpften Feuchtigkeitvorrats im Grunde des Flussgebiets; in Jahren, die nach Jahren grosser Niederschlagsmenge (in warmen Monaten) folgen, muss der Prozentverlust der niederfallenden Niederschläge kleiner und die Abflusskoeffizienten grösser sein; es ist verständlich, dass die Niederschläge der kalten Wintermonate in diesem Falle auf die Vorbereitung des Flussgebiets für den Abflussprozess in nächstfolgendem Jahre keine wesentliche Wirkung ausüben dürfen; dieser letzte Umstand ist durch eine Reihe entsprechender Kontrollaufstellungen bestätigt worden.

Das Gegenüberstellen der Verlustgrössen mit den Niederschlagsmengen des vorigen Jahres (ohne Winter) gab gleichfalls eine bestimmte Gesetzmässigkeit auch in diesem Falle an.

Als folgende grundwirkende Faktoren waren konstatiert: 1) die Winter-Niederschläge der Monate XII, I, II, III, und 2) die Summen der Wintertemperaturen derselben Monate.

Mit den Abflusskoeffizienten stellten die Winterniederschläge eine proportional Verbindung fest, und die Wintertemperaturen — eine entgegengesetzte. In Bezug der Verluste ist, wie man erwarten konnte, eine entgegengesetzte Wechselbeziehung konstatiert worden.

Als Resultat der ersten Annäherung zum wirklichen Gange des Jahresabflussprozesses wurden folgende Abhängigkeiten verfasst:

Für den Koeffizienten des Abflusses α :

$$\alpha = 0,00095 N'_{IV-IX} - 0,0039 t_{XII-III} + 0,00109 N_{XII-III} - 0,305 \quad (28)$$

wo: N'_{IV-IX} — die Niederschläge der Periode vom IV bis zum IX des vorigen Jahres sind;

$t_{XII-III}$ — Temperatursummen vom XII-III des gegebenen Jahres,

$N_{XII-III}$ — Summe der Niederschläge für dieselbe Zeit.

Für Verluste U:

$$U = 0,89 N_{\text{Jahr}} - 0,5 N_{XII-III} - 0,22 N'_{\text{som.}} + 2,5 t_{XII-III} + 133 \quad (29)$$

wo: N_{Jahr} — die Summe der Niederschläge des gegebenen hydrologischen Jahres ist;

$N'_{\text{som.}}$ = die Summe der Niederchläge des vorhergehenden hydrologischen Jahres ist, ausgeschlossen die XII-III Monate dieses Jahres;

$N_{\text{XII-III}}$ und $t_{\text{XII-III}}$ — haben dieselben Bedeutungen, wie höher.

In solchem Falle können die Formeln des Jahresabflusses so aufzeichnet werden:

$$y_1 = 0,001 N_{\text{Jahr}} (0,95 N'_{\text{IV-X}} - 3,9 t_{\text{XII-III}} + 1,09 N_{\text{XII-III}} - 305) \quad (30)$$

$$y_2 = 0,11 N_{\text{Jahr}} + 0,5 N_{\text{XII-III}} + 0,22 N'_{\text{Som}} - 2,5 t_{\text{XII-III}} - 133 \quad (31)$$

Der Einklang der Resultate nach beiden Formeln ist in folgenden Tabelle angeführt:

Tabelle 13

Nr.	Fehlerkategorien	Nach Gleich. 30 (nach α)			Nach Gleich. 31 (nach U)		
		Fehleranzahl		Darauf- folg.Sum. %	Fehleranzahl		Darauf- folgende Sum- men %
		Abs.	%		Abs.	%	
1	0—5	9	27,2	—	9	27,3	—
2	6—10	9	27,3	54,5	12	36,4	63,7
3	11—15	7	21,2	75,7	7	21,2	84,9
4	16—20	6	18,2	93,9	4	12,1	97,0
5	21—25	1	3,05	96,95	1	3,0	100%
6	26—30	—	—	—	—	—	—
7	31—36	1	3,05	100%	—	—	—
	Total	33	100%	—	33	100%	—

Die folgende Tabelle stellt verschiedene Fehlerkategorien, die in mm berechnet sind, dar.

Tabelle 14 a.

Nr.	Fehlerkategorien	Nach d. Gl. 30 (nach α)			Nach d. Gl. 31 (nach U)		
		Fehleranzahl		Darauf- folg.Sum. %	Fehleranzahl		Darauffol- gend. Sum- men %
		abs.	in %		Abs.	in %	
1	0—5	5	15,1	—	9	27,3	—
2	6—10	11	33,3	48,4	6	18,2	45,4
3	11—15	6	18,2	66,6	8	24,2	69,7
4	16—20	6	18,2	84,8	7	21,2	90,9
5	21—25	1	3,0	87,8	1	3,1	94,0
6	26—30	2	6,1	93,9	2	6,0	100%
7	31—45	2	6,1	100%	—	—	—
	Total	33	100%	—	33	100%	—

Demzufolge spiegeln die gefundenen Gleichungen (30) und (31) im allgemeinen genügend nah den wirklichen Prozessgang des Jahresabflusses ab. Dabei gibt die Gleichung (31) bessere Resultate, als die Gleichung (30), die mit den Abflusskoeffizienten operiert.

Für die Gleichung (31) war es leicht möglich noch ein ergänzendes Verbesserungsglied zu finden. Es stellte sich heraus, dass die größeren Fehler für den Jahren stattfanden, denen die allerhöchstem Bedeutungen $t_{XII-III}$ eigen sind, d. h. die wärmsten Winter, im besonderen, der warme März Monat mit der positiven Mitteltemperatur; je höher hierbei die Temperaturen des ganzen Winters sind, desto grösseren Einfluss verüben die hohen Märztemperaturen.

Das Verbesserungsglied Δ_1 , das dass Angemerkte berechnet, war derart ausgedrückt:

$$\Delta_1 = +(2+t_{III}) (t_{XII-III} + 17)$$

wobei die Einführung der Grosse Δ_1 nur in den Fällen nützlich war, wenn $\Sigma t_{XII-III} \leq -26^\circ$ (d. h. in 26 Fällen aus 33).

Demzufolge wird die genauere Gleichung (31) folgendes Gepräge haben.

$$y'_2 = 0,11 N_{\text{Jahr}} + 0,5 N_{XII-III} + 0,22 N_{\text{Som.}} - 2,5 t_{XII-III} + [(2+t_{III}) (t_{XII-III} + 17)] - 133 \quad (32)$$

Die nach dieser Gleichung erhaltenen Fehler sind in unten folgender Tabelle angegeben:

Tabelle 14 b.

Nr. Nr.	Fehlerkategorien	Fehler in ‰			Fehler in mm		
		Anzahl	%	Darauf- folg.Sum. ‰	Anzahl	%	Darauf- folg.Sum. ‰
1	0—5	12	36,4	—	11	33,3	—
2	6—10	12	36,4	72,8	7	21,2	54,5
3	11—15	7	21,2	94,0	9	27,3	81,8
4	16—20	2	6,0	100%	6	18,2	100%
	Total	33	100%	—	33	100%	—

d. h. in den allermeisten Fällen (94%) bleiben die Fehler unter 15‰, und in 81,8% unter 15 mm; der Mittelfehler ist nur 8‰ gleich.

Das Zusammentreffen der Gleichungen (30) und (32) mit den Angaben der wirklichen Berechnungen ist in der Abb. 9 dargestellt.

Die Grund-Elemente der Berechnungen für die Gleichungen (30), (31), und (32) sind in den Tabellen 15 und 16 angeführt.

Die weiteren Erforschungen müssten auch noch andere unbetrachtete Faktoren zur Berechnung heranziehen, im besonderen die weiteren Eigentümlichkeiten der Temperatur und Niederschlagverteilung, wie in der genommenen Winterperiode, so auch im Laufe anderer natürlicher Jahreszeiten, die gar nicht durch die in die aufgestellten Gleichungen eingeschlossenen Elemente erläutert sind.

In Anbetracht dessen, dass man die Betrachtung dieser letzten Faktoren nur dann rationell verwirklichen kann, wenn die Erforschung der Abflusseigentümlichkeiten in einzelnen Jahreszeiten zu Ende geführt sein wird, ist diese Angabe von uns bis heute noch nicht erfüllt; eine weitere Verbes-

(Berechnung nach α).

Tabelle 15

Jahre	α	N_{Jahr}	$N_{\text{IV-IX}}$	$N_{\text{XII-III}}$	$\Sigma_{\text{XII-III}}$	Berechn. Abfluss mm	Wirkl. Abfl. mm	Fehler	
								in %	abs. mm
1884—85	0,168	566	304	99	— 9,4	72	95	—24	—23
85—86	0,272	488	378	99	—22,5	122	132	— 8	—10
86—87	0,159	603	296	132	—11,9	100	96	+11	+ 4
87—88	0,330	532	396	129	—24,8	164	176	— 6	—12
88—89	0,235	578	298	117	—27,3	122	136	—10	—14
89—90	0,231	537	381	72	—15,2	104	124	—16	—20
90—91	0,232	541	340	87	—26,4	117	125	— 7	— 8
91—92	0,231	431	346	115	—17,2	84	100	—16	—16
92—93	0,203	626	276	122	—32	135	127	+ 6	+ 8
93—94	0,201	582	375	70	—13,5	104	117	—11	—13
94—95	0,332	562	415	159	—19	189	187	+ 1	+ 2
95—96	0,256	642	325	122	—26	153	164	— 7	—11
96—97	0,265	505	406	138	—17,7	101	134	+13	+17
97—98	0,195	499	322	108	—18,3	95	97	— 3	— 2
98—99	0,158	588	330	123	— 5,1	96	93	+ 3	+ 3
99—900	0,293	494	408	122	—23,6	152	144	+ 5	+ 8
900—901	0,184	557	284	123	—15,2	88	102	—14	—14
01—02	0,221	644	362	137	—10,3	146	143	+ 3	+ 3
02—03	0,219	570	433	89	—11,9	142	125	+14	+17
03—04	0,204	461	350	72	—17	79	94	—16	—15
04—05	0,213	594	276	99	—18,1	81	127	—36	—46
05—06	0,228	732	402	124	—13,5	194	167	+16	+27
06—07	0,310	578	445	123	—26	208	179	+16	+29
07—08	0,271	614	351	159	—21	174	166	+ 4	+ 8
08—09	0,282	499	413	96	—28,3	151	141	+ 7	+10
09—10	0,166	575	355	111	— 7,8	105	95	+10	+10
10—11	0,221	514	380	94	—20,9	123	114	+ 9	+ 9
11—12	0,204	645	323	139	—20,7	152	132	+15	+20
12—13	0,245	611	444	97	— 9,1	157	150	+ 5	+ 7
13—14	0,285	534	446	142	— 5,5	158	152	+ 4	+ 6
14—15	0,243	567	331	151	—14,6	131	138	— 5	— 7
15—16	0,232	663	338	180	—12,5	174	154	+13	+20
16—17	0,316	596	412	141	—33,3	220	188	+17	+32

(Berechnungen nach n).

Jahr	N _{Jahr}	N _{Wint.}	N _{Som.} des vorig. Jahr.	t _{xII-III}	Resultat nach Gl. 31 in mm	Wirklicher Abfluss in mm	Fehler		t _{III}	Resultat nach Gl. 32	Fehler	
							absol. in mm	in %/‰			absol. in mm	%
1884	566	99	335	-9,4	75,9	95	19,1	-2,0	-0,4	88	-7	-7
1885	488	99	467	-22,5	129,2	132	-2,8	-2,1	-4,5	143	11	8
1886	603	132	389	-11,9	114,7	96	18,7	19,5	-1,7	116	20	21
1887	532	129	471	-24,8	155,6	176	-20,4	11,6	-4,5	175	-1	-0,4
1888	578	117	403	-27,3	146,0	136	10,0	7,3	-5,5	146	10	7
1889	537	72	461	-15,2	101,5	124	-22,5	-18,1	1	106	-18	-14
1890	541	87	465	-26,4	138,3	125	13,3	10,6	1	138	13	10
1891	431	115	454	-17,2	114,8	100	14,8	14,8	-2,3	115	15	15
1892	626	122	316	-32	146,3	127	19,3	15,2	-1,5	146	19	15
1893	582	70	504	-13,5	111	117	-6	-5,4	0,9	121	4	3
1894	562	159	512	-19	168,4	187	-18,6	-9,1	-2,3	169	-18	-9,6
1895	642	122	403	-26	152,3	164	-11,7	-7,1	-0,8	152	-12	-7,3
1896	505	138	520	-17,7	150,3	134	16,3	12,2	0,3	148	14	11
1897	499	108	367	-18,3	102,4	97	5,4	5,6	-4,7	105	8	9
1898	588	123	391	-5,1	92,5	93	-1,0	-1,1	-1,7	95	2	3
1899	494	122	465	-23,6	143,7	144	-0,3	-0,2	-3,3	152	8	6
1900	557	123	372	-15,2	109,6	102	7,6	7,4	-1,	111	9	9
1901	664	137	434	-10,3	127,6	143	-15,4	-10,8	-0,3	139	-4	-3
1902	570	89	507	-11,9	115,5	125	-9,5	-7,6	2,7	139	14	12
1903	461	72	481	-17,0	102,0	94	8,0	8,5	-3,4	102	8	8,5
1904	594	99	389	-18,1	112,7	127	-14,3	-11,3	1,7	113	-14	11,5
1905	732	124	495	-13,5	152,2	167	-14,8	-8,9	0,2	174	7	4
1906	578	123	608	-26	190,9	179	11,9	6,6	-3,1	191	12	6,7
1907	614	159	450	-21	165,5	166	-0,5	-0,3	-3,1	170	4	2
1908	499	96	455	-28,3	140,8	141	-0,2	-0,1	-2,3	141	0	0
1909	575	111	403	-7,8	94,0	95	-1,0	-1,0	0	112	17	18,2
1910	514	94	464	-20,9	124,9	114	10,9	9,6	1,8	117	3	3
1911	645	139	420	-20,7	151,7	132	19,7	14,9	1,9	127	5	4
1912	611	97	506	-9,1	116,8	150	-33,2	-22,1	2,5	148	-2	-1,5
1913	534	142	514	-5,5	123,6	152	-28,4	-18,7	1,7	166	14	9,5
1914	567	151	392	-14,6	127,6	138	-10,4	-7,5	-4,6	122	-16	-11,6
1915	663	180	416	-12,5	153,8	154	-0,2	-0,13	-1,5	156	2	1,3
1916	596	141	483	-33,3	192,7	188	4,7	2,5	-6,6	193	5	2,5

serung der gefundenen Abhängigkeiten überlassen wir für später, und behalten sie nur als erste Annäherung zur Wirklichkeit bei.

Gefundener Ausdruck für die Verlustbedeutungen ermöglicht es, diese Verluste bei noch gründlicherer Forschung durchzuanalysieren.

Wie bekannt, kann die Gleichung für Verluste im allgemeinen so geschrieben werden:

$$N_{\text{Jahr}} - A - V = \pm t \quad (33)$$

wo: V = Verdunstung, $\pm t$ = Aufspeicherung (plus) und Verbrauch (minus) der Feuchtigkeit im Flussgebiete ist.

Hieraus folgt:

$$\pm t = U - V \quad (34)$$

wo: $U = N_{\text{Jahr}} - A$, d. h. Verluste sind.

Nehmen wir für die Verdunstung den Ausdruck, der dem vom *Akad. E. W. Oppokow*¹ vorgechagene Gesetz für den Dnjeprfluss (höher von Kijew) entspricht, d. h. das sich die Verdunstung um 17 mm auf jede 100 mm. Abweichung der Niederschläge von der Norm vergrößert. Laut Angaben über Niederschläge und Abflüsse, die der Periode unserer Bearbeitung von 1878 bis 1924 entsprechen, können wir dann folgende Gleichung zusammenstellen:

$$V = 0,17 N_{\text{Jahr}} + 333$$

denn in vieljähriger Schlussfolgerung (der J. 1878—1924) haben: $N_0 = 560$ mm. Auffluss $A = 132$ mm und demzufolge die Verluste $U = 560 - 132$ mm = 428 mm².

Dann können wir für die Grössen des Verbrauches und der Aufspeicherung $\pm t$ aufschreiben:

$$\begin{aligned} \pm t &= U - V = U - (0,17 N_{\text{Jahr}} + 333) = \\ &= 0,89 N_{\text{Jahr}} - 0,5 N_{\text{XII-III}} - 0,22 N'_{\text{Som.}} + 2,5 t_{\text{XII-III}} + 133 - \\ &\quad - 0,17 N_{\text{Jahr}} - 333 \end{aligned}$$

$$d. h. \pm t = 0,72 N_{\text{Jahr}} - 0,5 N_{\text{XII-III}} - 0,22 N'_{\text{Som.}} + 2,5 t_{\text{XII-III}} - 200 \quad (35)$$

Es ist leicht ersichtlich, dass die auf diese Art erhaltenen Bedeutungen der Aufspeicherung und des Verbrauches der Feuchtigkeit im Flussgebiete sehr mit den faktischen Bedeutungen übereinstimmen werden, d. h. mit denen, die man leicht für jedes Jahr aus den Bedeutungen $U - N - A$ erhalten kann; indem man von den letzteren die entsprechenden (nach den Jahresniederschlägen) Bedeutungen V (Verdunstung) abrechnet; dabei wird das Nichtübereinstimmen in den Berechnungen laut Gleichung (32) der Bedeutungen $\pm t$ und der Bestimmten unmitteibar—völlig den Fehlergrössen die in unserer Formel (32) angegeben sind, gleich sein. Sich davon zu überzeugen wird nicht schwer sein, da die Bedeutungen $\pm t$ (laut den in der Hydrologie festgestellten Begriffen dieser Bedeutungen) sich als Differenzen der Verluste und Verdunstung, der Linien-Gleichung (33) entsprechend, feststellen lassen. Demzufolge, bei Annahme des linialen Gesetzes, die Veränderung der Verdunstung und der Verluste, müssen wir auch für $\pm t$ Resultate erhalten, die auch der Linialen Gleichung unterliegen, wobei:

$$\pm t = U - V \pm \Delta_1 \quad (36)$$

wo: $\pm \Delta_1$ = Fehler der theoretischen Berechnung der Bedeutungen U sind.

¹ Prof. E. W. Oppokow. Abfluss und Verdunstung, als Funktion der Niederschlägen im Flussgebiete. Nachrichten des Wissenschaftl. Forschungs-Inst. der Wasserwirtschaft der Ukraine, B. II, L. 2, 1927—1928, Kijew, 1929, F. 171—230.

² Nach Prof. E. Oppokow für die Periode 1877—1901.

Mit anderen Worten, in angegebener Vorstellung sind die Bedeutungen der Aufspeicherung und des Verbrauches der Feuchtigkeit im Flussgebiete, als Vervollständigungen zur Verdunstung, korrigiert auf $\pm \Delta_1$, bis zur vollen Grösse der Verluste U .

Ein sehr gutes Uebereinstimmen der Bedeutungen $\pm t$, die nach der Gleichung, die der Gleichung 35 analogisch ist, berechnet sind und unmittelbar festgestellt sind, erhalten wir auch bei beliebiger Form Ausdrücke für die Verdunstung, indem wir z. B. annehmen, dass $V = 0,50 N_{\text{Jahr}} + 148$ ist, d. h. ein klar unübereinstimmtes Gesetz der Verdunstungsveränderung mit Vermehrung der Niederschläge.

Noch anders kann man dasselbe folgenderweise formulieren:

Wenn man die Verdunstungsabhängigkeit von der Jahresniederschlägen der linealen Gleichung entsprechend, annimmt dann muss sich der wirkliche Abfluss plus Feuchtigkeitsaufspeicherung oder minus Feuchtigkeitsverbrauch auch nach dem linealen Gesetz verändern, da

$$N_{\text{Jahr}} - V = A \pm t$$

d. h.:

$$N_{\text{Jahr}} - (a N_{\text{Jahr}} + b) = A \pm t, \text{ wo } a N_{\text{Jahr}} + b = V \text{ ist,}$$

oder

$$N_{\text{Jahr}}(1-a) - b = A \pm t \quad (37)$$

Die vom *Akad. E. W. Oppokow*¹ durchgeführten tatsächlichen Berechnungen für den Dnjepr und einer Reihe anderer Flüsse deuten auf diesen Umstand hin in einer Reihe von ihm untersuchter Beispiele. Diese Angaben des *Akad. E. W. Oppokow* sind in anderer Hinsicht interessant.

Erinnern wir daran, dass man unter Feuchtigkeitsaufspeicherung im Flussgebiete ($+t$) nach *E. W. Oppokow*, die Wiederherstellung der Feuchtigkeitsvorräte im Flussgebiete, die im vorherigen (oder in einer Reihe von vorherigen) Trockenjahren verbraucht worden sind, verstehen muss und unter Verbrauch ($-t$) müssen wir das Ausziehen von Feuchtigkeit aus dem Boden und teilweise aus den Grundgewässern in einzelnen Trockenjahren für den Bedarf nicht des Abflusses, sondern der Verdunstung, verstehen.

Nehmen wir eine Reihe von Beispielen, für welche die Bedeutungen vom *Akad. E. W. Oppokow* in oben erwähnter Arbeit gegeben sind.

Vergleichen wir eine Reihe der Bedeutungen $\pm t$, die in der Reihenfolge ihrer Kalenderveränderungen nach Jahren genommen sind und suchen wir ihre aufeinanderfolgende Integralsumme auf. Dann erhalten wir folgende Tabelle 17.

Die Tabelle 17 zeigt, dass bei der in diesen Tabellen angenommenen Methode der Berechnung der Bedeutungen $\pm t$ die Integralsummen der Aufspeicherung und des Verbrauches der Feuchtigkeit in allen angeführten Fällen sich durch eine bedeutende Gleichmässigkeit eines überwiegender Zeichens (grösstenteils eines Minus) auszeichnen.

Demzufolge müsste man für den Dnjeprfluss das Vorhandensein eines, durch nichts ersetzbaren Verbrauches oder des Defizits der Bodenfeuchtigkeit ununterbrochen im Zeitraume der Periode vom J. 1881 bis 1902 annehmen; d. h. im Laufe von 22 Jahren (1881—1902) und dabei bei absoluten Bedeutungen bis 244 mm; für den Fl. Ob. Weser—das gleiche im Laufe von 13 Jahren (1899—1911); für die Eibe—nach dem ersten Variant (die Verdunstung 27 mm auf 100 mm der Niederschlägen) das gleiche im Laufe von 4 und später von 5 Jahren, und nach dem zweiten Variante eine ziemlich dauerhafte resultative Aufspeicherung oder Ueber-

¹ Prof. *E. W. Oppokow*, Abfluss und Verdunstung... u. s. w. Nachrichten des Wissenschaftl. Forschungs Instituts der Wasserwirtschaft der Ukraine B. 2, T. 2.

Tabelle 17

Jahre +	Fl. Dnjepr		Fl. Ob. Weser			Fl. Elbe bei 27 mm			bei 45 mm	
	$\pm t$	$\Sigma \pm t$	Jahr	$\pm t$	$\Sigma \pm t$	Jahre	$\pm t$	$\Sigma \pm t$	$\pm t$	$\Sigma \pm t$
1880	-55	—	1896	39	—	1875	55	—	54	—
1881	-85	-140	1897	23	63	1876	-77	-22	-68	-14
1882	-39	-179	1898	-26	37	1877	-25	-47	-14	-28
1883	-12	-191	1899	-58	-21	1878	-9	-56	0	-28
1884	-28	-219	1900	-26	-47	1879	14	-42	14	-14
1885	57	-162	1901	-21	-68	1880	48	(	24	10
1886	-87	-249	1902	-22	-90	1881	-28	-22	-23	-13
1887	96	-153	1903	35	-5	1882	56	44	46	33 ^o
1888	-77	-230	1904	-54	-109	1883	-43	-1	-32	1
1889	31	-199	1905	+68	-41	1884	11	10	13	14
1890	-12	-211	1906	-36	-77	1885	-30	-40	-6	8
1891	-37	-278	1907	-21	-98	1886	38	-2	31	39
1892	-3	-253	1908	33	-65	1887	-39	-41	-13	6
1893	53	-200	1909	23	-42	1888	20	-21	3	29
1894	73	-127	1910	-9	-51	1889	-4	-25	-2	27
1895	-54	-181	1911	-63	-114	1890	45	20	15	42
1896	-6	-187	1912	123	+9					
1897	-16	-203	1913	-34	-25					
1898	-3	-206	1914	22	-3					
1899	101	-15	1915	-21	-24					
1900	-63	-168								
1901	+29	-139								
1902	101	-38								
1903	+63	+25								
1904	-41	-16								
1905	82	+66								
1906	85	+151								
1907	-45	+106								
1908	22	+128								

fluss im Vergleich mit der Feuchtigkeitsnorm—im Verlauf von 9 Jahren (1882—1890).

Mit anderen Worten der Grund und der Boden des Dnjeprflussgebiets ist im Laufe von 22 Jahren im Stande seine Feuchtigkeit (für Verdunstung) abzugeben, ohne diese Abgabe im Verlaufe aller 22 Jahre zu ergänzen, d. h. die Verdunstung ist ein kräftigwirkenderer Faktor, als die

feuchtigkeitaufsaugende und feuchtigkeithaltende Fähigkeit des Bodens und des Grundes, scheinbar unabhängig vom Zustande letzterer.

Solche Sachlage entsteht nur aus der Mutmassung, dass die Verluste in erster Reihe durch Verdunstung bedingt sind, die dabei einem bestimmten Linialgesetze unterliegt, abhängig von der Jahresniederschlagsmenge— und die Aufspeicherung und das Verbrauch der Feuchtigkeit werden als die von der Verdunstung abgeleitete bestimmt, d. h. als Zusatz zur Verdunstung bis zur vollen Verlustgrösse.

Uns will es scheinen, dass solch eine Vorstellung die wirklich sehr komplizierte Erscheinung zu sehr vereinfacht.

In Wirklichkeit stellt sich die Sache folgendermassen dar:

1) Das angeführte Schema berücksichtigt nicht, dass sich der Feuchtigkeitsmangel im Boden und Grunde nicht nur auf Rechnung der Atmosphären-Niederschläge ergänzt, sondern auch auf Kosten der Feuchtigkeit, welche sich als Dämpfe in der Luft befindet; *Prof. A. F. Lebedew* stellt fest, dass auf diese Art der Boden das Wasser im Quantum von ungefähr 100 mm (im Rayon von Odessa) im Jahr erhalten kann; *Prof. N. J. Maksimowitsch* und *Doz. K. L. Dellen*² nennen gleichfalls eine Ziffer, die der obenangeführten nah kommt. Aus diesem Grunde lassen sich physisch die Grössen $\pm t$ nicht nur in Abhängigkeit von den Summen der Jahresniederschläge feststellen, sondern sie müssen vom ganzen Komplex der Faktoren abhängen, die die Prozesse des Feuchtigkeitumlaufes in den Flussgebieten gleichzeitig im Boden und Grunde bedingen und in erster Reihe vom Sättigungsdefizit. Demzufolge charakterisieren die als Unterschied $U-V$ erhaltenen Bedeutungen die Aufspeicherung und das Verbrauch der Feuchtigkeit nicht richtig, soweit im Unterschiede ($U-V$) dasjenige Feuchtigkeitsquantum nicht figuriert, das von den Regenmesser nicht kontrolliert wird.

2) Die tatsächliche Verdunstungsgrösse in jedem Jahre muss, scheinbar, nicht nur von der Jahressumme der Niederschläge abhängen, sondern grösstenteils auch von: A) der Verteilung dieser Niederschläge im Jahr, B) die Wechselbeziehung der flüssigen und festen Niederschläge (Schnee), C) vom Gange der Temperaturen in einzelnen Jahreszeiten (Saisons); D) vom Gange anderer meteorologischer Faktoren, welche die Energie der Verdunstung bestimmen; die ersten dieser Grundlagen werden, scheinbar, durch die oben festgestellten Gesetzmässigkeiten bekräftigt: durch die Abhängigkeit des nächstjährigen Abflusses von den Niederschlägen nur der Sommermonate des vorhergehenden Jahres (und nicht des ganzen Jahres).

3) Die tatsächliche Grösse der Verdunstung muss jährlich ebenso bestimmt werden durch das verschiedene Vorhandensein der freien Feuchtigkeit im Boden, die als Ueberfluss derjenigen nachbleibt, die von Boden und Grund gehalten wird, da die Verlustgrössen in jedem Jahre vorerst von der Defizitstufe der Feuchtigkeit im Flussgebiete abhängen, welche durch die Niederschläge des warmen Teiles des vorigen Jahres, wie es oben festgestellt, bestimmt wird.³

¹ *Prof. A. F. Lebedew*. Unterirdische- und Grund-Gewässer, Moskau, 1929

² *Prof. N. J. Maksimowitsch* und *Doz. K. A. Dellen*. Die Entstehung und die Bedingungen des Taubildung. Nachrichten des Wissensch. Forschungs-Institut. der wasserwirtschaft der Ukraine B. I, Kijew, 1927, S. 201.

³ Vorliegende Formulierung stellt sich als sehr unbestimmt vor, weil der Durchströmungsgrad sehr verschieden sein kann. Die Verdunstung kann die Vorräte der Bodenfeuchtigkeit und des Grundwassers in den Flussgebieten sehr erschöpfen (Austrocknen des Bodens, Austrocknen und sogar Ausbrennen der Torfmoore in trockenen Jahren; Senken des Grundwassers in den Brunnen u. s. w.) und diese Fähigkeit der Verdunstung wird in trockenen Jahren auf Kosten der Vorräte an Bodenfeuchtigkeit und Grundwasser ergänzt und erscheint als Ursache einer verhältnismässigen Beständigkeit ihrer Verdunstungsgrösse in den Flussgebieten in verschiedenen Jahren, im Vergleich mit anderen hydrologischen Elementen (Niederschläge und Abfluss), worauf ich noch im J. 1918 hingewiesen habe (siehe E. Oppokow: „Über Hydrologie im allgemeinen und Hydrologie des Wasserbehälters des Dnjeprstromes im einzelnen“—Sammelschrift der natur-

4) Für die einzelne Jahre ist der lineale Verdunstungsgang im Zusammenhang mit den Niederschlägen nicht beweis; man kann ein Veränderungsschema nach dem hyperbolischen Gesetze z. B. von *Oldekop* annehmen:

$$V = V \operatorname{tgh} \frac{x}{V} \quad (38)$$

wo: tgh das Symbol des hyperbolischen Tangens ist.

Jedoch wird auch diese Art der Abhängigkeit den richtigen Verdunstungsgang in einzelnen Jahren kaum widerspiegeln.

So kann man resumierend sagen:

1) der wirkliche Verdunstungsgang in einzelnen Jahren kann heutzutage in Art von bestimmten Abhängigkeiten nur hypothetisch dargestellt werden.

2) Die wirklichen Grössen der Feuchtigkeitsaufspeicherung und des Verbrauchs im Flussgebiete können wohl kaum einigermaßen genau sogar für die Jahre festgesetzt werden, nach denen Bedeutungen der Niederschläge und des wirklichen Abflusses vorhanden sind, da wir die Grössen der Jahresverdunstung weder festsetzen, noch von der Feuchtigkeitsmenge, die im Kreislauf des Wassers Anteil nimmt, berechnen können.¹

3) Die wahren Componenten, aus denen die Bedeutungen der Jahresverluste zusammengestellt werden, unterliegen weiteren Erforschungen und Aufklärungen.

Mit diesen allgemeinen Erwägungen, die aus dem Angeführten hervorgehen, schiessen wir vorliegende Abhandlung, in der Hoffnung zu ihrer genaueren Entwicklung in Zukunft zurückzukommen und zwar in spezieller dem Abflussvorgang gewidmeter Erforschung.

9/IV 1931.
Kijew.

Prof. A. Ogijewsky

wis. Sektion* der Ukr. Gesellschaft der Wissenschaften. 1918—1919 Bd. 4 S. 537). Auf das Vorhandensein eines solchen Verbrauches der Vorräte der Bodenfeuchtigkeit und des Grundwasser in den flachen Niederungsflussgebieten und der nachfolgenden Ergänzungen dieser Vorräte (Aufspeicherung) ist von uns noch im J. 1904 in der „Zeitschrift für Gewässerkunde“, Bd. 6, S. 23 im Grunde genommen aus der Voraussetzung solcher Beständigkeit der wirklichen Verdunstung in verschiedenen Jahren im Flussgebiete des Dnjeprs ausgehend, hingewiesen worden.

Prof. Dr. E. Oppokow.

¹ In dieser Hinsicht erklären wir uns keineswegs mit der Meinung des Autors einverstanden und zitieren (Inform. Bull. Ukrmet, Bd. III, 1924, № 1-3) S. 4) wo man z. B. für Flussgebiet des Dnjeprs oberhalb von Kijew nach der von uns gegebenen Gleichung für den Abfluss $y=0.83 (-3.5)$ mm die Grösse der Aufspeicherung und des Verbrauchs einzelner Jahre sehr leicht feststellen kann. So, zum Beispiel, müsste der Abfluss für das trockene Jahr 1886 bei $x=453$ mm des wirklichen Niederschlags im Flussgebiete, der obenerwähnten Gleichung nach, nur 48 m.m. gleich sein, derweil er wirklich 138 mm gleich war; dass heisst, das die Differenz von 90 mm dem Verbrauch der Feuchtigkeit aus dem Boden des Flussgebiets im J. 1886 entspricht. Die diesem Abflusse (188 mm) identische Niederschlagsmenge müsste im Flussgebiete laut derselben Gleichung 561 mm und nicht 453 mm, d. h. mit einem Ueberschuss von 108 mm ($561-453=108$ mm) darstellen.

Im folgenden nassen Jahre 1887, bei $x=628$ mm jährlicher Niederschläge müsste der Abfluss im Flussgebiete des Dnjeprstromes bei Kijew derselben Gleichung nach, 193 mm gleich sein; in Wirklichkeit aber war er in diesem Jahre nur 100 mm gleich. Die Differenz 93 mm entspricht der Aufspeicherung oder der Niederherstellung der Feuchtigkeitsvorräte des Jahres 1887, die im vorigen trockenem Jahre im Flussgebiete verbraucht waren, und ist nahe der Verbrauchsmenge des Jahres 1886 gleich.

Die Niederschlagsmenge, die dem Abflusse von 100 mm im Flussgebiet des Dnjeprstromes der Gleichung nach entsprechen müsste, sollte nur 516 mm (anstatt 628 mm) gleich sein, d. h. im Nachteile von 112 mm.

Schon allein die mathematische Verwandtschaft dieser Ziffern, wie für die Aufspeicherung des Jahres 1887 und des Verbrauches des Jahres 1886, so auch für die wahrscheinliche Niederschlagsmenge, die den in diesem Jahren tatsächlich gewesen Abfluss bedingen können, bei der Abwesenheit der Aufspeicherung und des Verbrauches der Feuchtigkeit im Flussgebiete, zeugt davon, dass die Grösse der Aufspeicherung und des Verbrauches, wie die der wirklichen Verdunstung im Flussgebiete, obgleich annähernd, zu bestimmen möglich ist.

Prof. Dr. E. Oppokow.

ТРАНСПОРТ НА МАЛИХ РІЧКАХ

Перед Н.-Д. Інститутом водного господарства України, згідно з планом робіт уже на поточний рік, стоїть завдання з'ясувати можливість використати для транспорту малі річки країни.

Швидкий зріст вимог, що їх ставлять до транспорту, зріст, зумовлений небувалим розвитком перевозів сільськогосподарських і промислових вантажів, змусив транспорт перекоструюватись, як і всі інші галузі народного господарства. Проте в своїй реконструкції транспорт не встигає за розвитком тих організацій, що їх він обслуговує, і вони, природно, зазнають від того чималих труднощів. Надто тяжко повинні відбиватись ці труднощі в глибокій периферії, що її обслуговують тягловим перевозом по неупорядкованих ґрунтових шляхах.

Ці труднощі певною мірою усуває вживання автотранспорту, але тому, що останній потребує для себе і відповідної якості шляхів, то й розвиток автоперевозів іде повільніше, ніж того вимагає життя.

Для таких глибоких ділянок нашого господарства, де головна маса перевозів припадає на період збирання урожаю з полів і період, коли сільськогосподарську продукцію приставляють до залізничних станцій і до пристанів, звідки її пересилають далі, або до заводів, як цукроварні, гуральні тощо — для переробляння, на перошкодї є період осінніх дощів і бездоріжжя від них, а тому задовольнити транспортні завдання, що так швидко зростають, самим напруженням наявних засобів перевозів, звичайно неможливо. Щоб задовольнити перевозом такі ділянки нашого господарства, конче потрібно відшукати інші засоби, що дали б змогу задовільно і, головне, своєчасно розв'язати тут завдання транспорту.

Там, де є хоч будь-яка можливість розвантажити місцевий транспорт, перекинувши частину перевозів на водяні шляхи, питання можна розв'язати легше, ніж в інших випадках. Тому, з'ясувати такі можливості не тільки доконечно-потрібне завдання поточного моменту, але й завдання, що з ним ми, треба сказати, запізнилися.

Як саме життя висуває на перший план використання для транспорту другорядних водяних шляхів, можна судити ось з якого прикладу. Минулого 1930-го року адміністрація Українського Кооперативного Цукрового Союзу (Укркоопцукр) та Набутівської цукроварні, що належить до цього Союзу, з власної ініціативи зняла питання про використання р. Росі, що на ній міститься цукроварня, для того, щоб приставляти туди буряк, і настояла на організації перевозу того буряка водяним шляхом. До цього року буряк на цукроварню підвозилося тяглом, але з зазначених вище причин виявилася конечна потреба шукати нового розв'язання для цього завдання.

Набутівська цукроварня міститься за 45 кілометрів від місця, де Рось впадає в Дніпро; за 12 верстов від заводу, вверх по річці, її перетинає залізниця Фастів-Бобринська; тут же стоїть станція Корсунь.

Центральним пунктом відправлення водою буряка на цукроварню в село Лука, що лежить від цукроварні за 23 кілометри в напрямі до гирла Росі. Отже, коли перевозити вантажі на цукроварню з залізничної станції, вони йшли б униз по течії, а коли перевозити буряк від с. Луки,—проти течії.

Стан річки на цій ділянці і її властивості, як водяного шляху, були незадовільні і взятись до використання її для перевозу довелось тільки через побоювання, що без цього заходу транспортні завдання не буде виконано.

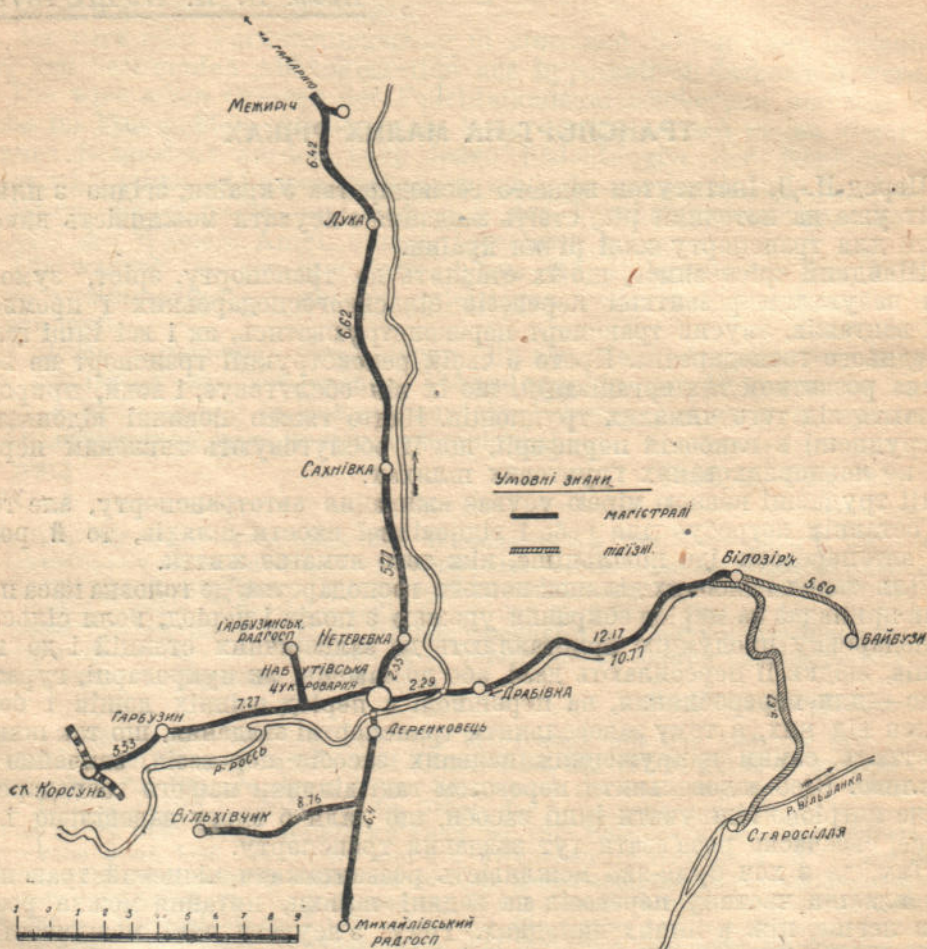


Рис. 1.

Проте, через новину цього доміселу і пов'язану з цим непевність успіху, вирішили надати всій операції характеру досвіду з тим, щоб надалі, на випадок успішного розв'язання, перевози розвивати, а на випадок невдачі—скоротити можливі при цьому втрати. Отже, на 1930 рік питання було обмежено перевозом буряка від с. Луки, що його кількість намічали 400 000 пудів.

З доручення і коштом Укркоопцукру Управа Дніпрової й Річної Фльоти обслідувала р. Рось на тій ділянці, що цікавила завод, при чому плани цієї річки зняті 1913 року було виправлено і доповнено новими вимірами глибини. Аналіза показів водомірного посту за період 1913—1930 року і наслідків останніх вимірів глибин дала підстави гадати, що глибини на річці на період серпень-жовтень, цебто, на період сподіваних

перевозів буряка, будуть порядку 50—55 сантиметрів. Ширина річки на досліджуваній ділянці коливалась в границях від 18 до 35 метрів. На ділянці, що її призначалося до використання, містилось дві млинові греблі, з них кожна перегорожувала одну з відног річки; підпір на них—0,5 метра; через річку збудовано три низьких мости, крім того річка засіяна великим числом палів, що лишилися від старих млинів та мостів; найменший радіус заокруглення корита—40 метрів, в двох місцях—33 метри. Визначені через поплавні поверхневі швидкості становили: для плесів—0,18—0,29 метри в секунду, для перемелів—0,50 до 0,65. Грунт дна—щільно злежаний пісок; береги—круті, місцями майже просто-спадні.

Щоб з'ясувати, чи можливо перевезти з Дніпра на цю ділянку річки потрібну для водяних перевозів флоту, рівнобіжною бєлідували й нижню частину річки, від с. Луки до гирла, впродовж 22 кілометри. Характер ґрунтів і берегів тут виявили той самий, що й у районі цукроварні, але понижче гирла р. Росави пісок значно дрібніший, легше розмивається, а це пояснює чималі обшири перемелів, з глибиною 0,35—0,40 метри. На протязі 22 кілометрів є п'ять мостів. Біля с. Луки є млинова гребля з підпором 0,80 метра.

В нижній частині р. Росі, як і в районі намічених перевозів, рясно корчів і палів, що лишилися від мостових переходів та млинових гребель.

Як видно з найкорот. ого опису, стан тієї ділянки річки, що на ній мали організувати перевози, природними своїми властивостями далеко не сприяв тому, щоб такий намір здійснити.

Проте, технічний персонал, що провадив обслідування, дав такий висновок, що перевози налагодити можна, при чому конче потрібні для цього умови полягали ось у чому:

- 1) Підняти вище мости, або замінити їх на порони,
- 2) розібрати на лівій віднозі греблю, залишивши греблю на правій віднозі в ролі гатки, що направляла б усю витрату води по лівій віднозі, яку намічено було для переходу суден,
- 3) повибирати з річкового корита палі та корчі,
- 4) установити легкі плетені регуляційні споруди в місцях перемелів, подеколи вживаючи замість цього ручне землечерпання.

За найраціональніший тип судна, що відповідав би характерові річки, її ширині, радіусам заокруглень та глибині, визнали гиляру, завдовжки 15—16 м, завширшки—5 м, з вантажністю 18—20 тонн; буксир—паровий або моторовий катер, потужністю 35—40 HP, з углибкою, не більшою за 65 см.

Вартість дноочисних та виправних робіт за попереднім обрахунком вираховували в 15 000 крб.

Ці попередні міркування здійснені були з деякими змінами. Район перевозів поширили до 29 кілометрів, при чому крайній пункт—с. Межирічі стало за другий пункт, звідки буряк відсилялося водою, нарівні з с. Луки, що лишилося основним пунктом. На додатковій 6-кілометровій ділянці була тільки одна перешкода для проходу суден—низький міст, від ряду вже четвертий. Підняти на всіх чотирьох мостах проїзну частину на невеличку потрібну вишину було не важко. Далекі більшою й дорожшою роботою було очистити річку від палів. Для цього на місці на двох дубах спорудили невеличкий корчевитягальний звід і витягли ним за час з 2-го вересня до 1-го жовтня 258 палів, завдовжки від 3½ до 5 метрів і завширшки від 18 до 25 см. Крім того розібрали млинову греблю на лівій віднозі річки, де теж витягли 120 палів. Щоб поглибити перемелі, зробили плетені споруди, з них подвійних плотів, з заповненням землею проміжком, зробили 119 подовжніх метрів, а одинарних плотів—166 подов. метр.

Всі роботи для очищення і поглиблення корита коштували 12 733 крб. 12 коп., цебто трохи дешевше, ніж гадали.

Фльо́та для перевозу буряка складалася із 8 лайб, завдовжки до 22 метрів завширшки 5—7 метрів, що їх Річна фльо́та віддала в орендне користування і які мали підймальну силу до 50 тонн, та з трьох моторових човнів, теж арендованих, але вже в Київського Комунального господарства. Всю цю фльо́ту припровадили на місце робіт водняним шляхом — по Дніпру та Росі. Перевіз розпочався відразу ж, щойно було очищене корито річки від перешкод для руху суден, і тривав майже до кінця навігації, саме до 13 грудня. Швидко по тому, як перевіз розпочався, виявились два важливі чинники, що не тільки ускладняли роботу, а загрожували цілком зірвати всю операцію. Поперше, мотори дуже часто псувались і вибували з строю, змушуючи простоювати і лайби з вантажем і обслушний персонал. На думку Укркоопцукру, це пояснюється тим, що мотори були дуже спрацьовані і недавно підібрані були відряджені з ними мотористи. Другою перешкодою для успішного виконання перевозу були чималі швидкості на невеличкій ділянці лівої відноги, де розібрано млинову греблю, і куди направили всю меженну витрату, коли ширина корита становила всього тільки коло 18 метрів.

Щоб забезпечити лайбам безперерійну роботу, незалежно від того, чи справжні моточовни, чи ні, було частково вжито кінську тягу, що дало цілком задовільні результати.

Наслідком цього, не зважаючи на всі зазначені перешкоди і на те, що пізно розпочато було перевіз, перевезено на цукроварню із Луки і з Межирічів 24 516,23 метричних центнерів буряка, цебто коло 147 100 пудів. Перевіз одного пуда коштував 16,4 коп., не лічучи витрат на те, щоб зробити річку судноплавною, а коли лічити й ці витрати, цілком віднісши їх на вже виконані, невеличкі по суті, перевози 1930 року,—24,8 коп.

Вартість перевозу кіньми на віддалення від с. Луки, що є договірним пунктом здавання буряка від плянтаторів на цукроварню, визначалася тільки в 10 коп. Крім того цукроварня зобов'язувалася видавати візникам натурою 15% від усієї заробленої суми — промисловими крамами та відходами виробництва, по твердих цінах. Таке зобов'язання ставило цукроварню в тяжке становище, бо більшість краму, що цікавить візників, є дефіцитним, а через брак відповідної за угодою частки натури ціна мусіла б підвищитись на 10 коп. з пуда.

Для селянина-підводчика ціна за перевіз 1 пуда буряка за такою комплексною угодою (грошзнаки плюс промкрам натурою) в кожному разі більша за 10 коп. і еквівалентна коли не 20, то вже напевно 15 копійкам.

Безперечно, такі факти, як пізній початок перевозу, малий обсяг всього перевезеного вантажу, порівнюючи великий для цього обсягу одночасовий видаток на те, щоб зробити річку судноплавною, деякі невдачі, зв'язані з організацією всієї цієї справи, з шуканням кращих розв'язань, незадовільні якості буксирні засоби й невдала команда, і, нарешті, деякий опір новим починанням з боку місцевого населення, що не вірило в успіх операції,—все це відбулося на економічних наслідках перевозу 1930 року; його не можна визнати за зисковіший, ніж перевіз тяглом. Проте, не треба забувати, що вартість перевозу не відогравала тут вирішної ролі: на думку відповідальних робітників Укркоопцукру, перевіз водою зберіг цукроварні майже 150 000 пудів буряка, що був під загрозою загину.

Хоч перший досвід не був дуже блискучий своїми наслідками, але він дав ініціаторам цієї справи певність в доцільності і навіть конкретній потребі не тільки повторити його наступної навігації 1931 року, а й розвинути його якнайбільше.

Так, цілком природно постало питання про те, щоб використати для водяного перевозу ділянку р. Росі між цукроварнею та зал. станцією Корсунь, що лежить на 12 кілометрів вище від неї; звідси вниз по річці можна було б подати на цукроварню буряк, що прибуває залізницею в кількості коло 2100 цент., а також кам'яне вугілля, вапняк та інші

вантажі, що йдуть між станцією та цукроварнею в тому й у тому напрямі. Загальну кількість цих вантажів уже на 1931 рік орієнтовно визначено в 150 000 центнерів, а це, звичайно, цілком змінює економічний бік цього питання на користь зниження собівартости перевозу. Собівартість перевозу одного пуда буряка на 1931 рік за попередньою калькуляцією Укркоопцукру, що ґрунтується на досвіді 1930 року, вираховано вже в 27 коп. за метричний центнер, цебто тільки 4¹/₂ коп. за пуд. Коли вважати, що ця калькуляція оптимістична і переменшена навіть удвічі, то й тоді стане очевидний цілковитий успіх нового починання.

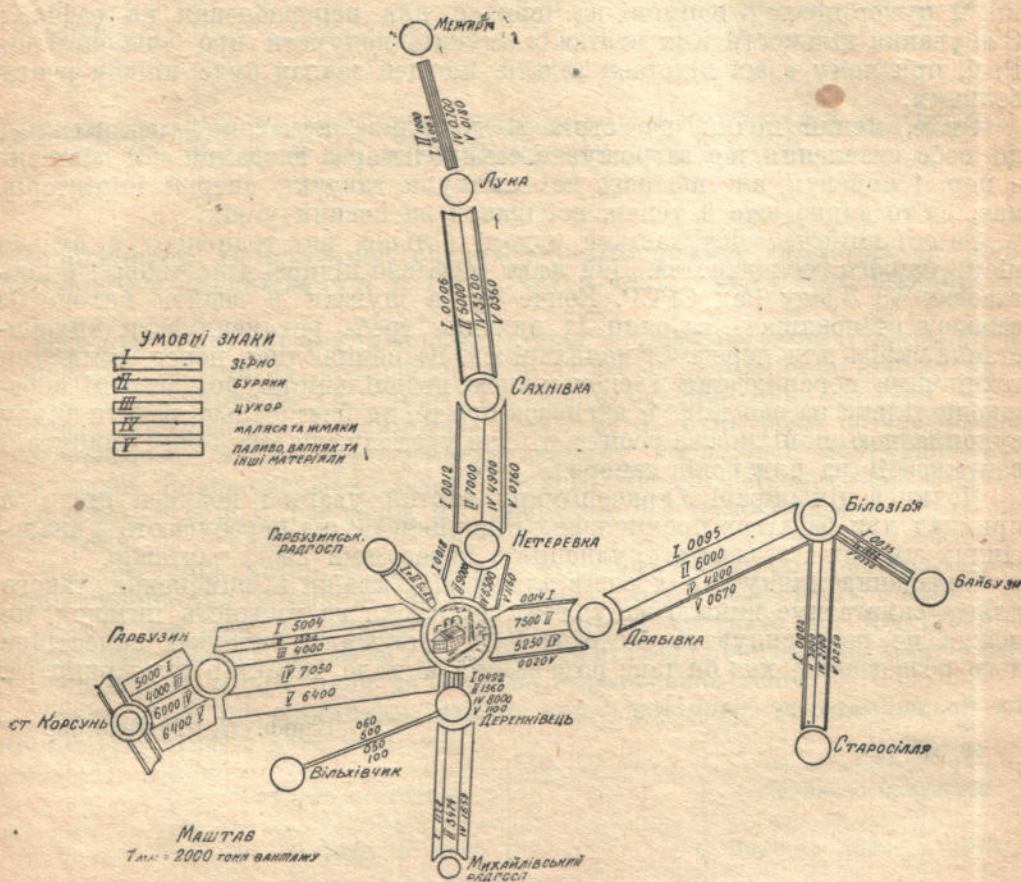


Рис. 2.

Одночасові видатки 1930 року на очищення річки в круглій сумі 12507 крб., що лягли накладним тягаром в 8,4 коп. на пуд перевезеного того ж таки року вантажу, становитимуть, коли застосувати їх до наміченого вантажообігу 1931 року, цифру порядку 1,5 коп.

Організація пристави буряка на цукроварню водняним шляхом відкриває нові обрії для забезпечення цукроварні буряком. Щодо умов підвозу буряка, то район бурякосіяння, що обслуговував цукроварню, був обмежений колом радіусу 16 кілометрів; на більше віддалення приставляти буряк тяглом було незисковно. 1930 року буряк приставляти частково водою, як то сказано вище, з перевантажного пункту біля с. Межиріччя, що лежить від цукроварні на віддаленні 29 кілометрів. Сподіване зниження собівартости підвозу на цукроварню від того, що його перевозитиметься водою, дозволить ще більшу відстань підвозу і дасть змогу використати для бурякосіяння дільниці землі, де досі буряка не сіяли зовсім.

Було б помилково думати, що зазначення факту організації перевозів на Росі обмежується інтересами самої тільки Набутівської цукроварні.

Покищо ніхто не працював ще над тим, щоб з'ясувати можливі вантажі по Росі, проте вже й зараз можна намітити ряд вантажів, що тяжуть до цього шляху. Коли зв'язати відкриту вже для судноплавства дільницю Росі з Дніпром, — треба гадати, що це викличе не більші труднощі і затрати ніж труднощі 1930 року, — по Росі піуть зернові продукти, сіно, камінь із Корсунських кар'єрів, продукція Корсунського хемічного заводу, лісо-матеріяли та дрова, і, нарешті, крім перелічених вище вантажів цукроварні, ще й цукор-пісок в напрямі на Черкаси, для перероблення на рафінад. З'ясування кількості цих вантажів змусить подумати про використання Росі, при чому є всі підстави вадати, що цей заклад буде цілком рентабельним.

Отже, малий почин, що стрів не довірливе, а часом і неприхильне до себе ставлення, що загрожував захиріти через невдалий збіг обставин в перші моменти, але що його не закинули завдяки енергії ініціаторів, має, як то видно вже й тепер, всі шанси на повний успіх.

За останній час чувається дедалі більше, що транспорт є вузьке місце нашого господарства. Цей факт особливо підкреслено тепер і в постановках VI З'їзду Рад СРСР. Конче треба шукати й знайти виходи із важкого становища і, за один із виходів, треба рекомендувати використання скрізь для перевозів малих річок, не спиняючись перед великими технічними перешкодами і економічною недоцільністю, бо часто ці перешкоди тільки на око такі, і висновок про те, чи рентабельно робити річку судноплавною чи ні, можна робити, тільки урахувуючи можливий майбутній вантажообіг на ряд років наперед.

Почин в цій справі Укркоопцукру вартий уваги і повинен стати за приклад для багатьох промислових підприємств, що перебувають в аналогічних умовах і зазнають труднощів з перевозами своїх вантажів.

Складання плану таких робіт для всієї України і здійснення такого плану вимагатиме чимало часу; тому зважаючи на гострість питання, не можна не рекомендувати застосовувати в окремих випадках самостійне його розв'язання, хоч би таке розв'язання й мало характер кустарництва.

Проф. П. Пушечніков

28. III. 1931 р.

ЗВ'ЯЗОК ПОМІЖ ХЕМІКО-ГІДРОЛОГІЧНИМИ ЧИННИКАМИ Й УЛОВОМ РИБИ В ОЧАКОВІ РОКУ 1921, 1922 і 1923.

Zusammenhang zwischen den chemisch-hydrologischen Faktoren und den Fischfang bei Otschakow in d. J. 1921, 1922 u. 1923. Von Prof. A. Posnjakow.

Для цієї праці використано такі матеріали: щоденні записи улову риби в конторських книгах колишньої Миколаївської Губриби й рибних промислів Вукошпільки за 1921, 1922 і 1923 роки; щоденні дані про стан рівня Дніпра Херсонського Водомірного посту за ці самі роки; безпосереднє спостереження хеміко-гідрологічного відділу колишньої Всеукраїнської Державної Чорноморсько-Азовської Наукової Досвідно-Промислової Станції в Очакові за 1922 і 1923 роки, що працював під керівництвом автора до 1925 року.

Частину цих матеріалів, головню хеміко-гідрологічні спостереження, автор використав у працях, надрукованих 1924 і 1925 років у бюлетені № 15—16 і в 1-му т. „Праць“ станції; друга частина, що трактує про визначений значною мірою зв'язок поміж хеміко-гідрологічними чинниками й уловом та підходом риби до Очакова, опрацьована тепер.

Улов риби, що прийняли вказані вище установи, розподіляється на місяці 1921, 1922 і 1923 років так:

Таблиця 1.

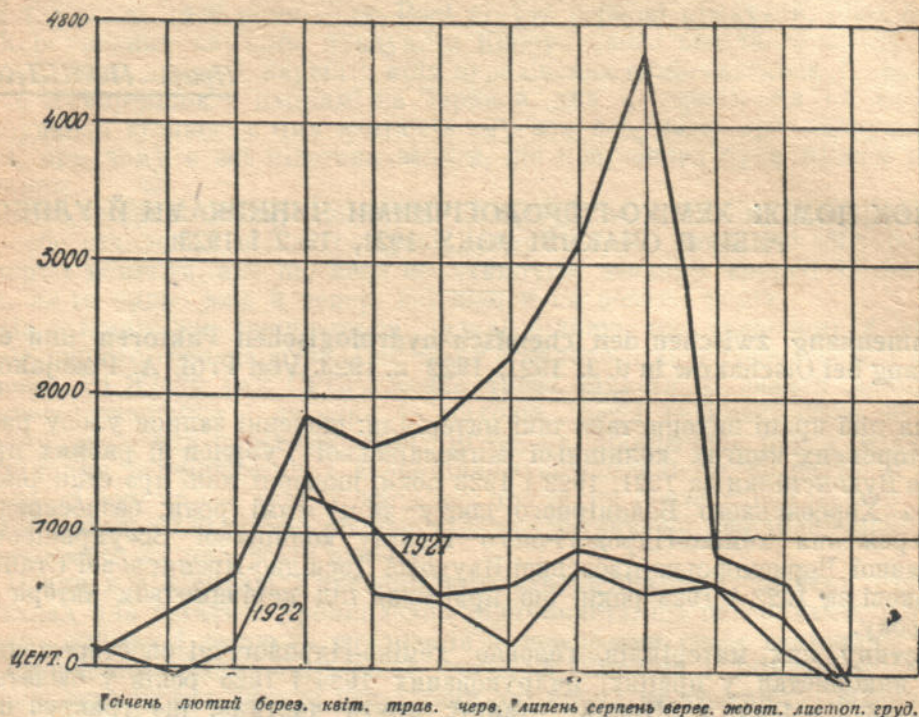
	Прийнято центнерів				Прийнято центнерів		
	1921	1922	1923		1921	1922	1923
Січень . . .	записів	54	134	Липень . . .	623	198	2265
Лютий	не	2	374	Серпень . . .	879	733	3379
Березень . .	має	117	584	Вересень . .	835	586	4800
Квітень . .	1274	1405	1880	Жовтень . . .	385	622	821
Травень . . .	1060	564	1698	Листопад . .	235	521	740
Червень . . .	559	513	1877	Грудень . . .	23	7	145
				Разом:	5878	15966	19327

Як бачимо з записів за 1922 і 1923 роки, улов риби в Очакові йде цілий рік.

Хід улову за три роки бачимо на діаграмі № 1.

Зазначений розмір улову риби року 1923 (19327 центнерів) не становить і половини всього улову Очакова, бо рибу приймали р. 1922 ще

два лобазі, а р. 1923 — чотири. Відомостей від власників лобазів, приватників, одержати не пощастило. Крім того, частину виловленої риби рибалки везли з місця лову безпосередньо в Одесу. Через усе це Очаківський улов треба вважати не меншим за 50 000 центнерів. Величезну кількість комси, сардельки й тюльки, що потрапляє у скумбріїні сітки, у морі викидали, на березі закопували.



Діаграма 1.

Треба відзначити, що рибу ловили кустарним засобом, без потрібного обладнання.

На породи прийнята риба розподіляється так:

Таблиця 2.

	% ого улову			Середнє
	1921 р.	1922 р.	1923 р.	
Бички	59,7	34,3	23,6	39,2
Скумбрія	8,7	28,0	26,9	22,2
Пузанок	6,8	11,0	14,3	10,7
Оселедці	0,2	9,4	6,5	5,4
Судак	1,7	3,9	4,1	3,2
Червона риба	1,9	1,8	5,8	3,0
Тюлька	0,3	7,3	0,3	2,6
Короп	0,2	0,6	0,3	0,4
Різні	9,7	8,9	6,7	8,4

Очаків, як бачимо з таблиці, цілий рік дає цінну рибу для консервів.

З діаграми можемо побачити, що річний хід виловлювання риби в Очакові за три роки зберігає чималу сталість. Взимку в січні, навесні — в квітні, у кінці літа — в серпні, на початку осені — у вересні улов за ці три роки підвищується. У лютому, травні, червні й липні улов знижується. Найменший улов року 1923 припадає на місяці лютий і травень, року 1922 — на лютий, червень, а року 1921 — на липень. Найбільший улов р. 1923 припадає на вересень, р. 1921 і 1922 — на квітень місяць.

Ці коливання улову риби в Очакові пояснюються впливом таких фізико-хімічних фактів гідрологічного режиму лиману та приморської частини його.

Зниження температури повітря й води у грудні часто викликає замерзання лиману, що разом зі зміною погоди в цей час не дає змоги провадити лов, через це й криві діаграми за ці три роки незмінно знижуються в цей час. Річний мінімум температури, що припадає на січень, робить лід на лимані таким надійним, що можна провадити підлідний лов, головним чином, тільки. У цьому місяці криві лову дають виразні підвищення. З середини лютого температура води й повітря так підвищується, що лід на кінець місяця стає ненадійний, через це підлідний лов припиняється. Це утворює річний мінімум лову в лютому. З кінця лютого температура води швидко підвищується й разом з тим починається підвищення рівня води у Дніпрі й лимані. Вода біля Очакова, що за зиму дуже посолонішала, починає осолоджуватися. Риба, що зимувала по глибоких місцях лиману, де вона знаходить найтеплішу воду 4° , разом з нагріванням води вище за цю температуру, прямує шукаючи їжі й місць пересту. Це спричинює різке піднесення улову з лютого до квітня переважно солодководної та прохідної з моря в лимані риби. Рівень Дніпра, дійшовши річного максимуму в квітні, починає у травні спадати, через що вода навколо Очакова починає солонішати і до того ж швидше, коли рівень Дніпра у квітні був не високий, і повільніше, коли стояння було високе. Улов солодководної риби через це починає зменшуватися і від цього й бувають літні мінімуми у травні, як року 1922 і 1923, або у липні р. 1921, коли вода стає найнепогіднішою для солодководних риб. При дальшій зниженні рівня Дніпра, вода біля Очакова і навколишньої частини моря так солонішає, що з боку Одеси підходить і починає ловитися скумбрія. Улови її, що починаються з травня місяця, поступово підносять криві улову аж до серпня або вересня — часу найбільших уловів скумбрії. Дальший хід кривої улову змінюється вже залежно від швидкості зниження температури повітря й води. Мешканка теплої моря, скумбрія не ловиться за більш-менш помітного зниження температури води й відходить до кримських берегів.

Дійсно середня температура повітря 1921 й 1922 р. знизилася з серпня до вересня на $6,7^{\circ}$ і $9,9^{\circ}$, а 1923 р. тільки на $1,2^{\circ}$ і відповідно до цього криві ходу улову підвищуються 1923 р. до вересня, а 1921 і 1922 р. тільки до серпня.

Отже, хід улову в Очакові залежить від температури повітря й води, рівня Дніпра й міри солоности лиману і зберігає за ці три роки помітну одноманітність.

Надто виразно виявляється вплив температури й рівня Дніпра, коли розглядаємо чинники, що визначають час настання найкращого улову скумбрії — риби, яка вимагає певних умов для свого існування.

Ця риба, як відомо, приходить до нас з теплої й солоної Середземного моря.

Коли вода у примор'ї Очакова стає досить тепла й солона, в ній розвивається, за наявності органічних речовин, винесених весняною повіддю Дніпра на багато кілометрів у море, рясний планктон, що приваблює величезну кількість дрібної риби. Слідом за цією рибкою з'являється скумбрія.

Чорне море — бідне і на планктон, і на дрібну рибку. Перша травнева скумбрія після подорожування з Босфору дуже голодна. Вона пожадливо хапає все схоже на їжу: пір'я, бавовну, навіть медуз. Останніми вона так насповняє свій шлунок, що часто частина тіла медузи стремить з рота.

Кількість планктону в морі навколо Очакова залежить від кількості органічних речовин, що виносить у море Дніпро, а успішний розвій планктону, що дає їжу дрібній рибі, залежить від температури води й повітря. Через це високий рівень Дніпра й тепла вода мусить прискорювати початок масового улову скумбрії, а холодна вода і низький рівень Дніпра — затримувати.

Як бачимо з поданої нижче таблиці, це співвідношення між часом найкращого улову скумбрії, температурою води і вишиною рівня Дніпра дійсно достежене років 1921, 1922 і 1923.

Таблиця 3

Час найкращого улову скумбрії	Середня температура лиману від початку року до червня	Підвищення рівня Дніпра від початку року до червня
1922 р. червень	9,9	31 см
1921 р. серпень	8,7	33
1923 р. вересень	7,9	23

Отже по даних про височину весняного рівня Дніпра і по рухові температури води можна передбачати час початку масового лову скумбрії.

II

Коли перейдемо від річних коливань рівня лиману Дніпра до добових, то виявимо, що добові коливання рівня Дніпра згасають біля Очакова, а на стан рівня лиману й склад соляної маси води його впливають тільки вітри, а саме:

Таблиця 4

Характерні групи вітрів	Пересічний рівень лиману у вересні	Пересічна кількість хлору (у літрі грам).	Пересічна кількість хамелеона на оксидац. органіч. речовин (на літр-міліграм)
З берега <i>N, NWW, NNE, NE</i>	89 сант.	2,4	39,8
З моря <i>S, SSW, WSW</i>	104	1,5	41,9
З Дніпра <i>E, ENE, ESE</i>	101	1,6	42,5

З таблиці бачимо, що під час вітрів з берега навколо Очакова вода найбідніша на органічні речовини і найсолоніша. Також і найхолодніша, як це відзначив те А. В. Ключовський для Одеси¹.

Вода під час вітрів з моря майже так само солоня, як і під час вітрів з Дніпра через осолодний вплив Дніпра і Дунаю на воду північно-західної частини Чорного моря. Такий помітний вплив напрямку вітру на склад соляної маси й температури води лиману біля Очакова не може не мати зв'язку з уловом риби і мусить певним способом виявитися. На жаль, певні дані про напрям вітру кожного дня є тільки за 1922 і 1923 роки. Щоб з'ясувати цей зв'язок всі щоденні улови, розподілено було по 16 го-

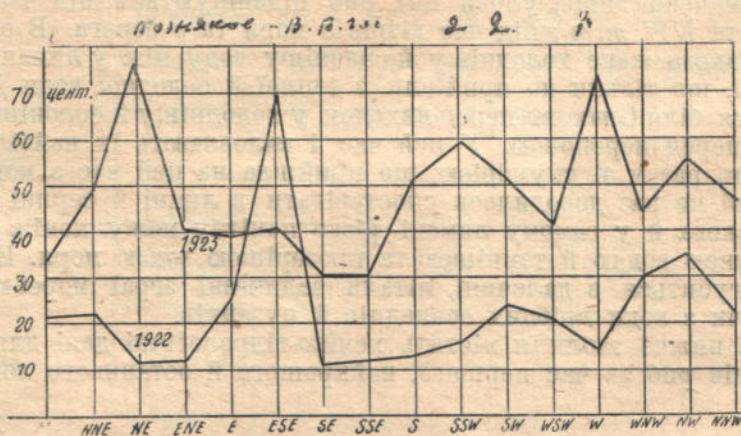
¹ Метеорологія

довних румбах. Сума уловів за кожного румба вітру, поділена на кількість уловів під час вітру цього румба, дала пересічний улов для кожного румба. Ці дані маємо в таблиці:

Таблиця 5

Румби вітру	1922	1923	Румби вітру	1922	1923
	Пересічний улов в центнерах	Пересічний улов в центнерах		Пересічний улов в центнерах	Пересічний улов в центнерах
N	22	34	S	12	52
NNE	22	49	SSW	17	59
NE	13	76	SW	21	52
ENE	13	41	WSW	22	42
E	27	39	W	14	73
ESE	70	40	WNW	30	44
SE	11	31	NW	34	55
SSE	11	31	NNW	22	47

Ті ж дані подано в діаграмі 2



Діаграма 2.

Як видно з таблиці й діаграми, хід улову риби за 1922 і 1923 роки однаково підвищується й знижується під час вітрів: NE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, WNW, NW і NNW. Тільки під час N, NNE, W, SW, і NNE помічається зворотне співвідношення, а це пояснюється наявністю штормових погод і випаданням опадів у дні, коли були ці вітри. Найщасливішими вітрами за обидва роки були E, ESE, S, SSW, NW, ENE.

Коли занести на діаграму пересічні улови окремих видів риби за румбами вітру під час лову за ці два роки, то одержимо такі співвідношення: лов бичків підвищується під час вітрів з моря й Дніпра. Найпогіднішими вітрами були S, SSE, найнепогіднішими—SE і NNE.

Улови судака підвищуються під час вітрів з Дніпра та з берега і різко знижувалися вони під час вітрів з моря. Найпогідніші були вітри NE та NW. Досвідний лов судака, що тривав року 1923 з 10 до 30 березня, дав найкращі наслідки під час NNE і ENE.

Улови скумбрії, пузанків і оселедців погоджено підвищувалися під час *S, SSW, SE* і *NW*.

Найпогідніші вітри однаково за обидва роки були *SSW* і *S*.

За моїми спостереженнями 1903 р.¹ в Одесі найкращий улов був під час *S, SSW, SW* і *VSW*, найнепогідніші і для Очакова 1922 та 1923 і для Одеси 1903 р. були вітри *SSE* та *ENE*.

Улови камбали помітно підвищувалися під час *SSW* року 1922 і 1923. За час досвідних уловів 1923 і 1924 р. найкращі наслідки були так само під час *SSW*.

Улови пузанків і оселедців зв'язані з румбами вітру так само, як і улови скумбрії, але час найпершого й найкращого улову цих риб дуже відрізняється. Так, року 1923 перший лов оселедців позначено 10 квітня, пузанків 14 квітня, скумбрії 6 травня.

Найкращий лов пузанків—серпень, оселедців і скумбрії—вересень. Взагалі ж перший лов оселедців часто буває в гирлі Дніпра біля Кизилового рогу зразу після того, як мине лід; пузанків—не раніше квітня, а скумбрії—не раніше початку травня.

Через те, що пузанки й оселедці риби морські і йдуть у лиман рано на весні, то, очевидно, біля Очакова, під час їх першого раннього ходу їх зовсім пропускають і не виловлюють, а більш-менш значний лов відбувається під час осіннього поворотного ходу їх з лиману в море.

При цім припущенні зв'язок поміж уловами оселедців, пузанків і скумбрії та напрямом вітру цілком з'ясовується.

Як зазначено вище, улови цих риб підвищуються під час вітрів *S, SSW, SE* та *NW т.т.*, під час вітрів з моря та з берега. В обох випадках до Очакова жене холоднішу й солонішу воду, ніж у лимані. Пузанки й оселедці, що тільки но прийшли з теплої й солодкої води Дніпра, затримуються біля Очакова перед виходом у холоднішу й солонішу морську воду, як перед перепоною. У цей час і виловлюють їх найбільшу кількість, часто разом зі скумбрією, що прийшла на цей час з моря.

Авторові не раз доводилося спостерігати в линні й серпні в морі поблизу Очакова й у самому лимані різко помітну межу поміж калюжоватою лиманною водою й темнішою та прозорішою водою моря. Вздовж цієї лінії, що губиться в далечині, літали величезні зграї морських птахів, вихоплюючи з води дрібних оселедців й пузанків.

Подана нижче таблиця містить хеміко-гідрологічні дані для найголовніших видів риб за час першого, найкращого й останнього лову.

Таблиця 6

Види риб	Час	Рівень лиману	Температура води	Хлору в літрі грам	Хамел. мілігр. на літр.	Усїєї вуглекисл. в літрі мілігр.	Нагрям вітру і швидкість
Бички							
Перший лов	1 січня	—	3,5	—	—	—	<i>SE</i> ₂
Найкращий	квітень	110	10,9	0,22	42,37	—	<i>S, SSE</i>
Останній	9 грудня	100	6,0	2,73	32,18	58,0	<i>NW</i> ₄

¹ Метеорологический Вестник 1904 г.

Види риб	Час	Рівень ли- ману	Температура води	Хлору в літрі грам	Хамелмілігр. на літр	Усієї вугле- кисл. в літрі мілігр.	Напря́м вітру і швидкість
Судак							
Перший лов	1 січня	—	3,5	—	—	—	SE ₂
Найкращий	січень	—	2,1	—	—	—	NE, NW
Останній	17 грудня	105	4,6	1,85	33,06	53,0	WSW ₂
Червона риба							
Перший лов	4 квітня	97	5,2	0,31	42,2	—	ENE
Найкращий	травень	112	21,9	0,22	44,9	44,6	W, SSW
Останній	3 листоп.	80	10,1	2,20	31,64	54,0	SE
Оселедець							
Перший лов	10 квітня	110	9,4	0,17	49,47	—	S ₂
Найкращий	вересень	82	21,3	2,99	42,30	46,5	S, SSW, SE, NW
Останній	29 жовтня	85	13,7	2,52	33,28	38,5	ESE
Пузанки							
Перший лов	14 квітня	110	10,0	0,17	40,14	—	S ₂
Найкращий	серпень	87	22,2	2,04	42,10	32,40	S, SSW, SE, NW
Останній	28 жовтня	85	15,0	2,09	35,20	30,00	SE
Скумбрія							
Перший лов	6 травня	106	20,4	0,14	45,5	—	NE
Найкращий	вересень	82	21,3	2,99	42,2	46,60	S, SSW, SE, NW
Останній	27 жовтня	90	14,0	2,09	35,21	36,00	SW ₂
Камбала							
Перший лов	6 квітня	97	5,0	0,24	39,0	—	N ₂
Найкращий	жовтень	81	15,6	2,22	37,8	47,6	SSW
Останній	20 грудня	105	4,5	2,48	35,81	51,00	WNW ₂

III

Під час розгляду зв'язку поміж уловом і технічним складом соляної маси води з'ясовано вже ролі коливань кількості хлору. Крім хлору в лабораторії хеміко-гідрологічному відділу станції щоденно визначали кількість наявної у воді вільної і напівзв'язаної вуглекислоти способом Петенкофера, кисню — за Вінклером і органічних речовин — за Вінклером. Роз-

гляд впливу на улов риби коливань кількості цих складових частин соляної маси води дає змогу виявити певний зв'язок поміж зміною кількості органічних речовин, визначеної способом Вінклера, і зміною улову риби. Річний хід змін кількості органічних речовин майже повністю збігається з річним ходом улову риби. Це можна бачити і з таблиці, і з відповідної діаграми, де подано за кожну декаду суму улову риби й пересічну за декаду кількість органічної речовини, визначуваної з кількості хамелеона, що пішов на окисацію (у міліграм. на літр води).

Таблиця 7

№№ декад	Улов риби в центнерах.	Хамелеон мілігр. на літр для оксид. орган. реч.	№№ декад.	Улов риби в центнерах.	Хамелеон мілігр. на літр для оксид. орган. реч.
1	602		19	337	42,0
2	77	не визначали	20	958	41,0
3	83		21	1019	49,3
4	373		22	1153	44,4
5	—		23	875	41,9
6	—		24	1351	42,8
7	—		25	1263	40,9
8	190		35,3	26	1919	46,0
9	394	41,9	27	1613	43,2
10	161	43,4	28	282	39,0
11	1152	44,6	29	255	39,7
12	574	46,1	30	285	36,0
13	471	43,4	31	442	36,8
14	810	46,4	32	283	36,8
15	416	45,4	33	15	37,4
16	409	45,4	34	38	35,3
17	901	49,7	35	97	35,6
18	567	42,9	36	—	34,2

Діаграма 3 на стор. 97 дає хід улову риби в Очакові 1923 р. і хід змін кількості органічних речовин у воді по декадах.

Таке саме співвідношення дістаємо коли намалюємо діаграму за 5 день, навіть щоденно, алеж тільки на 90% в цьому випадкові.

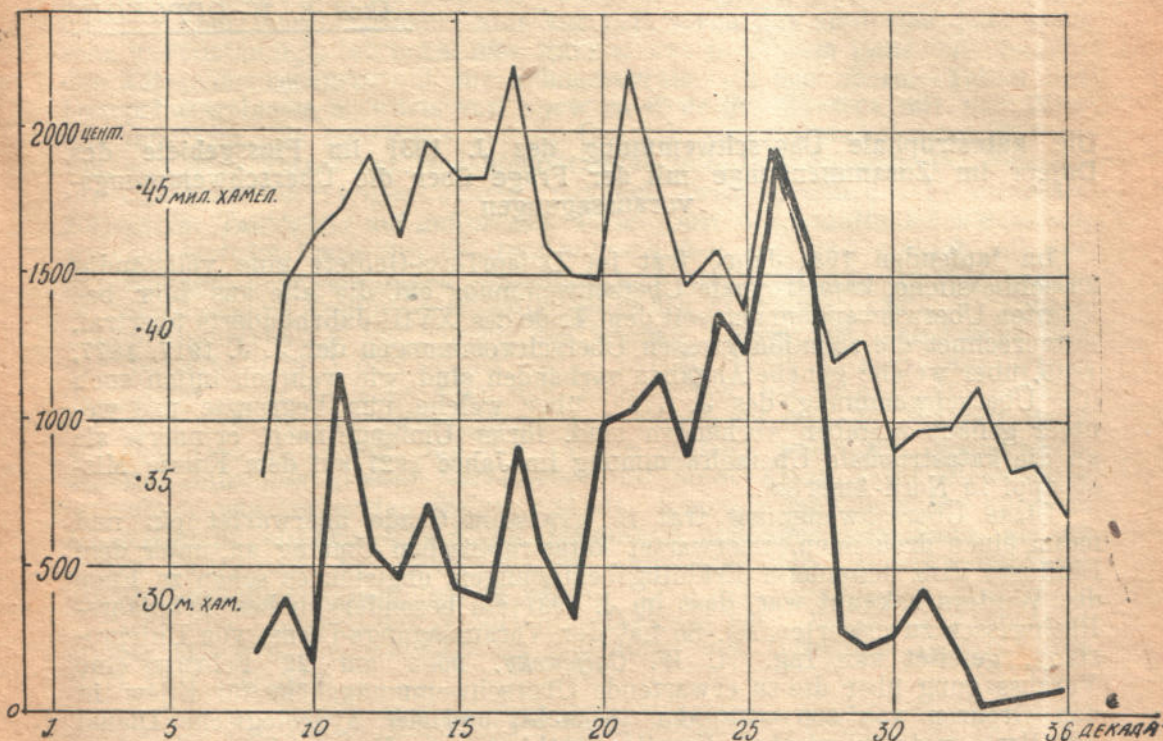
Як видно з таблиці й діаграми, річний хід улову надиво точно повторює річний хід змін кількості органічних речовин води, визначеної способом Вінклера.

Перебування риби в якійсь частині видоймища можливе тільки тоді, коли у воді цього видоймища є поживні речовини. Чи буде це планктон чи якась неорганізована харчова речовина, зменшення чи збільшення її у воді видоймища обов'язково вплине на кількість принаженої риби, а через те й на улов її.

Вода під час визначення органічної речовини тітувалася хамелеоном без фільтрування з сульфатовою кислотою при десятихвилинному кип'я-

тінні. При цьому хамелеон оксидував не тільки розчинену речовину води, а й дуже дрібний планктон, що потрапив у пробу. В цьому випадку хід улову дійсно мусить йти у згоді з ходом органічної речовини.

Звідси виходить, що на підставі руху кількості органічної речовини в воді, визначеної способом Вінклера, можна передбачити хід улову риби в Очакові і можливо в інших місцях. Титрування способом Вінклера легко здійснити і в морі на судні, коли вживати не звичайних бюреток, а Гей-Люссакових.



Діаграма 3.1

Отже зв'язок між уловом риби в Очакові з даних 1921, 1922 і 1923 років виявився ось у чому:

Річний хід улову в цілому однаковий і залежить від висини рівня Дніпра, температури повітря й води та міри поселонішання лиману.

Незначні відхилення на кожний рік можна передбачити, користуючись з даних про стояння рівня навесні та про температуру повітря за першу половину року. Час масового підходу скумбрії також зв'язаний з висиною весняного рівня Дніпра і температурою повітря й води за першу половину року і його можна передбачити. Улов кожного окремого виду риби Очакова залежить значною мірою й від напрямку вітру.

Найпевніший зв'язок є між уловом риби й кількістю органічної речовини в воді. З ходу змін останньої можна передбачити хід змін улову риби.

Проф. А. Позняков.

Die katastrophale Überschwemmung des J. 1931 im Flussgebiete des Dnjepr im Zusammenhange mit der Frage über die Überschwemmungsvoraussagungen

Im laufenden 1931 Jahre trat im Dnjeprfluss-Gebiete eine vollständig ausschliessliche, katastrophale Überschwemmung ein, die alle uns hier bekannten Überschwemmungen seit dem Ende des XVIII Jahrhunderts übertraf, mitgerechnet die ziemlich grossen Überschwemmungen der J. J. 1917, 1877, 1845, über welche genaue Angaben vorhanden sind, wie wahrscheinlich auch die Überschwemmung des J. 1789, über welche nur begrenzte und weniger genaue Angaben vorhanden sind. Ihrem Umfange nach, erinnerte sie an die katastrophale Überschwemmung im Jahre 1927 auf dem Flusse Mississippi in Nord-Amerika.

Diese Überschwemmung trat in gewissem Grade unerwartet ein und nahm einen drohenden, unerwartet katastrophischen Umfang an, unter dem Einflusse ganz besonderer Frühlingsbedingungen, obgleich es schon zu Ende des Winters bekannt war, dass im J. 1931 ein besonders hohes Frühjahrs-Hochwasser zu erwarten sei. So hat der Voraussagungs-Dienst von Dnjeprstroj, geleitet von Ing. A. W. Ogijewsky, noch am 22 Februar eine Voraussagung über die zu erwartende Überschwemmungshöhe für Kijew in den Grenzen von 680—720 cm. gemacht, und der hydrologische Dienst des Hydrometeorologischen Komites enthielt eine Voraussagung des Ing. W. A. Nasarow von 21 März, über die, nach seinen Berechnungen, erwartende Überschwemmungshöhe für Kijew in den Grenzen von 660—710 cm., d. h. der früheren Voraussagung annähernd gleich.

In Wirklichkeit jedoch erreichte am 2—3 Mai der Überschwemmungsscheitel bei Kijew die schon lange nicht dagewesene Höhe von 853 cm. über Null der Messtation, während in früheren Jahren diese Höhe in Kijew folgende war:

im J. 1931—853 cm.

„ „ 1917—785 „

„ „ 1877—740 „

„ „ 1908—719 „

„ „ 1895—685 „

In vieljahr. Mittel.—536 „

d. h. das Maximum des Jahres 1931 übertraf um 68 cm. die Höhe des Überschwemmungsscheitels von 1917 und war um 3,17 cm. höher, als die vieljährige Mittelhöhe des Hochwassers von 1877 bis 1930.

Im Dorf Lotzmaskaja Kamenka, unterhalb von der Stadt Dnjepropetrowsk, am Anfange der Stromschnellen erreichte die Überschwemmungshöhe

im Jahre 1931—687 cm.

„ „ 1845—645 „

„ „ 1917—614 „

„ „ 1877—563 „

d. h. für die Lotzmanskaja Kamenka übertraf die Überschwemmungshöhe des J. 1931 den Überschwemmungsscheitel des 1877 um 1,24 m; den Scheitel von 1917 um 73 cm; und von 1845—um 42 cm; ebenso übertraf die Höhe des Scheitels im J. 1931 für Kijew: gegen das Jahr 1877—1,13 m. und gegen 1917—68 cm., d. h. die Höhe der Überschwemmungswelle war im J. 1931 im Dorf Lotzmanskaja Kamenka um einiges höher als in Kijew, im Verleiche mit dem J. 1917 (um 5 cm.) und mit dem J. 1877 (um 11 cm.).

Wenn man sich jetzt zu den meteorologischen und hydrologischen Bedingungen dieser ausschliesslichen Überschwemmung d. J. 1931 wendet, insofern über dieselbe Nachrichten zur Zeit vorhanden sind (bis jetzt noch sehr unvollständige, so muss man garz zuerst in diesem Falle mit folgenden Tatsachen rechnen: mit der Schneevorräten in den oberen Teilen des Dnjeprflussgebietes aufwärts von Kijew zu Erde des Winters, mit der Wintertemperatur, die gleichfalls auf die Überschwemmungshöhe einen Einfluss übt, mit dem Vorrat von Bodenfeuchtigkeit und Grundwasser im Flussgebiete zu Ende des vorigen Jahres, mit den Bedingungen des Frühlingsabflusses von Tauwasser auf gefrorenem Boden, mit der Dichtigkeit des Schnees, welcher sich im Laufe des Winters angesammelt hat, und endlich mit der Bedingungen entweder einer schnellen und gleichzeitigen Schneeschmelze in verschiedenen Teilen des Flussgebietes des Fl. Pripjatj (36% der ganzen Dnjepr-Gebietsfläche bis Kijew), des Oberen Dnjepr mit dem Ssosch und der Beresina (32%), der Dessna (26%) und der Flüsse Teterew und Irpenj (6%), oder einer verlangsamt und allmählichen, bei welcher die Schneeschmelze und die Überschwemmung ganz zuerst auf dem Fl. Pripjatj, dann auf dem Oberen Dnjepr und der Dessna auftritt, wobei die Hochwasserscheitel einzelner grosser Nebenflüsse die Stadt Kijew nicht gleichzeitig erreichen, wie im ersten Falle, und die Überschwemmungshöhe auf dem Mitte-Dnjepr abwärts von Kijew bedeutend niedriger sein kann, als im ersten Falle, d. h. bei gleichzeitigem Andrängen der Überschwemmungsscheitel einzelner Nebenflüsse zu Kijew.

Nach den Angaben des Nachrichten-Dienstes vom Dnjeprostroy sind die atmosphärischen Niederschläge im Zeitraume von Dezember 1930 bis zum März 1931 folgende:

Winter 1930—1931	140 mm.
„ 1916—1917	141 „
„ 1907—1908	159 „
„ 1894—1895	159 „

d. h. sie waren gross, aber nicht aussergewöhnlich, und nach der Menge der gefallenen Niederschläge zu urteilen, musste die Höhe der Überschwemmung eine sehr bedeutende, aber keine aussergewöhnliche sein; in anderen Wintern war die Niederschlagsmenge eine noch grössere, als im Jahre 1930—31.

Das Schneedecke-Maximum für das Flussgebiet des Oberen Dnjepr zu Ende des Winters wurde vom Nachrichten-Dienst des Dnjeprostroy mit folgenden Ziffern angegeben:

im J. 1930—1931	47 cm.
„ „ 1907—1908	48 „
„ „ 1892—1893	52 „
„ „ 1916—1917	66 „

d. h. die Schneeaufspeicherung war im J. 1930—31 gleichfalls nicht aussergewöhnlich. Freilich eine Höheausmessung der Schneemenge allein kantenden Vorrat des durch Schneetauen entstandenen Schneewassers noch nicht feststellen; in diesem Falle spielt die Schneedichtigkeit eine Rolle. Fürs erste sind recht begrenzte Angaben vorhanden, dass stellenweise, zum Beisp. auf der Fläche des Kijewer Meteorolog Observatoriums, die Schneedichtigkeit sehr bedeutend war. Die ausserordentliche Intensivität des Hochwassers im

J. 1931 könnte zweifellos als eine ihrer Ursachen die über die Norm erhöhte Schneedecktheit haben, die z. B. durch Tauwetter und Regenfall auf die Oberfläche des schon vorher lockeren Schnees entstand.

Was die Wintertemperatur anbetrifft, so ist schon durch unsere Arbeit „Der Wasserhaushalt im Flussgebiete des Oberen Dnjepr oberhalb Kijews“ 1904—1913 festgestellt worden (S. 259, T., I) dass die jeweilige Wintertemperatur sehr nachdrücklich auf die Höhe des folgenden Frühjahrsaustretens der Flüsse einwirkt: nach einem verhältnissmässig warmen und milden Winter pflegt das Austreten der Flüsse im Frühjahr gewöhnlich kein grosses zu sein, auch wenn, sogar eine grosse oder normale Niederschlagsmenge im Winter gefallen war; nach einem kalten Winter ist das Wassersteigen in den Flüssen im Frühjahr, sogar bei normalen oder auch bei ein wenig unternormalen Niederschlägen, gewöhnlich ein hohes, wenn nicht an absoluter, so doch an relativer Höhe, d. h. über dem niedrigen Wasserniveau des Flusses vor dem Eisfreiwerden desselben. Die Temperaturabweichung von der Norm wird, wie wir weiter unten ersehen werden, auch in unserer Formel der Höhevoraussagung der Frühjahrsüberschwemmung in Rechnung gestellt und kann einen merklichen Einfluss auf letztere haben.

Die Wintertemperatur von 1930—31 für den Dezember—März betrug im Flussgebiete des Oberen Dnjepr aufwärts von Kijew, nach Daten des Nachrichten-Dienstes von Dnjeprostroy:

im J. 1916 — 1917	8,3° C.
„ „ 1930 — 1931	7,6° „
„ „ 1923 — 1924	7,5° „
„ „ 1907 — 1908	5,3° „

d. h. sie war sehr niedrig, doch nicht aussergewöhnlich; dieselbe Temperatur wurde im Winter von 1923—24 beobachtet und eine noch niedrigere im Winter von 1916—1917.

Demzufolge entsprachen die Hauptfaktoren der Frühlingsüberschwemmung — die Winterniederschläge und Temperaturen im J. 1930—31 nur einer hohen Überschwemmung, gaben jedoch noch keinen Grund eine aussergewöhnlich hohe, katastrophische Überschwemmung zu erwarten.

Der katastrophale Überschwemmungscharakter im J. 1931 könnte neben den obenangegebenen Überschwemmungsfaktoren — Vorhandensein grosser atmosphärischer Niederschlagsmengen und einer niedrigen Wintertemperatur, noch von speziellen hier zugekommenen Faktoren abhängig gemacht werden, welche gewöhnlich nicht, oder in ungenügender Masse berechnet werden, die jedoch eine besondere Rolle in der angegebenen Überschwemmung gespielt haben.

Solche Faktoren können in erster Linie der Frühjahrsvorgang und die Abflussbedingungen des Frühlings-Tauwassers sein.

Wie bekannt, trat im J. 1931 nach einem kalten und andauerndem Frühling (mit kaltem März) im April schnell und schroff warme Witterung ein, welche auch eine schnelle, allgemeine Schneeschmelze im Flussgebiete des Oberen Dnjepr hervorrief.

Der Abfluss des Tauwassers ging über den zweifellos noch gefrorenen Boden, welcher noch keine Zeit hatte tief abzutaun, was auch die sehr hohen Überschwemmungen auf dem Oberen Dnjepr, Pripjatj, Beresina, Ssosch und Dessna zur Folge hatte, die einen aussergewöhnlichen katastrophalen Charakter, auch auf diesen Flüssen annahmen, was gleichfalls nicht ohne Einfluss auf die Überschwemmungshöhe des Mittleren Dnjepr bleiben konnte, hauptsächlich bei beinahe gleichzeitigem Anrücken des Wasserscheitels dieser Überschwemmungen in den Rayon des Mittleren Dnjeprs zur Stadt Kijew.

So erreichte der Hochwasserkamm des Oberen Dnjeprs am 23 April im Orte Orscha nach den Beobachtungen die Höhe von 9,36 m. über 0 oder um

51 cm. höher, als die Überschwemmung im J. 1917; des Flusses Beresina in der St. Bobrujsk 4,69 m. oder um 73 cm höher als der Wasserhochstand im J. 1917 betrug, des Dnjepr im Flecken Lojew am 28 April 8,08 m. über Null des Pegels, um 2,33 m höher als die Mittelüberschwemmungshöhe und die Höhe von 1917 um 39 cm. übersteigend.

Der Wasserstand des Fl. Ssosz in Homel erreichte am 27/IV die Höhe von 6,91 m. oder war auf 45 cm. höher als im J. 1917.

Der Hochwasserscheitel auf dem Fl. Pripjatj in Mozyr erreichte am 23 April 6,00 m. über Null des Pegels und war um 1,69 m. höher als die mittlere Überschwemmungshöhe oder um 59 cm. höher als der Wasserstand im J. 1917.

Der Wasserstand des Flusses Dessna in der St. Tschernigow erreichte am 29 April ein Maximum von 8,62 m. über Null oder war 2,52 m. höher als die mittlere Überschwemmungshöhe, beinach dem Wasserstande des J. 1917 (auf 2 cm. niedriger) gleichkommend.

Diese Ziffern zeigen direkt und unmittelbar, dass die Überschwemmungshöhe von 1931 auf dem Oberen Dnjepr, Pripjatj¹, der Beresina und Ssosz,— die Überschwemmungshöhe von 1917 überstiegen und auf der Dessna erreichte die den sehr bedeutenden Hochstand desselben Jahres.

Ganz ebenso stimmten die Daten des Hochwasserauftritts am 23/IV in der St. Mozyr auf dem Fl. Pripjatj am 28/IV im Ort Lojew auf dem Dnjepr und am 29/IV in der St. Tschernigow auf der Dessna miteinander überein und begründeten den Auftritt des unerhörten Maximums in Kijew den 2-ten Mai 8,53 m. über Null oder 3,16 m. über die vieljährige mittlere Höhe des Hochwassers. Dasselbe war um 76 cm. höher als das bedeutende Hochwasser des J. 1917.

Die Art des in Kijew zu erwartenden Wassermaximums wurde mit voller Augenscheinlichkeit am 26 April klar, und an diesem Tage wurde von uns folgende Eildespeche an die Verwaltung der Wasserwirtschaft der Ukraine gesandt: „eine katastrophische Überschwemmung des Dnjeprs ist in den nächsten Tagen zu erwarten,“. Am selben Tage verfassten wir einen Bericht folgenden Inhalts, den wir an die Redaktion der „Proletarskaja Prawda“ in Kijew einsandten:

„Die schon früher für dieses Jahr erwartete hohe Überschwemmung der Dnjepr nimmt in den letzten Tagen einen besonders drohenden Charakter an, in Folge des plötzlichen gleichzeitigen Eisfreiwerdens der Hauptzufüsse des Dnjepr und seines Oberlaufes, verursacht durch plötzliches Eintreten warmer Witterung nach vorhergegangenem kaltem langandauerndem Frühling. Der beschleunigte Wasserabfluss der Nebenflüsse und des Oberlaufes des Dnjepr verursachte hohe Überschwemmungen in den oberen Teilen des Dnjeprgebietes in B. S. S. R. und in R. S. F. S. R. (siehe: „Iswestija Z. I. K.“ 24/IV—1931, Nr. 113). Falls der Hochwasserscheitel des Dnjepr oberlaufes, der Pripjatj, des Ssosz und der Dessna sich fast gleichzeitig Kijew nähert, was für die nächsten Tage zu erwarten ist, kann dann die Überschwemmung in Kijew einen Hochstand erreichen, der den früheren für normale Witterung vorhergesehenen übertrifft, und die Überschwemmung des J. 1931 auf dem mittleren Dnjepr kann die Höhe des J. 1917 erreichen, oder sogar überschreiten, d. h. sie kann aussergewöhnlich hoch werden.“

Obgleich diese Zuschrift von der „Prolet. Prawda“ nicht gedruckt worden war, erfolgte doch schon am 27 April eine Verordnung des Ssownarkoms der Ukraine, betreffs Bildung besonderer „Troiky“ und Kommissionen für den Kampf mit der Dnjeprüberschwemmung—(in Kijew wurde solche Kommission schon bedeutend früher organisiert).

In Wirklichkeit zeigte es sich, dass auch in Kijew und unterhalb des

¹ Die Pripjatj-Überschwemmung in Mozyr im J. 1877 übertraf jedoch bedeutend die Höhe des Hochwassers der J. J. 1917 und 1931 (des letzteren um 1,58 m.)

Fluss auf die Überschwemmung von 1931 eine aussergewöhnliche nie dagewesene Höhe erreichte und ihrer Aussergewöhnlichkeit wegen, nicht vorhergesehen werden könnte, durch Vorhersagungen, welche auf den Beobachtungsdaten der vorhergehenden Jahre basierten, sich in bedeutend kleineren Grenzen bewegten, in denen kein Grund vorlag Voraussagungen zu extrapolieren.

Zu der im Dnjeprflussgebiete angewandten Methode der Voraussagung, wie des Hochwassers, so auch anderer Wasserstände übergehend, kann man bemerken, dass dank dem allmählich ausgearbeiteten von J. 1923 angefangenem Systeme der Wasserhöhe—Voraussagung des Dnepr, wie in Kijew nach den Gleichungen seiner oberen Nebenflüsse beispielweise auf 4—5 Tage, so auch in den niedrigergelegenen Punkten auf einen Zeitraum von 2—3 bis 10—15 Tagen nach den Angaben der Stadt Kijew, je nach ihrer Entfernung von Kijew, mit grösster Genauigkeit die Höhe und der Tag des Antritts des Hochwasserscheitels in den Punkten abwärts vom Dnjeprflusslaufe vorausgesagt werden kann, wo Wasserstationen (die Pegel) mit dauernden vieljährigen Beobachtungen vorhanden sind.

Die Initiative zu der Sachlage dieser Frage und die Verdienste in Bezug auf ihre Lösung gehören dem Wissenschaftlichen Forschungs Katheder der Hydrologie in Kijew und seinen Mitarbeitern, die sich an die Spitze der Hydrometeorologischen Sektion von Ukrmet, wie auch des Nachrichten-Dienstes vom Dnjeprostroy stellten.

Damit wollen wir zu ihrer Arbeit, den Wasserstandhöhe-Voraussagungen des Dnjeprflusses übergehen, welche dieses Flussgebiet vor allen anderen in der Sowjet Union, auch die Wolga nicht ausschliessend, vorteilhaft hervorstreicht.

Der erste Versuch zur Feststellung einer gewissen Abhängigkeit, sowohl des Frühjahrs Hochwassers, wie auch der Frühjahrs-Abflussmenge im Zeitraume von März bis Juni des Dnjeprflusses in Kijew von den meteorologischen Elementen des vorhergegangenen Winters wurde von uns in der Abhandlung: „Korrelationsverbindung zwischen der Dnjeprwassermenge in Kijew und der Niederschlagsmenge, wie der Temperatur im Flussgebiete aufwärts von Kijew, im Zeitraume von 1876/1877—1908“¹ gemacht.

Hier ist Gleichung von folgender Abhängigkeit gegeben:

$$y = 0,349x - 13,12\Delta t + 121,27 \dots \dots \dots (I)$$

wo y = die Höhe des Wassersteigens des kommenden Hochwassers ist, über dem niedrigen Wasserstande des vorher von Eisfreigewordenem Flusse in Kijew in hundertstel Faden,

x = ist die Niederschlagsmenge im Flussgebiete aufwärts von Kijew in der Zeit von November bis April in Millimetern, und

Δt = ist die Abweichung von der Norm ($-5,7^\circ\text{C}$) der mittleren Temperatur desselben Gebietes für die Monate Dezember—Februar.

Der Korrelations-Koeffizient für diese Gleichung ist: $0,66 \pm 0,067$.

Der erste Versuch diese Gleichung für die Voraussagung der Höhe des zuerwartenden Hochwassers anzuwenden, wurde von uns im J. 1924² gemacht, wobei die am 9 März vorhergesagte Höhe 3,08 Fad. = 6,57 m. über 0 des Kijewer Pegels genau am 18—19 April übereintraf.

Diese Übereinstimmung muss man aber als Zufall betrachten, in Anbetracht dessen, dass die Bedingungen von 1924³ den mittleren Bedingungen des uns bekannten Zeitraumes von 32 Jahren, welche von der Formel berechnet sind, entsprachen; und obwohl in 24 Fällen aus 32 die nach dieser

¹ Informations-Bülletin von Ukrmet, B. III, 1924, Nr. 1—3, S. 1—25 (in ukrainischer Sprache).

² Dekaden-Bülletin von Ukrmet 1924, Nr. 7, S. 6—11.

³ Informations-Bülletin von Ukrmet 1924, B. III Nr. 7—9, S. 114.

Formel berechnete Hochwasserhöhe sich nicht mehr als auf 77 cm von der in Wirklichkeit gewesenen unterscheidet, so erreichten doch die Abweichungen in einzelnen Berechnungsjahren nach der Höhegleichung von der wirklichen 1,5—1,7 m.

Unser Mitarbeiter Dipl. Ing. W. A. Nasarow machte den Versuch die gegebene Gleichung zu vervollkommen, einerseits mittels Auffindung einer, ein wenig anderen Kombination des Niederschlags und der Temperatur (z. B. des Niederschlags vom November bis März und teilweise vom April, hiervon vom November nur bei einer Temperatur unter 1,5°, und bei Zurechnung der Temperatur vom Dezember bis März einschliesslich), andererseits, mittelst Verlängerung des Beobachtungszeitraumes bis zu 41 Jahren, von 1877 bis 1917 (siehe Unten die Gleichung Nr. II) oder mittelst Einschliesung der genaueren Niederschlagsmengen im Zeitraume von 34 Jahren vom J. 1884 bis 1913 (siehe die Gleichung III).

Die vom Ing. W. A. Nasarow aufgestellten Gleichungen für Kijew haben folgendes Aussehen:

$$Y = 0,705 X - 9,93 \Delta t + 82 \text{ (II) mit d. Korrelat. Koeff. } R = 0,808 \pm 0,0365 \text{ (in 41 Jahren)}$$

$$Y = 0,658 X - 12,65 \Delta t + 85 \text{ (III) mit d. Korrelat. Koeff. } R = 0,843 \pm 0,033 \text{ (in 34 Jahren)}$$

Ausserdem stellte der Dipl. Ing. W. A. Nasarow gleichartige Abhängigkeiten auf, ausser Kijew, für den Dnjeprfluss beim Ort Lojew (nach 33-jähr. Angaben), für den Fl. Pripjatj bei der St. Mozyr (nach 37-jähr. Angaben) und für die Dessna bei Tschernigow (nach 25-jähr. Angaben)¹.

Andererseits gab uns die von unserem anderen Mitarbeiter vom Dipl. Ing. A. W. Ogijewsky, nach der Korrelationsmethode, wie auch im früheren Falle, festgestellte Verbindung zwischen den Höhen des Pegels vom Dnjepr in Kijew mit den Flusswasserständen in den flussabwärts-Punkten: Tscherkassy, Kremenschuk, und der Lotzanskaja Kamenka² die Möglichkeit die Voraussagungen für Kijew auch auf diese flussabwärtsliegenden Punkte zu verbreiten, und zwar, auf 3 Tage voraus für Tscherkassy, auf 6 Tage für Kremenschuk und auf 9—10 Tage für die Lotzanskaja Kamenka.

Die vom Ing. W. A. Nasarow aufgestellte Zusammenfassung³ langfristiger Voraussagungen, die auf 1—1½ Monate vor dem Eintreffen des Hochwassers für 5 Jahre von 1924 bis 1928 einschliesslich gemacht worden sind, zeigte vollkommen befriedigende Resultate für die J. J. 1924, 1927 und 1928 (mit einer Genauigkeit bis 30 cm.) und verhältnissmässig unbefriedigende fürs J. 1925 (Genauigkeit bis 1 m.); dieses zeichnete sich aber durch aussergewöhnlich niedriges Frühjahrshochwasser aus, welches aus den Grenzen der Angaben, die zur Gleichungs-Deduktion angenommen wurden, heraustraten.

Weiter muss bemerkt werden, dass ausser den Gleichungen des (I) Types im Jahre 1924 vom Jrg. A. W. Ogijewski, Gleichungen vorgeschlagen worden sind⁴, die nach der Korrelationsmethode mit 4 Veränderlichen gefunden worden sind, für die Abhängigkeiten des Dnjeprwasserstandes in Kijew von den Wasserstandshöhen des Dnjepr im Ort Lojew, der Pripjatj in d. St. Mozyr und der Dessna im Dorf Makoschino (oder in Tschernigow) wie sie 5—7 Tage vorher waren bei Hochwasser, und vor 6—8 Tage bei sonstigen Wasserständen.

¹ Siehe „Wisty“ (Nachrichten) des Wissenschaftlichen Forschungs Inst. der Wasserwirtschaft der Ukraine, B. I. 1927, S. 125 und Inform. Büll. von Ukrmet, B. VI, V Kijew, 1927, S. 92.

² Die Schriften des Wiss. Forsch. Katheders von WUAN 1924, T. II.

³ Dekaden-Büll. von Ukrmet, 1928, Nr. 14, S. 296, der Bericht über die J. J. 1924—1927 ist im 1-sten T. der Nachrichten „Wisty Wissensch. Forsch. Inst. der Wasserwirtsch. der Ukraine“, S. 130 gegeben.

⁴ Inform. Büll. von Ukrmet, 1924 Nr. 10—12.

Ährliche Gleichungen wurden für den Wasserstand in Lojew gegeben in Abhängigkeit vom Höhestand der Ssosh in der St. Homel, der Beresina in der St. Bobruysk und des Dnjepr in der St. Rogatschew. Infolgedessen war es möglich die letzten Gleichungen auch auf die Vorhersagungen für Kijew anzuwenden, wodurch die Voraussagungs-Frist verlängert wurde.

Diese Gleichungen erscheinen als Grundlage für *kurzfristige* Voraussagungen über jeden Wasserstand in der St. Kijew und unterhalb derselben in Abhängigkeit vom Wasserstand auf den Nebenflüssen des Dnjepr (für alle Fälle, ausgenommen die Anfangsstadien des Wassersteigers, wo grössere Fehler möglich sind, die die Anwendung von Gleichungen beschränken). Sie sind von Irg. Nassarow ausgenutzt, worden zur Kontrolle über seine Voraussagungen nach seiner Gleichung (II) und (III).

Für die Hochwasservoraussagung in Kijew, direkt über die Nullen der Wasserpegel (in 100-en von Faden) sieht die Gleichung von A. W. Ogijewsky für Kijew, wie folgt, aus¹:

$$Y_k = 0,291 Y_{M-7} + 0,346 Y_{L-5} + 0,412 Y_{Tsch-5} - 63 \dots \dots \dots (IV)$$

wo: Y_{M-7} den Wasserstand der Pripjatj in Mozyr, der auf 7 Tage vor der Voraussagung des Wassersteigers Y_k in Kijew bedeutet; Y_{L-5} ist der Wasserstand des Dnjeprflusses in Lojew auf 5 Tage vorausgesagt und Y_{Tsch-5} ist der Wasserstand des Fl. Dessna in Tschernigow auf 5 Tage vorbestimmt. Nach dieser Gleichung kann man die Dnjeprwasserstände in Tschernigow auf 9 Tage, in der St. Kremenschuk auf 12 und im Dorfe Lotzmannskaja kamenka bei Dnjepropetrowsk auf 15 Tage voraussagen.

Der Ing. W. A. Nasarow führt gleichfalls eine Gleichung für die Höhevoraussagung in der St. Kijew nach den vorausgesagten Höhen des Wassers auf den Nebenflüssen: der Pripjatj in Mozyr Y_M^i des Dnjepr im Dorfe Lojew Y_L^i und der Dessna in Tschernigow Y_{Tsch}^i an:

$$Y_k = 0,411 Y_M^i + 0,071 Y_L^i + 0,518 Y_{Tsch}^i - 53 \dots \dots \dots (V)$$

(In allen Fällen ist die Steigung der Wasserstandhöhen über dem niedrigen Wasserstande des Flusses vor seinem Eisfreiwerden in Betracht gegeben; die Gleichungen der vorausgesagten Wasserstände für die Nebenflüsse des Dnjepr gibt W. A. Nassarow besonders an, wie oben angezeigt ist).

Es ist jedoch nötig im Auge zu behalten, dass in diese Voraussagungsformeln des zuerwartenden Überschwemmungshöhen, abhängig von den Winterniederschlägen, die Niederschläge von März und teilweise von April—miteingerechnet werden, die im Voraus unbekannt sind, wenn man die Voraussagung im März macht.

Statt ihrer ist man genötigt für diese Monate die vieljährige mittlere zu nehmen, oder sich nicht völlig glaubwürdiger Voraussagungen des Wetters zu bedienen. Das führt natürlich zu einer gewissen Ungenauigkeit und bringt Fehler in die Voraussagung, sogar wenn sie nicht solche aussergewöhnliche Jahre wie 1931 und 1925 betreffen, die die Grenzen der Interpolierung der Gleichung überschreiten.

Deswegen stellt man Prognosen mit Hinweis auf mögliche Abweichungen von den wirklichen Höhen, nach der einen oder der anderen Richtung von den vorausgesagten (mit der Verbesserung ± 30 bis 40 cm.); ausserdem müssen die Voraussagungen, nach Möglichkeit den allgemeinen Gang der meteorologischen und hydrologischen Elemente nicht nur im Laufe des vergangenen Winters und des kommenden Frühjahrs, sondern auch am Ende des verflissenen Jahres in Rechnung ziehen, und bei der Berechnung darf man nicht nur hind von den arithmetischen Berechnungen nach der einen oder anderen Formel ausgehen oder sogar nach einer Gruppe von ihnen, für die wechselseitige Kontrolle.

¹ Siehe Inform. Büll. von Ukrmet, B. 1V—V, 1927, S. 94, Nasarow's Artikel.

Der Nachrichten-Dienst von Dnjeprostroy wie auch der Hydrometeorologische Dienst von Ukmrmet, bediente sich auch anderer Korrelations-Abhängigkeiten. Dipl. Ing. A. Ogijewsky gibt z. B. für die Höhe des Kijewer Hochwassers (des zu erwartenden Übersteigens des Hochwasserscheitels über den niedrigen Winter-Wasserstand).

$$\Delta H = 3,80 S + 0,74 t + 156,6,$$

wo S — die Maximalhöhe der mittleren Schneedecke zu Ende des Winters für das Flussgebiet oberhalb von Kijew ist¹, t — ist die Summe der mittleren Monatstemperatur im Flussgebiete für November — März.

Dabei führt die Höhe des niedrigen Winterwasserstandes zu dem ihm nach der Wassermenge gleichbedeutenden Sommerwasserstande nach der Formeln:

$$\Delta h = 0,356 h_{\text{wint.}} - 0,003 T$$

wo $h_{\text{wint.}}$ — der Winterwasserstand ist, T — die Anzahl der Tage vom Anfang des Zufrierens.

Genau ebenso sind Formeln auch für das Datum des Hochwasserscheitels Antritts vorhanden; z. B. gibt der Dipl. Ing. A. Ogijewsky folgende Formeln:

1-ste Formel:

$$x = -0,016 y - 0,256 z + 26,8, \text{ wo}$$

x — das zu erwartende Datum des Scheitels, angefangen vom 20 März, ist; y — ist die Mittelmonatstemperatur im Flussgebiete vom März und z — ist die Dezembertemperatur.

2-te Formel:

$$x = -0,014 H - 0,61 Z - 0,022 U + 30,2,$$

wo x dieselbe Bedeutung, wie früher in der vorigen Formel ist, H — die zu erwartende Scheitelhöhe ist, Z — Temperatur Summe im Flussgebiete von den Monaten Januar und Februar (mit Beibehaltung des Zeichens) und U — das Gefrierdatum des Flusses, gerechnet vom 31 Oktober) ist.

Man kann noch darauf hinweisen, dass das Russische Hydrologische Institut von 1922 Hochwasserprognosen stellte, nach der Formel von W. N. Ledew², die folgendes Aussehen hat:

$$H = N + \frac{P + J}{2} = \frac{h - S}{D} = x$$

wo H — die Hochwasserhöhe nach dem 5-Ball System (0 — gewöhnliches Hochwasser, +1 — hohes, +2 — sehr hohes, -1 — niedriges, -2 — sehr niedriges), N — ist die Ziffer der Schneestärke nach dem 5-Ball System, P — ist die Ziffer der Herbst-Durchtränkung des Bodens nach dem 5-Ball System, J — ist die Ziffer der zu erwartenden Frühjahrs-Zyklonentätigkeit, nach der Karte des barristischen Frühlings-Relieffs auf Grund von Voraussagungen des Haupt-Physikalischen Observatoriums (die Minima-Gebiete, die schwach oder stark ausgedrückt sind, werden für Rayons des mehr oder weniger schnellen Tauens angenommen, die Gebiete des Maximum-Druckes — für Rayons des langsamen Tauens; die neutralen Zonen entsprechen einer Null).

Für den Übergang von der Ziffer-Bewertung (mit einer Genauigkeit bis $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ Ball) zu den Angaben des Wasserpegels dient der 2-te Teil der letzten Formel, welche den „Koeffizienten der Hochwasser-Intensivität“ ausdrückt, wo S — die mittlere arithmetische aus den Höhen der Hochwasserscheitel von vielen Jahren ist; D — die arithmetische mittlere aus den jährlichen Abweichun-

¹ Die Schneehöhen, in der Zeitperiode von 1892—1930 für das Flussgebiet des Oberen Dnjep und seiner Bestandteile sind in „Nachrichten des Wissensch. Forsch. Instit. der Wasserwirtsch. der Ukraine“ angegeben B. IV, T. I, 1931, S. 121.

² Nachrichten des Russ. Hydrol. Instit. № 11, 1924 und S. A. Sowjetow. Handbuch der allgemeinen Hydrologie 1929, S. 105.

gen des allerhöchsten Hochwassers-Horizontes von der Mittelhöhe S ; h — Höhe des Hochwasserscheitels des gegebenen Jahres über Null des Pegels.

An Stelle der Methode „Koeffizienten der Intensivität“ x des Hochwassers im zweiten Teile der Gleichung, kann man eine „Reihen-Methode“ oder eine „Perzentilen-Methode“ benutzen, indem man eine wachsende Reihe der allerhöchsten Horizonte des Wasserpegels für eine Reihe von Jahren zusammenstellt. Das Mediane-Glied wird als 0 angenommen. Die Quadriane-Glieder (plus oder minus) — für hohe oder niedrige Wasserstände des Hochwassers, und die äusseren Glieder der Reihe für sehr hohe oder sehr niedrige Wasserstände.

Die Reihenmethode ist bequemer in den Grenzen der Hochwasser-Wertung durch Baue von +1 bis -1; die Methode „Koeffizienten der Intensivität“ jedoch ist bequem für die Berechnung des extremalen (äussersten) Hochwassers mit den Baue von $1\frac{1}{2}$ bis 2,5.

Die Formel von W. N. Lebedew, als rein empirische, die auf keiner mathematischen Grundlage beruht, bietet ein Interesse, hauptsächlich dadurch, dass sie die Hauptfaktoren anzeigt, welche die Höhe des zu erwartenden Hochwassers feststellt. Ihre Schwäche liegt in unzuverlässiger Schätzung der bevorstehenden Frühlings-Zyklogen, Tätigkeit und in subjektiver Wertung der Herbst-Durchtränkung des Bodens nach massen- und nicht instrumentalen Beobachtungen¹.

Schon nach der Konstruktion der Formel selbst ist es schwer eine besondere Genauigkeit und irgend etwas mehr, als eine allgemeine Charakteristik des kommenden Hochwassers aus ihr zu erwarten.

Die Formel von W. N. Lebedew zur Feststellung der Hochwasserhöhe in den Grenzen von U. S. S. R. wird von den hiesigen Organisationen nicht benutzt; die Voraussagungen des Autors, selbst der Formel für das Jahr 1931 fürs Dnjeprflussgebiet waren nicht gedruckt worden und demzufolge blieb die katastrophale Überschwemmung auf dem Dnjepr im Jahre 1931 nicht im Voraus beleuchtet worden von Russisch. Hydrologischen Institut, noch vom Zentral-Hydrometrischen Komitel, mit welchem sich dieses Institut im Jahre 1930 vereinigt hat.

Indem wir unseren Bericht über die Überschwemmung des 1931 Jahres auf dem Dnjepr im Zusammenhange mit den Methoden ihrer Voraussagungen schliessen, muss noch bemerkt werden, dass so hoch diese Überschwemmung auch war, doch im Allgemeinen eine noch grössere auf dem Mittleren Dnjepr nicht ausgeschlossen gewesen wäre, wenn die Überschwemmung auf den Fl. Pripjatj einen noch grösseren Umfang als im J. 1931 angenommen hätte.

Noch höhere Überschwemmungen, als im J. 1931 fanden auf der Pripjatj in Wirklichkeit im J. 1895 und 1877 statt, wobei das Maximum im Letzteren den Überschwemmungswasserstand von 1931 in der St. Mozyr um 1,56 m überstieg. Wenn, darum zu der Maximal-Höhe des Hochwassers vom Oberen Dnjepr, der Ssosh, Beresina und Dessna im J. 1931 — die Maximal-Höhe der Überschwemmung auf dem Fl. Pripjatj, bei beinahe gleichzeitigem Tauen des Schnees und Abflusse des Frühjahrwassers auf diesen Flüssen hinzugekommen wäre, so würde der Umfang dieser Überschwemmung noch grösser gewesen sein.

Augenscheinlich jedoch ist die Möglichkeit solch aussergewöhnlicher Umstände und Hochwasserbedingungen eine sehr geringe.

Jedenfalls ist ein gleicher Fall, seit Ende des XVIII Jahrhunderts einschliesslich, im Dnjeprflussgebiete noch nicht vorgekommen.

¹ Das Frieren oder Tauen des Bodens, vor Bildung der festen Schneedecke, wie auch vor dem Anfange des Hochwassers, wurde zuerst, nach nicht instrumentalen Beobachtungen vom Russ. Hydrolog. Inst. in die Voraussagungen eingeschlossen, später jedoch wegen Unzuverlässigkeit wieder ausgeschlossen.

Man kann als Kuriosität im Gebiete der Voraussagungen bemerken, dass in Nr. 1 v. J. 1931 im bekannten amerikanischen Journale „Monthly Weather Review“ ein Artikel von A. Streiff, „The Flow of the Dnjepr River“ erschien, in welchem die Kurve der vierjährigen Wasserstandsschwankungen angeführt wurde, mit einer provisorischen Angabe des Minimums vom J. 1931, wo es in Wirklichkeit umgekehrt der Fall war.

Die Schwankungen werden im Zusammenhange mit der Ansammlung von Sonnen-Flecken gegeben. Die Angaben (Daten) für die verflossenen Jahre sind der Arbeit von T. T. Marezskaja (†) nach dem Dnjeprostroy entnommen worden.

МЕЛОВЫЕ ЗАДОНЕЦКИЕ ВОДЫ В РАЙОНЕ Х. СВЕТЛИЧНОГО, КАК ИСТОЧНИК ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ ДОНЕЦКОГО ВОДОПРОВОДА

Das Grundwasser in den Kreideschichten jenseits des Donjetzflusses beim Dorf Swetlitschnoje, als Trinkwasserquelle für die Donjetzwasserleitung.
Von Prof. Dr. u. Akad. E. Oppokow

Питание Донецкого водопровода у х. Светличного водами реки Северного Донца для питьевых целей встречало с самого начала его проектирования ряд возражений, с одной стороны, вследствие ограниченности дебита этих вод (расхода р. Северного Донца в меженьный период), с другой стороны, вследствие загрязнения этих вод, особенно в меженьный период, лежащими выше х. Светличного заводами. На Донецких водах можно базировать поэтому лишь промышленное (техническое) водоснабжение, но для питьевого водоснабжения было желательно изыскать другие источники. Таковыми явились меловые подземные воды левого берега С. Донца у того же х. Светличного, к изысканию и к исследованию которых было приступлено Водоканалстроем в 1930 г.

В настоящее время мы располагаем отчетом об этих изысканиях инженера *В. Н. Бутузова*, сообщившего нам записку о таковых инженер-геолога *Н. В. Овсянникова* (от 26 февраля 1931 г.), со своим к ней предисловием и с дополнительными профилями по скважинам левого берега долины р. С. Донца от хут. Светличного через с. Муратово до с. Новой Ахтырки, затребованным нами дополнительно к указанной записке.

Пользуясь этими материалами, мы проводим нижеследующие краткие сведения о главнейших, достигнутых вначале 1931 г., результатах изысканий на эти воды, долженствующие играть в ближайшем будущем крупную роль в питьевом водоснабжении Донбаса.

Водоканалстроем в районе хут. Светличного было заложено в 1930 и вначале 1931 г. 13 буровых скважин, глубиной до 50—65 м, а частью даже 80 и в одном случае в 201 м, не считая 6 контрольных скважин для наблюдения над уровнем грунтовых вод вблизи основных скважин.

Скважины расположены частью в пойме р. Северного Донца против х. Светличного, частью на надлуговой, на второй и на третьей террасах Донца.

Приводим здесь такие данные о высотах (отметки над ур. моря) и расстояниях между некоторыми скважинами по поперечному профилю долины р. С. Донца от х. Светличного через с. Муратово, Капитановку до с. Новой Ахтырки (см. таблицу на след. стр.).

Как видно из приведенного выше профиля, левый берег р. С. Донца с его 3-мя террасами у х. Светличного характеризуется такими отметками: пойма — около 46,0 м (ур. р. Сев. Донца — около 41м); надлуговая тер-

Расст. от С. Донца в км.	Название пунктов и №№ скважин.	Отм. устья м.	Отмет. уров. в скв. м.	Отм. пов. мела м.	Глуб. скв. м.
0	Р. Скв. Донец, ур. в.	(42,0)	—	—	—
0,5	Скв. 1Б. в пойме	46,03	42,23	31,3	50,7
1,0	„ 2Б. „	45,27	42,27	35,2	25,0
1,5	„ 3Б. „	45,70	44,25	38,1	80,4
2,4	Скв. 1В. на надлуговой террасе . . .	54,80	52,67	28,0	201
7,5	Скв. в с. Муратове на 2-й террасе . .	71,57	69,65	58,0	31,1
11,5	Ниж. скв. в с. Капитановке на 3-й террасе	99,87	100,87	73,2	(34)
12,6	Верхн. скв. там же	(102,5)	(102,8)	(62,0)	64,66
24 км.	Скв. в с. Н. Ахтырке на плато	139,37		108,4	(45)

раса — с отметкой около 55 м; вторая терраса у с. Муратова — около 71 м; полого поднимающаяся третья терраса у с. Капитановки — с отметкой около 100 м и у с. Н. Ахтырки — с отметкой 139 м.

В отношении геологического строения, мы имеем здесь южное крыло Украинской (Южно-Русской) меловой мульды, с общим падением меловых пластов к северу под углом около 10° , т. е. от правого берега р. С. Донца к левому и от последнего — вглубь, по направлению к северу.

Породы мелового возраста представлены мелом и меловыми мергелями (сенон $Сг_2$), дислоцированными, особенно в южной части на правом берегу р. С. Донца, близ контакта с каменноугольными отложениями.

Меловые породы, как видно по отметкам их поверхности, приведенным выше в таблице, в пойме р. С. Донца залегают метров на 10 и более того ниже ур. реки, причем поверхность мела, очевидно, неровная, так как буровая скважина 1В в 2,4 км от реки на надлуговой террасе обнаружила мел на отметке 28,1 м, т. е. на 14 м ниже ур. воды в С. Донце у х. Светличного, тогда как более близкая к С. Донцу скважина 3Б, в 1,5 км от реки, встретила его на отметке 38,2 м, т. е. всего на 4 метра ниже уровня реки или на 10 м выше, чем в скважине 1В.

Дальше от р. С. Донца, на второй и третьей террасах, поверхность мела значительно повышается над ур. С. Донца, достигая отметки 58,0 м на второй террасе в с. Муратове, в 7,5 км от реки, отметки 73,2 м в начале третьей террасы у с. Капитановки, на 12-м км от реки и отметки 108,4 м — в с. Н. Ахтырке, в 24 км от реки. Поверхность мела и здесь на 2-й/3-й террасе повидимому неровная, т. к. в одной из скважин в с. Капитановке, на 13-м км от реки С. Донца, поверхность мела встречена на отметке 62 м, т. е. на 11 м ниже, чем в соседней скважине в том же селе ближе к р. С. Донцу.

Мощность меловой толщи здесь всюду очень значительна, достигая вероятно 300—500 м.

Поднимающаяся в общем к С. В. поверхность мела, независимо от стратиграфических условий его залегания, образована везде трещиноватыми водопроницаемыми мергелями, как продуктом выветривания меловых осадков; ниже трещиноватые породы переходят в сплошные твердые водоупорные меловые породы. Мощность верхних трещиноватых пород, по данным 8 буровых скважин „нижней группы“ Водоканалстроя, колеблется от 10,2— до 43,7 м, составляя в среднем 25,6 м. Отметки устья этих скважин колеблются от 45,2 до 56,8 м, а отметки подошвы трещиноватых мергелей в скважинах — от 1,45 до 25,2 м.

Меловые породы покрыты сверху нижнетретичными отложениями (палеоген-бучакский и киевский ярусы эоцена, харьковский и полтавский ярусы олигоцена), а еще выше — четвертичными отложениями. Мощность бучакского яруса определяют около 19 м, киевского — около 17 м, харьковского — около 22 м и полтавского — около 23 м, а в общем — около 82 м.

Среди четвертичных отложений встречаются пестрые вязкие глины, мощностью около 15 м, налегающие на харьковский, бучакский и полтавский ярусы.

Палеогеновые и четвертичные отложения образуют кровлю водоносного горизонта, залегающего в меловых трещиноватых отложениях; эта кровля не всегда однако водонепроницаема; например, в скважине в с. Муратове на второй террасе пески с галькой, мощностью до 13,5 м, залегают непосредственно на трещиноватых мергелях, как и в скважинах 1, В; точно также в верхней скважине на третьей террасе в с. Капитановке верхние слои до глубины 35 м состоят почти исключительно из песков, которые отделяются слоем в 5 метров глины от нижележащих трещиноватых меловых мергелей. В таких случаях, а равно всюду на песчаной надлуговой террасе поверхностные воды имеют прямой и непосредственный доступ вниз в трещиноватую меловую толщу. Если же трещиноватые меловые мергеля перекрываются сверху непроницаемыми породами (киевский ярус глин), как в с. Н. Ахтырке, Капитановке (нижняя скважина) и других местах, то в меловых мергелях образуются напорные воды, которые направляются по уклону поверхности трещиноватой толщи с с-в. на ю. з., т. е. против общего падения мощных толщ мела к оси мульды с юго-запада на с-в., независимо от стратиграфических условий, и дают выходы обильных ключевых вод в береговых обнажениях речных долин, обуславливая близкое залегание грунтовых вод на второй террасе.

Из приведенной выше таблицы видно, что трещиноватые меловые мергеля в с. Н. Ахтырке, в 24 км от реки С. Донца, встречены на отметках 108 м, а уровень воды (самоизливающейся) в скважине в с. Капитановке на 12-м — 13-м км от р. С. Донца доходит до отметки 101—103 м. Очевидно, что такой подъем и напор свыше 43 м в с. Капитановке подземных вод в меловых трещиноватых мергелях легко может быть обусловлен притоком из района к северо-востоку от с. Новой Ахтырки.

Весьма значительное питание меловые трещиноватые мергеля получают в районе широкой надлуговой террасы р. С. Донца, покрытой кучугурами песка и сопровождающей левый берег реки на большом протяжении. Отметки уровня воды здесь, как и на второй террасе с. Муратова, уже однако значительно ниже, чем в районе третьей террасы у с. Капитановки, ближе к окраине высокого плато (4-я терраса). Здесь уже отметки уровня воды в скважине не превышают 70 м в с. Муратове, при отм. устья скважины около 72 м, и весь район второй террасы, как и поймы, характеризуется очень близким залеганием к поверхности земли ур. грунтовых вод и наличием на террасе озер и болот среди дюнных песков; последние собирают атм. осадки, сохраняют их от испарения и дают питание как поверхностным грунтовым водам в третичных отложениях, так и глубинным водам в подстилающей их трещиноватой меловой толще.

Водоканалстрой производил наблюдения в конце 1930 и в начале 1931 г. над откачкой воды из буровых скважин. Так, откачка с 5-го по 17-е января 1931 г. посредством 5- и 10 д. центробежных насосов дала такие результаты при откачивании воды со всех скважин одновременно:

Скв.	Кон. диам. в д.	Сред. дебит, л/сек
3 Б	6 д.	12
6 В	12 "	31
7 В	10 "	34
8 В	10 "	19
		<hr/> 96

При откачке воды из каждой скважины в отдельности, дебит скважин повышался, составляя:

Скв.	Мин.	Макс.	Среднее	Время откачки
7 В	40	76	58	с 20 по 22 января
6 В	40	60	50	с 26 по 28 января
4 В	31	47	39	2½ дня

Для скважин № 6 В и 7 В средний дебит определен в 50 лит. в сек. без перегрузки скважины.

Водопроницаемость трещиноватых мергелей у скв. № 7 В и 3 Б по методу Тима определяется равной 0,00066 куб. м. в 1 сек. на 1 кв. метр поперечного сечения водопроницаемого трещиноватого слоя, причем эти данные в приложении к артезианским водам могут считаться несколько преуменьшенными.

Температура артезианских вод постоянна в течение года.

Жесткость воды, по определению 3/1 — 1931 г. в среднем для 4-х скважин, составляла: общая 5,59 и постоянная — 1,62 нем. градуса.

Химический анализ воды, как среднее из 6 скважин, даст:

Скв.	плотн. остаток.	Хлор Cl	SO ₃	KO	MgO	Окисляемость	Жесткость
Средн.	142,4	4,24	5,04	45,52	8,67	2,20	5,79
С. Капитановка старая скв.	232,0	3,6	13,5	56,0	4,8	2,0	8,9
„ новая скв.	272,0	3,2	14,0	57,8	8,3	1,6	10,1

Аммиака, азотной и азотистой кислоты при всех анализах не обнаружено.

Из предыдущего видно, что у х. Светличного констатированы меловые воды прекрасного качества и в значительном количестве для питьевого водоснабжения Донбаса.

Инж. Н. В. Овсянников делает также попытку определения притока подземных вод, или запаса „живой“ воды в районе левого берега С. Донца, на площади около 900 кв. км, и в том числе для района х. Светличного у с. Муратова на площади 220 кв. км; при модуле стока в 2,5 лит./сек. на 1 кв. км он исчисляет приток для с. Муратова в 2 250 лит./сек., а при модуле стока в 3,45 лит./сек. — в 3114 л/с. Но обе его цифры, несомненно, сильно преувеличены, так как модуль поверхностного стока, включающий в себе и подземное питание реки, для С. Донца нельзя считать более 1,5 л/сек. на 1 кв. км, а на долю подземного питания надо отнести из этого количества не свыше 30%, т. е. всего около 0,5 л/сек. так как для верхнего Днепра выше г. Киева подземное питание определено нами в 0,72 л/сек. на 1 кв. км при гораздо более благоприятных климатических и почвенных условиях¹. Если принять это во внимание, то приток подземных вод для площади 900 кв. км питания Задонских подземных вод не превысит 450 л/с., а для района х. Светличного и с. Муратова — 110 л/с.

Что касается вековых запасов подземных вод в меловых отложениях, то принимая мощность трещиноватой зоны в 25,6 м и трещиноватость мела в 12%, Н. В. Овсянников определяет их запас для района с. Муратова, на площади 152 кв. км первой и второй террасы в 466 944 000 куб. м. воды. Для всего же района распространения меловых трещиноватых отложений (у Муратова 132 кв. км, у с. Боровского — 130 кв. км, у х. Сирина, в районе Донсоды, 90 кв. км и у с. Трехизбинского — 90 кв. км) — в 1 399 264 000 куб. м воды.

Для аллювиальных отложений первой и второй террасы, на площади 372 кв. км, при средней мощности проницаемых пород в скважинах 16,6 м

¹ См. Е. Оттоков. Режим речного стока в бассейне Верхнего Днепра, ч. 2, 1913, стр. 203.

(исключая 20% на глинистые прослои и 10% на почв. воздух), при пористости в 30% и коэффициенте водоотдачи 0,5, общий вековой запас исчисляется в 624 960 000 куб. м.

Сумма вековых запасов в меловых и аллювиальных отложениях левого берега С. Донца определяется таким образом в 2 024 миллиона куб. м воды. Конечно, эти подсчеты грубо приближительны и не могут претендовать на особую точность.

Если принять во внимание, что потребность питьевой воды Донбасса на 1938 г исчисляется в 211 703 куб. м в сек. или около 77 миллион. куб. м в год, то исчисленного выше векового запаса подземных вод левого берега С. Донца хватило бы для водоснабжения всего Донбасса лишь на 30 лет. Надо думать однако, что в действительности вековые запасы подземных вод значительно больше исчисленных выше, т. к. площади распространения и трещиноватых меловых мергелей, и водопроницаемых террасовых песков значительно больше приведенных Н. В. Овсянниковым, да при том для питания всего Донбасса питьевой водой не придется ограничиваться только Задонецкими подземными водами вышеопсанного района.

Нельзя однако не считать, что использование Задонецких меловых вод буровыми скважинами для водоснабжения Донбаса будет происходить все же за счет вековых запасов подземных вод, так как „живой“ воды, т. е. одних выпадающих атм. осадков на пополнение расходуемых питьевых вод в столь большом масштабе хватать не будет, как это и указывал проф. Н. Г. Малишевский в работах экспертной комиссии по водоснабжению Донбасса.

21 апреля 1931 г.
г. Киев.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Разрез скв. № 1 Б на лев. берегу С. Донца против Х. Светличного. (близ реки; ур. р. около 42 м)

1. Чернозем	0,70 м	46,03 — 45,33 м
2. Глина коричневая с просл. сух. песку	4,15 "	45,33 — 41,18 "
3. Песок зеленый глинистый с водой	1,85 "	41,18 — 39,33 "
4. Песок зелен. глинистый с ракушкой	1,25 "	39,33 — 38,08 "
5. Песок серый с галькой	1,90 "	38,08 — 36,18 "
6. Песок серый крупно-зерн. с галькой	0,20 "	36,18 — 35,98 "
7. Галька	0,15 "	35,98 — 35,83 "
8. Песок серый средне-зерн. с галькой	3,75 "	35,83 — 32,08 "
9. Галька	0,75 "	32,08 — 31,33 "
10. Мергель (кусками)	1,90 "	31,33 — 29,43 "
11. Песок серый средне-зерн.	0,85 "	29,43 — 28,58 "
12. Мергель	33,25 "	28,58 — (—) 5,67

2. Разрез скв. 1-В на лев. бер. р. С. Донца, в 2 км. от р. Сев. Донца против х. Светличного.

1. Песчаный чернозем	0,75 м	54,80 — 54,05 м
2. Светло-серый мелко-зернистый кварцевый песок	2,40 "	54,05 — 51,65 "
3. Зеленовато-серый (с желтым оттенком) мелко-зернистый, кварцевый песок	1,85 "	51,65 — 49,80 "
4. Зеленовато-серый (с зеленым оттенком) мелко-зернистый кварцевый песок	1,12 "	49,80 — 48,68 "
5. Песчанистый чернозем (погребенная почва)	0,68 "	48,68 — 48,0 "
6. Песчанистая глина, серая в сухом виде и зеленоватая во влажном	1,20 "	48,0 — 46,80 "
7. Песчанистая зеленовато-серая в сухом виде глина; во влажном состоянии окраска интенсивнее; глина слегка вязкая	7,70 "	46,80 — 39,10 "

8. Грязновато-серый мелкозернистый кварцевый песок (с зеленым оттенком), с отдельными зернами кварца средних размеров и с редкой мелкой галькой	3,45 "	39,10	—35,65 "
9. Глина песчанистая, в сухом виде зеленовато-серая, во влажном—темно-зеленая			
10. Средне-зернистый грязновато-серый кварцевый песок, среди которого мелкая галька и куски мела, серовато-белого (некоторые окремненные), с редкими зернами глауконита	0,65 "	35,65	—35,0 "
11. Грубо-зернистый светло-серый (с зеленоватым оттенком) кварцевый песок с редкой мелкой галькой	1,45 "	35,0	—33,55 "
12. Серовато-белый трещиноватый мел со включениями зерен глауконита	5,55 "	33,55	—28,0 "
13. Тоже — кремнистый	15,70 "	28,0	— 12,30 "
14. Мел сплошной	21,00 "	12,30	— (—) 8,70 "
15. Мергель кремнистый	23,50 "	8,70	— (—) 32,20 "
16. Мел сплошной	19,00 "	32,20	— (—) 51,20 "
	95,00 "	51,2	— (—) 146,2 "

Всего
глуб. 201 м.

ПИТАННЯ ІРИГАЦІЇ У ПРОБЛЕМІ СТЕПУ

Irrigationsfragen im Problem der Südrussischen Steppen von Akad. E. Oppokow

При іригації можна говорити або за зрошення великих площ, або за зрошення невеликих площ за так званого *оазового* зрошення.

Перше можливе тільки тоді, коли є певний плоский і мало розчленований рельєф місцевости і коли ця місцевість не дуже підноситься над великими та потужними джерелами води для зрошення. За такі джерела на нашій півдні треба вважати лише великі річки, головню Дніпро на південь від м. Никополя, Дністер і почасти Інгулець та Інгул на південь від лінії Апостолів-Новополтавка і р. Південний Бог трохи на південь від м. Вознесенського.

Загалом площа можливого зрошення зосереджується поміж р. Південним Богом та р. Молочною, обабіч р. Дніпра, і займає близько 2 000 000 гектарів; з них по лівий бік Дніпра близько 1 500 000 і по правий бік близько 500 000 га, при чому на останній площі зрошення важко дається здійснити поміж р. Інгульцем та р. Півд. Богом, бо вона віддалена і від великих джерел води, і від джерел енергії. За такі джерела треба вважати головню р. Дніпро та Дніпрельстан; другорядними джерелами водопостачання могли б бути великі водоймища на р.р. Інгулі та Інгульці в їх середній течії і менші водоймища на р. Висуні, Гнилому Еланці (допливи Бога) та деяких інших.

Найголовніша площа зрошення зосереджена на лівому березі р. Дніпра, при чому районами широкого зрошення можуть бути не тільки низи Дніпра, пониже м. Кахівки, в районі вишуків Управи робіт Нижнього Дніпра, з висотами місцевости не вище за 27 саж. або 57,6 м над рівнем моря і з піднесенням води не вище за 22,5 саж. або 48 м, але й вищеположені землі, з позначками до 43—46 саж. або до 90—98 м над рівнем моря, що лежать угору р. Дніпром, на південь від р. Кінської і від ст. Чокрак. Тоді площу зрошення можна ще збільшити проти передбачених у проєкті проф. *І. Г. Александрова* 480 000 десятин, приблизно на 500 000 гектарів, до того ж земель найродючіших, хоч вони й лежать вище над рівнем річки й потребують більшого піднесення води. Деякі дані щодо цього питання зібрав уже н.-д. Інститут Водного Господарства України року 1930 з вишуків, що їх зробив науковий співробітник інж. *В. Цингер* і результати яких опубліковано в IV томі „Вістей“ Інституту, част. 2.

Приблизно в таких само умовах, як останні землі, перебуває й площа близько 300 000 гектарів земель по правий бік р. Дніпра до р. Інгульця, на південь від ст. Апостолова, з позначками до 44 саж. або 94 м над

рівнем моря; цю площу, так само як і попередню, відносять до другої черги іригації Дніпрельстану¹.

В істоті Лівобережжя і назване вище Правобережжя Нижнього Дніпра це й є район якнайширшого, суцільного зрошення, район прийдешніх великих радгоспів, де зрошення є можливе, зважаючи і на умови положистого, нерозчленованого рельєфу місцевості, і на наявність джерел потрібної води та дешевої енергії Дніпрельстану.

Поза цим масивом, що розпадається на з окремі великі частини, зрошення можливе тільки спорадичне на розмірно невеликих площах, здебільшого на річних долинах і на їх річних терасах, з поміттю головно річних вод, але частково подекуди і вод артезійських або взагалі підземних.

Підземні (артезійські) води, як це видно з додаткової записки про їх використання, що її склала співробітниця Ю. В. Ткачук, залягають порівняно неглибоко лише по річкових долинах, де ми й тепер подибуємо досить численні приклади так званого оазового зрошення садків та городів доморобними способами, за допомогою чигирів та норій, що підіймають воду з дуже невеликої глибини (див. „Труди ЮОМО“ вип. V, 1926, стаття Петровського). Проте, використувати ці води на крайньому півдні не дає сильне засолення ґрунтів, незалежно від того, що ці води й самі часто бувають дуже змінералізовані, і це обмежує їх застосування в іригації.

За приклад можливого використання артезійських вод для іригації степів у південній смузі править державний заповідник Асканія (Чаплі), що умови його водопостачання за допомогою артезійських вод, з розширенням на площу до 1500 гектарів, розглядає стаття акад. *Б. Оппокова* в I томі „Вістей“ ІВГУ, стор. 146—149².

Посуваючись з крайнього півдня на північ, ми мусимо брати на увагу і на Правобережжі, і на Лівобережжі Дніпра не тільки розмірно глибоке залягання підземних вод на плято, а й їх розмірно невеликий дебіт; а йдучи ще далі на північ, ми вступаємо в район кристалічної смуги (північна половина Першотравневої округи, вся Зінов'ївська, північна частина Миколаївської округи до м. Вознесенського включно, Криворізька округа, Запорізька округа) та південна половина Дніпропетрівської округи, не кажучи вже за північніші округи Правобережжя в районі Київщини та Волині, де взагалі підземних вод не вистачає не тільки для іригації, а й для питного водопостачання, і де їх часто й не висвердлиш. Тут навіть оазове зрошення не може поширитись.

Єдине, де артезійські води залягають неглибоко,—це на річкових долинах, і тут вони могли б знайти собі деяке, загалом обмежене, застосування для зрошення оазового; такі умови є, наприклад, у долині нижньої Орелі, нижньої Самари та в низах р. Ворскли, де положистий рельєф піроких других терас допускає зрошення на досить великих площах. Проте ж, пісковий характер цих терас на р. Самарі та наявність на них солонців і солоних озер чимало обмежує можливість застосовувати іригацію, зводячи її й тут до оазового зрошення.

Отже район широкого зрошення—це низи р. Дніпра, головно по його лівому березі, і почасти по правому березі до р. Інгульця. За джерело води для такого широкого зрошення треба вважати води р. Дніпра. До того ж треба розрізняти *правильне* многократне зрошення з кількома поливами протягом весни та літа культур технічних, городніх та садових, і, з другого боку, зрошення *весняними* водами зернових культур здебільшого.

Правильне зрошення з використанням води низового б'єфу Запорізької греблі натрапляє на певні обмеження щодо площі, де його можна засто-

¹ Див. вип. V „Матеріалів до проекту.“ проф. *І. Г. Александрова* мапа № 7, де цю площу визначено лише в 200 000 га.

² Докладно досліджував підземні води в районі Асканії Нової *В. В. Різниченко*, стаття якого мала з'явитись у „Вістях“ Н.-Д. ІВГУ після її закінчення.

совувати, — залежно від кількості меженних вод р. Дніпра, що дуже зменшується деякими роками—до 40 і навіть у виняткових випадках до 22 куб. саж. на секунду, от як роками 1921, 1901, 1892, 1882, і т. д.

Тим часом пересічна витрата р. Дніпра з 26 травня до 15 червня становить більш як 200 куб. сажнів на секунду, і якби використати для зрошення зернових культур тільки половину цієї кількості—100 куб. саж. на секунду, піднісши воду пересічно на 30 саж., то можна було б зрошати протягом 2 місяців весни від 1½ до 2 мільйонів гектарів по 200 куб. саж. води на гектар, витрачаючи на піднесення води до 600 000 мех. к. енергії, цебто чималу частину потужності машин другої черги Дніпрельстану. Такий полив може забезпечити збільшення врожаю на 100 пуд. з гектара на рік, рахуючи, що 1 куб. саж. води забезпечує зайві ½ пуда врожаю, хоч за даними для Угорщини збільшення врожаю пшениці доходило там у 100 зрошуваних господарствах до 1,3 пуда пересічно на гектар і на 1 куб. саж. води.

Додаткові агрегати на Запорізькій станції могли б подавати навесні воду зрошати зернові культури за тарифом учетверо вищим, ніж для промисловости, і всю решту року, в крайньому разі, навіть зовсім не працювати, без шкоди для станції; сільське господарство при іригації могло б оплатити їхню сезонну роботу протягом 3 місяців весни і за таким високим тарифом.

На те, як вельми важить для УСРР використання весняних Дніпрових вод для іригації наших південних степів, звертає увагу брошура авторова з 1926 р.: „Днепрострой и развитие производительных сил Украины“ (див. „Вісті“ ІВГУ, том II, ч. 2).

Тільки застосовуючи весняні води для іригації в широкому масштабі, можна забезпечити широкий розвиток зрошення на півдні та забезпечити його від згубного впливу посух окремими роками, перетворивши його на колосальну світову фабрику зерна. Зросивши зазначену вище площу 1 500 000—2 000 000 гектарів, можна було б збільшити продукцію зерна для закордонного ринку до 200 000 000 пудів на рік, цебто піднести її до рівня закордонного експорту довоєнного часу, що становить пересічно в 5-ліття 1909—1913 р. 277 000 000 пудів.

На ці проблеми широкого зрошення з використанням буйної весняної води р. Дніпра та величезної сезонної енергії Дніпрельстану, коли встановлено буде додаткові турбіни, і треба звернути, на думку ІВГУ, головну увагу в проблемі Степу, у проблемі боротьби з посухою та проблемі широкого споживання дніпрельстанової енергії в сільському господарстві нашого півдня, як прийдешньої світової фабрики не тільки зерна, а й технічних культур, за соціалістичної реконструкції народнього господарства УСРР.

ПРИЧИНИ ПРОРИВУ ГРЕБЛІ НА р. ОЛЬХОВІЙ БІЛЯ с. ЄЛИЗАВЕТІВКИ

ВСТУП

Для водопостачання заводу ім. Петровського (Донбас) було запроєктоване велике водоймище на 5,7 мільйонів кубометрів води на р. Ольховій біля с. Єлизаветівки. Влітку 1930 р. розпочали за цим проєктом будувати земляну греблю.

Проєктова позначка гребеня греблі 156,70 м з підвищенням над максимально можливим поземом води на 1 метр і над нормальним горизонтом води — 3 метри. Насипати греблю мали на 1 жовтня 1930 р., але через різні об'єктивні обставини цього зробити не встигли і на 17 листопада 1930 р., коли роботи через морози припинилися, греблю було насипано лише до позначки 150—151 м.

Весною 1931 р., коли почалась весняна повінь, водоймище швидко наповнилось водою; 13/III вода досягла рівня 151,13 м і шаром в 0,40 м переливалась через перелив. Того ж таки числа з долішньої частини греблі на вишині 6 метрів над її сподом пробився міцний струм води, а вночі на 14/III греблю прорвало.

Щоб з'ясувати причини прориву, на місце аварії викликали кілька експертів і комісій (проф. *Кнорре*, проф. *Скрильніков*, комісія від Упрводгоспу на чолі з акад. *Оппоковим* та інші).

Висновки всіх експертів збіглися на тому, що за головну причину аварії, очевидно слід вважати щілини, що утворилися через нерівномірне осідання окремих частин щойно насипаної греблі, а також і через промерзання поверхневої її частини. Недостатнє геологічне уґрунтування проєкту греблі на р. Ольховій і відсутність будь-яких даних щодо фізичних властивостей ґрунтів споду греблі та матеріялу для її тіла спричинилися до того, що Упрводгосп доручив Інституту Водного Господарства України провести гідрогеологічні дослідження на р. Ольховій в місці збудованої греблі з тим, щоб на підставі цих матеріялів скласти вже остаточні висновки про причини аварії греблі на р. Ольховій та про можливість її реставрації. Щоб зробити ці дослідження, ІВГУ відрядив партію в складі гідрогеолога *Ткачука В. Ю.*, інж. *Руденка П.Є.* та колектора-лаборанта *Сидорової Є. П.*, під загальною консультацією проф. *Ненько Я. Т.*

У план робіт партії увійшло детально висвітлити такі моменти:

- 1) Геологічну будову долини р. Ольхової в районі греблі; породи, що в них врізано замок і що підстелюють боки греблі.
- 2) Можливість фільтрації під греблею.
- 3) Розташування, глибину й розміри щілин, що розбивають тіло греблі.
- 4) Механічний склад матеріялу, що з нього насипано греблю, і ступінь ущільнення в тілі греблі.
- 5) Осідання порід споду греблі.

Отже досліді склалися з двох частин: 1) польові досліді на місці греблі (свердловання та шурфування) і 2) лабораторне опрацювання насипних порід та тих, що підстеляють греблю, щоб з'ясувати їх фізичні властивості.

Геологічна будова долини під греблею

Щоб з'ясувати геологічну будову долини р. Ольхової під греблею, було закладено 21 свердловину на перекроях, що проходили через тіло греблі, а також повище й пониже греблі через долину річки. Наслідки свердловання подано в нижченаведених перетинах свердловин.

На підставі даних свердловання викреслено геологічні перетини долини р. Ольхової, з них головні поздовжні перекрої по осі греблі (див. профіль 1) і три перекрої поперек тіла греблі (див. профіль 2—4). Як видно з усіх наведених матеріалів, долину р. Ольхової вистеляють алювіяльні піскувато-глинясті поклади надзвичайно різноманітного складу: тут є рінячіння з незначною кількістю глини, піскувато-глинясті намули, що в своїм механічному складі змінюються від глин до глинястих пісків, такі ж намули з більшою чи меншою домішкою ріні та мулу, що визначаються великим відсотком пилу з частками від 0,05 до 0,01 мм, а також наявністю гумусу. Всі ці алювіяльні поклади досить довільно змінюють одні одних, до того навіть у межах шару однакового характеру (напр., глина, або мул) механічний склад породи не залишається однаковим, а змінюється, як це наочно видно на прикладі механічного складу нам'ялу зі свердловин 1, 4, 7 та з шурфу-розчистки (див. табл. № 4 мех. аналіз № 13, 15, 16 і 17). Така несталість механічного складу породи є взагалі характерною для алювіяльних покладів.

Безпосередньо під греблею вигляд залягання порід такий: зверху через всю долину, за винятком дільниці біля лівого схилу, тягнуться піскувато-глинясті намули, шаром від 3 до 6 м; виявлені вони переважно глиною з деякою домішкою піску; під ними проходить то грубша то тонша (від 0,7 до 4,0 м) лінза мулу. Біля лівого схилу ця лінза виклинюється безпосередньо на поверхню річки, а чим далі до правого схилу, вона занурюється під згадану вище алювіяльну глину.

Нижче мулу знов лежать піскувато-глинясті поклади зі значною кількістю різноманітної ріні; місцями вони переходять у рінячіння. Спідній шар алювію лежить безпосередньо на корінних породах, що виявлені тут карбованими пісковиками і глинястими лупаками.

Щодо будови схилів долини, то на правому боці річки Ольхової в переліві водоймища відслоняються корінні поклади. Виявлені вони шарами пісковиків та глинястих лупаків (є також два незначних прошарки вугільної сажі), що мають спад під кутом 45—50° в напрямі SO 165°, трохи навкося проти течії річки в напрямі до її лівого берега. На правому схилі корінні поклади скриті шаром жовтобурих червонуватих та жовтих четвертинних суглинків.

Дуже важливим у будові долини р. Ольхової в районі греблі є те, що під всією греблею на більше чи менше значній глибині під шаром алювіяльної глини залягає вищезгадана лінза мулу, що в тій частині греблі, де стався прорив, лежала навіть безпосередньо під насипом греблі; отже боки греблі в цій частині мали за основу якраз цю породу; про фізичні властивості її скажемо трохи нижче. Щодо положення замка греблі, то, як видно з проф. 1, його було врізано на всьому протязі долини в корінні породи, а саме в пісковики, або глинясті лупаки. Лише на дільниці долини біля свердловини № 7 цього не можна було зробити через те, що на перешкоді став грубий шар рінячіння. Очевидячки в цьому місці знаходиться колишнє корито річки Ольхової, що його можна простежити і на перекроях повище і пониже осі загати; воно безперечно є тим шляхом, по якому ґрунтові

Геологічні перетини свердловин

№ шару	Опис породи	Глибина від поверхні в метрах		Примітка
		від	до	
Свердловина № 1				
		Абсол.	позначка	139,39
1	Жовтобура насипна глина	0,0	1,75	
	Темносірий мул з гумусом (поверховий шар долини річки)	1,75	2,35	
3	Мул синьосірого кольору з дрібною рінню з водою	2,35	3,60	Мех. анал. № 13
4	Дрібна ринь пісковика та лупаку з глиною	3,60	8,00	
5	Уламки пісковика (очевидно пісковик у корінному заляганні)	8,00	8,98	
Свердловина № 2				
		Абсол.	позначка	140,1
1	Жовтобурій насипний суглинок	0,00	2,13	
2	Майже чорний мул з гумусом (верхня частина цього шару є ґрунт старої долини)	2,13	4,98	
3	Зеленувато-сірий піскуватий намул	4,98	7,73	Мех. анал. № 14
4	Зеленувато-сірий піскувато-глинястий намул з великою кількістю різномаритної рині	7,73	8,98	
5	Сіра, суха, крихка глина з уламками лупаку (розтовчений глинястий лупак)	8,98	10,60	
Свердловина № 3				
		Абсол.	позначка	139,33
1	Ґрунт	0,0	0,84	
2	Жовтобурій місцями сірий піскувато-глинястий алювіяльний намул	0,84	4,02	
3	Ринь різних розмірів з бурою глиною	4,02	4,82	
4	Великі уламки пісковика (пісковик у корінному заляганні)	4,82	—	
Свердловина № 4				
		Абсол.	позначка	139,37
1	Ґрунт	0,0	1,24	
2	Темнобура й жовта алювіяльна глина	1,24	4,00	Мех. анал. № 15
3	Синьосірий мул з водою	4,00	5,87	
4	Ринь різних розмірів з глиною	5,87	6,40	
5	Синьосірий піскуватий-глинястий намул з дрібною рінню	6,40	7,65	
6	Те ж з великою кількістю рині	7,65	8,80	
Свердловина № 5				
		Абсол.	позначка	145,40
1	Насип з гумусових ґрунтів	0,0	2,76	
2	Жовта й темнобура насипна глина	2,78	9,00	
3	Зеленуватий майже чорний мул з водою	9,00	10,15	
4	Зеленувато-сірий піскуватий алювіяльний намул з дрібною рінню	10,25	12,61	
5	Ринь різних розмірів з глиною	12,61	14,50	
6	Великі уламки пісковика (очевидно корінне його залягання)	14,50	—	
Свердловина № 6				
		Абсол.	позначка	138,50
1	Жовта насипна або намита глина	0,0	1,25	
2	Тверда жовтобура й червонувата глина з камінцями (глинобетон замка)	1,25	5,78	
3	Сіра крихка глина з уламками лупаку (розтовчений лупак глинястий)	5,78	6,20	
Свердловина №7-а				
		Абсол.	позначка	149,78
1	Насипна глина різних кольорів	0,0	9,93	
2	Жовтобура тверда глина (початок замка)	9,93	14,92	
3	Жовтобура й сіра тверда глина (замок)	14,92	17,02	
4	Сіра алювіяльна глина з водою	17,02	18,00	
5	Ринь різних розмірів з глиною	18,00	21,78	

№ шару	Опис породи	Глибина від поверхні в метрах		Примітка
		від	до	
	Свердловина № 7-а (контрольна)	Абсол.	позначка	149,90
1	Насипна глина різних кольорів	0,0	9,00	
2	Тверда насипна глина з камінцями (замок)	9,00	14,11	
3	Синьосірий мул з дрібною рінню	14,11	16,44	Вогкість 2½% Мех. анал. №16
4	Зеленувато-сіра алювіяльна глина з рінню .	16,44	17,64	
5	Буйна ринь пісковика та лупаку	17,64	18,45	
	Свердловина № 7-б (контрольна)	Абсол.	позначка	149,90
1	Насипна глина різних кольорів	0,0	8,82	
2	Жовтобура насипна глина в спідній частині з камінцями (початок замка)	8,82	13,67	
3	Жовтобура тверда глина з камінцями (замок)	13,67	14,95	
4	Синьосірий мул	14,95	16,83	
5	Жовтобура та зеленувато-сіра алювіяльна глина з дрібною рінню	16,83	16,16	
6	Буйна ринь різних розмірів	18,16		
	Свердловина № 8	Абсол.	позначка	149,57
1	Насип з гумусового ґрунту	0,	0,25	
2	Насипна глина різних кольорів	0,25	15,35	
3	Жовтобура тверда глина з камінцями (глинобетон замка)	15,35	18,50	
	Свердловина № 8-а (контрольна)	Абсол.	позначка	149,70
1	Насипна глина різних кольорів	0,0	14,30	
2	Зеленувато-сірий піскувато-глинястий алювіяльний намул	14,30	14,84	
3	Синьосірий мул	14,84	17,20	
4	Бура з вохряно-ржавими гніздами алювіяльна глина	17,20	17,95	
5	Сіра крихка глина з уламками лупаку (розтовчений глинястий лупак)	17,95	20,00	
	Свердловина № 8-б (контрольна)	Абсол.	позначка	149,78
1	Насипна глина різних кольорів	0,0	9,13	
2	Червона та жовтобура тверда глина з камінцями (замок)	9,15	14,28	
3	Зеленувато-сіра алювіяльна глина	14,28	16,48	
4	Синьосірий мул з водою	16,48	11,86	
5	Глина з рінню	16,86	18,16	
	Свердловина № 9	Абсол.	позначка	150,44
1	Насипна жовта глина	0,0	7,92	
2	Пісковик	7,92		
	Свердловина № 10	Абсол.	позначка	138,80
1	Жовтобура насипна глина	0,0	2,05	
2	Гумусовий шар (поверхневий шар старої долини)	2, 5	3,00	
3	Темний майже чорний мул	3,0	5,10	Вогкість 32 %
4	Синьосірий мул	5,10	6,50	Вогкість 28 %
5	Синьосірий алювіяльний піскуватий глинястий намул з рінню	6,50	6,60	

№ шару	Опис породи	Глибина від поверхні в метрах		Примітка
		від	до	
Свердловина № 11		Абсол.	позначка	147,07
1	Червона й бура насипна глина	0,0	6,35	
2	Гумусовий насипний шар	6,35	6,95	
3	Бура й червона насипна глина	6,95	8,20	
4	Гумусовий шар (поверхневий шар старої долини річки)	8,20	9,84	
5	Брунатно-бура піскувата й сіра алювіяльна глина	9,84	13,53	
6	Зеленувато-синій мул з водою	13,53	14,12	
7	Глина з рінню	14,12	14,82	
Свердловина № 12		Абсол.	позначка	141,44
1	Гумусовий шар (насип, а нижче, очевидно, поверхневий шар долини)	0,0	3,49	
2	Жовтобурий і сірий піскувато-глинястий алювіяльний намул з рінню	3,49	6,48	
3	Синьосірий мул з водою	6,48	7,92	
4	Жовтобура й сіра алювіяльна глина з рінню різних розмірів	7,92	9,0	
5	Рінь з глиною	9,30	10,91	
Свердловина № 13		Абсол.	позначка	141,24
1	Гумусовий шар	0,0	2,22	
2	Жовтобура з іржавими плямами алювіяльна глина	2,22	5,55	
3	Жовтобура й сіра алювіяльна глина з дрібною рінню (вода)	5,55	6,78	
4	Синьосірий мул з рінню	6,78	7,90	
5	Сіра алювіяльна глина з рінню	7,90	8,85	
Свердловина № 14		Абсол.	позначка	141,07
1	Гумусовий шар	0,0	1,75	
2	Жовтосірий піскувато-глинястий алювіяльний намул	1,75	4,7	
3	Сіробурий піскуватий алювіяльний намул з рінню (вода на глиб 4,5 м)	4,57	7,98	
Свердловина № 15				
1	Темнозелений і чорний мул	0,0	4,00	
2	Буйна рінь	4,00		
Свердловина № 16		Абсол.	позначка	139,05
(перевірка заповнення корита річки)				
1	Бура насипна глина	0,00	0,95	
2	Гумусовий шар	0,95	2,10	
3	Бура, місцями сіра тверда глина	2,10	5,00	
5	Синьосірий мул з водою	5,00	5,97	
4	Глина з рінню	5,97	6,0	
Свердловина № 20		Абсол.	позначка	138,50
1	Жовта насипна глина	0,0	3,58	
2	Жовтобура й сіра алювіяльна глина з рінню	3,58	4,20	
3	Синьосірий мул з рінню	4,20	4,78	
4	Буйна рінь	4,78	5,60	

води можуть фільтруватися під греблею. Це доведено було тим, що в свердловині № 7 вода стояла приблизно на одному рівні з водою річки.

Але фільтрація води під греблею могла позначитися лише на кількості води у водоймищі і ніякої небезпеки в розумінні можливості аварії не становила, бо явищ, що були б зв'язані з вимиванням порід насипу або замка (надзвичайної м'якості порід, порожнеч тощо), під час свердловання трьох свердловин в цьому місці (7, 7а, 7в) виявлено не було.

Дуже важливою частиною дослідів було в'яснення розташування, глибини та розміру щілин, що розбили тіло греблі. Ще проф. *Скрильников* під час своєї експертизи виявив наявність двох систем щілин, а саме:

1) дві щілини рівнобіжні осі греблі по обидва боки від неї в межах горішньої площини недосипаного гребеня;

2) дві нормальні до осі греблі щілини ближче до правого схилу долини.

Крім того проф. *Скрильников* відзначив другорядні менше помітні щілини.

На той час, коли на місце роботи приїхала гідрогеологічна партія ІВГУ, ясно намічалось лише три щілини:

2 рівнобіжні до осі греблі по обидва її боки (1 система щілин проф. *Скрильникова*) і одна чимала щілина впоперек тіла греблі недалеко лінії профіля, що його проведено через свердловини 7, 7а, 7в. Крім того намічались як поздовжні, так і поперечні щілини недалеко кручі прориву греблі, які утворились очевидячки вже як наслідок зеувів в цьому місці.

Щоб в'яснити глибину й розмір щілин, по лінії трьох головних щілин зроблено шурфи. Так на великій поздовжній щілині, що проходила біля сухого одкоосу, було закладено шурф № 2, загальною глибиною 7,40 метра. Щілини у горішній частині шурфу досить широкі, до 10—15 см (на обох стінках шурфу по лінії щілини); нижче вони поступово звужуються і на глибині 4,30 м від поверхні кінчаються ледве помітні їх сліди. Нижче цієї глибини ніяких порушень чи зміщень нашарувань немає. Останнє дуже легко було б досягти, бо по всьому перетину шурфу видно чергування окремих прошарків породи, що є наслідком нерівномірного бутинування: так дуже щільні прошарки 5—7 см завгрубшки чергуються з пухкішими, що мають грубину 15—25 см; найчастіше трапляється таке співвідношення: щільний шар—5 см, пухкий шар 15—17 см (визначення одиниці обсягу див. табл. № 2, зразки 30—32).

На лінії перехрещування другої поздовжньої щілини (біля мокрого одкоосу) з поперечною було закладено шурф № 3. Загальна глибина його 3,40 м. На всіх стінках шурфу—системи щілин; широкі біля поверхні, вони поступово звужуються вглиб шурфу й зникають на глибині 1,70 метра від поверхні. Чергування шарів щільних та пухких заховується (табл. № 2, зразки 33—35).

На лінії поздовжньої щілини, що йде біля мокрого одкоосу, недалеко місця прориву—шурф № 4. Загальна глибина його 5,40. До глибин 4,00 м від поверхні йдуть щілини на стінках шурфу нормальні до напрямку щілин. В горішній частині шурфу до глибини 2,30 породи зрушені, щілини мають кавернозний характер, що є очевидячки вже наслідком осування маси породи. Чергування щільних та пухких прошарків породи заховується й тут.

Окрім того на мокрому одкосі між лініями профілів через свердловину № 7 та свердловину № 8 на вишині 3—4 метрів над піймою було розкопано на глибину 2 метрів дільницю, на якій спостерігалось осідання кам'яного вибруху, але ніяких слідів зрушення нашарувань не виявилось: ґрунт був дуже вогкий. Очевидно цей провал можна з'ясувати вимиванням породи місцевого характеру.

Отже на підставі матеріалів шурфування треба сказати, що щілини, які виходять на поверхню греблі, загалом неглибокі, неглибші 4—5 мет-

рів від поверхні, в кожному разі, монолітність греблі на всю її глибину не порушують. У той же час треба визнати, що глибина поздовжніх щілин, так і надто самий характер їх (клинувата форма) вказують на те, що причиною утворення цих щілин було безумовно нерівномірне осідання боків греблі, що спірались на алювіяльні поклади, тоді як центральна її частина має за основу замок, що безпосередньо врізується в корінні породи.

Механічний склад та щільність насипу греблі Щоб мати характеристику ущільнення насипних порід в тілі греблі, визначено вагу одиниці обсягу насипу з різних шарів, починаючи від верха греблі і до замка включно (див. таблицю № 2). Для цього на кручі, що утворилась в наслідок прориву греблі, з правого боку річки було зроблено комбінований шурф-розчистку, а саме: зверху йшла розчистка на 3 метри, від верха греблі, далі вниз шурф № 5 глибиною 7 метрів; а потім від рівня дна шурфу знову розчистка на глибину 3 метри (шурф № 1). В такий спосіб одержали повний перетин насипу греблі до замка, що відкрили його на глибині 12,30 м від горішньої площини греблі.

На цьому перетині надзвичайно добре було видно ту верстуватість, що є наслідком нерівномірного бутинування насипу, і що про неї вже було згадано вище (при описі шурфів). Щільніші прошарки мають grubини 5—7 см, пухкі 15—25 см. Перехід від перших до останніх дуже повільний, ніяких розривів або щілин по верстуватості не постережено. Верстуватість виразно виявлена аж до самого низу насипу як це видно з таблиці № 2.

Однорідність ущільнення виявлено в замку (див. табл. № 2, зразки 23—25).

Зразки для визначення ваги одиниці обсягу бралися приблизно щометра, при чому кожний раз бралися два зразки на віддаленні 10—20 см, щоб виявити верстуватість ущільнення. Зразки вирізувано металевим циліндром певного обсягу; далі породу з циліндра важили, висувували при 100° С і знову важили; потім вираховували вагу в грамах на 1 куб. см обсягу.

В такий спосіб виявилось, що для щільних прошарків вага одиниці обсягу коливається від 1,97 до 1,63, а для пухких — від 1,60 до 1,30.

Коли відкинути крайні дані для пухких прошарків 1,30—1,40, що є їх лише з на 22 визначень, то межі коливань величини ваги одиниці обсягу щільних та пухких прошарків будуть 1,97—1,51, цебто 20—30%. Це стверджує нерівномірність ущільнення насипу греблі, що видно її навіть оком.

Починаючи від глибини 11,70 на розчистці щільність стає сталою 1,66—1,70 і лишається такою в горішній частині замка.

Таблиця 2

Визначення ваги одиниці обсягу ґрунтів

№№ ви-значень	Відкіля зразки	Глибина від поверхні	Вага одиниці обсягу у гр/см ³	№№ ви-значень	Відкіля зразки	Глибина від поверхні	Вага одиниці обсягу у гр/см ³
1	Шурф-розчистка (1—5) насип . . .	0,60	1,70	7	Шурф-розчистка (1—5) насип . . .	3,55	1,60
2	" . . .	0,65	1,88	8	" . . .	4,10	1,82
3	" . . .	0,70	1,41	9	" . . .	4,20	1,59
4	" . . .	2,10	1,97	10	" . . .	4,90	1,30
5	" . . .	2,15	1,53	11	" . . .	5,15	1,63
6	" . . .	3,50	1,87	12	" . . .	5,80	1,59

№№ ви-значень	Відкіля зразки	Глибина від поверхні	Вага одиниці обсягу у гр/см ³	№№ ви-значень	Відкіля зразки	Глибина від поверхні	Вага одиниці обсягу у гр/см ³
13	Шурф-розчистка (1—5) насип . . .	6,35	1,36				
14	"	6,55	1,68	30	Шурф № 2	6,30	1,54
15	"	9,00	1,63	31	"	6,40	1,77
16	"	9,14	1,68	32	"	7,10	1,50
17	"	10,35	1,79	33	Шурф № 3	2,45	1,62
18	"	10,70	1,70	34	"	2,80	1,71
19	"	11,30	1,51	35	"	3,40	1,59
20	"	11,70	1,70	Вага одиниці обсягу кар'єрних ґрунтів			
21	"	11,95	1,66	36	Кар'єрний ґрунт № 1 в природному стані	—	1,70
22	"	12,20	1,69	37	Він же зруйнований та ущільнений	—	1,80
23	Там же (замок) . . .	12,30	1,69	38	Кар'єрний ґрунт № 5 в природному стані	—	1,75
24	"	12,40	1,73	39	Він же зруйнований та ущільнений	—	2,01
25	Там же (замок) . . .	12,75	1,68	40	Кар'єрний ґрунт № 10 в природному стані	—	1,73
26	Там же намул під насипом	12,35	1,79	41	Він же зруйнований та ущільнений	—	1,77
27	"	12,20	1,66				
28	Чорноземні ґрунти на сухому одкосі від верху берми . . .	2,45	1,45				
29	"	2,55	1,26				

Гумусні ґрунти на сухому одкосі дали багато менші величини ваги одиниці обсягу, а саме—1,45 для щільних прошарків і 2,26 для пухких (табл. № 2, зразки 28—29).

Для порівняння визначено було й вагу одиниці обсягу кар'єрних порід у природному стані і при максимальному забутинованні їх ручними способами (табл. № 2, зразки 36—41).

Як видно з наведених даних, максимальне ущільнення дало вагу одиниці обсягу в межах 1,80—2,00.

Треба відзначити, що цілком можливо й те, що різниці ваги одиниці обсягу, на підставі яких судимо про нерівномірність ущільнення окремих шарів греблі, почасти залежать від неоднакового механічного складу даних прошарків; глинясті породи легше піддаються ущільненню і через те можуть мати більшу вагу одиниці обсягу, ніж піскуваті породи, як це видно з даних нижченаведеної таблиці.

Надо якраз це стверджується на прикладі кар'єрних ґрунтів. Бутиновано їх цілком однаково, а проте вони дали різницю у вазі одиниці обсягу, і пояснити їх можна лише різницею їх механічного складу.

Для характеристики механічного складу порід насипу греблі зроблено механалізи порід, взятих з різних місць кар'єрів, що різнилися зовнішніми ознаками (колір, щільність, глинястість). Крім того були зроблені аналізи порід, взятих базпосередньо з тіла греблі на різній глибині. Механаліз провадили двома методами: або методом проф. *Сабаніна*, або безперервною методом проф. *Робінсона* в межах до 0,001 мм. Гідрав-

Залежність ваги одиниці обсягу від мехскладу породи

З відки зразок	Кількість часток 0,01 мм у %%	Вага одиниці обсягу у кг/см ³
Шурф-розчистка від поверхні 4,10	57,6	1,82
" " " 4,20	47,3	1,59
" " " 4,90	34,7	1,30
Шурф № 2 " " 6,40	49,0	1,77
" " " " 7,10	32,0	1,50
Ґрунт кар'єр. № 1	61,0	1,80
" " № 10	55,5	1,75

лічну швидкість окремих фракцій вираховано згідно з швидкістю падіння часток, що їх дає проф. *Сабанін*, а саме:

для часток 0,05 мм швидкість падіння	2,14 мм/сек
" " 0,01 " " " "	0,2 " "
" " 0,005 " " " "	0,0047 " "
" " 0,001 " " " "	0,0012 " "

Результати аналіз подано в таблиці 4, зразки 1—12. Як видно з цих даних, породи, що ними насипано греблю, глинясті; більшу частину з них можна схарактеризувати, як суглинки (до 50% часток < 0,01 мм), а деякі навіть як глини (60% часток < 0,01 мм). Пересічно вони мають до 50% глинястих часток; лише одна кар'єрна порода № 8 має 35% глинястих часток. Кількість піскуватих фракцій коливається від 10 до 40% не враховуючи фракції пилюватого піску (0,05—0,01 мм). Такі породи, надто в умовах Донбасу, можна вважати за цілком задовільні і придатні для насипу греблі, хоч, правда, вони й не цілком відповідають умовам проекту, що вимагає порід з 60% піску та 40% глини.

При складанні пляну робіт гідрогеологічної партії ІВГУ передбачалося визначити осідання для всіх найхарактерніших порід споду греблі; отже слід було б зробити такі визначення для алювіяльних піскувато-глинястих намулів та для мулу. Але об'єктивні умови, а саме брак часу, через те що запізнилися виготовити устами для навантажень на породи, примусив скоротити програму робіт і тому головну увагу приділено було вивченню властивостей мулу, як безперечно небезпечної породи.

Як уже згадано було вище, ця порода мала не абияке значення, бо безпосередньо на ній насипано значну частину греблі під лівим схилом долини. Як видно з наведених у таблиці 4 даних механаліз (зразки 13, 16, 1) склад мулу неоднаковий, але у всіх аналізах характеристичним для нього лишається великий відсоток фракції пилу (0,05—0,01 мм), від 23 до 33%. Саме через це така порода досить легко переходить у напівплинний стан. Визначення долішньої межі текучості для кількох зразків мулу показали, що при вогкості 33—38% ці породи переходять у плинний стан. Але дані про вогкість мулу у природному стані в долині річки, на підставі зразків з різних пунктів, такі:

1)	Свердловина 7—а	зразок	2	вогкість	27%
2)	" 10	"	3	"	32%
3)	" 2	"	2	"	29%

4) Шурф 1 глибиною 12,20 (під насипом)

20%

5) " " 12,40 " "

21%

Ці дані дозволяють зробити такі висновки:

1) Мул в природному стані досить м'який через те, що вогкість його близька до граничної вогкості, при якій він переходить у плинний стан (визначення 1—3).

2) Під насипом вогкість мулу значно менша (визначення 4—5), ніж в місці прориву (визначення 2), де немає тиснення насипу, ба навіть менша ніж у свердловині 7-а, де від тиснення насипу мул захищений шаром алювіяльної глини; цей факт наочно свідчить про чимале ущільнення мулу там, де він лежить безпосередньо під насипом, а тому й про чимале його осідання в цьому місці.

Перевір наведеного висновку методом пробних навантажень цілком ствердив його правдивість.

Навантаження на ґрунт дано за допомогою уставу, що докладно описана в „Інструкції по испытанию и исследованию строительных свойств грунтов на месте работы“; схематичний малюнок її подано на рис. 1. Площу для навантажень було взято 30 × 40 см. Спостереження велися

Механічний склад порід

Таблиця 4

№№ аналіз	Звідки зразки	Втра-та на СаСО ₃ у %	% ринь	Механічний склад ґрунту у % (крім ріні)					Сума фракцій менша 0,01
				<1 >0,25	<0,25 >0,05	<0,05 >0,01	<0,01 >0,005	<0,005	
1	Кар'єр № 1	15,0	—	0,5	14,7	23,5	61,3	—	61,3
2	„ № 3	12,4	—	2,0	11,0	22,8	64,2	—	64,2
3	„ № 4	—	—	1,0	15,9	18,1	30,0	35,0	65,0
4	„ № 5	12,0	—	15,5	24,7	5,8	—	54,0	54,0
5	„ № 7	12,0	40,0	1,0	31,8	24,3	—	42,9	42,9
6	„ № 8	12,0	—	7,2	1,0	56,8	33,0	2,0	35,0
7	„ № 10	11,8	—	—	1,5	48,0	44,0	6,5	50,5
8	Шурф-розчистка, глибина зразків від поверхні 4,10	3,0	—	1,1	15,1	26,2	—	57,6	57,6
9	Там же від поверхні 4,20	13,0	—	1,9	19,9	30,4	—	47,8	
10	Там же від поверхні 4,90	12,5	—	1,3	40,2	25,6	—	32,9	
11	Шурф № 2 від поверхні 6,40	10,5	—	1,3	6,8	42,9	46,0	3,0	49,0
12	Там же від поверхні 7,10	10,5	—	1,8	8,2	58,0	29,5	2,5	32,0
I. Насипна порода									
13	Свердловина № 1 зразок 3 (мул)	—	12,0	1,3	19,8	25,0	—	53,9	53,9
14	Свердловина № 2 зразок 3 (піщано глинястий мул) .	—	—	6,8	40,6	13,2	—	39,4	39,5
15	Свердловина № 4 зразок 3 (мул)	—	—	—	19,8	24,3	—	55,9	55,9
16	Свердловина 7-а зразок 5 (мул)	—	5,0	1,3	20,3	32,9	43,0	2,5	45,5
17	Шурф-розчистка, глибина від поверхні 12,35	—	—	3,8	32,2	23,0	31,0	10,0	41,0

в такий спосіб: відзначали величину осідання під час навантаження даної величини (напр., 1 кг на 1 см^2 , 2 кг на 1 см^2 тощо), далі прилад лишали на 1 добу, після цього заміряли осідання за цей час, і тоді вже давали даліше навантаження. Прилад для навантажень уставляли не безпосередньо на мул, а на насипний ґрунт, що вкривав мул шаром 1,25 м; глибина мулу до 2,0.

Процес осідання видно з нижченаведеного графіка (див. рис. № 2) на ньому по одній осі відкладено навантаження у кг на 1 см^2 , а по другій— осідання у см; суцільними лініями позначено осідання під час навантажень, а пунктиром осідання за добу (між навантаженнями). Пунктир з крапками показує загальне осідання для даного навантаження.

Що мул був дуже вогкий, то ніяких зовнішніх ознак порушення породи у вигляді щілин, вищипань пород тощо не було, але на підставі кривої загального осідання породи можна вважати, що порушення породи мало місце при збільшенні навантаження від 2 до 3 кг на 1 см^2 ; осідання при навантаженні 2 кг/см^2 дорівнює 8,7 см, а при збільшенні навантаження до 3 кг/см^2 воно відразу дало 16,7 см. Отже максимальне навантаження на цю породу, при якому вона ще не порушується, це 2 кг/см^2 ; алеж, коли взяти до уваги, що при збільшенні площі навантаження осідання відповідно збільшується¹, то слід вважати, що й таке навантаження для цього мулу є занадто велике.

Переходячи до характеристики піскувато-глинястих алювіяльних намулів, що підстеляють праву більшу частину греблі, за винятком центральної її частини, то, як було вказано вище, дослід з пробними навантаженнями на такі породи не проведено. На підставі огляду зразків свердлування та даних механаліз, один з яких наведено в таблиці № 4, зразок № 14, піскувато-глинясті намуди, зрідка виявлені глинами, переважно ж це міцні суглинки, або піскуваті суглинки, до того ж часто з домішкою ріни, цебто породи, що мають загалом порівняно чималу стійкість.

Як відомо, питання про величину можливого навантаження на породи різного типу ще недосить уґрунтоване і всі дані, що їх наводять різні автори, або дають окремі інструкції, в певною мірою довірливі; проте ці дані досить добре збігаються, як це видно на прикладі величин навантажень для суглинку та мулу, що їх зібрано в таблиці № 5.

Таблиця 5

Можливі навантаження у кг/см^2

Назва ґрунту	Обр ²	Волго-Дон 1927	Гос-план СССР	НКПС	Г. И. С. ³
Мул	0,3—0,5	0,5	—	—	0,25
Суглинок	2—3	2,0	3,0	2,0	2,0—3,0

Підрахуймо приблизно, яке навантаження на 1 см^2 підстільної породи давав насип. Приймаючи його висину за 12 м (на підставі даних розчистки на місці прориву) і вагу одного кубічного см насипної породи середньо за 1,6 г, будемо мати $(1 \times 1 \times 1200) \times 1,6\text{ г} = 1,92\text{ кг}$ на 1 см^2 .

Висновок. Коли порівняти всі вищенаведені матеріали про навантаження на породи споду греблі, а саме: 1) дані дослід з пробними навантаженнями на мул, 2) величини можливих навантажень на мул та піскувато-глинясті відклади і 3) величину дійсного тиснення насипу греблі на свій спід, то треба зробити такі висновки:

¹ Див. Исследования ґрунтов терассы Волго-Донского канала.

² Aubry. Cours de murs de Soutenement. 1925.

³ Госуд. Ин-т Сооружений. Нормы для проектирования гидротехнических сооружений. Москва, 1929.

1) породи споду греблі, а саме піскувато-глинясті відклади в правій її частині та мул у лівій, під тисненням насипу мусіли осідати нерівномірно, бо мул може витримати значно менше навантаження, ніж піскувато-глинясті відклади;

2) величина осідання мулу, а тому й частини греблі, що насипано безпосередньо на ньому, була досить значна (порівняти з даними досліджу на спробне навантаження).

Ці факти поєднані з можливістю нерівномірного осідання центральної частини греблі, спертої на замок і через нього на материкові скелясті породи, та її боків, що підставлені не такими стійкими алювіяльними покладами, призвели до утворення в тілі греблі щілин різних систем (поздовжніх та поперечних), що й стали, очевидно, за головний чинник аварії з греблею. Різні додаткові обставини, як от: нерівномірне ущільнення тіла греблі, глибоке промерзання поверхового шару греблі і зв'язані з ним поверхневі щілини тощо, чимало їм у цьому допомогли.

РЕЗЮМЕ

Весною 1931 года, по поручению Укрводхоз'а гидрогеологическая партия Института Водного Хозяйства Украины произвела гидрогеологическое обследование долины р. Ольховой у с. Елизаветовки с целью выяснения причин прорыва построенной здесь осенью 1930 г. земляной плотины.

На основании этих исследований выяснилось, что долина р. Ольховой в месте прорванной плотины выполнена различными по механическому составу песчано-глинистыми и иловатыми алювиальными отложениями, подстилаемыми песчаниками и сланцами каменно-угольной системы (таблица № 1.)

Замок плотины врезан в коренные породы по всему разрезу долины, за исключением небольшого участка возле скважины № 7, где остается неперерезанным слой галечников, по которому вода может фильтроваться под замком. Края плотины от правого склона долины до участка приблизительно скважины № 8 лежат на песчано-глинистых наносах, а в остальной части (преимущественно вынесенный участок плотины) были насыпаны непосредственно на иловатый грунт.

Тело плотины разбито трещинами; из них наибольшие проходят: 2 параллельно оси плотины по обоим ее сторонам в пределах верхней горизонтальной плоскости недосыпанного гребня, и одна перпендикулярно к ним в районе скважины № 7; трещины сравнительно неглубокие (до 4 м от поверхности) и ниже их тело сохраняет полную монолитность.

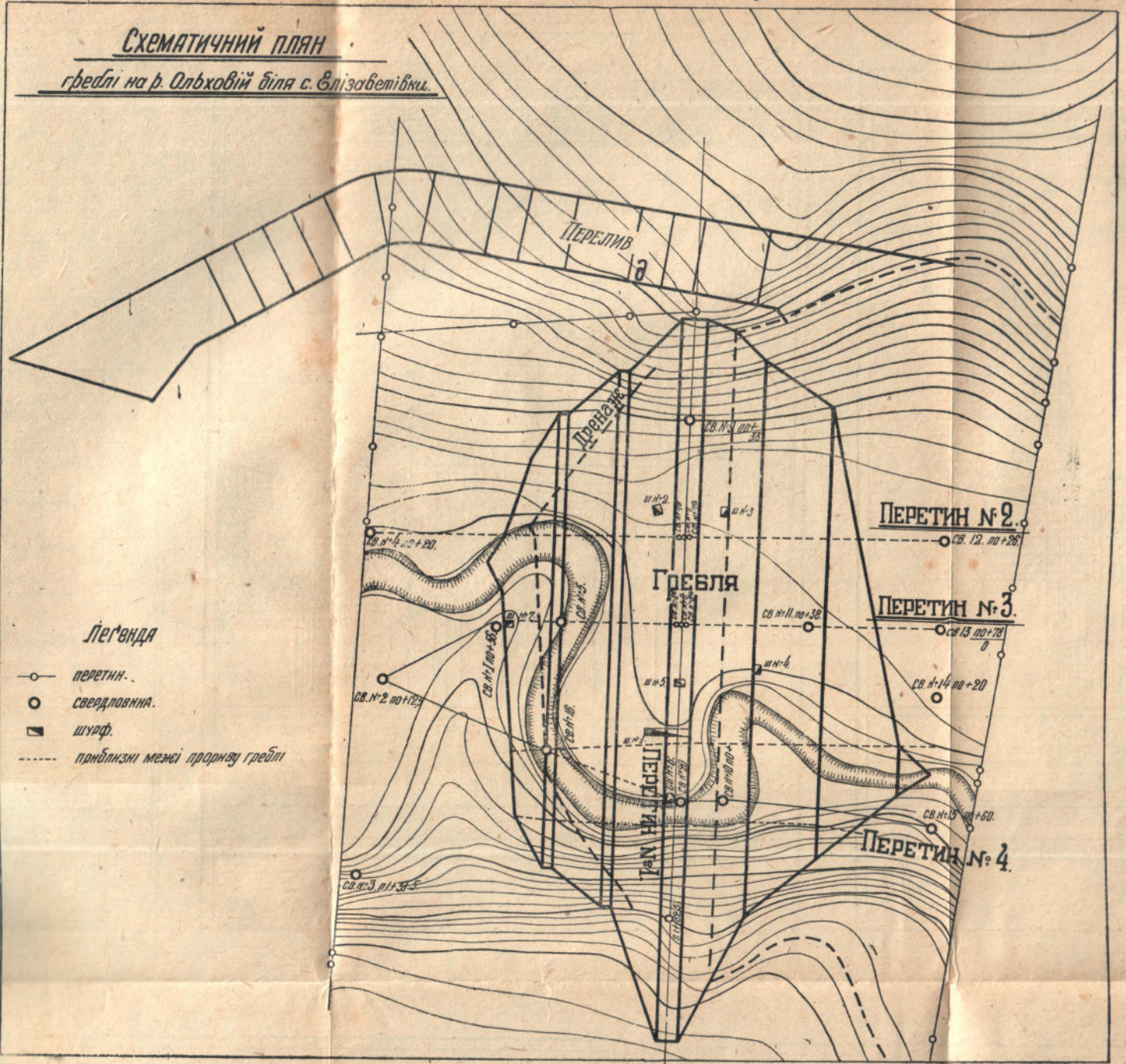
Материал, из которого насыпана плотина, глинистый, с содержанием в среднем до 50% глинистых частиц (0,01 мм) и от 10% до 40% песка (таблица № 4); уплотнение тела плотины произведено неравномерно, вследствие чего в нем имеется чередование рыхлых и более уплотненных слоев с разницей объемного веса между ними до 30% (таблица № 3).

Изучение физических свойств грунтов основания плотины показало, что песчано-глинистые наносы, подстилающие правую часть плотины, и иловатый нанос под левой ее частью отличаются друг от друга как по механическому составу, так и по сопротивлению давлению; песчано-глинистые наносы являются значительно более устойчивыми нежели иловатые, вследствие чего под давлением веса плотины те и другие должны были оседать неравномерно; это обстоятельство вызвало образование трещин разных направлений, явившихся главной причиной прорыва плотины.

Научный сотрудник Ин-та В. Х. Украины В. Ткачук.

СХЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

греблі на р. Ольховій біля с. Єлизаветівки.



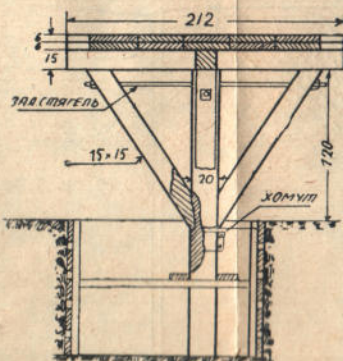
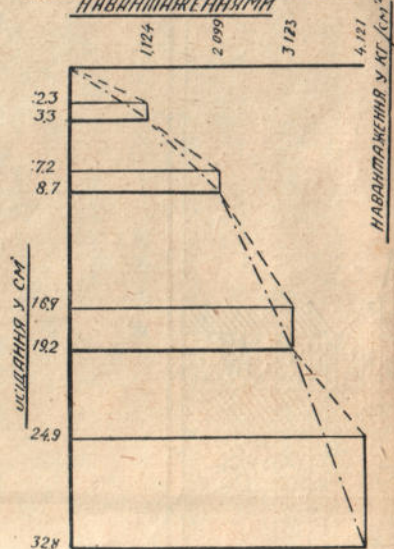
Легенда

- перетин.
- свердловина.
- шурф.
- приблизні межі прориву греблі

Візі відного гос-ва р. V. 7

ГРАФІК

ДОСЛІДЖЕННЯ МУЛУ ПРОВІСНИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ



I

ПРИЧИНЫ АВАРИИ ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ НА р. ОЛЬХОВОЙ

Основными причинами разрушения (промыва) земляных плотин бывают:

- а) перелив через гребень воды (недостаточная пропускная способность водосбросов);

- б) трещины, образующиеся в силу неравномерной осадки тела плотины и основания;

- в) реже — морозобоины или трещины усыхания материала тела плотины при малой высоте гребня над порогом водослива

- г) и — очень редко — вымывание грунта основания фильтрационными водами.

Постараемся разобраться в основных чертах в тех данных, какие имеются в настоящий момент, и на основе их анализа подойти к главнейшим факторам, участвовавшим в разрушении плотины, а отсюда и к первоисточнику тех факторов, какие в совокупности разрушили плотину.

Протокольные данные говорят прежде всего, что максимальный горизонт воды, достигший отметки 149,80 м (по данным нивелировки Инст. Водн. Хоз.), нигде не достиг высоты насыпанной части плотины; отсюда первая из указанных выше причин (а) отпадает. Данные геологической разведки вдоль прорыва плотины (см. разрезы) указывают, что замком пересечены в этом месте все наносные породы вплоть до материковой (песчанистый и глинистый сланец); замок и часть тела плотины, пресыпавшей речное русло, на высоте до 3 метров остались не тронутыми; геологическая разведка вдоль оси плотины показала глубокое заложение и однородное строение замка; и, наконец, отсутствие оползней на сухом откосе, указывают на то, что действие фильтрационных вод на грунт основания отсутствовало, да оно и не могло еще проявить себя за то короткое время, какое плотина находилась под напором. Следовательно, отпадает последняя из указанных выше причин.

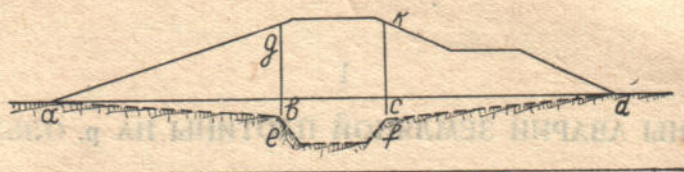
Рассмотрим роль морозобойн. Если бы морозобоины (трещины неглубокого порядка) явились причиной промыва плотины, то наблюдатели, а таковых было весьма большое число, видели бы вытекание воды сверху по низовому откосу и выход воды из трещин-морозобойн должен быть замечен не ниже 2—2,5 метров от гребня плотины, т. е. на той глубине, на которой *можно ожидать, что морозобоина имела достаточную ширину, чтобы позволить образоваться в ней потоку с необходимыми для выноса частиц тела плотины скоростями и расходами.* Наблюдатели же указывают, что вода на низовом откосе появилась на уровне нижней бермы сосредоточенной струей (фонтаном); отсюда следует, что и причина третья (в) также отпадает.

Следовательно, единственной причиной разрушения плотины явились усадочные трещины.

Для уяснения роли самих трещин, порядка их образования, попытаемся проанализировать отдельные моменты деформации тела плотины и грунта основания, ибо эти трещины могут быть образованы в результате лишь *остаточной деформации тела плотины и грунта основания.*

А. Трещины продольные вдоль оси плотины

Эти трещины могут образоваться в результате резкого различия в упругих свойствах тела плотины с замком и грунта основания (см. черт. 1).



Черт. 1.

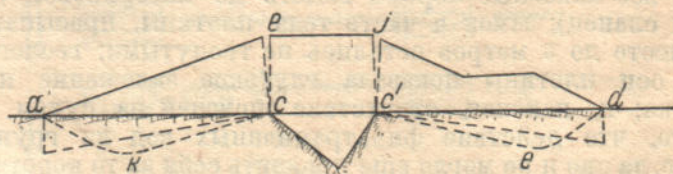
а) Если тело плотины, опираясь замком на скалу (а песчанистые сланцы мы можем принять по их упругим свойствам за скалу) сложено из материала, более плотного, чем грунт основания, то в результате деформации грунта основания (она только и будет играть роль в этом случае) мы будем иметь картину деформации, показанную на чертеже литерами:

a, e, f, d.

В этом случае, могут образоваться швы скольжения: *bg* и *ck*, но не расходящиеся трещины; мы в результате получаем большое уплотнение тела плотины в поперечном направлении, но ни в коем случае не причину разрушения.

б) Грунт основания более плотен, чем тело плотины; тогда, очевидно, тело плотины, деформируясь, должно только уплотняться, но не образовывать трещин.

Следовательно, чтобы продольные трещины могли образоваться, необходима такая деформация, какая показана на чертеже 2.



Черт. 2.

Такая деформация возможна только в тех случаях, когда *откосы плотины расположены на очень слабых легко деформируемых грунтах, а средняя часть плотины расположена на грунтах значительно более прочных.* В результате такой деформации мы получили бы глубокие продольные трещины.

Обратимся к данным исследований. Определения объемного веса материала, слагающего тело плотины, и грунта основания показывают, что плотности грунта основания и тела плотины очень мало разнятся между собою, скорее их можно назвать *одинаковыми*: объемный вес тела плотины в среднем равен —1,65, грунта основания —1,61, для самого слабого по своим упругим свойствам прослойка — ила. Следовательно, особого резкого различия упругих свойств между материалом тела плотины и грунтом основания нет, а отсюда мы будем иметь спокойную однородную дефор-

мацию и тела плотины, и грунта основания, исключаящую *нацело* образование *глубоких* продольных трещин. Трещины, какие наблюдались на плотине (продольные), неглубокого порядка; об этом свидетельствуют результаты шурфования по одной из самых значительных трещин.

Следует оговориться, что если бы мы имели на лицо и глубокие продольные трещины, то они *никакой* роли в разрушении земляной плотины *не играли бы*.

Б. Трещины поперечные

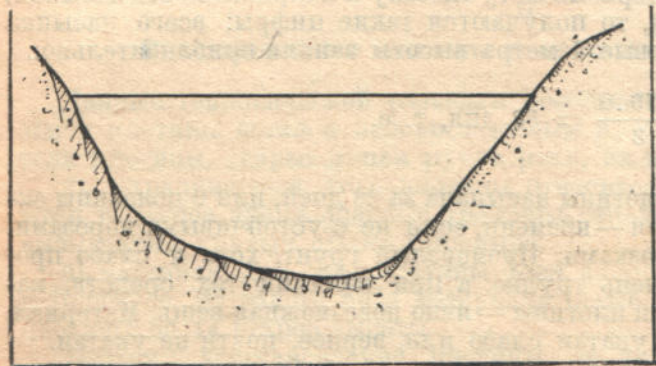
Поперечные трещины неглубокие и видимые, как это нами установлено выше, никакого влияния на данный случай разрушения плотины не имели; следовательно, разрушающее влияние могли оказать только трещины глубокого порядка. Посмотрим, какого вида трещины могут образоваться и какова их относительная роль.

Если бы какое-нибудь земляное тело покоилось на упругом основании, разнородном по своему характеру, и крылья этого тела были свободны (не упирались в борта тальвега (явно невозможный случай), то мы могли иметь на лицо такие деформации (черт. 3).

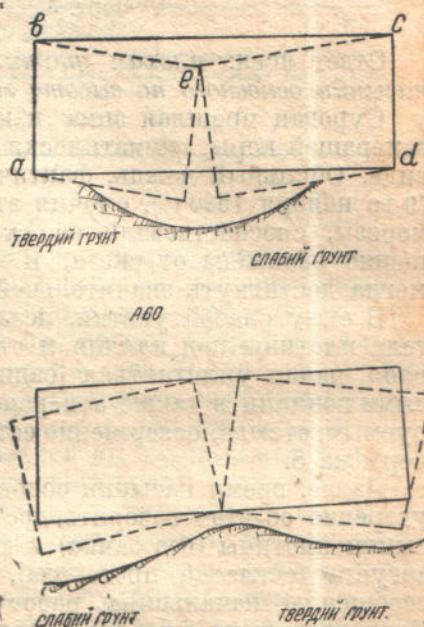
При очертании тальвега в нашем случае (черт. 4), мы такой деформации не сможем иметь даже при наличии самой пестрой картины грунтов, слагающих русло тальвега, очень резкой разницы в упругих свойствах каждого образования и отсутствия замка, ибо деформируясь (оседая) тело плотины должно было бы *расклинывать* борта тальвега и тем самым, в силу реакции бортов, уплотняться и в продольной профили.

Отсюда следует, что глубоких поперечных трещин, разбивающих все тело плотины *донизу*, не могло образоваться.

Таким образом, на основании анализа, изложенного выше, мы приходим



Черт. 4.



Черт. 3.

к заключению, что единственной причиной разрушения плотины могли послужить *скрытые сифонообразные поперечные трещины* (черт. 5).

При наличии этих трещин (причины их образования будут указаны ниже) размыв плотины *неизбежен*, если уровень воды весной поднимется выше их вершины. Вода, попавшая в трещину со стороны верхнего бьефа, перекатываясь на низовой

конец трещины, может создать такое давление на верхнюю корку, что последняя не выдержит и прорвется, а раз эта корка порвана, то ничто не мешает тогда заработать *сифону* с огромными скоростями, какие очень

быстро начнут размывать тело плотины изнутри. При разrostании сифонной щели в глубину и ширину верхняя корка, не имея опоры с низового конца, начнет или обрушиваться по частям с этого конца, как в данном

случае, либо обрушится уже после того, как тело плотины фактически уже вынесено водой. В практике наблюдались и такие случаи.

Теперь позволительно задать вопрос: что же способствует образованию такого рода трещин?



Черт. 5.

Ответ ясен: *плохая укатка тела плотины, морозы и позднее время насыпки основного по высоте массива плотины.*

Суровая прошлая зима как нельзя более способствовала образованию замерзшей коры, схематически показанной на чертеже 5 в заштрихованном виде. Обильный дождь, фактически прекративший насыпку тела плотины (9-го ноября 1930 г.), смочил эту корку, а ударившие после этого дождя морозы, способствовали ее *скорому* образованию. Плотина была совершенно обнажена от снега, и следовательно, толщина замерзшего слоя могла достигнуть значительной толщины—до 2 и более метров.

В силу слабой укатки, поздней насыпки (в морозное время) материал тела плотины под влиянием отепления снизу под защитой промерзшего слоя, начал уплотняться (садиться); замерзший слой, упершийся низовыми концами в также замерзший грунт основания, оставался не деформируемым; отсюда, совершенно естественно, произошло отслаивание, согласно чертежа 5.

Далее, время насыпки основного массива по высоте было позднее: чтобы уверенно об этом говорить, достаточно простых цифр времени начала насыпки плотины (без замка) и конца: начало насыпки приходится на 20-е августа (согласно протокола), конец—на 9 ноября (согласно устному сообщению начальника работ тов. Забелина на Н. Т. С. Донбассвода). Если прикинуть кубатуру, приходящуюся на нижнюю часть тела плотины до высоты первой бермы—4 метра, то можно видеть, что эта кубатура составляет более $\frac{2}{3}$ всей насыпанной земли.

Допуская при этом, что плотина сыпалась с равномерной производительностью (я умышленно отбрасываю ту спешку и напряженность насыпки, какие были к концу работ), то получаются такие цифры: всего насыпка производилась 79 дней; первые 4 метра высоты заняли приблизительно:

$$\frac{79.2}{3} = 53 \text{ дня, т. е.}$$

основная часть по высоте плотины насыпана за 26 дней, или с половины октября месяца до 9-го ноября—времени, если не с устойчивыми морозами, то со значительными заморозками. Промерзлый грунт, хотя и слабо промерзлый, сносно укатать очень трудно, а при наличии тех средств, какими располагали строители плотины—явно невозможная вещь. Материал, уложенный в тело плотины, укатан слабо или, вернее, почти не укатан.

Об этом свидетельствуют данные исследований об объемных весах грунта вынутого из разных высот (при общей глубине шурфа 12,75 метра взято проб 25); объемный вес колеблется от 1,30 до 1,97. Тело плотины сохраняет и до сих пор слои укатки и лучше всяких актов и показаний говорит о характере работ по насыпке тела плотины; взятые монолиты из тела плотины являют следующую картину (черт. 6).

Приведенные лимитные числовые значения объемных весов относятся:

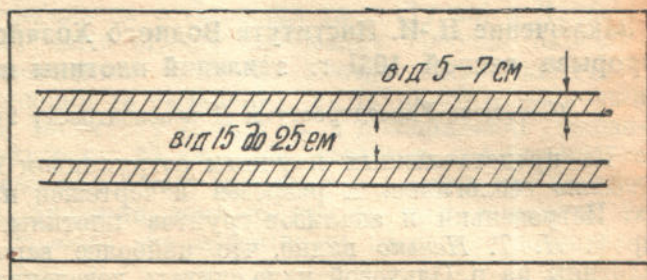
первый (1,30) к толстому слою (не укатанному), второй (1,91)—к тонкому укатанному слою.

Следовательно, основная масса тела плотины просто насытана; утрамбовка в ручную дала бы лучшие результаты.

Средняя величина объемного веса основной массы тела плотины близка к 1,60, в то время, как объемный вес грунта в карьерах в среднем 1,73, а при слабом уплотнении он дал в среднем 1,86.

Отсюда ясно, что плотина над замерзшей коркой и должна была садиться, и очень интенсивно.

Место образования наиболее значительной сифонообразной поперечной трещины напрашивается само собою: там, где насыпь достигла наибольшей высоты.



Черт. 6.

Резюмируем сказанное. Данные обследований и приведенный анализ говорят за то, что единственной причиной разрушения плотины является *неопытность* производителей работ, согласившихся строить плотину безмерно ускоренным темпом при отсутствии потребного оборудования для укатки, и, что особенно важно—в позднее время года. Только их неопытностью можно объяснить то неделикатное обращение с таким капризным и чутким к сезону постройки сооружением, как земляная плотина.

Опытный строитель безоговорочно отказался бы продолжать возводить плотину выше 4-х — метров, имея в виду позднее время года.

Вторым слабым местом плотины являются железобетонные трубы, бетонированные на месте и засыпанные без предварительного апробирования на давление, хотя бы трехкратное по величине, по отношению к максимальному давлению, при каком трубы должны будут работать.

Во избежание могущих быть аварий с трубами последние необходимо превратить в трубы — оболочки, а рабочими трубами, воспринимающими давление, следует сделать металлические, лучше стальные сваренные, каковые будут покоиться в железобетонных трубах, как кожихах.

II

Восстановление плотины и ее дальнейшее повышение

Данные геологической разведки показывают, что: 1) в промытой части замок плотины остался неповрежденным и, мало того, сохранилась часть тела плотины, закрывающая русло реки, на высоте до 4 метров;

2) сохранившееся тело плотины относительно монолитно, и если имеются в данное время опасные трещины, то только трещины оползневые, вызываемые крутым откосом промыва;

3) материал для тела плотины один из лучших, какие можно встретить в Донбассе. Из такого рода материала (даже несколько хуже) построены плотины до 14 метров высоты.

Поэтому восстановление плотины не только возможно и потребно, с условием удаления оползневых трещин и верхней части гребня, для избежания какой бы то ни было раздробленности монолита трещинами.

Снятая часть материала плотины может быть совершенно спокойно пущена на заполнение бреши.

Восстановлению плотины должен предшествовать разумно и осторожно составленный проект заполнения промоины, а также разработан основательно способ постройки.

Профессор Я. Ненько.

Заключение Н.-И. Института Водного Хозяйства Украины о причинах прорыва весной 1931 г. земляной плотины на р. Ольховой в Донбассе

(Сообщено Укрводтресту и Донбасводтресту 21 мая 1931 г. за № 630)

Из представленных научным сотрудником *В. Г. Ткачук* и инж. *П. Е. Руденко* геологических разрезов и чертежей плотины на р. Ольховой у ст. Петровеньки и анализов грунтов плотины, а равно из заключения проф. *Я. Т. Ненько* видно, что наиболее вероятной причиной прорыва плотины на р. Ольховой надо считать доведение насыпки плотины осенью прошлого года лишь до высоты, немного превышающей высоту порога водослива, причем при промерзании верхнего слоя плотины до уровня несколько ниже порога водослива и при осадке свежей насыпки плотины могло образоваться в теле плотины горизонтальное расслоение между замерзшим верхним слоем насыпки и незамерзшей и осевшей частью насыпки плотины, примерно на уровне порога водослива или несколько ниже последнего. По образовавшейся горизонтальной трещине вода нашла себе путь через все тело плотины, под мерзлым слоем грунта, с выходом к низовому откосу на уровне примерно бермы плотины, независимо от водослива, где она переливалась слоем всего до 40 см. Трещина или расслоение насыпки под верхним мерзлым слоем образовалась в месте наибольшей осадки тела плотины над руслом реки. Осадке плотины способствовала наличность легкосжимаемых илистых грунтов, как в основании плотины непосредственно, так и на некоторой глубине, в виде особого прослоя, прорезанного замком плотины и ясно видимого на геологических разрезах.

Если бы насыпка плотины осенью была доведена до проектных размеров и верхний слой промерзшей почвы в теле плотины оказался в верхней ее части на более значительной высоте над порогом водослива, чем это было при недосыпанной до конца плотине, то вышеуказанное горизонтальное в верхней части плотины расслоение тела плотины, если бы оно даже и последовало, то на значительно большей высоте над порогом водослива, не угрожающей устойчивости плотины.

Поверхностные трещины в теле плотины оказались неглубокими. Замок в одной, большей, уцелевшей, правой части плотины не прошел всей очень мощной здесь толщи песчано-галечных отложений, что при возобновлении плотины повлечет некоторую потерю воды из водохранилища через фильтрацию под основанием плотины в неперерезанной сплошь замком части галечных отложений.

Использование уцелевших частей плотины для ее возобновления на прежнем месте, несмотря на неблагоприятные для сооружения на данном месте геологические условия, все же представляется допустимым в виду сделанных уже на нее затрат, но при обязательном требовании, чтобы насыпка плотины была произведена со всей тщательностью и закончена вполне до наступления морозов.

Проект засыпки прорванной части плотины и способ заполнения прорыва должен быть обсужден в научно-техническом совете Донбасводтреста.

Директор И-та, акад. ВУАН *Е. Оппоков*.

Висновок про заходи, які слід вживати при будівництві земляних гребель, щоб запобігти їх пошкодженню, при несвоєчасному закінченні

(З доповіді на засіданні Н.-Д. Інституту В. Г. Укр. 9 червня 1931 р. Директора Інституту акад. *Б. Оттокова*)

По ознайомленні присутніх з наслідками переведеного за дорученням Упрводгосп'у та Донбасводтресту обстеження обставин та причин прориву у березні 1931 року гребель на р. Ольховій та р. Лугані в Донбасі, акад. *Б. Оттоков*, на підставі актів огляду прорваних гребель окремою Комісією Упрводгосп'у, переведених т. *В. Г. Ткачук* гідрогеологічних досліджень греблі на р. Ольховій та складених на їх підставі висновків проф. *Я. Т. Ненька* та Н.-Д. Інституту В. Г. Укр. в повідомленні Донбасводтресту від 21 травня 1931 року № 630 про наслідки досліджень та про причини прориву гребель, подав такі короткі зауваження про заходи, яких слід вживати надалі, будуючи земляні греблі, щоб запобігти їх прориву, зокрема прориву гребель, що незакінчені своєчасно восени до наступу морозів:

1) Слід переводити докладні гідрогеологічні дослідження перед збудуванням гребель та вивчати фізичні й механічні властивості ґрунтів на місці спорудження гребель.

2) Слід знімати повністю рослинні та намулені („иловатые“) ґрунти в основі гребель, без чого важко здійснити належну укотку земляного насипу важкими котками чи тракторами та запобігти помітній осадки насипу греблі в перший же рік по її закінченні.

3) Вживати всіх заходів, щоб закінчувати насипку греблі протягом одного робочого сезону до наступу морозів. Не припускати насипки земляних гребель після наступу морозів і замерзання ґрунту, хоча б і незамерзлим ґрунтом.

4) У разі неможливості закінчити до наступу морозів насип греблі в повному обсязі за проектом, слід споруджувати обов'язково тимчасовий перелив для води з таким розрахунком його гребеня, щоб можлива межа промерзання ґрунту зверху насипу ні в якому разі не досягала при наповненні водосховища водою навесні, і щоб весняні води, замість збігати через водозлив шаром певної грубини, не знайшли собі виходу через тіло греблі нижче, на межі промерзання ґрунту, через можливі тут поземні розколини та тріщини ґрунту в наслідок осадки нижньої незамерзлої маси греблі й одриву її від верхньої замерзлої маси (покрівлі або шкіри).

Найбільш імовірна причина прориву греблі, як на р. Лугані, так і на р. Ольховій весною 1931 р. полягала в просяканні води у великій кількості через такі поземні розколини ґрунту нижче глибини його промерзання, на межі останнього, в верхній частині насипу при відсутності зовсім будь-якого перелива для води в греблі на р. Лугані та при наявності бокового водозлива на р. Ольховій, але з дном перелива лише на рівні, або навіть і вище проти зазначеної вище межі промерзання ґрунту в верхній частині насипу греблі. Якби дно переливу було нижче зазначеної межі, або височінь насипу восени 1930 р. була зроблена трохи більша проти існуючої, просякання води по зазначеній межі промерзання ґрунту по поземних тріщинах не було б і розмиву греблі в наслідок такого просякання води через тіло греблі імовірно не спостерігалось би, навіть при наявності осадки греблі.

Високе піднесення рівня води весною в обох водосховищах, яке досягало зазначеної межі промерзання ґрунту, рахуючи зверху греблі, в обох випадках констатовано безпосередньо. В греблі на р. Лугані на цій межі знайдено було навіть досить грубий поземий прошар до 20 см замерзлого снігу на десятках метрів довжини греблі, присипаного зверху землею зимової насипки, при підвищенні гребеня дамби.

МОДУЛЬ ЗБИГУ У ВОДОЗБОРІ р. ТРУБЕЖА НА ПЕРЕЯСЛАВЩИНІ

Die Abflussnormen im Flusgebiete von Troubesh im Kreise Perejaslaw

Питання про збіг з водозборів річок лісостепової смуги України, а саме: р.р. Трубежа, Супою, Сули, Удая, Оржиці, Остра та інших дрібніших, має свою історію, щільно пов'язану з спробами висушення боліт в їх заплавах.

Природно-історичні умови збігу цих річок в основному висвітлені у відомій праці акад. Є. В. Опікова „Речные долины Полтавской губернии“. Останнього часу значну кількість матеріалів такого характеру збирано в наслідок спеціальних дослідів окремих болотяних масивів з метою їх висушити. Ці матеріали опрацьовували окремі державні та кооперативні організації, що складали проекти висушення цих боліт. В рідких випадках такі матеріали були опрацьовані в загальних рисах і вміщені в тому чи тому періодичному виданні.

Згадані річки становлять гідрографічну мережу, що дренує Наддніпрянську Лівобережну низовину. Умови збігу цих водозборів, як з боку рельєфу й геологічної будови, так і з боку підсоння майже зовсім не відрізняються. Характерною спільною рисою їх є те, що долини цих річок заболочені майже на всьому протязі від гирла до верхів'я.

Останнього часу, коли справа меліорації поступово охоплює ці болота, потреба вивчення норм фактичного збігу з їх водозборів стала очевидною, щоб уґрунтувати та визначити пропускну спроможність магістральних каналів висушних систем. Але на шляху цього вивчення постали труднощі; вони полягають у тому, що нема потрібної кількості гідрометричних спостережень, хоч гідрометричні варті на деяких з цих річок зорганізувало ще року 1914—1915 кол. Полтавське губ. Земство, але й до останнього часу там існує дуже рідка й недостатня мережа водомірних варт.

Першу спробу використати гідрометричні спостереження, щоб визначити норму збігу з водозборів згаданих річок, знаходимо в інж. Воценка І. І.¹, що, опрацьовавши такі матеріали для р. Оржиці, за даними 3-х водомірних варт, дав уґрунтування норм збігу, покладених в основу розрахунку деяких висушних систем Лісостепу України. За цими проектами тепер провадяться висушні роботи, але застосованих на підставі цих норм розмірів каналів—ще не перевірено. Гідрометричні спостереження над збігом інших річок цієї групи, через їх неопрацьованість досі не викори-

¹ Див. І. Воценка—„Розрахункові норми стоку для боліт Українського Лісостепу“, вміщено в жур. „Український Землепорядник“ 1927 р., № 4—5.

стані і через те всі автори проєктів висушіння боліт Лісостепу, коли не рахувати згадану цікаву спробу І. Вощенка, обминаючи ці важливі матеріали, базуються на емпіричних формулах збігу, що їх запропонували О. Дубах, Є. Оппоков, Ю. Ланге, Ішковський та інш. для річок, умови збігу яких тою чи тою мірою відрізняються від умов збігу річок Лісостепу¹.

Але розвиток меліоративних і інших водогосподарчих робіт на Лівобережжі вимагає вивчення фактичного збігу річок цього району і виділення його в окремий гідрологічний район, щоб уґрунтувати чималі витрати, переважно на висушні роботи, що мають збільшуватись пропорційно розвиткові народнього господарства цих густо населених с. г. районів.

На шлях такого районування вже стали передові господарчим розвитком райони, зокрема північні багаті на болота райони, наприклад: Центральна промислова Область², Західний край³, Білорусь та ін.

Пристаюючи до складання проєкта висушення боліт в заплаві р. Трубежа у низовій його полтавській частині загальною площею 9773 га, що його складала Київська К-ра Укрмеліотресту взимку 1931 р., ми зустрілися з цілковитою непридатністю старих гідрометричних матеріалів для р. Трубежа, щоб уґрунтувати ті чи інші норми збігу. У зв'язку з цим ми примушені були опрацювати гідрометричні матеріали річок, що водозборами межують з р. Трубежем, і в такий спосіб проробили деяку частину роботи, що потрібна для вивчення збігу річок Лісостепу України, за матеріалами гідрометричних спостережень. Треба відзначити, що цю нелегку роботу можна було проробити лише в місті Києві, бо й досі гідрометричний відділ ГМК друкує тільки незначну частину з тих матеріалів, що є в його розпорядженні; головню тому, що їх остаточно до друку не опрацьовано.

Розмір модуля збігу в його пересічному значенні за багато років для згаданих річок, коли їх водозбори розглядати як окремий гідрологічний район, з однаковими чинниками збігу, буде очевидно величиною постійною, незалежно від розмірів окремих водозборів. Це можна довести з теоретичних формул кругообігу води в природі, бо зміни його зв'язані лише зі змінами природно-історичними і, головню, кліматичних умов місцевости.

Інж. Д. Кочерін, опрацювавши наявні матеріали спостережень над річковим збігом у своїй праці — „Средний многолетний, годовой и месячный сток в Европейской части Союза“⁴, також довів це твердження й відзначив певну закономірність у змінах розміру пересічного багаторічного модуля збігу, що зв'язаний з окремими кліматичними поясами. Наслідком цього він побудував географічну мапу Європейської частини Союзу, з нанесеними на ній ізолініями однакових модулів річкового збігу.

Розглядаючи цю мапу, бачимо, що водозбір р. Трубежа лежить у межах ізолінії однакового збігу від 2½ до 3,5 сек/л на кв. км. Очевидно пересічний багаторічний модуль збігу для р. Трубежа можна визначити в тих самих межах.

Для розрахунку висушних систем найбільше значення має не пересічний річний модуль збігу, бо він цілком уявний, а найреальніші норми збігу при літніх рівнях, протягом вегетаційного періоду, що їм дають назви „побутових“, „меженних“, „середньо-літніх“ тощо. На такі витрати, звичайно, ведеться розрахунок вис. шних систем.

Для визначення таких характеристичних рівнів і витрат р. Трубежа, ми опрацювали гідрометричні матеріали річок, що їх водозбори безпосе-

¹ Див. Трихвіль — „Модуль збігу в умовах Полтавщини“, Україн. Землепорядник, 1928 р., № 3—4.

² Див. О. Машкевич — „Нормы стока заболоченных водосбор. Московской губ.“, видання 1929., М. З. О.

³ Г. Тарасов — „Материалы к уточнению проектирования осушительных систем“, вид. ЗАПОМО, Смоленськ. 1929 р.

⁴ Див. Труды М. И. И. Т., том. IV-й.

редньо межують з водозбором р. Трубежа, а в цілому становлять лівобережну частину Лісостепу України. При чому для порівняння ми взяли водомірні варті, що їх спостереження найпевніші якістю і довготерміновістю.

Таблиця 1

№	Назва водозбору	Пункт спостер. (водомір. варт)	Площа водозбору кв. км	Термін спостереження
1	Супій	с. Дениси	1260	1914—1928
2	Оржиця	м. Яблуневе	720	1916—1923
3	Удай	с. Тишки	5806	1916—1910
4	Остер	х. Кривицький	2967	1925—1930
5	Хорол	м. Миргород	1955	1914—1930
6	р. Сула	м. Луком'я	15133	1914—1930
7	"	м. Лубні	13878	1914—1930
8	Трубіж	м. Переяслав	3314	1925—1930
9	"	с. Гостролуччя	1518	1916—1923

Для наведених у таблиці № 1 водомірних варт є матеріяли щоденних спостережень над рівнями води, крім того певна кількість замірених витрат річки при різних рівнях води, на підставі яких гідрометрична частина Г. М. К. побудувала криві залежності витрат від рівнів стосовно до нуля варті. Такі криві побудовані й застосовані до даних коливань рівнів для кожної водоварті.

З цих матеріялів зазначених гідрометричних варт узято характеристичні щомісячні рівні, як пересічні, медіанні тощо, за весь термін спостережень і на підставі кривих витрат визначено витрати відповідні цим рівням. Щоб можна було порівняти збіг з окремих водозборів, визначені витрати переведено на модулі збігу в сек/л з кв. км. Ці матеріяли вміщено в поясненні до згаданого проекту висушення боліт у долині р. Трубежа. Тут ми наводимо лише модулі збігу, одержані з пересічних цих значень за весь термін спостереження.

Назва водозбору	Водомірна варт	Термін спостереження	Пересічні			
			I	II	III	IV
Оржиця	м. Яблуневе	1916—23	3,45	3,91	4,55	4,39
			3,15	3,91	4,41	4,73
Супій	с. Дениси	1923—28	2,32	1,19	1,63	2,99
			2,32	1,91	1,49	2,82
"	"	1914—20	—	—	—	3,58
					3,71	2,58
Удай	с. Тишки	1916—23	2,14	1,87	4,31	5,39
			2,21	1,74	3,80	5,51
Остер	х. Кривицький	1925—30	0,54	0,39	0,89	6,54
			0,90	0,80	0,71	6,42
Хорол	м. Миргород	1914—20	0,29	0,48	0,72	0,86
			0,27	0,44	0,81	0,90
Хорол	м. Миргород	1925—30	0,72	0,42	4,24	5,61
			0,87	0,41	4,66	7,12

Одержані модулі збігу являють собою дуже різноманітний матеріал, як це почасти видно з таблиці № 2, де зведено лише пересічні величини за весь час спостереження. Шляхом вивчення цих даних виявлено, що матеріали по р. Удаю (с. Тишки) та по р. Остру (х. Кривицький) невірні через те, що водомірні варті в с. Тишках та х. Кривицькому, розташовані в низовинах р. Удая та Остра, знаходяться у підпорі водоприймачів цих річок, надто в першу половину літа; це визнає і гідрометричний відділ Г. М. К.

Отже, дані про збіг за першу половину року зіпсовано підпором водоприймачів для р. р. Удая та Остра, але починаючи з липня місяця, коли водоприймачі перестають підпірати водомірні варті, дані спостережень на них вірні й можуть характеризувати збіг на цих водозборах.

Дані про збіг р. Хорола очевидно переменшені, як старі до 1920 р., так і нові вже на другій водомірній варті, що її зорганізував після 1925 р. ГМК. Наймовірно низькі норми збігу з водозбору р. Хорола за цими матеріалами відзначив ще Д. Кочерін у згаданій вище праці.

Найпевніші матеріали про збіг річок Оржиці та Суноя, що безпосередньо межують водозборами з р. Трубежем, але й ці матеріали не без дефектів. Так дані про збіг р. Суноя стають придатними тільки починаючи з 1923 р., коли спущено великий став в с. Ташані, в підпорі якого була вартя в с. Денисах.

Для р. Оржиці ми маємо збіг перебільшений на час зимового періоду; очевидно режим цієї річки під льодом значно змінюється. Але для нашої мети, коли нам треба визначити збіг лише за вегетаційні літні місяці, матеріали для р. Оржиці на варті в м. Яблуневі цілком придатні й певні.

Як уже згадувалося, збіг р. Оржиці за цими ж таки матеріалами вивчав ще року 1927 інж. І. Вощенко; із тих графіків коливання рівнів на варті в с. Яблуневе, що він їх наводить у своїй праці, також видно, що весь зимовий час рівні в річці стоять такі само як і в квітні, травні місяцях, цебто вони напевно перебільшені.

Для характеристики збігу при межених рівнях в пересічних місячних модулях, що їх позначено в таблиці № 2, обраховані й зведені в таблиці № 3 модулі збігу, що відповідають пересічним рівням за вегетаційний період (травень—жовтень) в літні (червень—серпень) та осінні (вересень—листопад) місяці.

Таблиця 2

місячні модулі, сек/літр на кв. клм.								Характеристика
V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2,79	2,45	2,20	1,91	2,17	2,54	3,11	3,31	Пересічн. Медіан.
2,68	2, 6	2,06	2,07	2,33	2,51	3,18	3,27	
2,89	2,67	2,32	1,90	1,70	1,92	1,77	2,32	Пересічн. Медіан.
2,87	2,65	2,28	1,80	1,76	1,93	1,77	2,05	
3,45	3,33	2,55	2,51	3,21	3,04	3,82	3,77	Пересічн. Медіан.
3,44	3,15	2,53	2,58	3,02	3,03	3,49	3,70	
3,66	3,10	2,72	2,16	1,74	1,36	1,42	1,73	Пересічн. Медіан.
3,34	3,09	2,72	.14	1,88	1,38	1,28	1,87	
6,81	4, 3	3,79	2,61	1,32	0,94	0,81	2,60	Пересічн. Медіан.
6,50	4,45	3,71	3,27	2,61	1,14	0,90	1,22	
0,84	0,48	0,39	0,19	0,18	0,07	0,35	0,36	Пересічн. Медіан.
0,81	0,57	0,40	0,30	0,18	0,06	0,27	0,51	
1,83	0,87	0,39	0,22	0,22	0,20	0,27	0,31	Пересічн. Медіан.
1,82	1,06	0,39	0,23	0,23	0,21	0,63	0,51	

Таблиця 3

Назва водозбору	Назва водомірн. варті	Площа водозбору в кв. км	Термін спостережень	Пересічні модулі збігу сек./літр з кв. км			Назва характеристики
				Літн. Черв. Серп.	Осінь. Верес. Лист.	За вегетац. пер. Травень—Жовтень	
р. Оржиця . . .	м. Яблуневе	720	1916—1923	2,25	2,61	2,33	Пересічн.
			8 рок.	2,16	2,67	2,33	Медіанн.
р. Супій . . .	с. Дениси	1260	1923—28	2,24	1,79	2,16	Пересічн.
			6 рок.	2,24	1,82	2,21	Медіанн.
р. Супій . . .	с. Дениси	1260	1914—20	2,81	3,36	3,02	Пересічн.
			7 рок.	2,75	3,18	2,96	Медіанн.
р. Остер . . .	х. Кривиц.	2967	1925—30	3,61	1,02	2,01 ¹	Пересічн.
			6 рок.	3,84	1,39	2,14	Медіанн.
р. Удай . . .	с. Тишки	5806	1916—23	2,66	1,51	1,86	Пересічн.
			8 рок.	2,65	1,57	1,88 ¹	Медіанн.
р. Хорол . . .	м. Миргор.	1955	1925—30	0,49	0,23	0,62	Пересічн.
			6 рок.	0,56	0,36	0,66	Медіанн.
р. Трубіж . .	—	4390	—	1,59	1,83	2,08 ²	

Розглядаючи таблицю № 3, не можна не помітити, що розмір модуля збігу при меженних рівнях змінюється залежно від площі водозбору. Це надто помітно тоді, коли найпевніші дані звести в окрему таблицю.

Таблиця 4

Назва водозбору	Назва водомірн. варті	Площа водозб. в кв. км	Термін спостережень	Пересічні модулі збігу в сек./літр з кв. км		
				Літн. Черв. Серп.	Осінь. Верес. Лист.	За вегетац. пер. Травень—Жовтень
р. Оржиця . . .	м. Яблуневе	720	1916—1923	2,15	2,61	2,33
р. Супій	с. Дениси	1260	1923—1928	2,15	1,79	2,16
р. Удай	с. Тишки	5806	1916—1923	2,66	1,51	1,86
р. Сула	м. Луком'я	15133	1914—1930	—	—	1,60

В таблиці № 4 введені тільки пересічні значення модулів збігу (модулі, що відповідають медіанним рівням, мало різняться від пересічних).

Там таки для порівняння наведено модуль збігу для р. Сули, що має однакові умови збігу, але водозбір значно більший від розглянутих водо-

¹ На р. р. Удаю та Острі, в зв'язку з тим, що перші місяці вегетаційного періоду не мають вірних даних, взято пересічний збіг за 2-ге півріччя (липень—грудень) замість пересічного вегетаційного.

² Про спосіб одержати пересічні на р. Трубежу — дивись далі.

зборів. Дані про збіг р. Сули на 2-х водомірних вантах взято з ескізного проєкту регулювання цієї річки, де їх зведено в такий спосіб:

Таблиця 5

Водозбір	Назва водомірн. ванти	Термін спостер.	Площа водозбору	Пересіч. і низькі рівні		Пересіч. меж. рівні		Пересіч. вис. рівні	
				Витрат куб. м	Мод. с/л з кв. м	Витрат куб. м	Мод. с/л з кв. км	Витрат куб. м	Мод. с/л з кв. км
р. Сула . .	м. Луком'я	1914—30	15133	9,68	0,64	24,20	1,60	42,37	2,79
" . .	м. Лубні	1914—30	13876	8,88	0,64	22,20	1,62	38,86	2,82

З таблиці № 4 видно, що модулі збігу окремих річок не однакові, а змінюються в певній залежності від розміру площі водозбору цих річок, а саме: при збільшенні площі водозбору—модуль збігу зменшується. Таке явище відзначалося вже багато разів, його пояснюють різною мірою запізнення приливу води до пункту спостережень з водозборів неоднакового розміру. Отже, коли розмір пересічного багаторічного збігу за Д. Кочериним не залежить від площі водозбору, то для модуля збігу при меженних, або яких інших конкретних рівнях таку залежність можна вважати за очевидну.

В згаданому поясненні до проєкту висушення боліт в долині р. Трубежа ґрунтовно з'ясована майже повна аналогічність умов збігу з водозборів, що тут їх розглянено. Отже, ми не зробимо помилки, коли будемо вважати, що розмір збігу з водозборів, що їх зведено в таблиці № 4, змінюється тільки в наслідок зміни розміру площі водозбору при інших однакових умовах. Зробивши таке припущення, можна знайти математичний зв'язок між цими двома величинами.

$$\text{Ця залежність матиме такий вигляд: } q = \alpha \Omega^{-x}, \quad (\text{I})$$

де q —модуль збігу з водозбору в сек/літрах з одного кв. км, Ω —площа водозбору річки в кв. км.

α —коефіцієнт, постійний для розгляненої групи річок.

x —показчик, що ураховує запізнення пробігу води водозборів різного розміру. Цей показчик має від'ємний знак, бо зі збільшенням площі водозбору, модуль збігу зменшується. Користуючись зі збігу та площі водозбору окремих річок, уміщених в таблиці № 4, визначено коефіцієнт α і показчик рівняння (I) для кожної пари водозборів у такий спосіб:

$$\begin{aligned} q_1 &= \alpha \Omega_1^{-x} \\ q_2 &= \alpha \Omega_2^{-x} \end{aligned} \quad \text{Віднімаючи } x = \frac{\lg q_1 - \lg q_2}{\lg \Omega_2 - \lg \Omega_1} \text{ та } \alpha = \frac{\lg q_1 \lg \Omega_2 - \lg q_2 \lg \Omega_1}{\lg \Omega_2 - \lg \Omega_1}$$

Беручи пересічні з одержаних у такий спосіб значень x та α , знаходимо таку залежність модулів збігу від площ водозбору:

$$q = 5,145 \Omega^{-0,125} \quad (\text{II})$$

де значіння літер залишаються такі самі, як і для формули першої.

Вираховані за цією формулою модулі збігу, при середньо-меженних рівнях (за вегетативний період), для окремих пунктів річок мають незначне розходження проти раніше визначених за гідрометричними матеріялами, як це видно з таблиці № 6 на ст. 142.

Про розмір фактичного збігу з водозбору р. Трубежа, як уже зазначалось раніше, ми не маємо таких матеріялів, щоб їх можна було опрацювати в подібний спосіб.

Для того, щоб мати уявлення про збіг для р. Трубежа в поясненні до проєкту висушення боліт в його долині, зібрано всі витрати, що їх

Таблиця 6

№	Назва водозбору	Пункт спостережень	Площа водозбору	Модуль збігу при пересічн. вегетац. рівнях трав.—жовт.		% % розходження
				Спостережен.	Вирахований	
1	р. Оржиця	м. Яблунєве	720	2,33	2,344	+0,6%
2	Сушій	с. Дениси	1260	2,16	2,133	-1,0%
3	Удай	с. Тишки	5806	1,86	1,772	-4,8%
4	Сула	м. Луком'я	15133	1,60	1,575	-1,6%
5	Сула	м. Лубні	13878	1,62	1,596	-1,4%
6	Остер	х. Кривицьк.	2967	1,94	1,925	-0,7%
7	Трубіж	Устя	4380	—	1,835	—
8	. . . . .	Устя канави	3292	2,08	1,900	-8,5%
9	. . . . .	Межа кол. Чернігів. губ.	1245	—	2,141	—

замірено на р. Трубежі в різних пунктах, починаючи з 1913 р. до цього часу. Взято їх у гідрометричному відділі ГМК зі списків кол. Полт. губ. Земства. Кілька витрат за 1914р. взято з матеріалів проєкту, що їх опрацював інж. Д. Довбня.

Всього ми маємо відомостей про 62 замірені витрати р. Трубежа в різних його пунктах, в різні роки, переважно за літні місяці. Коли ці витрати згрупувати по місяцях, в які їх замірено, взяти з них пересічні, то, маючи на увазі, що це випадкові, цілком незалежні один від одного виміри, можна ними приблизно характеризувати збіг р. Трубежа надто за літні місяці, що в межах їх головню й групуються замірені видатки.

Таблиця 7

	Місяці												За вегетац. період травень—жовт.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кількість замірен. витрат	1	2	5	3	4	15	7	12	8	—	2	2	46
Пересічн. замір. витрати в сек./літ. з кв. км	0,88	4,03	0,71	21,8	3,59	1,87	1,29	1,61	2,05	—	1,10	1,31	2,08

В таблиці № 7 вміщено кількість витрат, замірених на кожний місяць і пересічні модулі збігу, що відповідають цим витратам.

Коли визначені в такий спосіб пересічні модулі збігу за вегетаційний період порівняти з модулями, вирахованими для р. Трубежа на підставі знайденої залежності розміру збігу від площі водозбору для суміжних річок, як це зроблено в таблиці № 6, то можна ствердити, що вони помітно не розходяться.

Отже, очевидно знайдену залежність збігу від площі водозбору при меженних рівнях для зазначеної групи річок можна такою ж мірою вважати за певну і для водозбору р. Трубежа.

Витрати річки в залежності від площі водозбору можна одержати з попереднього в такий спосіб:

$$Q = q\Omega \quad (\text{II})$$

або, користуючись із знайдених сучинників формули (I), матимемо:

$$Q = q\Omega = \frac{\alpha\Omega^{1-x}}{1000} = 0,001\Omega^{1-x} \quad (\text{IV})$$

де Q —витрата в куб. м/сек з даного водозбору Ω —площа водозбору в кв. км.

Треба відзначити, що наведену залежність збігу від площі водозбору, в умовах лівобережної частини Лісостепу України не можна вважати за остаточну, бо для цього опрацьовано покищо дуже обмежену кількість гідрометричних матеріалів, але треба мати на увазі, що гідрометричні спостереження на вартах Г. М. К. продовжуються; у зв'язку з цим питання це ближчими роками може бути опрацьоване ґрунтовніше і робота, що ми її проробили, може стати для цього за допоміжний матеріал.

Повертаючись до емпіричних формул, що з них користуються для визначення норми збігу заболочених річок Лісостепу України, треба зазначити, що більшість з них стосується не пересічно межених рівнів, а видих травневих, або високих літніх рівнів як ось формули О. Дубаха, Ю. Ланге та інш. Що собою уявляють ці високі літні рівні, в який зв'язок треба поставити їх з вимогами культивування рослин на висушеному болоті,—певних вказівок на це автори цих формул не дають. Єдину вимогу, що ставлять до цих витрат, а саме—щоб літні повіді не підіймали води вище рубу каналу і не заливали болота—треба тепер вважати за недостатню, бо вона гарантує тільки умови екстенсивного висушування болота.

Витрати при межених рівнях для більшості висушних систем Лісостепу України—визначено за формулою Ішковського:

$$Q \text{ см} = 0,7 \sqrt{Qm}, \text{ де } Qm = 0,03171 \text{ СмНF}, \quad (\text{V})$$

де Qm пересічна річна витрата в куб. м/сек., F —площа водозбору в кв. км, H —пересічна кількість опадів в метрах; $Сm$ та V коефіцієнти, що залежать від рельєфу й розміру водозборів.

Для умов водозбору р. Трубежа взято

$$Сm = 0,25, \quad H = 555 \text{ м/м, та } V = 0,6,$$

Витрати, визначені за цією формулою при відповідному коефіцієнті $Сm$, відповідають витратам р. Оржиці при пересічних межених рівнях, як це з'ясував І. Воцєнко¹.

Останнього часу інж. Ю. Трихвiлiв², проектуючи висушення болота Перевiд (доплив р. Удая), застосував до розрахунку норму збігу в 0,025 л в сек з одного га площі водозбору, при чому для інших болiт він рекомендує вводити до цієї норми коефіцієнт $\alpha = \sqrt{\frac{w}{w_1}}$ (VI)

де w_1 —площа водозбору р. Перевода, що дорiвнює 1350 кв. м З такими нормами погоджується й акад. Є. В. Оппоков³.

Нарешті пізніше проф. Я. Ненько⁴ запропонував свою формулу для визначення витрат при пересічних межених рівнях.

¹ Див. інж. І. Воцєнко—згадану роботу.

² Див. інж. Ю. Трихвiлiв—згадану роботу.

³ Див. Є. В. Оппоков—„Норми стоку для висушних робiт, зокрема в умовах України“, вміщ. в „Вістях“ І. В. Г. У. 1927—28 р., том II. ч. I.

⁴ Див. проф. Я. Т. Ненько—„Вiдносна величина весняного водозбігу“. Вміщен. в Техн. Віснику—Укр. М.—Т. Т-ва. Харків 1930 р., № 5 (травень)

Видатки р. Трубежа при пересічно меженних рівнях

№№	Назва пункту	Пікет магі-ст. каналу	Площа водозбору в кв. км	В и д а т к и							
				Визначені за матеріал. гідрометр. спостережень.		За Ішковським		За Трихвілевим		За формулою Я. Ненька	
				Q кб. м в сек.	M с/л на кв. км.	Q кб. м в сек.	M с/л на кв. км	Q кб. м в сек.	M с/л на 1 кв. км	Q кб. м в сек.	M с/л на кв. км
1	Межа кол. Чернігів. губ. . . .	728	1245	2,666	2,141	2,300	1,818	3,175	2,550	1,753	1,408
2	м. Барішівка . .	572	1580	3,286	2,080	2,919	—	3,792	2,400	2,231	1,412
3	Впад. р. Недри .	429	2791	5,412	1,939	5,158	—	5,932	2,125	3,973	1,420
4	„ р. Каратулі	228	3292	6,253	1,899	6,08	—	6,584	2,000	4,698	1,427
5	„ р. Альти . .	—	3848	7,171	1,863	7,143	—	7,407	1,925	5,507	1,431
6	Гирло р. Трубежа	0	4380	8,034	1,834	8,09	—	8,103	1,850	6,279	1,434

За всіма згаданими нормами ми підраховували витрати р. Трубежа в окремих його пунктах з різними площами водозбору і для порівняння звели в таблицю № 8.

Витрати, одержані за формулою Ішковського, мало різняться від тих, що визначили ми, але ці норми хибують на те, що дають однаковий модуль збігу при водозборах різного розміру, а це не відповідає дійсності.

Так само мало відрізняються витрати, обраховані за нормами Ю. Трихвілева, що відповідають умовам збігу бол. Перевід на Полтавщині.

Щодо норм збігу, які запропонував Я. Т. Ненько, то вони, як видно з таблиці № 8, дають переменшені витрати річки. Очевидно коефіцієнти формули Я. Ненько, які визначені на підставі вивчення збігу з порівнюючи великого водозбору р. Південного Бугу, потребують додаткового опрацювання і пристосування до умов збігу малих річок Лісостепу України.

Висновок

Метою цієї праці було визначити розрахункові норми збігу для висушної системи на бол. Трубіж на підставі гідрометричних спостережень над збігом річок суміжних водозборів. При цьому, завдання це полегшене тим припущенням, що модуль збігу цих річок при меженних рівнях змінюється тільки в залежності від розміру площі водозбору при інших однакових умовах. Знайдена в такий спосіб залежність норм збігу від площ водозбору добре пов'язується з пересічними показниками збігу згаданих річок Лісостепу, обрахованими на підставі даних гідрометричних спостережень над фактичним збігом цих річок. З другого боку ця залежність мало розбігається з емпіричними нормами, що їх вживають при проектуванні висушних систем Лісостепу. Отже, їх можна так само пристосувати для визначення збігу з інших водозборів Лісостепу України.

Але треба відзначити, що визначена залежність збігу від площі водозбору буде правдивою тільки для обмеженої території водозборів річок, що матеріяли про їх збіг порівнювалися вище, при коливанні площ водозбору від 720 до 15133 кв. км; до того ж ця залежність буде правдивою лише в міру повноти використання матеріялів.

Наведені обрахунки мають, на нашу думку, певну користь тим, що вони доповнюють матеріяли, які доводять правдивість норм збігу, покладених

в основу розрахунку цілого ряду висушних систем Лісостепу України (Супій, Ромен, Чумгак, Оржиця та інші), а також тим, що можуть бути за приклад уґрунтування норм збігу для висушних систем з поміччю послідовно опрацьованих матеріалів гідрометричних спостережень над збігом малих річок.

При проектуванні висушення болотяних масивів Лісостепу в суміжних водозборах, наведені матеріали можуть полегшити визначення норм збігу, надто коли доповнити їх аналогічними даними про збіг інших річок цього району за ті самі й пізніші роки і матеріалами інших водомірних варт на згаданих річках.

ЩЕ ПРО ГІДРОЛОГІЮ р. ВОВЧОЇ

Noch über die Hydrologie des Flusses Woltschja

1. Вступ

Р. Вовча, доплив р. Самари Дніпрової, є тепер об'єктом всебічного вивчення в зв'язку з висовуваними проєктами комплексного використання її через шлюзування як для потреб водного транспорту, так і для потреб промислового водопостачання і зрошення надбережних земель.

Бідні дані дійсних гідрометричних спостережень та вимірів на р. Вовчій і всій р. Самарі не дають змоги цілком докладно й певно висвітлити гідрологію цих річок; тим часом потреби поточного дня вимагають такого висвітлення, хоча б у першому практично прийнятному наближенні.

У т. IV, вип. „Вістей“ II ІВГУ (Київ, 1931 р.) ряд гідрологічних характеристик р. Вовчої коло різних її перекроїв дав був інж. В. А. Назаров; при цьому він виконав ряд збудовань і на підставі їх дав як величини помісячного стоку р. Вовчої коло м. Павлограду за період 1923—1929 р. р., так і норми стоку для Павлограду, Андрієвого—Клевцевого, с. Курахівки та Карлівки.

Дані, що їх поклав інженер В. А. Назаров в основу своїх розрахунків у згаданій статті та згодом їх трохи доповнив (у неопублікованій гідрологічній записці)², ми переглянули на завдання однієї з проєктних організацій. Зіставлення цих даних між собою разом з порівнянням їх із гідрометричними даними для с. Вільного на р. Самарі (нижче від впаду р. Вовчої) показало, що наслідки обчислень інженера В. А. Назарова в ряді випадків дають перебільшені величини. З другого боку, ми розглянули незачеплене в згаданому нарисі інж. В. А. Назарова питання про меженні та максимальні витрати р. Вовчої й Самари в ряді пунктів. Ці дані нашого вивчення цікаво буде навести нижче.

2. Оцінка вихідних матеріалів Гідрологічні висновки для р. Вовчої в розгляданих магістриальних матеріалах ґрунтуються на дуже неповних і недостатніх гідрометричних матеріалах, що стосуються переважно до таких водомірних постів: с. Вільне, м. Павлоград (р. Вовча), с. Васильківка і с. Андрієве-Клевцеве, а також до деяких інших пунктів.

Для названих чотирьох пунктів інж. В. А. Назаров збудував криві залежності витрат від рівнів і обчислив стік за те число літ, протягом яких коло згаданих пунктів роблено водомірні спостереження, а саме: в с. Вільному — за 1925—1929 р. р., в Павлограді — за 1923—1930 р. р., в Васильківці та в Андрієвому-Клевцевому — за частину 1929 і за 1930 р.

¹ Инж. В. А. Назаров, — Гидрологический очерк р. Волчьей, „Вісті“ ІВГУ, т. IV, вип. II, Київ, 1930.

² Ці неопубліковані додатки є такі: дано збудовану від інж. В. А. Назарова криву витрат на р. Самарі коло с. Вільного, обчислено стік на цьому пункті за період 1925—1929 р. р., перераховано знову зимовий стік для Павлограду, зменшивши колишні дані на вплив льодового покриття; повніше висвітлено питання про норми стоку; основні вихідні дані на Вовчій — криві витрат — лишилися ті самі, що й опубліковані.

На підставі наявних основних гідрометричних збудовань можна сказати таке:

1. Крива витрат р. Самари коло с. Вільного — з усіх збудованих кривих — базується на найбільшому числі точок вимірів. Нижня частина цієї кривої викликає сумніви, зокрема точки вимірів 1927 та 1928 р. р. не ув'язуються з рештою. Для високих вод не ясна роля підпору, робленого Дніпром у період проходження високих вод (згадка про це є в загальній формі у І. П. Кравченка)¹. Також виглядає сумнівною крива, збудована для обчислення зимового стоку.

Як видно, обчислення стоку для зимових періодів у чималій частині зимових сезонів за збудованою кривою мають бути перебільшені. Можна відзначити, що найменша витрата, давана збудованою кривою коло с. Вільного, дорівнює близько 4—5 м³/сек, тим часом як і сам автор і інші джерела (І. П. Кравченко) називають на період опрацювання для низів Самари найнижчі витрати порядку щось із 2 м³/сек.

2. Крива витрат і обчислення стоку по Павлограду є сумнівні з багатьох поглядів, а саме:

1) Зовсім не ясні можливі розміри впливу змінного підпору, що робить гребля, розташована нижче від водомірного поста (на 8 км).

2) Як видно, почасти в зв'язку з цим, маємо те, що точки вимірів дуже розкидані (до 420%), і є вони тільки в невеликому числі.

3) Зимові витрати підраховано при принципово невірному припущенні аналогії перебігу вартостей K ($K = \frac{Q_3}{Q_4}$) для Павлограду з іншими горішніми й низовими пунктами Вовчої та Самари.

4) Недосить надійна є, взята при збудуванні горішньої частини кривої, екстраполяція (з обліком співвідношення між площами сточищ) максимальної витрати, спостереженої на р. Самарі коло Новомосковського, бо цей останній пункт реєструє зміни режиму, що відбуваються не тільки на р. Вовчій, а й на р. Самарі, яка, можливо, має трохи інший режим.

Отже крива витрат для р. Вовчої коло Павлограду є зовсім ненадійна.

Можна відзначити, що точки виміряних витрат, перенесені до Павлограду (з відповідним зведенням) від Васильківки, геть усі лягають у координатних осях кривої багато лівіше, так само, як і ряд точок низових пунктів (Андріївки, Нової Колонії, Новомосковського та Вільного), виключаючи тільки по дві точки на цих останніх пунктах. Коли взяти на увагу, що режим коло низових пунктів визначається, крім р. Вовчої, також р. Самарою повище м. Павлограду, то кінець-кінцем буде цілком доречний висновок про ймовірне перебільшення витрат, які дає крива збудована від інж. В. А. Назарова для її нижньої частини, і про малу надійність цієї кривої — в її горішній частині.

3. Криві витрат збудовані для р. Вовчої коло Васильківки та Андрієвого-Клевцевого в тих їх частинах, що ґрунтуються на справжніх вимірах (цебто для Васильківки до $Q = 75$ м³/сек, а для Андрієвого-Клевцевого до $Q = 13—14$ м³/сек), не викликають особливих заперечень і сумнівів; що правда, даних для цих збудовань надто мало. Щодо горішньої частини кривої витрат для Васильківки, то цю екстраполяцію виконано за тим самим принципом, що й для Павлограду, цебто виходячи з максимальної витрати, виміряної в 1929 року коло м. Новомосковського, зведеної (за співвідношенням між площами) до Васильківки; безперечно з тих самих міркувань, що й для Павлограду, таке збудовання є сумнівне; можна було б цю екстраполяцію перевірити іншими посередніми способами.

Так само викликають сумніви взяті принципи підрахування зимового стоку, очевидно перебільшені (принаймні для першої половини зими).

¹ Река Самара Днепровская, И. П. Кравченко, Материалы к проекту проф. И. Г. Алешинского, IV вып. Москва, 1927 г.

Зважаючи на все вищесказане, розгляньмо наслідки виконаних від інж. В. А. Назарова обчислень стоку.
 Усі ці дані зведено в нижчеподаній таблиці I (для Павлограду не наведено даних за 1923—24 р. р., бо їх забракував сам автор обчислень, вважаючи на непевність даних про рівні 1924 р. і мабуть 1923 року).

А. Обчислений стік (у м³/сек)

Таблиця 1

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1925	Вільне	5,7	11,1	14,1	9,2	9,3	9,1	21,5	13,4	10,7	9,8	10,6	17,9	11,9
	Павлоград . . .	3,4	4,3	5,6	2,7	2,2	2,3	11,	7,4	7,7	4,3	6,0	16,2	6,1
1926	Вільне	8,0	4,8	100,6	94,0	17,3	18,6	8,2	6,5	7,0	7,6	7,5	6,8	24,0
	Павлоград . . .	9,2	6,8	84,2	35,3	9,1	16,4	4,3	3,2	2,9	6,8	7,7	4,6	15,8
1927	Вільне	6,0	5,4	81,5	19,0	9,8	9,3	8,0	8,4	7,7	7,8	5,3	5,1	14,6
	Павлоград . . .	4,5	3,3	45,7	9,5	5,6	4,3	3,7	3,7	2,4	2,5	3,1	1,8	7,5
1928	Вільне	5,9	43,4	25,7	103,5	9,2	10,9	9,6	8,8	8,6	7,9	8,0	7,6	20,5
	Павлоград . . .	2,7	60,5	29,0	51,2	6,2	7,2	6,6	8,2	6,8	6,0	9,5	4,9	16,3
1929	Вільне	12,0	7,7	21,5	406,2	26,7	8,6	7,3	6,7	8,7	5,3	13,3	9,2	43,7
	Павлоград . . .	11,0	7,6	29,0	255,0	18,7	9,3	9,5	5,9	3,9	3,4	8,4	5,9	30,2
	Васильківка . .	—	—	—	178,0	7,9	2,7	2,1	1,1	0,9	0,9	0,9	1,1	—
	Андр.-Клевц. . .	—	—	—	—	3,42	0,77	0,43	0,54	0,71	0,40	0,55	0,61	—
1930	Павлоград . . .	5,2	5,3	9,6	8,4	8,2	7,6	7,4	3,7	7,3	6,4	7,9	—	—
	Васильківка . .	1,6	1,6	3,6	1,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,9	0,7	1,0	—	—
	Андр.-Клевц. . .	0,66	0,49	2,83	0,90	0,19	0,35	0,43	0,32	0,48	0,45	0,48	—	—

В. Норми стоку (м³/сек)

Вільне	7,5	14,5	65,5	144,0	14,5	11,3	11,0	8,8	8,1	7,7	8,9	9,3	25,8
Павлоград . . .	6,0	14,9	45,6	70,2	8,3	7,9	7,1	5,4	5,1	4,9	7,1	5,6	15,5
Васильківка . .	3,4	3,3	51,3	49,0	7,9	4,0	3,0	2,2	1,7	1,7	2,2	11,1	11,1
Андр.-Клевц. . .	1,8	1,8	27,3	26,1	4,4	2,1	1,6	1,2	0,9	0,9	1,2	1,2	5,

С. Норми стоку в модулях (л/сек з 1 кв. км)

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Вільне	0,37	0,72	3,25	7,15	0,72	0,56	0,55	0,44	0,40	0,38	0,44	0,46	1,28	
Павлоград . . .	0,47	1,17	3,57	5,5	0,65	0,62	0,56	0,42	0,40	0,38	0,56	0,41	1,22	
Васильківка . .	0,30	0,29	4,5	4,3	0,69	0,35	0,26	0,19	0,15	0,15	0,19	0,19	0,97	
Андр.-Клевц. . .	0,30	0,29	4,5	4,3	0,69	0,36	0,26	0,19	0,15	0,15	0,19	0,19	0,97	

У дальшій таблиці 2 даємо зіставлення одержаних у інж. В. А. Назарова вартостей стоку для різних реальних років у модулях (в л сек з 1-кв. км).

Таблиця 2

Обчислений стік у модулях

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1925	Вільне	0,29	0,55	0,70	0,46	0,46	0,45	1,07	0,67	0,53	0,49	0,53	0,89	0,59
	Павлоград	0,27	0,34	0,44	0,21	0,17	0,18	0,86	0,58	0,60	0,34	0,47	1,27	0,48
1926	Вільне	0,40	0,24	4,98	4,68	0,86	0,92	0,41	0,32	0,35	0,38	0,37	0,34	1,19
	Павлоград	0,72	0,53	6,60	2,77	0,71	1,29	0,34	0,25	0,25	0,53	0,53	0,60	1,24
1927	Вільне	0,30	0,27	4,05	0,94	0,49	0,46	0,40	0,42	0,38	0,39	0,25	0,25	0,72
	Павлоград	0,35	0,26	3,58	0,75	0,44	0,31	0,29	0,19	0,20	0,24	0,24	0,14	0,59
1928	Вільне	0,29	2,16	1,28	5,13	0,46	0,54	1,48	0,44	0,43	0,39	0,40	0,38	1,02
	Павлоград	0,21	4,74	2,27	4,01	0,49	0,56	0,52	0,64	0,53	0,47	0,75	0,38	1,28
1929	Вільне	0,50	0,38	1,07	20,16	1,33	0,43	0,39	0,3	0,33	0,26	0,66	0,46	2,17
	Павлоград	0,86	0,66	2,27	20,00	1,47	0,73	0,75	1,46	0,31	0,27	0,66	0,46	2,37
	Васильк.				15,65	0,69	0,21	0,18	0,10	0,08	0,08	0,08	0,09	
	Андр.-Клевц.					0,56	0,13	0,07	0,09	0,12	0,07	0,09	0,10	
1930	Павлоград	0,41	0,42	0,75	0,66	0,64	0,60	0,58	0,29	0,57	0,50	0,62	—	0,54
	Васильківка	0,14	0,14	0,32	0,15	0,06	0,07	0,05	0,06	0,08	0,08	0,09	—	0,11
	Андр.-Клевц.	0,11	0,08	0,47	0,15	0,03	0,06	0,07	0,05	0,18	0,07	0,08	—	0,108

Нарешті, в таблиці 3 даєм зведення опадів і температур для років опрацювання на сточищах Вовчої та Самари.

Таблиця 3

А. Оподи на всьому сточищі р. Самари до Вільного

Роки	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1925	10	10	20	15	67	84	120	89	26	68	80	54	643
1926	14	10	31	20	61	54	22	26	78	35	2	47	400
1927	10	12	20	61	18	29	62	56	31	37	37	44	411
1928	6	15	6	9	29	58	24	64	19	52	43	56	381
1929	22	4	9	30	55	40	52	21	9	18	16	15	291
1930	45	14	21	29	58	74	24	61	31	63	32	32	454
Перес.- многор. 1892—1928	26	20	25	29	47	63	65	41	30	34	32	32	436

В. Оподи й температури на сточищі р. Вовчої

Роки	О п а д и												Рік	Температури				Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	
1925	10	11	20	13	66	90	120	88	18	17	89	56	658	-3,4	8,9	19,3	8,9	8,7
1926	16	10	33	20	63	57	30	31	95	32	2	42	431	-5,5	7,8	19,8	8,4	7,6
1927	8	14	20	65	18	1	73	59	29	40	42	48	447	-5,9	8,6	21,9	9,5	7,9
1928	7	17	7	9	25	66	23	52	20	49	47	57	380	-8,3	5,6	18,9	12,9	6,6
1929	26	5	12	31	49	38	45	21	9	19	18	18	289	-8,3	5,3	21,6	9,4	6,9
Пересічн. многор. 1892—1928	25	19	25	30	47	64	56	41	29	34	34	33	437	-5,1	7,5	20,5	8,1	7,7

Нагадаймо, що величини площів сточищ до кожного з розгляданих пунктів виражаються такими числами:

Вільне — 20 150 кв. км Васильківка — 11 380 кв. км
 Павлоград — 12 760 „ „ Андр.-Клевц. — 6 067 „ „

себто маємо перехідні коефіцієнти:

$$\frac{\text{Павлоград}}{\text{Вільне}} = 0,63; \quad \frac{\text{Васильківка}}{\text{Павлоград}} = 0,892;$$

$$\frac{\text{Андрієве-Клевцеве}}{\text{Васильківка}} = 0,53; \quad \frac{\text{Андрієве-Клевцеве}}{\text{Павлоград}} = 0,475;$$

або інакше — йдучи від горішнього з розгляданих пунктів (Андрієве-Клевцеве) і взявши площу його сточища за 1, маємо співвідношення: 1 : 1,87 : 2,10 : 3,35.

Аналіза даних, наведених у таблицях 1 та 2, показує ось що:

1) В ряді випадків окремими місяцями зими, літа і навіть весни (II та III 1928 р.) пересічно-місячні вартості стоку по Павлограду були відносно й навіть абсолютно *на багато більші, як коло села Вільного*.

2) Стік коло Павлограду в літньо-зимові місяці дуже великий — в 4-5-10 разів *більший, ніж коло Васильківки* (при співвідношенні між площами сточищ 0,892).

3) Стік коло Васильківки добре пов'язується зі стоком коло Андрієво-Клевцевого, модулі стоку цих обох пунктів взагалі близькі один до одного.

4) Коли взяти весняний сезонний стік коло Вільного, Павлограду і для площі сточища власне річки Самари, одержаний, як різниця стоків для перших двох пунктів, то дістанемо таку табличку (роки 1925 та 1930 перепущено, бо вони не мали помітної весняної поводи):

Таблиця 4

	Вільне		Павлоград-Вовча		Р. Самара до Вовчої		Взяті місяці	Число взятих місяців
	Qм³/сек	Модуль	Qм³/сек	Модуль	Qм³/сек	Модуль		
1926	70,5	3,5	43	3,37	27,5	3,8	III—V	3
1927	50,0	2,47	27,5	2,15	22,5	3,07	III—IV	2
1928	57,6	2,87	47,0	3,69	10,6	1,45	II—IV	3
1929	151	7,5	101	7,95	50,0	6,9	III—V	3

Як видно з таблиці 4, року 1928 маємо по Павлограду непомірно вищі вартості сезонного весняного стоку, ніж по Вільному і по самій річці Самарі; така сама картина, не так виразно виявлена була й 1929 року. Звідси дозволено буде висловити здогад про можливе, за деяких умов, перебільшення весняного сезонного стоку коло Павлограду.

Розміри цього перебільшення наближено можна оцінити:

$$\begin{aligned} \text{Для 1928 р.} & \text{— близько } 23\% \\ \text{„ 1929 р.} & \text{— „ } 5\% \text{—} 10\% \end{aligned}$$

коли визнати за вірнішу рівність модулів весняного сезонного стоку для всіх розгляданих трьох сточищ.

Виходить, що Павлоград дає перебільшені вартості і коли рівняти з низовим пунктом Вільним, і коли рівняти з дуже близьким горішнім пунктом Васильківкою. Цю дивну і нічим іншим нез'ясовну річ можна пояснити тільки одним: обчислений стік по Павлограду в перебільшений,

бо в противному разі слід було б припустити можливість чудного зменшення стоку в трьох різних пунктах: Васильківці, Андрієвому-Клевцевому та Вільному, надійніших, ніж у Павлограді.

Висновок наш цілком збігається з тими загальними зауваженнями, що їх ми зробили вище в пункті 2, оцінюючи збудовані від інж. В. А. Назарова криві витрат.

З другого боку, наші висновки усувають наведений від інженера В. А. Назарова дуже мало ймовірний здогад, що коло Павлограду може бути дуже потужний вихід ґрунтових вод; коли такий здогад правдивий, то все ж лишається зовсім нез'ясовний факт, що павлоградські витрати перевищують витрати і коло села Вільного.

Далі можна відзначити таке: інж. В. А. Назаров висловлює припущення, що різницю в витратах коло Васильківки та Павлограду можна почасти покласти на карб наявного споживання води для потреб промисловости. З цього приводу, можна зауважити:

1) Коли навіть цілком задовольняти потреби промисловости, то й тоді треба буде близько $1,72 \text{ м}^3/\text{сек}$, тим часом як 1930 р. павлоградські витрати перевищують васильківські в ряді місяців на $6-7 \text{ м}^3/\text{сек}$.

2) Зужитковання води для місцевих потреб, навіть коли б воно було велике, ніяк не поясняє гострого збільшення водоносности на ділянці Васильківка - Павлоград¹.

З даних, наведених у таблиці 3, можна зробити висновок загального характеру про режим р. Вовчої. Таблиця 3 показує, що маловодному рокові 1925 відповідають дуже великі опади, але високі зимові температури, а многоводному 1929 рокові — навпаки — дуже малі опади, але низькі зимові температури. Виходить, що величина стоку річки Вовчої не є в жодному безпосередньому зв'язку з річними кількостями опадів і визначається мабуть складним, необліченим взаємним впливом чинників розподілу опадів в окремий сезон року.

Отже виведені в інж. В. А. Назарова вартості стоку для Павлограду на підставі наявних даних треба вважати за перебільшені.

Вищенаведені дані дають підставу сумніватися в правдивості не тільки помісячних та окремих річних характеристик стоку, а навіть і взятої в інж. В. А. Назарова пересічно-многорічної норми стоку для Павлограду.

Справді, норма стоку для Павлограду виведена з пересічного стоку за 1925—1930 р. р., збільшеного на поправку до весняного стоку на відхили зимових опадів за розглядааний період від многорічної норми за період 1892—1929 р. Значить до пересічного многорічного стоку по Павлограду ввійшли перебільшені річні вартості стоку за період 1925—1930 р. р.

¹ Після того, як ми розглянули наявні матеріяли для Вовчої, одержані були нові дані вимірів витрат по Васильківці та Андрієвому-Клевцевому, що їх виконав Гімек 1931 р. Щоправда, вони ще остаточно не перевірені. Ці дані, коли їх порівнювати з розгляденими, дають для Андрієвого-Клевцевого трохи менші співвідношення між витратами й рівнями, ніж за колишніми даними. Іншу картину маємо для Васильківки.

В цьому останньому разі нові виміри 1931 року лягають на графіку збудованої кривої витрат так: для рівнів у межах 160—220 — на колишню криву, а для рівнів 170—100 (цебто коли $Q = 9-28 \text{ м}^3/\text{сек}$) праворуч від збудованої кривої приблизно на $3-4 \text{ м}^3/\text{сек}$. З цього приводу можна зауважити: 1) розглядані витрати ще остаточно не перевірені; зокрема сумнівні в них викликає наявний факт рівности пересічних швидкостей для відносно чималої амплітуди вимірів; 2) коли припустити все ж, що ці витрати вірні, виникає сумнів, чи не було в даному разі особливих умов проходження витрат, цебто таких, що при них попередні виміри також можуть бути вірні (як і обчислення стоку) і 3) нарешті, коли припустити, що нові виміри вірні, то все ж нев'язка між вартостями стоку коло Васильківки та Павлограду не зникає, бо все ж павлоградські витрати будуть у ряді місяців більші від васильківських майже вдвічі коли співвідношення між площами дорівнює 0,892).

Отже розглядані нові дані для Васильківки суті наших загальних висновків зовсім не міняють.

Не маючи даних додаткових справжніх вимірів, нема ніяких досить надійних способів, щоб певно визначити величини згаданого ймовірного перебільшення.

Такий оцін можна зробити тільки грубо наближено. Для цього будемо виходити з таких засад: 1) крива витрат коло Вільного геть надійніша, ніж коло Павлограду, так само як і обчислення стоку для цього першого пункту; 2) не такі надійні по Вільному витрати та стік, що стосуються до дуже низьких рівнів; 3) крива витрат для Павлограду, взагалі кажучи, дає перебільшені вартості; 4) модулі пересічно-місячного та річного стоку р. Вовчої, взагалі кажучи, як це видно з наявних матеріалів, мають бути нижчі, ніж модулі стоку по Самарі до Вільного; 5) модулі Васильківки та Андрієвого-Клевцевого для 1929 й 1930 р. р. надійніші, ніж павлоградські.

Зробивши ці припущення, можна залишити дані про стік за 1925 та 1927 роки по Павлограду без змін, а до даних про стік за 1926, 1928, 1929 та 1930 р. р. внести ряд поправок на зменшення обчисленого стоку по Павлограду. Це зменшення робимо для літньо-зимових місяців розміром близько 0,50—0,60 від витрат коло Вільного, зважаючи на дані по Вільному; до весняних періодів робимо поправки тільки для 1928 та 1929 року розміром, що намічений раніше; тоді дістанемо такі помісячні (таблиця 5) і річні (таблиця 6) вартості стоку по Павлограду.

Таблиця 5

Виправлений стік по Павлограду

Рік	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	VIІ	Рік
1925	3,4	4,3	5,6	2,7	2,2	2,3	11,0	7,4	7,7	4,3	6,0	16,2	6,1
1926	4,0	2,4	84,2	35,3	9,1	9,0	4,3	3,2	2,9	8,8	8,8	3,4	13,8
1927	4,5	2,3	45,7	9,5	5,6	4,3	3,7	8,7	2,4	2,5	3,1	1,8	17,5
1928	2,7	45,5	24	47,2	4,5	6,0	4,8	4,4	4,3	4,0	4,0	3,8	12,2
1929	6,0	4,5	25	241,0	12,5	4,3	3,7	8,3	4,4	2,7	6,7	4,7	27,0
1930	2,5	2,5	4,5	2,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	2,0	2,5	2,0

Таблиця 6

	За колишніми даними		Виправлені дані		Стік коло Вільного		Стік коло Васильківки	
	м ³ /сек	модулі	м ³ /сек	модулі	м ³ /сек	модулі	м ³ /сек	модулі
1925	6,1	0,48	—	—	11,9	0,59	—	—
1926	15,8	1,24	13,8	1,08	24,0	1,19	—	—
1927	7,5	0,59	—	—	14,6	0,72	—	—
1928	16,3	1,28	12,2	0,96	20,5	1,02	—	—
1929	30,2	2,37	27,0	2,12	43,7	2,17	20,6	1,88
1930	7,1	0,54	2,0	0,156	—	—	1,3	0,114
перес.	13,9	1,09	11,70	0,92	22,9	11,4	—	—

Виходить, що ми дістали пересічно-річний стік по Павлограду за період 1925—1930 р. р. менший від одержаного в інж. В. А. Назарова приблизно на 19%.

Звідси норма стоку для Павлограду, коли в пересічному за період 1925—1930 р. р. зробити за інж. Назаровим поправку на відхил у ці роки перебігу опадів та температур від пересічно-многорічного за період 1892—1929 р. р., визначиться так:

$$Q_0 = 11,73 + 1,7 = 13,4 \text{ м}^3/\text{сек}, \text{ або} \\ M_0 = 1,05 \text{ л/сек з 1 кв. км}$$

або, закруглюючи до десятих, остаточно візьмемо: $M_0 = 1,10 \text{ л/сек}$ з кв. км (проти колишніх $Q_0 = 15,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ та $M_0 = 1,22 \text{ л/сек}$ з 1 кв. км).

Норму стоку для Васильківки та Андрієвого-Клевцевого визначити, незалежно від інших пунктів, важко і так само мало надійно, як коли наближено взяти її, вважаючи на павлоградську.

Тим то беремо її наближено, як рівну з павлоградською, трошки зменшуючи останню, а саме, вважаємо:

$$M = 1,00 \text{ л/сек з 1 кв. км}$$

5. Річні витрати р. Вовчої Наші нові ймовірні вартості норми стоку та пересічно-річного стоку дають змогу перерахувати вартості стоку, відповідні до різних категорій забезпеченості.

Користуючися з методи інж. Д. Л. Соколовського, визначаємо коефіцієнти варіації для Павлограду за даними 1925—1930 р. р.

Таблиця 7

Роки	М модулі	К мод. коеф.	(K-1)	(K-1) ²
1925	0,48	0,435	0,565	0,3190
1926	1,08	0,98	0,02	0,0004
1927	1,59	0,535	0,465	0,2102
1928	0,96	0,87	0,13	0,0169
1929	2,12	1,92	0,92	0,8464
1930	0,156	0,142	0,858	0,7361
				2,1350

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = \sqrt{0,402} = 0,63$$

Коли $C_v = 0,63$, послугуючися графіками інж. Соколовського¹, дістаємо ймовірні витрати для різних вартостей забезпеченості.

Зауважмо, що, коли пересічно місячні вартості стоку коло Павлограду за 1930 рік, орієнтуючись на виміри 1931 року коло Васильківки, збільшити навіть на 3—4 м³/сек, то норма стоку збільшиться відповідно на $\frac{3,5}{7} = 0,58 \text{ м}^3/\text{сек}$, себто замість одержаного в нас вище $Q_0 = 13,4 \text{ м}^3/\text{сек}$ й модуля $M_0 = 1,05$, ми матимемо:

$Q_0^1 = 13,4 + 0,58 = 13,98 \text{ м}^3/\text{сек}$; $M_0 = 1,09 \text{ л/сек}$ з 1 кв. км, цебто число, що майже збігається з узятим у нас за розрахункове.

Відзначім також, що для другого приблизного варіанту ми були підраховали ймовірні вартості стоку коло Павлограду, виходячи з припущення про приблизну рівність цього стоку в усі роки спостережень з тими співвідношеннями, що були 1925 та 1927 р. р., цебто в роки, коли стік по Павлограду цілком пов'язується зі стоком по Вільному (цебто 0,51). У цьому варіанті одержано: $Q_0^1 = 12,4 \text{ м}^3/\text{сек}$, $M_0 = 0,98 \text{ л/сек}$ з 1 кв. км.

¹ Инж. Д. Л. Соколовский.—Применение кривых распределения к установлению вероятных колебаний годового стока рек Европ. части СССР. Гостехиздат, Лнгр., 1930 г.

Таблиця 8

Забезпеченість у %%	Імовірність повторення	Модульн. коеф.	Річний модуль	Річна витрата м ³ /сек
1%	1 рік многоводн. на 100 рок.	3,0	3,30	42,0
3 "	" " " " 3 "	2,4	2,63	33,5
5 "	" " " " 20 "	2,18	2,40	30,5
10 "	" " " " 10 "	1,82	2,00	25,5
20 "	" " " " 5 "	1,43	1,57	20,0
25 "	" " " "	1,32	1,45	18,5
50 "	" " " "	0,87	0,95	12,1
75 "	" " " "	0,54	0,59	7,5
80 "	1 рік маловодн. на 5 рок.	0,47	0,517	6,60
90 "	" " " " 10 "	0,34	0,375	4,75
95 "	" " " " 20 "	0,25	0,275	3,50
97 "	" " " " 33 "	0,19	0,210	2,67
99 "	" " " " 100 "	0,13	0,143	1,83

Тоді вартість C_p за період 1925—1930 р. р. визначилася як рівна 0,56, а найголовніші категорії забезпеченості одержано такі:

99 ⁰ / ₀ —1,7 м ³ /сек	90 ⁰ / ₀ —4,5 м ³ /сек
97 "—2,6 "	80 "—6,1 "
95 "—3,2 "	50 "—11 "

Про цей варіант ми згадали на те, щоб відігнати деяку умовність крайніх вартостей характеристик забезпеченості, одержуваних за Соколовським при недостатньому числі років спостережень; так само, коли для першого варіанту взяти при колишній нормі стоку тільки перші 5 років спостережень, виключивши 1930 р., то дістанемо $C_p=0,59$, а це дасть:

99 ⁰ / ₀ —1,96 м ³ /сек	90 ⁰ / ₀ —5,05 м ³ /сек
97 "—2,95 "	80 "—6,9 "
95 "—3,65 "	50 "—12,4 "

Зіставмо вартості забезпеченості, одержані за таблицею 8, з вартостями для реальних років спостережень по Вільному та Павлограду, а також з вартостями забезпеченості для Павлограду, які фігурують у інж. В. А. Назарова і виведені на підставі його даних.

Таблиця
Забезпеченості пересічно-річних витрат

Р о к и	Забезпеченість по Вільному	Забезпеченість по Павлограду	
		за нашими даними	за інж. В. А. Назаровим
1925	94—95%	83—85%	Близ. 85%
1926	48—50%	40—45%	40—45%
1927	84—86%	75—77%	Близ. 80%
1928	60—70%	50—52%	35—40%
1929	7—8%	Близ. 8%	Близ. 8%
19.0	—	Близ. 100%	80—85%

Наведені числа показують, що 1925 рік дав трохи непогоджені між собою вартості забезпеченості для Вільного та Павлограду — за обома варіантами обчислень для Павлограду. Наш варіант дав трохи згіднішу з наявними даними картину для 1930 року та 1928 року, ніж варіант розглядуваної записки.

Не надаючи особливої ваги відзначеним розходженням, в зв'язку з відносною умовністю характеристик забезпеченості взагалі і в даному разі зокрема, можемо проте зробити такі здогади: 1) або стік коло Вільного року 1925 зменшений, 2) або стік коло Павлограду 1925 року збільшений, 3) або режим річки Самари коло Вільного, визначуваний режимом не тільки самої річки Вовчої, а й річки Самари повище Павлограду, має перебіг відмінний від перебігу режиму річки Вовчої.

Ми гадаємо, що друге й третє припущення найімовірніші, а проте це питання можна було б розв'язати напевне тільки після вивчення матеріалів, які можуть схарактеризувати режим річки Самари повище Павлограду.

Взявши умовно, що наближені дані таблиці 8 відповідають дійсності, можемо намітити наближені вартості розрахункової пересічно-річної витрати по Павлограду:

1 варіант — 95% забезпеченості	= 3,50 м ³ /сек
2 " — 90% " "	= 4,75 " "
3 " — 80% " "	= 6,60 " "

Можливі відхилення від цих величин окремими роками видно з таблиці 8.

Щоб перейти до можливих вартостей пересічно-річного стоку коло Васильківки та Андрієвого-Клевцевого, візьмим наближено коефіцієнти варіації однакові з Павлоградом. Тоді матимемо такі пересічно-річні витрати в м³/сек, коли норми стоку взяти в двох варіантах: $M_1=1,00$ та $M_2=1,10$ л/сек з 1 кв. км.

Таблиця 10

В а р і а н т и	м ³ /сек Васильківка		м ³ /сек Андр.-Клевцеве	
	$M_1=1,00$	$M_2=1,10$	$M_1=1,00$	$M_2=1,10$
1 варіант — 95% забезпеч.	2,81	3,12	1,51	1,66
2 " 90% "	3,85	4,25	2,05	2,26
3 " 80% "	5,33	5,86	2,85	3,13

Для інших вартостей забезпеченості матимемо:

Таблиця 11

	В а с и л ь к і в к а		Андр.-Клевцеве	
	$M_1=1,00$	$M_2=1,10$	$M_1=1,00$	$M_2=1,10$
99% забезпечен.	1,48 м ³ /сек	1,62 м ³ /сек	0,79 м ³ /сек	0,86 м ³ /сек
50% " "	9,9 " "	10,6 " "	5,25 " "	5,75 " "
Ймовірн. перес. річн. стік	11,4 " "	12,5 " "	6,06 " "	6,65 " "

Зіставмо одержані дані вартості стоку з спостереженими в дійсності.

Проекстраполювавши (вважаючи на перебіг рівнів по найближчих постах) дані спостережень коло Васильківки за 1929 рік на I, II, III та XII місяці, можна наближено дістати таке ймовірне число пересічно-річного стоку для цього року:

$$\frac{195,6 + 54 + 2 + 2}{12} = 21,2 \text{ м}^3/\text{сек.},$$

або модуль стоку $M=1,85$ л/сек. з 1 кв. км (число— 54 м³ сек. дістаємо так: $(138+20+5) \times \frac{1}{3} = 163$; $163 \cdot \frac{1}{3} = 54$ м³/сек, де 138 м³/сек.—спостережений стік від 22 до 31 березня 1929 року)¹.

Ця витрата відповідає забезпеченості близько 10^0 , і це добре збігається з даними для Павлограду.

1930 року спостерігали: у Васильківці коли $1,3$ м³/сек, в Андрієвому-Клевцевому—коло $0,66$ м³/сек; ці числа близько підходять до забезпеченості на 99%.

У вищенаведених випадках дійсні дані про стік по Васильківці та Андрієвому-Клевцевому краще пов'язуються з павлоградськими, коли брати норму стоку, що дорівнює $1,00$ м³/сек з 1 кв. км. Цю норму й візьмемо за розрахункову. Тоді остаточно матимемо:

	Васильківка	Андрієво-Клевцев
1 вар.—95% забезпечен.	2,84 м ³ /сек	1,51 м ³ /сек
2 „ —90% „	3,85 „	2,05 „
3 „ —80% „	5,33 „	2,85 „

Отже щодо перебігу річного стоку, наші числа дають такі розходження з колишніми для р. Вовчої (див. табл. 12.):

Таблиця 12

Пункти	Норми стоку—модулі	Стік відповідний до забезпеченості							
		80%		90%		95%		99%	
		м ³ /сек	Мод.	м ³ /с.	Мод.	м ³ /с.	Мод.	м ³ /с.	Мод.
1. Павлоград .	Наші дані 1,10	6,60	0,517	4,75	0,375	3,50	0,275	1,83	0,143
	Кол. 1,22	7,50	0,59	5,2	0,41	4,00	0,31	2,00	0,16
2. Васильківка .	Наші дані 1,00	5,33	0,47	3,85	0,34	2,84	0,25	1,48	0,13
	Кол. 0,97	5,40	0,47	3,80	0,33	2,70	0,24	1,50	0,13
3. Андр.-Клевцеве	Наші дані 1,00	2,85	0,47	2,05	0,34	1,51	0,25	0,79	0,13
	Кол. 0,97	2,7	0,45	1,9	0,32	1,4	0,23	0,7	0,12

Як видно з таблиці 12, більш-менш істотні розбіжності маємо тільки для Павлограду, а саме 11% для норми стоку і близько 13,6% для забезпеченості на 80%.

Проте, оскільки у водногосподарчих розрахунках по Вовчій обчислення для многорічного регулювання водоїмища коло Андрієвого-Клевцевого ґрунтуються на даних по Павлограду (зведених за співвідношенням площ до Андрієвого-Клевцевого), відзначена різниця може трохи змінити розрахунки, і до того на гірше, надто коли при обчисленні по Андрієвому-Клевцевому виходити з потреби зменшити павлоградські дані ще на співвідношення взятих норм стоку. Ще помітніші розбіжності з колишніми даними маємо в наслідках наших перерахунків ймовірних пересічно-місячних вартостей стоку для Павлограду, виправлених, як це сказано було вище (див. табл. 5).

Треба застеретися, що наші розрахунки, звісна річ, є дуже грубі й ґрунтуються на досить наближених припущеннях. Проте, гадаємо, що вони все ж ближче підходять до правди, ніж колишні, бо 1) наші числа

¹ Див. цитовану статтю інж. В. А. Назарова, ст. 51.

усувають наявні в інж. Назарова суперечності, 2) наші числа, відповідаючи взятим у нас співвідношенням витрат коло Павлограду та Вільного, ближче підходять до тієї можливої питомої ваги в режимі р. Самари коло Вільного, яку мають як р. Вовча, так власне й р. Самара (повище Павлограду); відомо бо, що кількість опадів у сточищі цієї останньої більша, ніж у сточищі р. Вовчої¹, а перебіг температур — сприятливіший більшому стокові, ніж у сточищі р. Вовчої, — отже можна гадати, що модулі стоку р. Самари (повище Павлограду) повинні бути більші від модулів для р. Вовчої.

6. Меженні витрати.

За меженні витрати вважаємо умовно ті, що відповідають сезонів з VI до XI включно, цебто за 6 літніх місяців. Можна відзначити, що на річці типу р. Вовчої річна забезпеченість ажніяк не характеризує питомої ваги спостережених літніми місяцями величин стоку, бо відповідно до особливостей режиму р. Вовчої річні вартості стоку залежать переважно від стоку весняного й тільки но почасти від півднього й заливного, що буває влітку (див. табл. 1).

Будемо шукати можливого розподілу меженного стоку з такими двома припущеннями: 1) для дуже посушного року — за реальним 1930 роком; 2) для року многоводного з погляду пересічно-річної його витрати та, як видно, не многоводного з погляду меженних витрат — за реальним 1929 роком.

Дані ці зводимо в таблиці 13.

Таблиця 13

Випадки	Андрієв.-Клевиц.		Васильківка.		Павлоград		Вільне		Примітка
	м ³ /сек.	Мод.	м ³ /сек.	Мод.	м ³ /сек.	Мод.	м ³ /сек.	Мод.	
1. Дуже посушний 1930 р. . . .	0,42	0,070	0,79	0,070	1,34	0,105	2,60	0,130	Для Павлограду за 1929 рік запроваджено до розрахунку тільки VI-X міс., бо дані за XI міс. видимо не надійні.
2. Межень 1929 р. . . .	0,57	0,094	1,43	0,126	3,66	0,287	8,30	0,413	
3. Пересічне	0,49	0,082	1,11	0,098	2,50	0,141	5,45	0,271	

Звертає на себе увагу стік у модулях при переході від Васильківки до Павлограду; це співвідношення є в безпосередньому зв'язку з уже відзначеними раніше суперечностями даних для цих двох пунктів.

Спробуймо зіставити з цими числами дані, що виходять за емпіричними формулами Ішковського.

Маємо: 1) для виняткового низького рівня води:

$$Q_0 = 0,2 \gamma \cdot Q_m$$

2) для звичайного низького рівня води:

$$Q_1 = 0,4 \gamma \cdot Q_m$$

3) для пересічно-меженного рівня:

$$Q_2 = 0,7 \gamma \cdot Q_m$$

де Q_m — пересічна річна теоретична витрата.

Взявши $\gamma = 0,4$ (ґрунти прохідніші, ніж у пересічних умовах, з малою рослинністю) і поклавши $Q_m = 13,4$ м³/сек (для Павлограду — пересічно-многорічний стік), маємо для Павлограду:

$$Q_0 = 0,2 \cdot 0,4 \cdot 13,4 = 1,07 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$Q_1 = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 13,4 = 2,15 \text{ „}$$

$$Q_2 = 0,7 \cdot 0,4 \cdot 13,4 = 3,75 \text{ „}$$

¹ Див.—Река Самара-Днепровская, І. П. Кравченко, Матеріали к проекту проф. І. Г. Александрова, IV вип., Москва, 1927, ст. 9.

Одержані числа для Q_0 та Q_2 розмірно мало розбігаються з обчисленими вище в табл. 13 для дуже посушного 1930 року та для межні 1929 року. Тим то межень 1929 року можна вважати за досить близьку до вартостей пересічно-меженної витрати за Ішковським.

Маючи на увазі, що, як уже відзначалося, меженні витрати коло Павлограду, а також коло Вільного можуть бути перебільшені, за пересічно-меженні витрати беремо пересічне арифметичне з обох рядів таблиці 13; закругляючи й вирівнюючи одержані модулі для взятих основних пунктів, дістаємо таку остаточну розрахункову табличку для двох характеристичних випадків: 1) межень дуже посушного року, 2) межень пересічного року:

Таблиця 14

Пункти	Площа сточища в кв. км.	1. випадок посушн. року		2. випадок пересічного року	
		м ³ /сек	Взятий модуль	м ³ /мод	Модуль
1. Андр.-Клевц.	6067	0,42	0,07	0,52	0,085
2. С. Коломийцеве . . .	6700	0,47	0,07	0,60	0,09
3. С. Покровське	9450	0,71	0,075	0,94	0,10
4. Васильківка	11360	0,91	0,08	1,60	0,140
5. Павлоград	12760	1,27	0,10	2,30	0,180
6. Вільне	20150	2,62	0,13	5,45	0,270

Дані для проміжних пунктів можна легко знайти, інтерполюючи модулі, наведені в таблиці 14.

Насамперед спробуємо виходити з наявних матеріалів про дійсні гідрометричні виміри.

Для р. Самари коло Вільного криву витрат збудовано до найвищого весняного рівня, спостереженого в період 1929—30 р. р., і що був, як видно, 1909 року; в основу збудовання горішньої частини цієї кривої покладено справді виміряну коло м. Ново-Московського 1929 року дуже велику витрату (1213, 9 м³/сек), тим то максимальна витрата, спостережена за останні 20 років на Самарі коло Вільного, виглядає досить ймовірною. Ця витрата за згаданю кривою визначається розміром 1400 м³/сек, а це дає модуль, що дорівнює 70 л/сек з I кв. км.

Візьмім далі, що закон послідовної зміни (збільшення) модулів, у міру зменшення площ для сточищ, відповідає табличним даним Кочеріна¹. Ці дані такі (в м³/сек з одного кв. км):

Таблиця 15

Пункти	Площа сточища в кв. км	Модулі в м ³ /сек з I кв. км
1 Вільне	20 150	0,117
2 Павлоград	12 760	0,140
3 Васильківка	11 380	0,145
4 Андрієве—Клевцеве .	6067	0,190

¹ Инж. Н. М. Анисимов—„Гидроэлектрические силовые установки“, вип. I, Москва, 1927, ст. 27.

Цебто, коли модуль коло Вільного взяти за одиницю, то послідовно матимемо для всіх розглядуваних пунктів (починаючи від Вільного) такі співвідношення:

$$1:1,20:1,24:1,63.$$

Тоді величини ймовірних максимальних витрат, відповідних до максимальних весняних рівнів, спостережених за останні 20 років, виразяться так:

Таблиця 16

Пункти		Розрахункові модулі м ³ /сек.	Макс. Q м ³ /сек.
1	Вільне	$70 \times 1 = 70$	1400
2	Павлоград	$70 \times 1,20 = 84$	1075
3	Васильківка	$70 \times 1,24 = 87$	990
4	Андрієве-Клевц.	$70 \times 1,63 = 114$	690

Одержані в таблиці 16 максимальні витрати належать до періоду спостережень щось із 20 років. Щоб перейти до ймовірних не таких частих максимумів, запровадьмо (за Фуллером)¹, додаткові поправкові коефіцієнти, що дорівнюють: для 50—річного періоду—0,15 і для 100—річного періоду—1,27. Для зіставлення обчислимо також максимальні витрати, що їх визначимо безпосередньо за модулями Кочеріна. Тоді дістанемо такі дані:

Таблиця 17

Максимальні витрати

Пункти	За гідрометричними даними		За Кочері- ним, м ³ /сек.	
	Ймовірність 50— річна, м ³ /сек.	Ймовірність 100— річна, м ³ /сек.		
1	Вільне	1610	1780	2390
2	Павлоград	1240	1370	1780
3	Васильківка	1140	1260	1650
4	Андрієве-Клевцеве	800	880	1150

Зауважмо, що беручи за Ішковським, цебто, як видно, далеко зменшені числа, можна дістати такі величини (беручи коэф., як для горбастої місцевости):

$$\begin{aligned} \text{Павлоград} &= 1150 \text{ м}^3/\text{сек} \\ \text{Андрієве-Клевц.} &= 640 \text{ м}^3/\text{сек.} \end{aligned}$$

Гадаємо, що остаточно можна взяти такі закруглені величини:

1. Вільне 1900 м³/сек
2. Павлоград . . 1550 "
3. Васильківка . 1400 "
4. Андр.-Клевц. . 1100 "

¹ W. Fuller.—Flood Flows. American Society of Civil Engineers. Reprint from Transactions, Vol. LXXVII, p. 564, 1914.

Максимальні витрати для всяких проміжних пунктів можна наближено визначити відповідною інтерполяцією.

8. Закінчення Висновки та міркування, висловлені вище, ґрунтуються багато де в чому на ряді проблематичних припущень, вважаючи на не раз відзначену мізерність даних про фактичні спостереження та виміри, зокрема в зв'язку з відзначеними спочатку хибами в опрацюванні.

Для уґрунтованіших формулювань слід би звести всі заново зібрані гідрометричні матеріяли, не запроваджені до розгляду, і доповнити їх рядом нових студій.

Мавши додаткові дані, слід би було:

1) перевірити збудування всіх основних кривих витрат, зробивши відповідну аналізу даних вимірів, і на підставі цього—всі обчислення фактичного стоку;

2) знову підрахувати стік по Вільному за 1930 р., щоб порівняти його з Павлоградом;

3) підрахувати стік р. Самари коло Павлограду для періоду, відповідного до спостережень на інших пунктах, щоб цим перевірити стік Вовчої коло Павлограду ж, а для цього зробити ряд відповідних вимірів, достатніх для збудування хоча б наближеної кривої витрат;

4) підрахувати й зіставити по окремих пунктах стік за минулі місяці 1931 року.

Noch über die Hydrologie des Flusses Woltschja

(ZUSAMMENFASSUNG)

Der Nebenfluss der Ssamara Dnjerowskaja — Woltschja — gilt gegenwärtig als Projektierungsobjekt eines mit Schleusen versehenen Wasserweges wie auch zur Benutzung für industrielle Wasserversorgung und für Irrigation der Ufergelände. Die hydrometrischen Beobachtungen dieses Flusses sind äusserst ungenügend. Aus diesem Grunde können die möglichen Schwankungen der Abflussmengen der Woltschja — nur annähernd geschätzt werden. So eine Abschätzung war früher von dem Dipl.-Ing. W. A. Nasarow in seinem Artikel: „Hydrologische Übersicht der Woltschja“ — aufgestellt worden („Nachrichten des wissenschaftlichen Forschungsinstituts der Wasserwirtschaft der Ukraine“, B. IV, Aufl. II, Kijew, 1931).

Der Autor des vorliegenden Artikels kommt auf Grund eines Vergleiches der vom Dipl.-Ing. W. A. Nasarow in seinem Werk angeführten Ergebnisse (wie auch in seinen mehr umfangreichen nicht veröffentlichten hydrologischen Notizen), — zu der Schlussfolgerung, dass die Ergebnisse des Dipl.-Ing. W. A. Nasarow für den Woltschjafluss bei Pawlograd übertrieben sind, denn nach Nasarow erscheint der Wasserabfluss bei Pawlograd in einer Reihe von Monaten grösser als der Wasserabfluss neben dem unterhalb gelegenen Dorfe Woljnoje und den zwei oberhalb gelegenen Punkten Wassilkowka und Andrejewo-Klijewzowo, in unverhältnissmässigem Gegensatz zur Erweiterung der Bassin-Fläche. Diese Schlussfolgerung wird durch die Analyse der von Dipl.-Ing. W. A. Nasarow zusammengestellten Kurven der Abflussmengen bekräftigt; die Konsumtionskurve für Pawlograd ruft ganz bestimmtes Bedenken hervor, da sich dieser Pegel im Bereich des Staues befindet und die in geringer Zahl vorhandenen Ausmessungen der Abflussmengen eine äusserst sich widersprechende Anordnung liefern. Auf Grund einer Reihe indirekter Erwägungen gibt der Autor für Pawlograd eine neue Berechnung des Wasserabflusses für den vorhandenen Beobachtungszeitraum (der Jahre 1925—1930). Aus diesen Ergebnissen zieht der Autor die wahrscheinlichen Grössen des jährlichen Wasserabflusses für verschiedene Sicherheitsgrade der Wasseranwesenheit wie für Pawlograd, so auch für Wassilkowka und Andrejewo-Klewzowo. Weiterhin führt der Autor die wahrscheinlichen Grössen der maximalen Abflussmengen wie auch diejenigen der Sommermonate für eine Reihe von Punkten an, indem er sich wie auf wirklich beobachtete Grössen, so auch auf eine ganze Anzahl theoretischer Mutmassungen stützt.

О ВЫБОРЕ МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВЫСОКИХ ПЛОТИН

Über den Material für hohe Talsperren, von Dipl. Ing. A. Kortschagin

За последние годы для гидротехнического строительства нашего Союза приобретают все большую актуальность вопросы постройки высоких плотин (и в частности арочных). Наш план электрификации во II-м пятилетии ориентируется на „максимально возможное развертывание гидроэлектростроительства. Удельный вес водной энергии должен к концу пятилетки достигнуть не менее 22—25% по мощности в сводных итогах электрической мощности Союза“ (1/8—9). Ряд решающих факторов (передвижение к востоку центра тяжести индустриализации СССР, необходимость использовать богатейшие природные ресурсы Урала, Алтая, Закавказья, задача ускоренного развития Сибири, Кавказа и отсталых национальных республик Востока и т. д.) все более выдвигают на первое место вопросы сооружения гидроцентралей в *гористых* районах, обуславливающих целесообразность возведения именно *высоких* плотин, в противоположность обычным нашим равнинным условиям. „Крупные гидростанции намечаются в первую очередь в Средней Азии (Чирчик), на Урале (Кама, Чусовая), в Дагестане (Сулак). Наконец, намечается начало строительства гидростанций на Ангаре“ (2/10). Пока самую высокую плотину в СССР имеет заканчивающаяся постройкой Гизель-Донская гидростанция на Северном Кавказе—52 м. Однако запроектированы и частично уже включаются в строительный план второй пятилетки установки с плотинами высотой более 100 м: Сулакская, Тертерская и т. д. (3, 274—5).”

Все это позволяет считать своевременным опубликование настоящей работы, написанной в основном в 1929—30 г.г. и сейчас лишь частично дополненной. Она представляет обработку сведений из заграничной практики возведения высоких плотин, соединенных с небольшим пока нашим опытом аналогичных сооружений и проектов.

Основную идею работы является стремление показать, какое решающее влияние на выбор строительного материала для высокой (и вообще ответственной) плотины оказывает, наряду с местными условиями, *способ* самого производства работ.

§ 1. В отношении материала можно произвести следующую классификацию плотин¹:

- а) земляные плотины: насыпные и намывные, с диафрагмами (кам., бет., жел., жел-бет.) и без них;
- б) каменные: наброска, кладка на растворе (бутовая и бутово-циклопическая);

¹ Такие редкие типы, как: фашинные, железные, деревянные, габионные (разновидность камен.) и смешанные,—я опускаю, так как они, во всяком случае, применимы лишь для малых высот (4/977—978, 5/7—8, 15—16).

в) бетонные¹: циклопического бетона, чисто бетонные (жесткий, пластический или литой бетон);

г) железо-бетонные.

§ 2. Если практика гидротехнического строительства последних двух десятилетий вообще дает примеры плотин все большей и большей высоты, поднявшихся выше 100 метров (см. примеры в следующих §§), то плотинами земляными, из каменной наброски и железо-бетонными этот предел все же пока не достигнут².

Следующая табличка показывает максимальную осуществленную высоту для этих типов:

Т и п	Метр.	Название или место постройки.	Год постр.	Литерат. источник
Землян. намывн. ³	76 ⁴	Cooble Mountain Dam САСШ	1930	{ 10/830 11/791
	74			
Камен. наброски	90	На р. Dix, Кентукки	1925	{ 9/18 11/792
	84			
Железо-бетон. (многоарочн.)	78	У оз. Pleasant, Аризона	1927	11/793

Кроме того, земля мало применима в гористых местностях, вследствие недостаточности там самого этого материала, а также из-за обычного там скалистого основания: трудно достигнуть водонепроницаемости в месте соединения двух столь разнообразных материалов (9/17)⁵.

Зато скала как раз благоприятна под каменную или бетонную кладку, а так как только два эти вида и остались к рассмотрению, переходу непосредственно к ним.

§ 3. В отношении прочности, однородности, водонепроницаемости—каменная и бетонная кладка, примерно, равнозначны (хотя все же монолитность сооружения повышается в направлении от бута к бетону литому).

По стоимости самих материалов в условиях скалистой местности наиболее дешевым является *бута* (минимум дорогого цемента, использование с минимумом расходов на скальные работы местного камня), далее идет—*циклопический бетон* (увеличение расхода на цемент) и, наконец, самый дорогой—*обыкновенный бетон* (максимум цемента, большие расходы на дробление твердой породы в щебень и песок).

Но кроме цены самых материалов для плотины большого масштаба

¹ Между каменными и бетонными плотинами трудно провести определенную между, переход от бутово-циклопической кладки к циклопическому бетону очень постепенен. Поэтому можно было бы, как это отчасти (выделяя все же каменную наброску) делает Анисимов (6/110),—объединить эти два типа.

² Для земляных намывных плотин Анисимов считает высоту 100 м и более вполне реальной и не внушающей никаких опасений в отношении эксплуатации (6/46). Однако, при малом опыте наших строителей по возведению высоких плотин вообще, проектирование сооружений, не проверенных еще (на практике—как в отношении производства работ, так и будущей их службы—является преждевременным и нежизненным. Из этих же соображений не может быть принято здесь во внимание то, что имеется проект плотины из каменной наброски высотой 180—238 м (7/200—217), отвергнутый; ибо плотина оказалась более дорогой, чем бетонная (8/747).

³ Александров и Дубяга указывают (109/16), что в Японии построена намывная плотина Н=90 м, не приводя более подробных сведений. Других указаний в литературе об этой плотине я не встречал. Наоборот везде высочайшей считается приводимая здесь (см. заголовок лит. № 10).

⁴ Цифры по отдельным источникам не сходятся.

⁵ Впрочем, Анисимов, например, не считает скалистое основание препятствием для сооружения земляной плотины (6/11). С этим можно согласиться лишь для малых Н.

играет большую роль само производство кладки—его стоимость и скорость. Насколько возрастает значение этого фактора, видно будет из дальнейшего краткого очерка эволюции кладки плотин.

Эволюция кладки плотин

§ 4. а) Кладка больших плотин *вручную* в последний раз была применена во Франции в 1870—75 г.г. при постройке на Gilerre для снабжения чистой водой полотняных фабрик в Вервье (9/23). При объеме 248 000 м³ сооружение было закончено в 5 лет, что дает 41 500 м³ в год или 200 м³ в день. Эта производительность является рекордной для бута вручную и объясняется, как прекрасной организацией доставки материалов, строгим отбором камней (вес—по силе 1 человека), так и большой площадью (до 5 500 м²) горизонтального сечения плотины.

Этот «рекорд», однако, значительно ниже необходимой для возведения высоких плотин величины.

б) *Механизация* значительно ускоряет процесс *бутовой кладки*.

Так, при постройке в 1902—12 г.г. плотины Möhne была получена в период наибольшего развития работ производительность 673 м³ день (9/23), достигнутая, благодаря большой средней площади кладки, равной 7 000 кв.м¹. Величина площади кладки имеет огромное значение. Согласно данным известной германской строительной фирмы Сименс-Бау-Унион, на 1 м³ бута требуется на самом месте кладки 1 рабочий в смену (при чем кладка может быть хорошо выведена только при дневной работе), для которого необходима площадь в 10 кв. м (12/104—5).

§ 5. Американские инженеры несколько изменили *бутовую кладку* широким применением камней очень больших размеров.

Вот как описывают эту *бутово-циклопическую кладку* Александров и Дубяга (9/24—25):

«В работу шли камни разного размера—от крупных камней, подвозимых по канатной дороге и устанавливаемых на место дерриками, до камней, поднимаемых и укладываемых 1-м каменщиком. Перед установкой камней устраивалась из раствора постель, на нее сажались крупные камни, проверялась правильность их посадки. Производилось, если была надобность, их подщебенивание. Одновременно с посадкой больших камней клались между ними камни меньших размеров, что повышало продуктивность работы. Далее заполнялись раствором вертикальные швы, производилась их расщебенка».

Наибольшую скорость *бутово-циклопической кладки* дала постройка плотины New Croton—13 000 м³/месяц, т. е. 54—68 м³ час².

Это была ее (кладки) лебединая песня, ибо после постройки плотин New Croton и Wachusett (закончены в 1905 и 1906 г.г.) *бутово-циклопическая кладка* уже не применялась.

§ 6. Необходимость ускорить работу в связи с ростом объема все более высоких плотин создала в САСШ *новый метод кладки*, впервые примененный на постройке плотины Boonton в 1900—1905 г.г.

„он состоит в том, что большие камни опускаются в жидкий бетон, предварительно налитый на достаточную высоту на месте работ. Вертикальные швы заполняются поднимающимся бетоном. Предварительного устройства (довольно мешкотного) постели под каменные глыбы не требуется. Достигается ускорение и удешевление стоимости производства работ. Объясняется это тем, что жидкий бетон легко может быть направлен по трубам

¹ Получено делением кубатуры на полную высоту.

² В зависимости от числа раб. дней в м-це. К сожалению, это число не указано в соответствующей литературе.

или желобам в любое место плотины. Большие камни опускаются так, чтобы между ними и соседними оставался вертикальный шов достаточного размера. Необходимо всемерно заботиться, чтобы с камнями в кладку не попадал воздух" (9/25).

Собственно на пл. Boonton (а затем еще на пл-х Roosevelt и Pathfinder) применялся этот тип еще не в чистом виде, а в переходном к нему — смесь бутово-циклопической кладки с бетонно-циклопической. Максимальная скорость 16 065 м³/месяц, т. е. немного лишь больше бутово-циклопической (13 000 м³/мес.).

Как видно из следующей далее таблички „рудиментарные“ элементы бута скоро отпали, выкристаллизовался чистый тип *циклопического бетона*, отличающийся от простого бетона большим содержанием крупных камней. Он занял доминирующее место как материал для кладки плотин, несмотря на большой расход цемента (сравнительно с бутом), так как позволял сильно увеличить производительность работ.

Максимум ее был достигнут на плотине Olive Bridge (1908—14), где с 20/IX до 20/X 1909 г. было уложено 27 000 м³ на площади 900 м², а в следующем неблагоприятном месяце—21 000 м³ при 8 часовом рабочем дне (9/22). Это дает 84,2—109,2 м³/час (см. примечание № 2 на предыдущей стр.).

§ 7. Интересно отметить, что внутри этого вида кладки шла непрерывная эволюция в том же направлении, по которому двигалось развитие методов кладки вообще: количество крупных камней все уменьшалось, а количество бетона соответственно увеличивалось.

Следующая сводная таблица, заимствованная у Degove'a (13/34), изображает это достаточно наглядно:

Эволюция

		New Croton	Wachusett	Roosevelt
Время постройки:		1893—1906	1896—1905	1905—1911
Состав кладки в % 0/0—X	Большие камни	50	54	39,6
	Малые „	26	17	10,4
	Раствор	24	29	13,8
	Бетон	—	—	36,2
Состав раствора		1:2	1:2	1:2½
Состав бетона		—	—	1:2,5:4
Объем кладки м ³		636 000	210 000	262 000

Логическим завершением этой эволюции кладки явился переход в плотиностроении к *бетону*, в который лишь изредка при благоприятных местных условиях втапливают (и то большей частью в нижней части плотины) крупные камни¹.

¹ В пл. Шварценбах (Германия) было уложено в нижней части в среднем 21%, а в верхней только 10—14% крупных камней—от 0,5 до 2 м². В плотине Антония

Скорость бетонирования значительно выше, чем скорость кладки предшествовавшими способами. Вот несколько примеров:

Плотина		Место постройки	Год постройки	Производ. кладки бетон. м ³ /час.	Лет. ис-точн.	Кладка в 1 час/м ²
Название	Тип					
Шегнесси	гравит.	САСШ	1923	1200/16	14/309	75 средн.
Волховская	"	СССР	1926	1070/24	15/9	44,5 максимальн.
Кулиджа	купольн.	САСШ	1928	1140/16 836/16	46/190 "	71 максимальн. 52 средн.
Гримзель	гравит.	ШВЕЙЦ.	1928	2000/24	17/1190	83 средн.
Парди	"	САСШ	1926	677/8	18/258	84,5 средн.
Запорожск.	"	СССР	1932	2115/15 (проект)	19/34	141 максим.
Диабло	"	САСШ	строит.	870/24	20/126	76 средн.

§ 8. Насколько вопрос о темпе кладки, выдвигаясь на первое место, приводит именно и только к бетону, как материалу для больших плотин, — показывают 2 следующих характерных факта.

И. Александров и К. Дубяга, рассматривая в 1925 г. вопрос о современном положении постройки каменных вододержательных плотин, пришли к следующим выводам (9/27):

КЛАДКИ ПЛОТИН:

Pathfinder	Olive Bridge	Kensico	Elephant Butte	Arrowrock	Wilson
1906—1910	1908—1915	1910—1916	1912—1916	1912—1916	1918
} 48,5 12,5 39,0	25	25	20	20	15
	75	75	80	80	85
	1:2 ¹ / ₂	1:3:6	1:3:6	1:3:8	1:2,5:8	1:2^{1}/_{4}:5
45 000	368 000	560 000	460 000	445 000	1 000 000 (9/51)

„Для русских условий надо выработать свой собственный вид кладки для плотин... Общие принципы: а) дешевизна рабочих рук устраняет чрезмерное развитие механизации работ, однако,

(Испания)—22% камней. В плотине Барберин (Швейцария) в нижней части 10—12%, в верхней—5%, (от размеров щебня до 0,7 м²). В плотине Вегиталь (Швейцария)—13% (12/114).

сжатый фронт работ требует обратного, т. е. достаточной механизации, чтобы можно было выполнить строительную программу, б) сравнительная дороговизна цемента требует возможного сокращения его применения, в) отличные механические качества имеющегося камня говорят против напрасного его размельчания для превращения в бетон“.

В итоге авторы рекомендовали для Запорожской плотины бутовую кладку. Но два года спустя тот же К. Дубяга переходит на сторону бетона, заявляя (21/29):

„Массивные плотины до недавнего прошлого возводились из бутовой кладки, как в Америке, так и в Европе. Все возрастающий объем кладки, необходимость механизации работ для ускорения и удешевления постройки привели к применению бетона“.

В результате, вопреки прежним предположениям для Запорожской плотины, „материалом был выбран бетон“,—как указывает проф. В. Бовин, (22/82)—потому, что „бутовая кладка требует более длительного срока постройки“.

Те же мотивы отказа от бута подчеркивает И. Егизаров (23/372): „Вопрос о материале для Днепровской плотины решен в пользу бетона в виду возможности механизации бетонирования и ускорения срока постройки“.

Второй пример отказа от бута дает история проекта Тергерской гидростанции.

При эскизном проектировании для главной плотины была назначена бутовая кладка по следующим соображениям (24):

- „а) имеется прекрасный камень-порфир — у места постройки;
- б) привозной гранит дорог, а разбивать в щебень порфир трудно;
- в) кладка плотин из крупного рваного камня с расходом цемента на 1 м³ кладки по обмеру в сооружении 200—205 кг (пл. Bear Valley, Pathfinder) не уступает по прочности бетону на гравии состава 1:3:6;
- г) потребная скорость кладки 60 м³ в смену $\left(\frac{97\,200}{3 \cdot 24 \cdot 9 \cdot 2,5} \right)$, из расчета работы трех смен в течении 9 месяцев 2¹/₂ года, достигается вполне и при этом виде кладки“.

Когда при разработке технического проекта кубатура кладки в связи с увеличением высоты плотины возрасла с 97 200 до 330 000 м³, было вынесено следующее решение (25)¹:

„Учитывая весь комплекс главнейших обстоятельств, как-то: ответственность сооружения, исключительность его размеров, требующую особой однородности, тщательности подбора материалов, *срок работы*, опыт постройки сооружений такого же рода в Америке и Европе, размер развивающихся в нем усилий, — нами назначен в качестве основного материала тела плотины жирно-плотный бетон... В нижней части можно допустить, если это по местным условиям оправдает себя в производственном отношении—*циклопический бетон*“.

Как подитоживающий все сказанное о материале плотины, приведу од инж. Розова из практики специально высоконапорных плотин в САСШ (26/8)¹:

¹ Подчеркнуто мною.

Насколько большую роль играет здесь организация самой кладки, видно на примере Днепроostroя, где для выбора рода бетона основной предпосылкой явилась необходимость устроить вдоль плотины постоянный мост через Днепр (12/79). Это обусловило метод производства строительных работ на плотине, а отсюда и род бетона. Вот как об этом говорит Б. Веденев (31/9): „По вопросу о консистенции бетона необходимо заметить, что и литой, и пластичный метод одинаково широко распространены в плотностроении. Однако, поскольку при вышеуказанном методе работ не потребуются литья бетона по лоткам, решено применить на работах пластичный бетон, так как при его применении при одинаковой прочности получается некоторая экономия в цементе“¹.

Аналогичный пример дает постройка плотины Диабло (САСШ, штат Вашингтон; река Skagit), где применение пластичного бетона оказалось возможным, благодаря оригинальной системе конвейеров, обеспечившей непрерывный поток бетона с производительностью 76 м³/час (20/174—6).

Поскольку наибольшее количество плотин последних лет возведено из литого бетона, и вопрос о последнем наиболее освещен в специальной литературе, приведенные далее основные соображения о составе бетона для ответственных плотин касаются, главным образом, именно этого вида его.

Вследствие сделанных выше замечаний о тенденциях перехода к пластичному и даже жесткому, освещается также, в меру наличия литературных материалов,—вопрос о пластическом бетоне.

Подбор состава бетона

§ 11. Точно определить количество отдельных составных частей бетона без производства соответствующих испытаний их на месте работ—нельзя. Можно высказать лишь некоторые общие соображения и наметить границы требований к отдельным компонентам смеси.

Прежние методы составления бетона, когда принималось во внимание лишь количественное соотношение для цемента, песку и щебня (традиционное 1:х:у), а вода добавлялась вообще „на глаз“²—являются чрезмерно грубыми в свете исследований последних лет. Труды Абрамса, Графа и друг. выяснены основные факторы, определяющие прочность бетона³. Прежде всего установлено, что она является функцией водоцементного модуля, т. е. отношения количества воды к цементу, а не ко всей массе. Каждому % воды, добавляемой сверх нормы, соответствует уменьшение крепости бетона от 5 до 10 кг/см² при испытании 8-ми дн. проб. Поэтому, чтобы сохранить крепость бетона при большем количестве воды, необходимо соответственно каждому лишнему % воды добавлять 10—20 кг цемента на 1 м³ бетона. Это связано с удорожанием последнего.

Кроме того, по опытам в лаборатории проф. Пробста количество воды имеет решающее значение для усадки, набухания и реакции на мороз (40/29)⁴. Ряд других свойств бетона, зависящих от водоцементного модуля, указан в предыдущем параграфе.

¹ Эта историческая обусловленность перехода к пластическому бетону именно ростом техники производства кладки—часто не замечается. Так, редакция Гидротехн. Сб. МВТО дважды подчеркивает в примечаниях к статье Н. Келена в Сб. № 2 (32/15 и 26), что „литой бетон в последнее время уступает место пластичному из-за большей прочности последнего. Это свое объяснение редакция подкрепляет ссылкой на пример Днепроostroя; как мы видели, мотивы выбора Днепроostroем пластичного бетона иные, и „подкрепить“ авторов такого „внеисторического“, упрощенного анализа развития плотностроения Днепроostroя не может.

² См., например, у Анисимова: 6/112, 28/67—73.

³ См. подробнее об этом в новейшей литературе: 12/105—116, 31, 33/328—35, 34, 35/61—67, 36/103—12, 37/159—66, 38/35—40, 39/105—109, 40/26—29, 41/580—3, 625—32, 673—9.

⁴ Эти добавочные (к указанному в предыдущем параграфе) плюсы более жестких бетонов также стимулируют разработку техники их массовой кладки.

Поэтому, проектируя литой бетон для плотин, надо держаться ближе к границе с пластичным.

§ 12. Новые методы подбора состава бетона огромное значение (см. напр., 37/105—09) придают также *инертным добавкам*: соотношение между количеством цемента и песку¹, величина зерен последнего, модуль крупности добавок вообще (гранулометрический модуль) и т. д.

Вопрос об инертных добавках переплетается с вопросом о воде, ибо при разных качественно составах первых раствор для получения той же консистенции требует разных количеств воды (22/39).

Проведенные на Днепрострое детальные исследования вопроса о влиянии различных инертных добавок на пластичность, водонепроницаемость и морозостойкость бетона дали картину чрезвычайно сложных взаимодействий разных видов этих добавок (42/592—4). Наибольшей пластичности способствовало применение окатанных (естественных) песков. Они же с некоторой добавкой глины обеспечивали наибольшую водонепроницаемость. Зато в отношении морозостойкости глина оказалась очень вредной, а наилучшие результаты дало употребление в растворе — смеси искусственных и естественных песков. Поскольку в условиях нашего климата морозостойкость — основа долговечности сооружения, для бетона Запорожской плотины и была принята эта смесь. Таким образом нельзя установить состав бетона до соответствующих исследований цемента и отдельных добавок. Но, так как при составлении проекта необходимо знать (хотя бы приблизительно) количество материалов, а равно и производительность оборудования, — установлены некоторые пределы.

Сименс-Бау-Унион, например, рекомендует, на основе своего опыта и в полном согласии с Фуллером, следующие пределы распределения по фракциям (по величине зерен) добавочных материалов, „чтобы получить наливной бетон возможно большей прочности и водонепроницаемости, при легкой обработке и малой опасности распада его“ (12/106—8):

песок	ра	черы зерен	0 — 7 мм	от 35 до 40 %
щебенка	„	„	7 — 20 „	20 %
щебень	„	„	20 — 70 „	от 45 до 40 %

При этом в составе песку от 0 до 7 мм желательно иметь:

до 0,25 мм	20 ⁰ / ₀	или от 7 до 8 ⁰ / ₀	всего количества инертн. добавок
„ 1	„ 20 ⁰ / ₀	„ „ 7 „ 8 ⁰ / ₀	„ „ „ „
„ 2	„ 15 ⁰ / ₀	„ „ 5 „ 6 ⁰ / ₀	„ „ „ „
„ 4	„ 20 ⁰ / ₀	„ „ 7 „ 8 ⁰ / ₀	„ „ „ „
„ 7	„ 25 ⁰ / ₀	„ „ 9 „ 10 ⁰ / ₀	„ „ „ „

§ 13. *Количество цемента*, как и вся пропорция смеси, может быть определено лишь в результате полевых и лабораторных исследований всех слагающих бетона, с учетом и ряда второстепенных, здесь не указанных моментов². Предварительно же его можно наметить, исходя из данных практики постройки плотин. Минимальный расход цемента для плотин из литого бетона 175 — 200 кг на 1 м³ кладки (12/115)³. В высоких плотинах последнего времени имеем следующую картину (для полноты ее

¹ Инж. Хоциалов на основании своих опытов над бетоном на Волхов-и Днепрострое даже утверждает (39/105—09), что зависимость прочности будет от модуля цем/пес. даже закономернее, чем от водоцементного модуля.

² О постановке исследований см. 39/105—109. Подбор самого состава бетона облегчается даваемыми у разных авторов графиками, таблицами и т. д. (см. 31, 33, 34, 35, 36, 38). Ряд примеров подбора имеется в 36 (притом под углом гидротехн. строят.). Много новейшего материала в 41.

³ Для литого бетона Запорожской плотины С. Б. У. предложил дозу 230 кг цем. (14/115—6).

привожу также отдельные, имеющиеся в литературе, сведения о прочности бетона через 28 дней—фактической и расчетной):

Назва- ние плоти- ны	Место ее	Тип и высота	Год по- стройки	Количество ¹ цемента на 1 м ³	Прочность кг/см ²		Водоцем. фактор	Литер- источ- ник
					расч.	факт.		
Salmon Creec	Аляска	ар. 52	1914	268 кг	—	—	—	44/708
Spaul- ding	САСШ	" 88	1914	251 — 268/1,17 — — 1,25	—	—	—	44/715
Montsal- vens (La Jogne)	Швейц.	" 60	1921	220/ниж. ч. (250/ /верх.)	—	—	—	45/183
Опытная на р. Steven- sen	САСШ	" 30	1926	1:3:2	—	146	0,87—1,08	46/842
Cush- man	"	" 85	1926	1:2, 5:5	105,5	123	—	47/60 48/243 49/608
Coolid- ge	"	куп. 76	1928	1:2, 7:6,3	134,4	205	0,9—1,1	16/189
Raso- ma	"	ар. 122	1928	215 кг (1:2, 8:6)	—	187	0,9—1,0	43/585 47/29
Pardee	"	грав. 108	1930	215	106	134 — — 141	—	50/444 18/262

Эта табличка показывает некоторое снижение за последние годы дозировки цемента, объясняемое улучшением самого подбора состава бетона, благодаря чему с меньшим количеством цемента достигается та же, а иногда и высшая прочность.

Приведенные данные показывают далее, что в ответственных ² соору-
жениях последних лет кладется цемента 215 — 220 кг на 1 м³ кладки ³.
Однако, в местностях с суровой зимой этого количества недостаточно.
В этом отношении интересные результаты дали уже упомянутые иссле-
дования на Днепрострое, выяснившие, что основную роль в придании
бетону морозостойкости играет количество цемента: наибольшую повре-
ждаемость дали образцы бетона с содержанием цемента 200 и 220 кг/м³.
Это и заставило принять дозировку цемента в 285 кг/м³ марки Д, лишь
временно в 1930 — 1931 г. уменьшенную до 265 (42/594 — 6) ⁴.

¹ При пересчете из америк. мер 1 бочка цемента принята — 164 кг (согласно 35/66).

² Как пример ответствен. сооружения, в таблице приведена, несмотря на ее малую высоту, экспериментальная плотина.

³ Имеются, однако, случаи значительно высшей дозировки, вызываемые, вероятно, стремлением уменьшить объем кладки, придав ей большую прочность: плотина Диабло (арочная 127,5 м высоты) 303 кг цемента марки „А“ на 1 м³, вр. сопрот. 290 кг/см² при водоцем. модуле 0,70 (20/124—5); в уже упомянутых двух плотинах в САСШ из исключительно жесткого бетона клалось цемента 245 кг на 1 м³ кладки, что давало вр. сопр. теорет. 210 кг/см², а фактическое 231 (29/121 — 2).

⁴ Уменьшение было произведено в период улучшения качества цемента. Это под-

Водонепроницаемость бетона

§ 14. И. Розов в специальной статье, посвященной водонепроницаемости бетонных плотин (51/367—73), сводит все меры борьбы с этим злом в следующие 5 групп (стр. 369):

- 1) покрытие плотин с напорной стороны водонепроницаемым составом или облицовкой;
- 2) заложение в тело плотины металлической мембраны;
- 3) устройство дренажа в массиве плотины;
- 4) цементация или асфальтация основания под плотину;
- 5) укладка напорной стороны плотины особыми способами, обеспечивающими водонепроницаемость.

Относительно облицовки речь будет впереди, вопрос о дренаже и подготовке основания подлежит специальному рассмотрению. Что же касается 2-го и 5-го способов, то И. Розов склоняется на сторону последнего (стр. 373), ибо введение в монолитный массив „чужеродных“ металлических диафрагм никогда (даже при самой тщательной работе) не страховало от фильтрации по линии сопряжения этих двух материалов. Интересные примеры, приводимые автором, вполне подтверждают это положение.

Таким образом, основным защитником плотины от проникновения воды должен быть сам бетон.

§ 15. В другой своей статье по вопросу о достижении водонепроницаемости бетонной кладки (52/191—2) тот же автор указывает на следующие три возможности повысить сопротивление бетона инфильтрации:

- 1) точная дозировка смеси;
- 2) увеличение продолжительности перемешивания;
- 3) дополнительные примеси к бетону.

Третье надо сразу же отбросить. Все патентованные примеси, основанные на принципе олеатов, уменьшают прочность бетона (53/786). Известь имеет ряд крупных минусов (12/106). Глина также (см. ранее § 12).

Что же касается трасса, то, вопреки распространенному мнению, добавка его не дает увеличения водонепроницаемости¹.

Правда, трасса отчасти нейтрализует вредное влияние излишней воды в бетоне, придает эластичность кладке и тем уменьшает опасность появления трещин (12/106, 53/787). Последнее особенно важно с точки зрения водонепроницаемости. Однако, предотвращение трещин может быть достигнуто и другими способами (6/108, 40/29 и 53/787):

- 1) защитой поверхностного слоя, о чем я скажу в следующем параграфе;
- 2) правильной дозировкой воды, о чем было сказано раньше;
- 3) постепенной нагрузкой плотины;
- 4) кладкой в холодное время;
- 5) искусственным увлажнением бетона.

Таким образом можно обойтись и без прибавки трасса, наиболее себя зарекомендовавшей примеси к бетону².

Да для получения водонепроницаемого бетона добавки и не нужны: те же опыты на постройке шлюза Андертен, о которых я уже упоминал, показали, что независимо от прибавки трасса литой и пластичный бетон являются водонепроницаемыми (54/165), при чем, литой бетон дает наилучшие результаты³. Это подтверждается и новейшими опытами, произ-

черкивает, что само по себе количество цемента без указания марки его, еще не характеризует качества бетона.

¹ Согласно приводимых проф. Фидманом результатов испытаний на постройке шлюза Андертен в Германии (54/166). См. также 53/187.

² Избегать его применения заставляет не усложнение строит. оборудования специальными устройствами для смешивания цемента с трассом, а дороговизна последнего; единственное у нас месторождение трасса находится возле Феодосии.

³ По Андертеповским опытам оказалось, что для литого бетона легко достигнуть водонепроницаемости и в рабочих швах; достаточно перед продолжением кладки

веденными в лаборатории проф. Пробста. Последний в своем докладе во время „Недели германской техники“ в Москве (январь 1929 г.) сообщил, что из бетонных кубиков с водоцементным модулем 0,66, 0,8 и 0,9 „лучшую водонепроницаемость явил последний“ (40/27) ¹.

§ 16. Таким образом, для повышения сопротивляемости фильтрации бетона, особенно слоя, прилегающего к напорной грани, остаются в нашем распоряжении два фактора:

- 1) точная дозировка массы, рассмотренная уже в §§ 11—13;
- 2) достаточно продолжительное перемешивание.

Значение того и другого станет ясным, если учесть самый „механизм“ фильтрации, заключающийся в преодолении водой того сопротивления, которое ей оказывают частичные силы бетона ². Оба фактора это взаимное сцепление отдельных частиц смеси значительно повышают.

Относительно продолжительности перемешивания укажу, что в американской практике считается достаточным вращение бетоньерки в течение 40—60 секунд (9—14 оборотов), максимум 1½ минуты (26/11). Последней продолжительности придерживались, например, для отличавшейся вообще тщательностью работ опытной арочной плотины в Калифорнии (46/842).

Для большей водонепроницаемости с одновременным достижением и большей прочности плотины часто делают напорную грань ее на толщину 1,5—2,0 м (книзу—толще) из особо тщательно перемешанного бетона, составленного на особо подсортированных инертных добавках. Иногда применяется и увеличение дозы цемента, однако укрепления бетона прибавкой цемента лучше избегать, из-за удорожания кладки и усиления явлений усадки ³.

Облицовка

§ 17. В непосредственной связи с водонепроницаемостью находится облицовка, обеспечивающая ее непосредственно (своей плотностью) и косвенно (защищая бетон тела плотины от повреждений, трещин и т. д.).

Прежний тип облицовки из тесаных камней прочной породы, ведущий свое начало от каменных сооружений глубокой древности, в настоящее время отмирает. Причины лежат не столько в нарушении монолитности массива ⁴, сколько в отсутствии заметных преимуществ по сравнению с тщательно произведенной бетонной кладкой—с одной стороны, при замедлении темпа строительных работ и удорожании их—с другой. Поэтому же быстро сошли со сцены специальные бетонные массивы, которыми—как ненарушающими однородности сооружения, пробовали заменить естественные облицовочные камни ⁵. Да и последние применены

очистить поверхность бетона проволочными щетками и полить густым цементным молоком (33/165). Интересно отметить, что по тем же опытам водонепроницаемость жесткого бетона не могла быть уничтожена ни с помощью трасса, ни применением более жирного раствора.

¹ В противоречии с этими цифрами инж. Молявко-Высоцкий указывает, что оптимальным является $\frac{\text{вода}}{\text{цемент}} = 0,64$, а с превышением этого модуля водонепроницаемость уменьшается (53/786).

² В материалах более пористых присоединяются к ним еще обычные гидравлические сопротивления трения, которые в хорошем бетоне не имеют места (55/106).

³ Улучшение состава бетона напорной грани произведено, например, на плотинах Elephant Butte и Arrowrock в САСШ (13/54—5), Montsalvens в Швейцарии (139/183), строящейся сейчас Exchequer в САСШ, где бетон у водной стороны по высоте 30 м, считая от подошвы, приготовлен на глубину 1,5 м из более жирного раствора 1:5,5, вместо 1:13 (56/282).

⁴ Неравномерность осадки, могущая вызвать отделение камней, может быть парализована применением жел. анкеров, как на пл. Gilboa, и чередованием тычков с ложками (9,28—30).

⁵ Olive Bridge и Kensico в САСШ (13/55), там же New-Croton (9/29), Montsalvens в Швейцарии (45/184).

из больших плотин этого десятилетия лишь на Gilboa (водоснабжение Нью-Йорка). Напрашивается вывод, что облицовка плотин естественным камнем (обычно гранит) является пережитком добетонного периода. Проф. Пробст на основании своего ознакомления с американской практикой гидротехнических сооружений из бетона отмечает (56/282), что „наблюдения в разных местах показывают стремление избегать облицовки, достигая водонепроницаемости и защиты от температурных влияний особым качеством самой бетонной конструкции“.

Инж. Г. Веселого сообщает из опыта своей командировки в САСШ в июне 1928 г. (т.-е. уже после Пробста), что сооружения, облицованные бетонными массивами, гранитом и клинкером, не обнаружили при их осмотре никаких преимуществ по сравнению с постройками, не имеющими облицовки. Он констатирует, что теперь:

„каменные плотины и шлюзы в Америке строят, как правило, из бетона без облицовки, причем бетон по снятии опалубки не подправляют, тем более не штукатурят, даже не сбивают неровностей, следов от опалубки и наплывов“ (57/57 — 8).

И. Розов считает (26/11), что на облицовку „нужно смотреть лишь как на защиту плотины в период ее детства“, ибо „все облицовки разрушаются со временем, особенно в местах смены действия воздуха и воды“. Хотя понятие „со временем“, скажем для гранитной отделки, очень „протяжленно“, однако, отказ от таких солидных [и дорогих (28/90)] мер является безусловным фактом последних лет¹. И, например, Техсовет Днепростроя относительно Запорожской плотины вынес в январе 1928 г. следующее постановление (58/97):

„Применение облицовки плотины из гранитных камней Совет не считает нужным“.

Из искусственных камней остался лишь клинкер, который и сейчас еще применяется в холодных местностях для защиты бетона плотины от мороза². Во всех остальных случаях на смену облицовке пришло покрытие граней плотины различными смазками, прослойками и составами³.

§ 18. Из многочисленных и запатентованных, и „свободных“ составов (см. 52/191) наиболее зарекомендовавшими себя на практике⁴ являются лишь 2: пневматический бетон (gun, torkret) и асфальт. Последний выдвигается в самое последнее время⁵.

¹ Дискутабельным является лишь применение их в частях сооружений, подвергающихся ударным воздействиям и сильному трению, хотя и там конкурентноспособными являются разновидности бетона (сталебетон, ганит или торкрет, армир. торкрет и т. д.).

² Например, построенная в 1928 году пл. Canadea в шт. Нью-Йорк (56/268 — 72, 60/91).

³ Имеются вполне удачные примеры высоких плотин и без всякой штукатурки: например, пл. Wäggi в Швейцарии высотой 100 м, показавшая прекрасную плотность литого бетона (61/344).

⁴ См. 13/54, 28/88 — 90, 51/370 — 1, 52/191 — 2, 53/187, 55/105, 56/302, 61/344, 62/354 — 7 и друг.

⁵ В 1927 г. поврежденная морозом поверхность пл. Mountain была защищена асфальтом (62/356 62/530 — 1), пл. Canadea имеет под облицовкой из клинкера, защищающей от мороза, слой асфальта (59/268, 60/91). Ряд примеров имеется в 62/354.

Для придания асфальту достаточной прочности на растяжение его вооружают плотной тканью, образующей его сердцевину. Тонкий покров, изготовляемый в заводских условиях любой длины (рулонами) и толщины, давно применяется как кровельный материал. Специальные исследования, произведенные во Франции, показали следующие его свойства для условий работы на плотинах (62/356):

образец размер. 3 мм × 50 мм; разрывн. усилие вдоль волокон — 85 кг, поперек — 45 кг, удлинение при разрыве 10% (17%);

образец размер. 5 мм × 50 мм; разрывн. усилие вдоль волокон — 95 кг, поперек — 80 кг, удлинение при разрыве 6% (15%).

Полная водонепроницаемость обоих образцов в течение 48 час. под давлением 30 кг/см².

Многочисленные наблюдения и опыты показали, что пневматический цемент, как материал для штукатурки гидротехнических сооружений, отличается следующими специфическими качествами:

1. Стойкость по отношению к атмосферным и другим влияниям: он не выветривается, мороз не причиняет ему никакого вреда (64/189).

2. Большая прочность и на сжатие, и на растяжение, примерно ¹ вдвое больше, чем у обычного бетона (66/605 — 6); повышенная сопротивляемость растягивающим усилиям [при испытании на изгиб балочки из торкрета — разрушение произошло при растягивающем напряжении = 70,6 кг/см² (67/15)], что особенно важно именно для облицовочного материала.

3. Нанесение нужной толщины в несколько слоев (т.е. перерывы в работе) — в противоположность обыкновенному бетону — не только не вредно, но наоборот — полезно (66/602, 67/14).

4. Соединение со старым бетоном, благодаря скорости, с которой частицы покидают сопло, очень прочно: на много больше сцепления между частицами самого бетона. В произведенных опытах на срезывание нанесенного на бетон слоя „торкрета“ — разделение происходило не в плоскости соединения этих 2-х материалов, а в слое самого „торкрета“ (63/15).

5. Превосходная водонепроницаемость. Проницаемость, по проф. Ключанскому (65/141), составляет 0,05 — 0,07 ², от таковой для бетона того же состава. Вот некоторые результаты многочисленных испытаний. Кубик из пористого бетона, покрытый слоем „торкрета“ в 0,5 см, оставался под давлением 20 атм. водонепроницаемым в течение всех 6 дней наблюдения (66/603). В Калифорнийском университете была подвергнута давлению столба воды в 490 м (49 атм.) пластинка толщиной 2,5 см, через 2, 3 часа на нижней поверхности не оказалось и следов воды; тогда столб воды довели до высоты 1040 м (104 атм.), после чего на нижней поверхности пластинки выступила роса, пластинка же от чрезмерного напряжения сломалась. Очень благоприятны были и опыты Волховстроя (67/17).

6. Простота операций и независимость качества торкрета от квалификации рабочих, как это имеет место для обычной бетонной штукатурки ³. Возможность, поэтому, торкретировать с помощью даже не квалифицированных рабочих (28/89 — 90, 61/344).

7. Возможность ремонта плотины во время эксплуатации без особых крупных затрат (61/334, 68/422).

Торкрет с успехом применялся в ряде плотин:

Elephant Butte — слои по 6 мм из состава 1 : 2; внизу 4 слоя, затем 3—2 и у гребня—1 (13/53 — 4);

Пл. Eil River, где слой цементомета в 19 мм был покрыт слоем мятой глины (26/11);

Пл. Schwarzenbach, где переусердствовали ⁴, чередуя слой торкрета, затем 80 см бетона и снова торкрет, а в нижних 20 м плотины (высотой всего 65 м) под защитным слоем бетона еще 2—3 прослойки бумаги (61/344);

На Волховстрое, Земо-Авчале (28/89 — 90) и т. д.

¹ С учетом повышения жирности раствора вследствие частичного отскакивания песку. Без этой поправки — в 2,75 раза больше. Проф. Ключанский указывает (65/141), что сопротивление торкрета растяжению на 20—260%, а сжатю на 20—270% выше, чем у трамб. бетона.

² У Анисимова (28/89) эти цифры приведены с опечаткой „0,05 — 0,7“.

³ Покрытие поверхности штукатуркой из жирн. цем. раствора вручную не достигает цели, как из-за растрескивания ее (13/55), так и вследствие возможности отслоения: оштукатуренную от руки напорную грань плотины на р. Basin в САСШ пришлось исправлять ганитом (68/142). См. также 53/786.

⁴ Так расценивает это и ст. инж. Сименс-Бау-Унион (61/344), говоря: „вполне достаточно было одного торкрета“.

Заключение

Огромные масштабы работ при сооружении высоких (и вообще больших) плотин требуют самой широкой механизации как самой кладки тела плотины так и ее облицовки и т. д. Изложенная выше кратко эволюция типов кладки, выбора самого состава бетона, способов облицовки — с достаточной резкостью подчеркивает всю значимость именно вопросов производства работ.

Если строительная практика САСШ, давшая образцы внедрения мощных механизмов в плотиностроение, делает сейчас под кнутом кризиса шаг назад (знаменитый „план кирки и лопаты“), то мы, стоящие перед крупнейшими гидротехническими сооружениями, должны идти вперед в направлении самой широкой механизации процессов труда, ибо она „является той новой для нас и решающей силой, без которой невозможно выдержать ни наших темпов, ни новых масштабов производства“ (69/752).

Этой задаче должна быть подчинена и проектировка плотин, в частности выбор материала для тела плотины.

А. Корчагин.

П Е Р Е Ч Е Н Ь

названной литературы (ссылка на этот перечень дается в тексте дробью
№ по списку, знаменатель — страница самого литературного источника).

Автор	Название	Издательство	Дата
Вейц В. И.	К вопросу об основных технических установках плана электрификации во II-й пятилетке	Сб. „К вопросу о технических сдвигах во второй пятилетке“. Партиздат Москва	1932 г.
Вомов Г. И.	Пути электрификации СССР	Сб. „Проблемы генплана электрификации СССР“. Соцэпгиз, Москва	1932 г.
Ахутин А. Н.	Использование водных сил в СССР за 1917—1927 годы	Сб. „Водное хозяйство“ Госплан СССР Москва	1929 г.
Andin A.	Die Wasserkräfte	Берлин	1923 г.
Анисимов Н.	Плотины ч. II. Водоподъемные плотины	Гостехиздат Москва	1924 г.
„	Плотины ч. I. Водосдерж.	„ „	1928 г.
La Rue	Tentative Plan for the Construction of a 780-foot Rock Fill Dam	Trans. A. S. C. E. Vol. 86	VI—1923 г.
Бегечкори Г.	Болдеровская плотина на р. Колорадо	Ам. Т. № 12	XII—1930 г.
Александров И. и Дубяга К.	Современное положение вопроса о постройке кам. водосдерж. плотин	Материалы к проекту Александра, вып. II	1925 г.
Heller	Der Höchste Staudamm der Welt	Z. d. Bauverw. № 51	19/XII—1928 г.
Мейер Р.	Гидротехническое строительство Америки за послевоенный период	Стр. Пром. № 11—12	XII—1928 г.
Эмменс-Бау-Унион	Днепрострой—Проект оборудования. Пояснительная записка	Берлин	1927 г.
Begove	Les grands barrages en maçonnerie aus Etats-Unis	L. Eyrolles Paris	1922 г.
Мейер Р.	Новая американская плотина	В. Тр. № 8—9	VIII—IX 1926 г.

№№	Автор	Название	Издательство	Дата
15	Графтио Г.	Волховстрой	ЦИК СССР—Москва	1928 г.
16	Haller	Die Coolidge-Kuppel-Staumauer	Z. d. Bauverw. № 12	20/III—1929 г.
17	L. S.	Bau der Staumauer am Grimselpass	V. D. I. B. 72 № 34	25/VIII—1928 г.
18	Grunsqy	High-Spud Construction Methodes of Pardee-Dam	E. N. R. № 7	14/II—1929 г.
19	Спроге В., Малышев В.	Проект постройки Запорожской плотины при помощи вант. дерриков	Бюллет. Днепростроя № 5	1928 г.
20	Рубин И.	Постройка плотины „Diablo-Dam“ на р. Skagit	Бюллет. Днепростроя № 1/13	1930 г.
21	Дубяга К.	Некоторые положения для проектирования и расчета Запорожской плотины	Бюллет. Днепростроя № 1	XI—1927 г.
22	Бовин В.	Гидроустановка на р. Днепре	В. Инж. №№ 2 и 3	II и III—1928 г.
23	Енаазаров И.	Гидроэлектрические силовые установки в СССР и их развитие	Электричество № 11	XI—1927 г.
24	Губин Ф.	Эскизные замечания к проекту АЗ-гидроцентрали	Арх. ГЭТ'а. Рукопись	1927 г.
25	Коллектив. труд	Технический проект Тертерской гидроэлектрической станции	„ „ „	1927 г.
26	Розов И.	Практика высоконапорных плотин в САСШ	Ам. Тех. № 6	1926 г.
27	Анисимов Н.	Производство работ по устройству плотин на реках	Гостехиздат—Москва	1927 г.
28	Перевод Рубина (из E. N. R. 24/X—1929 г.)	Применение исключительно жесткого бетона на 2-х плотинах в Америке	Бюллет. Днепростроя № 1/13	1930 г.
29	Губин Ф.	Сооружение плотины Гувера на р. Колорадо	Ам. Т. № 11	XI—1931 г.
30	Веденеев Б.	Методы производства строительных работ на Днепров. Гидроцентрали по предл. иностран. консультаций и Днепростроя	Бюллет. Днепростроя № 1	XI—1927 г.
31	Келен Н.	Применение ж.-бетона в гидросиловых установках (пер. Е. Близняка)	Гидр. сб. М. В. Т. У. № 2	XI—1929 г.

№№	Автор	Название	Издательство	Дата
32	Келен Н.	Определение наиболее рационального состава бетона	Стр. Пром. № 5	V—1928 г.
33	Каменцев П.	Новые способы подбора состава бетона требуем. прочности (приложение № 1 к „Железобетону“ Залигера)	Госиздат—Москва	1928 г.
34	Кадинский М.	Из американской техники проектирования и кладки бетонной массы	„Техника и Прозав.“ № 5	V—1928 г.
35	Вяземский В.	Опыт применения теории водоцементного отношения к расчету состава бетона	В. Ирр. № 4	IV—1928 г.
36	Weise E.	Abramscher Feinheitmodul-Fullerkuzve—Körnerfactor	Baut. № 10	5/III—1929 г.
37	Граф О.	Цемент (статья в труде Герм. Бет. союза „Проектирование и расчет жел.-бетон. сооружений“, ч. I)	„Макиз“ Москва	1928 г.
38	Хоциалов Н.	Подбор бетона требуемой прочности	Стр. Пром. № 2	1929 г.
39	Пробст Э.	Данные новейшего опыта в области теории и практики бетонного и жел.-бетонного строительства	„Железнодорож. дело“ № 2	1929 г.
40	Mc. Millan F.	Basic Principles of Concrete-Making	E. N. R. №№ 15—19	1929 г.
41	Олешкевич В.	Бетон Днепростроя	Стр. Пром. № 11—12	XII—1931 г.
42	Jacobsen B.	Stresses in Thick Arches of Dams	Trans. A. S. C. E. V. № 90	VI—1927 г.
43	Jorgensen L.	The constant-angle Arch Dam	„ „ № 78	I—1915 г.
44	Gruner H.	La construction des barrages voütes en Suisse	G. Civ., t. 87, № 9	29/VIII—1925 г.
45	Greiff	Die Arbeiten des amerikanischen Studienausschusses für Gewölbetsperren	Baut. H. 55	21/XII—1928 г.
46	Committee	Report on Arch Dam Investigation, vol. I	Proc. A. S. C. E.	V—1928 г.
47	N. K.	Die Cushman Stau-mauer	D. W. № 9	IX—1928 г.
48	Törpen B.	Cushman Project Provides Large Storage at Low Cost	E. N. R. № 15, vol. 98	14/IV—1927 г.

№№	Автор	Название	Издательство	Дата
49	Нанна Ф.	Designing High Storage Dam for the Mokelumne Project	E. N. R., vol. 100, № 11	15/III—1928 г.
50	Розов И.	Водонепроницаемость плотин и меры борьбы с нею	Ам. Т. № 8	VIII—1928 г.
51	"	К вопросу о достижении водонепроницаемости бетонной кладки	" " № 4	IV—1928 г.
52	Молявко-Высоцкий	К вопросу о водонепроницаемости бетонных и каменных плотин	Стр. Пром. № 11/12.	XII—1928 г.
53	Фидман А.	Водонепроницаемость бетона разных составов	" " № 3	III—1928 г.
54	Сухинин Б.	Некоторые соображения о покровах и диафрагмах, обуславливающих водонепроницаемость земляных плотин	Изв. Г. Г. И. № 22	1/XII—1928 г.
55	Probst E.	Die Entwicklung des Beton- und Eisenbetonbaues in den Verein. Staaten	Bauing. H. 14	2/IV—1926 г.
56	Веселаго Г.	Отчет о командировке в САСШ в III-VI—1928 г.	Бюллет. Днепростроя № 5	1928 г.
57	Малышев В.	Работы зимней сессии Технического Совета	Бюллет. Днепростроя № 2—3	I-II—1928 г.
58	Reutershan H.	Building a Brick-Faced Concrete Arch-Dam	E. N. R., vol. № 101, № 8	23/VIII—1928 г.
59	Haller	Eine bogenformige Beton-Staumauer in den Verein. Staaten	Z. d. Bauverw. № 6	6/II—1929 г.
60	Heinze F.	Aus der Praxis der Betonausführungen von Talsperren in Gussbeton	Baut. H. 24	4/VI—1926 г.
61	Cordebas J.	L'étanchéité des barrages	G. Civ. T. 94 № 15	13/IV—1929 г.
62	**	Waterproofing the Upstream Face of Mountain Dell Dam	E. N. R. № 13	31/III—1927 г.
63	Лукницкий Н.	Различные случаи применения пневматического бетонирования	Стр. Пром. № 3	III—1925 г.
64	Ключанский Г.	Пылевидное бетонирование „торкретирование“	" " № 2	II—1924 г.

№№	Автор	Название	Издательство	Дата
65	Обольянинов и Блявге П.	Опневматическом бетонировании (торкретировании)	Стр. Пром. № 9	IX—1928 г.
66	Нельсон - Скорняков Ф.	Торкретирование	В. Ирр. № 6	VI—1928 г.
67	Carrol E.	Guniting Upstream Face of Dam as Precaution Against Ice Damage	E. N. R., vol. 97, № 11	9/IX—1926 г.
68	Сталин	Вопросы Ленинизма	Изд. IV. Соцэкиз	1931 г.

КЛЮЧ К СОКРАЩЕННЫМ НАЗВАНИЯМ ЖУРНАЛОВ

Ам. Т.	— Американская техника
В. Инж.	— Вестник инженеров
В. Ирр.	— " Ирригации
В. Тр.	— Водный Транспорт
Гидр. Сб. МВТУ	— Гидротехнический сборник Московск. Высшего Техн. Уч.
Изв. ГГИ	— Известия Госуд. Гидрол. Института
" ГЭТ'а	— " " электротехн. треста
Стр. Пром.	— Строительная промышленность
Bauing.	— Der Bauingenieur
Baut.	— Die Bautechnik
D. W.	— Deutsche Wasserwirtschaft
E. N. R.	— Engineering News-Record
G. Civ.	— Génie Civil
P. roc. A. S. C. E.	— Proceedings of the American Society of Civil Engin.
Trans.	— Transactions . . .
V. D. I.	— Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure
Z. d. Bauv.	— " der Bauverwaltung.

МАКСИМУМ ПОВОДИ 1931 р. КОЛО м. КИЄВА В ІСТОРИЧНІЙ ПЕРСПЕКТИВІ

Überschwemmungsmaximum des jahres 1931 bei Kijew in seiner geschichtlichen perspective

Максимум поводи 1931 р. набагато перебільшив усі історично відомі найвищі рівні р. Дніпра коло м. Києва (і біля ряду інших пунктів). До того ж, найвищий рівень, що був 2 травня, дійшов не зареєстрованої досі висоти 853 сантиметри над новим нулем київського водомірного поста біля мосту ім. Євг. Бош, або в абсолютних позначках висоти 97,78¹ метрів над рівнем моря, перевищивши другий величиною максимум 1917 р. на 68 сантиметрів. Відповідна до цього рівня витрата, обчислена приблизно екстраполяванням наявної збудованої (від автора) кривої витрат р. Дніпра коло м. Києва, визначається числом порядку близького 23 000 м³/сек. проти витрати 17 500 м³/сек, що була при другому висотою максимуму 1917 року.

У зв'язку з виключним характером максимуму 1931 року природно виникають такі питання:

1) Як можна оцінити ту найвищу границю, що до неї можуть будь-коли дійти найвищі рівні р. Дніпра коло м. Києва в період поводи?

2) Чи можна сподіватися подібного до 1931 року винятково високого максимуму найближчими роками?

Обидва питання є надзвичайно складні й не припускають у суті цілком конкретного розв'язання. А втім, ряд можливих міркувань у цій справі має безперечний інтерес.

Насамперед розгляньмо, яка загальна картина розподілу весняних максимумів по роках для р. Дніпра коло м. Києва.

Систематичні спостереження рівнів р. Дніпра коло м. Києва розпочато з 1877 р. Ряд надійних вказівок для Києва про максимальні висоти весняних поведей зберігся, проте, і за давніші роки, починаючи з 1860.

Дані систематичних спостережень з 1877 до 1931 року включно наведено нижче в таблиці; там таки дано витрати, обчислені для максимальних рівнів за кривою витрат, що ми її збудували. Звертає на себе увагу те, що послідовний перебіг максимальних рівнів не відповідає такому самому перебігові витрат (напр., 1888 р. та 1878 р.); а це в зв'язку з тим, що річище р. Дніпра коло м. Києва — мінливе і умови протікання води в давні роки були інші, ніж за новіших.

Щодо вказівок про висоти весняних максимумів, які були до 1877 року, то ці вказівки такі.

¹ Позначку нового нуля рейки водпоста біля мосту ім. Євг. Бош взято за даними Управи Дніпр. Річн. Фльоти як рівну 89,25 метра.

Щорічні максимуми р. Дніпра коло м. Києва.

Рік	Дата за нов. ст.	H см.	Q м ³ /сек.	Рік	Дата за нов. ст.	H см.	Q м ³ /сек.
1877	28/IV	738	16960	1904	2-4/V	390	3180
1878	19/IV	657	11964	1905	3-5/V	608	8015
1879	1/IV-2/IV	521	5120	1906	7-10/IV	533	1854
1880	12/V	529	5955	1907	29/IV	683	11210
1881	7/V	578	8010	1908	1-3/V	719	13390
1882	6/IV-12/IV	433	3695	1909	2-3/V	538	5958
1883	6/V-7/V	636	10770	1910	28/IV-29/IV	390	3180
1884	9/V	457	4808	1911	27-30/IV	486	4742
1885	4/V	433	3695	1912	11-14/IV	540	6010
1886	28-29/IV	563	7380	1913	17-23/IV	427	3680
1887	5-9/V	465	4274	1914	19/IV	465	4345
1888	20/IV	674	11837	1915	22-23/IV	687	11485
1889	27/IV	672	11730	1916	15-16/IV	646	9162
1890	18/IV	504	5142	1917	22/IV	785	17500
1891	2-3/V	521	5510	1918	26-27/IV	467	4380
1892	29/IV-3/V	461	4240	1919	30/IV	555	6110
1893	30/IV	561	6633	1920	2-3/IV	512	5326
1894	7/V	384	3108	1921	18-24/IV	305	2155
1895	27-28/IV	685	11320	1922	16/IV	619	8364
1896	9-10/V	567	6465	1924	5/IV	414	3504
1897	18-19/IV	604	7885	1924	18-19/IV	657	10008
1898	26-28/IV	452	4100	1925	20-24/IV	203	1323
1899	13-15/V	369	2937	1926	30/IV-1/V	612	8151
1900	28/IV	653	9732	1927	6-8/IV	510	5280
1901	1/V	506	5142	1928	4/V	591	7485
1902	19-20/IV	521	5510	1929	11/V	657	10008
1903	27-28/III	427	3680	1930	17-23/IV	334	2499

У відомій праці акад. Є. В. Оппокова „Режим речного стока Верхнього Дніпра“¹ наведено дані про весняні максимуми для р. Дніпра, коло м. Києва, починаючи з 1860 року; проте, ці дані, як гадає і Є. В. Оппоков, зовсім не можна рівняти до дальших, бо річище р. Дніпра коло м. Києва перед періодом близько 1889—1890 р.р., надто в 60-х та 70-х роках, зазнавало багатьох дуже істотних змін, переважно через виведення в об'єкті та в річищі річки ряду гідротехнічних споруд (побудова залізничної гатки в 60-х роках, закриття проточин Русанівської гатки 1888—1889 р.р., виведення численних виправних споруд).

¹ Т. I і т. II, 1903 й 1908 р., див. т. I, стор. 269 й далі.

У тій самій праці акад. Є. В. Оппокова наведено куди певніші дані про весняні максимуми р. Дніпра коло с. Лоцманська Кам'янка, починаючи з 1852 року; дані ці, фіксовані відносно нулевого рівня, викарбуваного на береговій скелі 1845 року, у зв'язку з незмінним скелястим річищем р. Дніпра коло с. Лоцманська Кам'янка, здається, особливих сумнівів не викликають. Нарешті, у Є. В. Оппокова¹, наведено весняний максимум для Лоцманської Кам'янки, зафіксований для дуже високої поводи 1845 р. Для цього ж таки року є вказівки позначок максимуму в Дніпропетровському та в Кічкасі. В останньому пункті, на надбережній скелі, ряд зарубок зафіксував видатні максимуми також і інших років — 1877, 1917, 1908 та навіть максимум 1789 року, як найбільший над усіма іншими. Максимум 1845 року за Є. В. Оппоковим дає для Лоцманської Кам'янки, коли ми його зведемо до виправлених показів основного поста №1-а¹, висоту рівня 3,03 саж., що дорівнює 6,46 м. Ця висота дуже добре ув'язується з даними для Дніпропетровського (один із рисунків звіту про збудовання Катерининської залізниці — ч. 2, стор. 1884), так само як і дані 1877 року². Отже висоту максимуму 1845 року для Лоцманської Кам'янки можна вважати за цілком надійну.

Щодо висоти максимуму 1789 року, відзначеної на скелі коло Кічкасу, то міра її надійності викликає сумніви. Справді, відзначений там таки максимум 1917 року має абсолютну позначку 22,50 м; на водпосту коло Кічкасу 1917 року зафіксовано 3,47 сажня = 7,40 м; а що абсолютна позначка нуля спостережень Кічкаського водпоста дорівнює, за даними Дніпробуду 14,76 м, то маємо для 1917 року на водпосту: $14,76 + 7,40 = 22,16$ м. Це дає розходження з позначкою на скелі $22,50 - 22,16 = 0,34$ м; маючи на увазі, що скеля ця лежить, очевидно, нижче від водомірного поста (уплинь за водою), то доводиться констатувати досить велику неув'язку й узяти під сумнів усі позначки на скелі коло Кічкасу взагалі.

Щоб оцінити максимум 1789 року хоч би наближено, можна зробити так: позначка на скелі 1789 року вища від позначки 1845 року приблизно на 40 см; вважаючи наближено, що таке саме перевищення мав максимум 1789 року над максимумом 1845 року, для Лоцманської Кам'янки, дістанемо для неї позначку 1789 року: $6,46\text{м} - 0,40\text{м} = 6,88\text{м}$.

Отже досить надійні дані про максимуми весняної поводи для річки Дніпра є по Лоцманській Кам'янці з 1852 року і по ній же за 1845 рік, а наближені й за 1789 рік.

Ці дані не важко звести до показів київського водомірного поста, коли скористуватися з кривою зв'язку відповідних рівнів, збудованої для цих двох постів. Така крива зв'язку, що ми збудували, дає для гребенів весняних поведей співвідношення рівнів Києва та Лоцманської Кам'янки з відхилами пересічно в межах до 10 см, при одному випадкові (за період 1876 — 1931р.) крайнього відхилю близько 22см. Як видно, при зведенні максимуму Лоцманської Кам'янки до Києва, можливу помилку слід одіювати в тих самих межах — близько ± 10 см, а це, певна річ, не істотно. Зведені так до показів київського водомірного поста максимальні рівні будуть відповідати умовам протікання води річки Дніпра коло м. Києва, що були тепер, бо крива зв'язку відповідних рівнів збудована орієнтованись на дані останніх трьох десятиріч (1900 — 1931); отже, здобуті дані можна буде цілком порівнювати з сучасними.

Виконані, як сказано, перерахунки подано нижче в таблиці II (див. графи 4 та 5). У цій же таблиці (графа 7) дано максимуми весняних гребенів, наведені у Є. В. Оппокова (див. вище), як спостережені на Київському водпосту ($H_{\text{макс}}$); у графі 8 дано різниці ($H_{\text{макс}}$ — $H'_{\text{макс}}$).

¹ Див. проф. *И. Г. Александров*, Днепрострой, Проект, т. I, Исследования, Москва, 1929, див. стор. 172.

² Див. проф. *И. Г. Александров*, *op. cit.*, стор. 172 — 173.

Лоцманська Кам'янка					Київ			
Рік	Дата за нов. ст.	H макс. в м.	Відп. H^1 макс. коло Києва за кривою зв'язку	Відп. Q макс. по Києву	Дата за нов. ст.	H макс. в м.	Різниця $H^1 - H$ (гр. 4—гр. 7)	Q макс. за H макс.
1	2	3	4	5	6	7	8	—
1852	18/V	1,73	4,88	4786	—	—	—	—
1853	21/II	2,86	5,78	7101	—	—	—	—
1854	19/V	2,94	5,85	7307	—	—	—	—
1855	2/V	3,76	6,38	9118	—	—	—	—
1856	20/V	1,81	4,94	4918	—	—	—	—
1857	14/V	1,11	4,05	3378	—	—	—	—
1858	19/V	1,49	4,63	4297	—	—	—	—
1859	20/V	1,22	4,28	3710	—	—	—	—
1860	9/V	2,99	5,90	7455	29/IV—2/V	6,64	—0,74	—
1861	26/IV	4,54	6,78	10995	20/IV	7,96	—1,18	—
1862	13/V	1,94	5,05	5165	3/V	> 4,48	0,57	—
1863	13/V	0,21	2,26	1490	14/V	4,08	—1,82	—
1864	21/V	0,49	2,82	1928	11/V	4,52	—1,70	—
1865	9/V	3,14	6,01	7786	30/IV	7,28	—1,27	—
1866	1/V	2,80	5,73	6956	19—23/V	7,21	—1,48	—
1867	12/V	3,35	6,15	8257	3/IV	> 7,25	—1,10	—
1868	12/V	1,51	4,66	4845	4/V	7,77	—3,11	—
1869	14/IV	0,94	3,71	2950	3/III	5,50	—1,79	—
1870	17/V	1,73	4,89	4814	9/V	6,57	—1,68	—
1871	13/V	3,50	6,24	8585	10/V	7,72	—1,48	—
1872	29/IV	2,90	5,82	7219	20/IV	7,42	—1,60	—
1873	3/V	0,83	3,50	2696	6/V	4,12	—0,62	—
1874	18/V	1,22	4,28	3710	11/V	4,86	—0,57	—
1875	2/V	0,70	3,22	2346	23—24/V	4,05	—0,83	—
1876	17/IV	3,63	6,32	8887	8/IV	6,42	—0,10	—
1877	27—28/IV	5,63	7,46	15010	18—20/IV	7,38	0,08	16960
1878	27/IV	3,95	6,49	9.95	19/IV	6,57	—0,08	11964
1879	29/III	2,77	5, 71	6894	1—2/IV	5,79	—0,08	5120
1880	21/V	2,09	5,16	5418	12/V	5,29	—0,13	5955
1881	15/V	2,92	5,84	7278	7/V	5,78	0,06	8010
1882	13—24/IV	1,13	4,10	3446	6—12/IV	4,33	—0,23	3695
1883	12—14/V	3,88	6,44	9373	6—7/V	6,33	0,08	10770
1884	15—19/V	1,34	4,46	3997	9/V	4,57	—0,11	4088
1885	11—14/V	1,11	4,05	4328	4/V	4,33	0,32	3695

Як видно, ці різниці сягають чималих величин, до 1,79 м і навіть в одному випадкові — 1868 р. — до 3,11 м; мабуть у цьому останньому разі трапилась якась помилка, очевидно, по Києву. Різниці H макс. показують, що корито річки Дніпра коло м. Києва в період 1860—1875 р. було далеко вище, ніж тепер, і це цілком відповідає спеціальним дослідом цього питання¹.

Щоб порівняти дані по Києву з даними за період до 1877 року, здобутими в Лоцманській Каменці, їх доведено до 1885; як видно (гр. 7, 8 та 9) для років після 1877 маємо досить добру погодженість між максимумами, обчисленими через Лоцманську Кам'янку, й тими, що є по Києву.

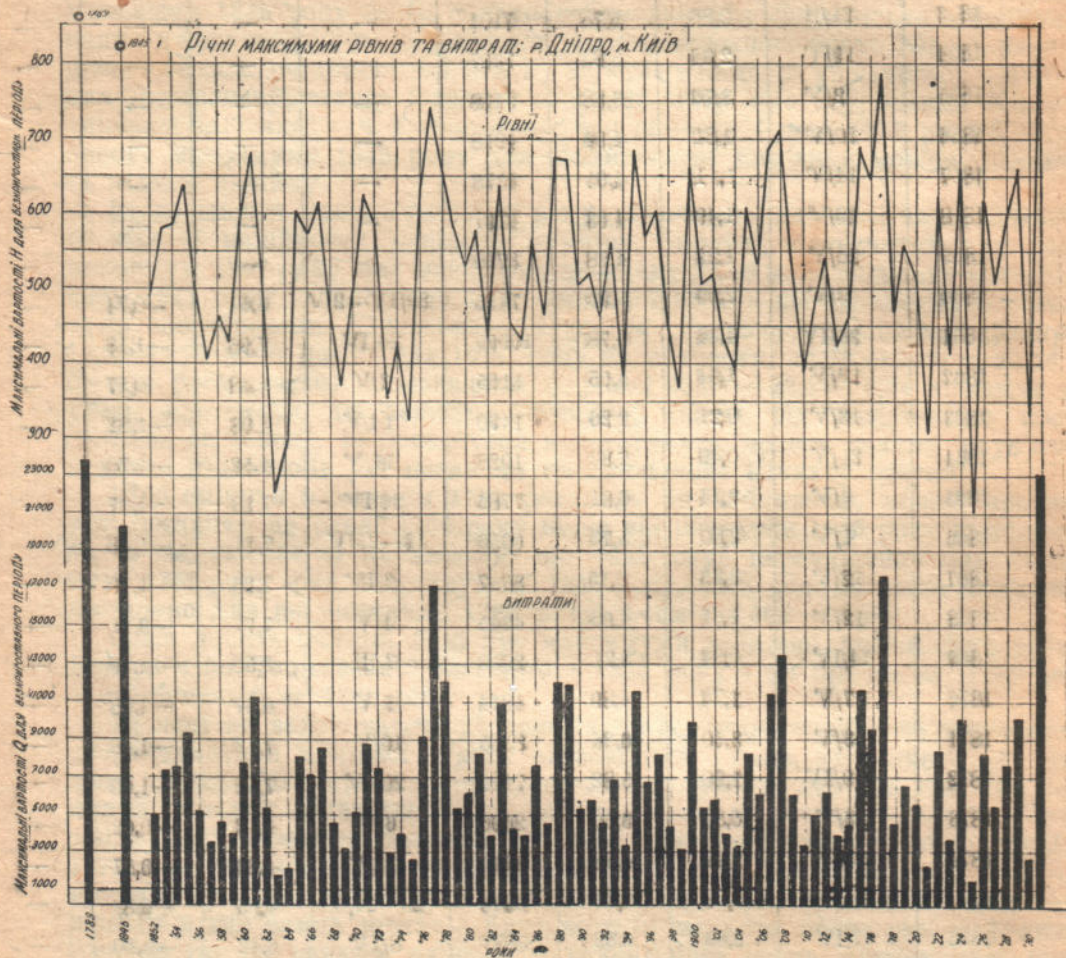


Рис. 1.

Максимуми 1845 та 1789 років, що ми їх з'ясували вище для Лоцманської Кам'янки, коли перерахувати їх до Києва, дадуть такі величини: 1845 року — близько 820 см над сучасним нулем спостережень, при $Q=20\,200\text{ м}^3/\text{сек}$; 1789 року — близько 860 см, при $Q=23\,600\text{ м}^3/\text{сек}$. Рис. 1 дає зведення всіх здобутих даних.

Розкладім тепер одержані в таблицях I і II максимуми витрат р. Дніпра коло м. Києва в спадному порядку, окремо для періоду 1877—1931 (табл. III) і для всього періоду 1852—1931 р. р. (табл. IV). Обчислимо далі повторність цих максимумів, або, інакше кажучи, ймовірність їх настання.

¹ Див. *Є. В. Оппоков*; *op. cit.*

Пор. №№	Роки	Q макс. м ³ /сек.	Ймовірність настання	Пор. №№	Роки	Q макс. м ³ /сек.	Ймовірність настання	
1	1931	23000	0,62	42	1902	5510		
2	1917	17500	1,87	43	1920	5326		
3	1877	16960	3,12	44	1927	5280		
4	1908	13390	4,37	45	1862	5165		
5	1878	11964	5,62	46	1901	5142		
6	1888	11837	6,87	4	1890	5142		
7	1889	11730	8,12	48	1879	5120		
8	1915	11485	9,37	49	186	4918		
9	1895	11320	10,62	50	1870	4811		
10	1907	11210	11,87	51	1852	4786		
11	1861	10995	13,12	52	1911	4742		
12	1883	10770	14,37	53	1918	4380		
13	1924	10008	15,62	54	1868	4345		
14	1929	10008	16,87	55	1914	4345		
15	1900	9732	18,12	56	1858	4297		
16	1919	9462	19,37	5	1887	4274		
17	1855	9118	20,62	58	1892	4240		
18	1876	8887	21,87	59	1898	4100		
19	1871	8585	23,12	60	1884	4088		
20	1922	8364	24,37	61	189	3710		
21	1867	8257	25,62	62	1874	3710		
22	1926	8151	26,86	63	1882	3695		
23	1905	8015	28,12	64	1885	3695		
24	1881	8010	29,37	65	1903	3680		
25	1897	7885	30,62	66	1913	3680		
26	1865	7786	31,87	67	1923	3504		
27	1928	7485	33,12	68	1859	3378		
28	1860	7455	34,37	69	1904	3180		
29	1886	7380	35,62	70	1910	3180		
30	1854	7307	36,87	71	1894	3108		
31	1872	7219	38,12	72	1869	2950		
32	1853	7101	39,37	73	1899	2937		
33	1866	6906	40,62	74	1873	2696		
34	1893	6633		75	1930	2499		
35	1896	6465		76	1875	2346		
36	191	6410		77	1921	2155		
37	1912	6010		78	1864	1928		
38	1909	5958		79	1863	1490		
39	1880	5955		80	1925	1323		
40	1906	5854						
41	1891	5510						
				Сума 532 985				
				Пересічне 6 662				

Обчислюємо за формулою:

$$P = 100 \frac{m-0,5}{n} \dots \dots \dots (A)$$

де — P — ймовірність настання події, цебто відсоток забезпеченості; m — порядковий нумер члена, коли розташувати ряд у спадному порядку), або число років, що мають максимум більший, чи рівний з даними; n — число членів ряду.

Візьмімо умовно три ґрадації для оціну весняних максимумів: 1) *високі* максимуми — ті, що перевищують пересічно-многорічну величину максимумів витрат; 2) *дуже високі* максимуми — ті, що відповідають ймовірності настання меншій як 20%, цебто ймовірності повторення меншій, або рівній одному разові на 5 років; 3) *винятково високі* — ті, що відповідають ймовірності настання меншій, як 10%, цебто ймовірності повторення меншій або рівній одному разові на 10 років. Обчислення робимо для категорії високих максимумів (див. табл. III та IV).

Тоді за таблицею III, цебто для періоду 1877—1931 р., до категорії високих максимумів належать максимуми, що відповідають 22-м рокам, з № 1 до № 22, цебто число максимумів менше, ніж половина всіх спостережених випадків, а саме 40,7% всього узятого числа років; дуже високими максимумами будуть максимуми років: 1917, 1877, 1908, 1878, 1888, 1889, 1915, 1895, 1907, 1883 й 1924, цебто 12 років (22%). Винятково високі максимуми зареєстровано тільки 5 разів за 54 роки: (коли не рахувати 1931 року), 1917, 1877, 1908, 1878 та 1888, цебто 9% усіх випадків. Виявляється, що максимуми цих останніх років є набагато нижчі від того, що був 1931 року; маємо такі послідовні різниці рівнів та витрат:

Таблиця V

Р о к и		1917	1877	1908	1878	1888	П р и м і т к а
в порівнянні з 1931 р.	Різниці рівнів у см	68	115	134	196	179	Для 1931 р. H макс. = 853 см Q макс. = 23 000 м ³ /с.
	Різниці витрат у м ³ /сек.	5500	6040	9610	11036	11163	

Для безперервного ряду з 1852 до 1931 року, цебто для 80 років спостережень, маємо:

- 1) високих поведей — 33, цебто 41% від усього числа років;
- 2) дуже високих поведей — 17 випадків, цебто 21%;
- 3) винятково високих — 9 випадків, цебто 11,2% від усього числа випадків.

Здовження періоду від 1877 до 1852 р. взагалі зменшило пересічно-многорічний максимум з 6848 м³ сек. до 6662 м³ сек; відсоткове число максимумів усіх трьох категорій проти всього їх числа залишилося дуже близьке до того, що ми мали для періоду 1877—1931 р.р.

Дані таблиць III й IV для наочности показано в вигляді ґрафіків повторности на рис. 2 й 3.

Увесь наведений матеріал про весняні максимуми р. Дніпра коло м. Києва показує, що максимум 1931 р. за період 1852—1930 не тільки не був перевищений, а навіть не було року, досить близького величиною свого максимуму до 1931 року; 1931 рік дуже вирізняється, вихоплюється з-поміж своїх попередників.

А коли взяти до уваги максимуми 1845 і 1789 р. р., то максимум 1931 року геть перевищує 1845 р. і майже збігається з максимумом 1789 року, цебто з тим, що трапився 142 роки тому, коли тільки розглядати його, як досить надійний. Отже максимум 1931 року є зовсім винятковий серед усіх відомих для р. Дніпра коло м. Києва.

Щоб відповісти на поставлені в нас на початку питання, як можна оцінити можливий для Києва граничний весняний максимум і чи можуть

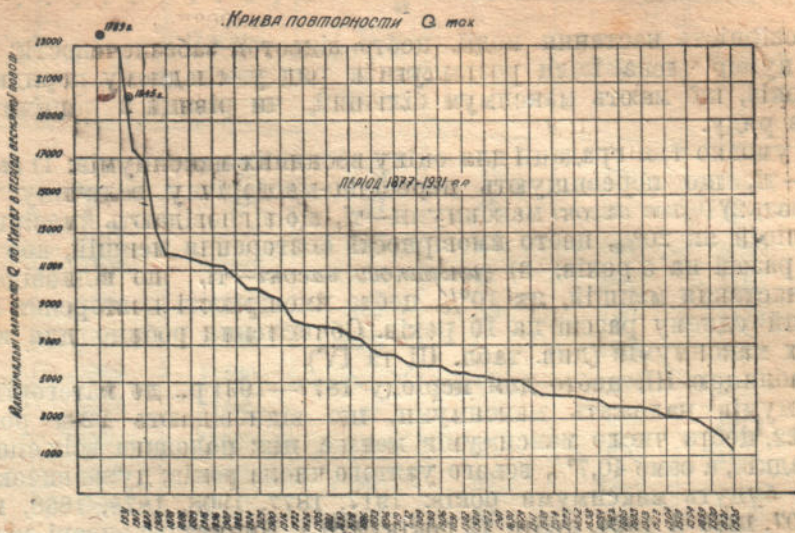


Рис. 2.

траплятися надзвичайно високі максимуми найближчими роками,— не можна не розглянути причин, що споводували максимум 1931 року. Але,

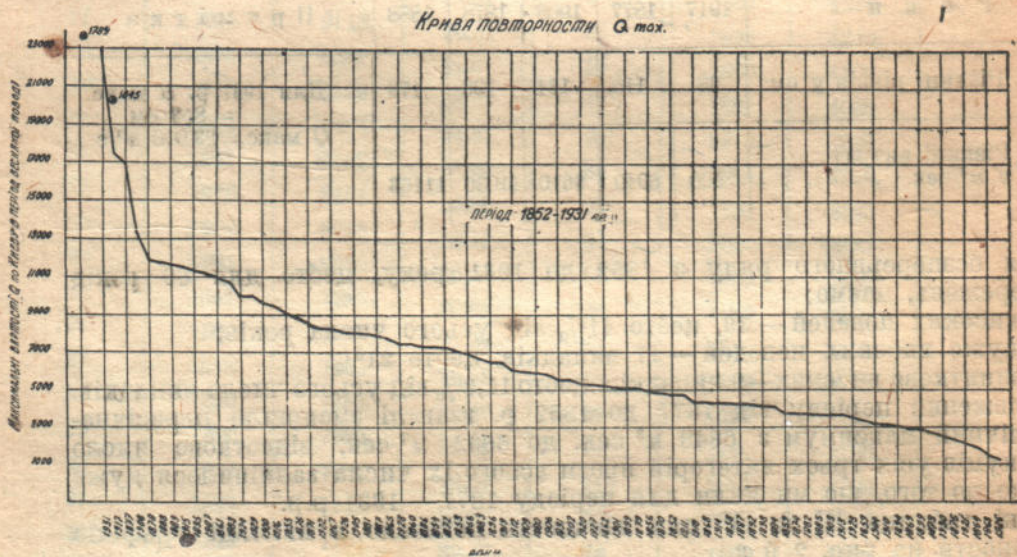


Рис. 3.

тому, що докладний розгляд причин мав би становити предмет окремого викладу¹, а коротенький їх розгляд є в статті акад. Є. В. Оппокова, надрукованій у цьому ж таки числі „Вістей“,—тут ми тільки зрозуміємо найголовніше в цій справі, потрібне нам для нашого безпосереднього викладу.

¹ Такий монографічний дослід готується до друку у виданні УСРР, як спільна робота моя та інж. В. А. Назарова.

Як відомо, висота весняного максимуму р. Дніпра коло м. Києва визначається перебігом розвитку поводі на трьох головних річкових системах р. Дніпра вище від м. Києва: 1) Горішнього Дніпра з р. Березиною та р. Сожжю, 2) р. Десни та 3) р. Прип'яті.

Хвилі, що формуються навесні на цих трьох системах, підходячи до Києва, зливаються й зумовлюють свою сумою перебіг хвиль коло Києва. При цьому може статися те, що найвищі рівні проходять по одній або по двох із згаданих систем раніше, ніж по інших, цебто можуть не збігтися фази весняних хвиль на них, і навпаки, хвилі, що йдуть з Горішнього Дніпра, Прип'яті та Десни, можуть більше чи менше збігатися своїми фазами, підходячи до Києва, цебто найвищі рівні Горішнього Дніпра, Прип'яті та Десни можуть підходити до Києва майже одночасно.

Пересічні терміни просування гребенів весняних максимумів до Києва від горішніх замичних водомірних постів, розташованих на річкових системах р. Дніпра повині Києва, а саме від Лоева (понижче р. Сожі на р. Горішній Дніпро, 260 км від Києва), Чернігова (р. Десна, 219 км від Києва) та Мозиря (р. Прип'ять, 291 км від Києва), за даними минулих років приблизно можна визначити так: Лоев—4-5 діб, Чернігів—4-5 діб, Мозир—7-8 діб. Візьмім за розрахункові терміни перебігу гребенів другі з наведених чисел плюс мінус одну добу, цебто відповідно 5,5 і 8 плюс мінус одну добу. Тоді можна обрахувати число випадків, відповідне до фактичного збігу коло Києва дат гребенів, що йдуть від кожного з трьох повіщих пунктів.

Зведену табличку з такими підрахунками подано нижче (табл. VI)

Таблиця VI

Пункти	Число випадків збігу гребен. (з Київським)		Число випадків випередж.		Число випадк. запіз.		Граничні числа	
	Абсол.	У %%	Абсол.	У %%	Абсол.	У %%	Запіз. доби	Випер. доби
Лоїв . . .	23	46	21	42	6	12	Близ. 9	Близ. 10
Чернігів	13	27,5	7	15	27	57,2	" 22	" 25
Мозир . .	3	6,1	24	49	22	45	" 24	" 25

Отже найбільше число збігів дає Лоїв, найменше Мозир; раніше від київських у найбільшому числі випадків пробігають гребені Мозиря, а пізніше—Чернігівські.

Дані для кожного року наведено на рис. 4. Звідси видно, що *одночасний збіг*, коли до Києва підходили гребені всіх трьох головних річок, стався тільки один раз: 1907 року; збіг часу, коли підходили гребені з двох річок—трапився 6 разів, саме для Горішнього Дніпра (Лоїв) та Десни (Чернігів)—в п'ятьох випадках: 1917, 1889, 1915, 1929, 1893, і для Прип'яті та Десни—один раз—1887 року. Звертає на себе увагу те, що в ряді випадків з високими максимумами зовсім не було збігу фаз хоч би з двох горішніх річок; наприклад, 1908 року Мозир мав піку на 24 дні раніше, ніж Київ, а Чернігів—на 5 діб пізніше, 1895 року—лоївський гребінь пройшов на 10 діб пізніше, мозирський на три доби пізніше, а чернігівський на дві доби раніше від тієї фази, що зумовила максимум коло Києва, тощо.

Для 1931 року перебіг наростання рівнів на допливах вище від Києва дано в нижче наведеній таблиці VII.

Перебіг рівнів

По- ряд. №№	П у н к т	Р і ч к а	Відстань від Києва км.	Рівні за квітень 1931 р. в см над 0 спост.											Рівні за травень 1931 р.		Абсолют- ний макси- мум за по- передній період	
				20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2		
				Макс.	рід.													
1	Орша	Дніпро	778	220	300#	642#	936#	872	811	—	738	744	770	766	836	892	855	1917
2	Могилів	"	707	298#	436	605	730	782	748	720	700	688	684	696	708	(720)	761	"
3	Рогачів	"	500	291	305	335	351	436	—	466	428	415	390	383	381	384	401	"
4	Бобруйськ	Березина	548	220■	240	270#	350#	405	446	469	450	425	398	390	370	353	396	"
5	Пропойськ	Сож	530	228■	—	342	488	550	510	—	—	—	353	333	312	300	480	"
6	Гомель	"	358	248■	314■	378#	462#	554	638	682	691	675	649	618	586	556	646	"
7	Львів	Дніпро	260	280■	346■	350	404#	486	592	712	776	808	806	793	770	742	771	1895
8	Мозир	Прип'ять	291	590#	596#	557	600	598	597	595	594	588	583	576	569	562	758	1917
9	Н.-Сіверськ	Десна	556	253	370	488	610	640	638	612	596	587	577	566	542	518	616	"
10	Макошин	"	351	585	627	640	648	680	713	735	743	743	744	737	731	725	747	"
11	Чернігів	"	219	486#	544#	616#	738	780	789	810	838	856	862	855	849	840	864	"
12	Київ	Дніпро	0	376	38	400	463	522	566	636	666	703	758	808	840	852	785	"

Примітка: # — кригоплав.

■ — кригостав.

скр. — скрес.

Як видно з таблиці, всі три гребені Лозва, Чернігова та практично й Мозиря (випередження на один день) 1931 року збіглися підходячи до Києва.

Отже кінець-кінцем висоту весняної поводи коло Києва зумовлюють чинники, що визначають як висоту, так і перебіг поводи на річках При-

Зіставлення дат підходу гребенів Лозва, Чернігова та Мозиря до Києва

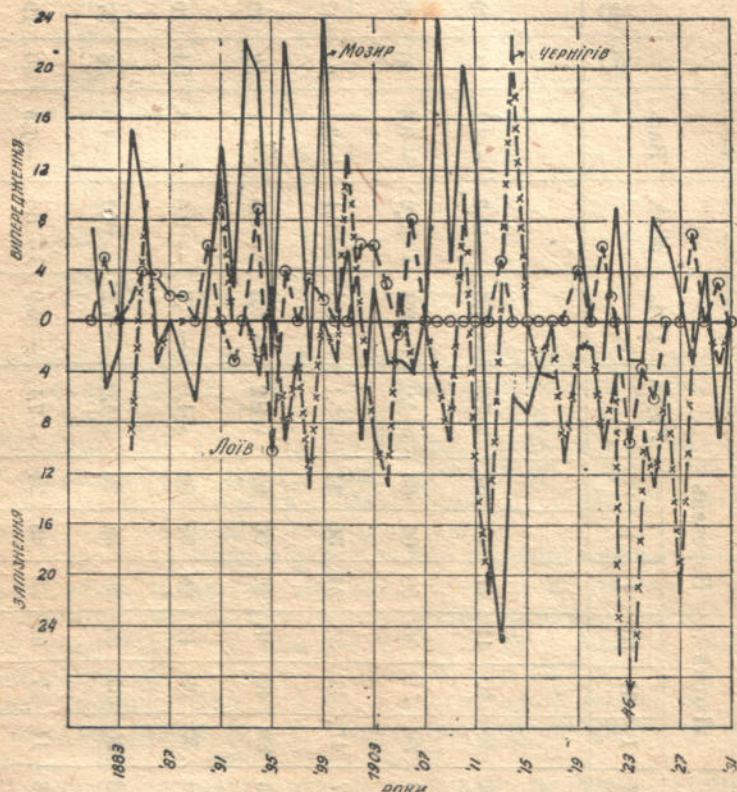


Рис. 4.

Горішньому Дніпрі з Березиною та Сожжю й на р. Десні, цебто в сточищі р. Дніпра повище Києва.

Найголовніші дієві чинники весняної поводи для всього сточища р. Дніпра повище Києва є: вишина снігу наприкінці зими, сума опадів за зимові місяці, перебіг пересічно-місячних зимових температур і перебіг весни (ряд інших, не таких певних і мало вивчених чинників, як от промерзлість ґрунту, осіннє підготування сточища тощо, ми тут лишаємо збоку). Найголовніші чинники для зими 1931 року і ряду інших років наведено в нижчеподаній таблиці VІІІ.

З таблицьки видно, що максимумом снігового настилу наприкінці зими поточний 1931 рік був почасти аналогічний з 1907 8, 1923 24 і 1892 93 р.р. і геть поступався 1916—17 р.; щодо течних опадів, то цей 1931 рік поступався 1907/8 й 1894/95 р.р., хоч разом з тим він був близький до 1916/17 р.; щодо січневих та люневих температур найближчі до 1931 року були роки: 1928/29, 1916/17 і почасти 1923/24.

Метеорологічні елементи у сточищі р. Дніпра

Роки спостер.	Висота гребеня в Києві над 0 спостер.	Висота снігу в сантиметрах по декадах												Темпер. повітря по місяцях				Опади по місяцях				Сума опадів за XII—III	Перес. темпер. за XII—III	
		Грудень			Січень			Лютий			Вересень			Груд.	Січ.	Лют.	Вер.	Гр.	Січ.	Лют.	Вер.			
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III											
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III											
1930—31	85	1	13	25	27	29	34	40	40	41	41	47	45	37	-7,3	-7,8	-11,3	-4,1	41	39	20	44	143	-7,6
1916—17	785	0	5	20	31	31	33	39	51	56	58	66	63	63	-4,0	-9,4	-13,3	-6,6	50	29	25	37	141	-8,3
1906—07	683	2	12	20	24	28	37	41	41	38	34	36	31	31	-5,1	-9,4	-8,4	-3,1	61	32	16	19	128	-6,5
1907—08	719	3	6	17	29	37	35	39	43	48	42	36	32	32	-8,2	-5,8	-3,9	-1,1	52	33	51	23	159	-5,3
1894—95	685	2	16	16	18	19	19	30	39	42	39	38	36	36	-4,0	-3,7	-9,0	-2,3	34	49	33	43	159	-4,8
1928—29	657	2	4	7	13	18	28	30	31	37	40	38	23	23	-4,0	-7,2	-17,3	-4,9	46	27	14	17	104	-8,4
1892—93	561	14	23	24	36	40	43	44	47	52	43	35	24	24	-7,1	-15,9	-7,5	-1,5	40	19	33	30	122	-8,0
1923—24	657	2	2	12	27	27	29	35	39	42	51	51	39	39	-4,7	-12,8	-8,2	-4,5	31	23	40	34	128	-7,5

Деякі дані для весни — а саме для квітня — наведено в таблиці IX.

Таблиця IX

Квітень

Роки спостережень	Висота снігу; декада IV міс.			Температура повітря за квітень	Опади за квітень
	I	II	III		
1931	34	—	—	—	—
1917	24	4	0	6,6	51
1907	12	1	0	4,3	41
1908	20	8	0	4,8	53
1895	18	3	0	5,1	14
1929	16	10	0	—	—
1893	13	4	1	2,3	30
1924	—	—	—	—	—

Дуже впадає в око одна річ: надто велика вишина снігу в сточищі під час першої декади квітня; такої не зареєстровано ні в роки, наведені в таблиці, ні в інші роки. Щодо решти елементів, у їх пересічних обрахунках по місяцях, то 1931 рік від інших років з високими поводями особливо не відрізняється. Проте, якщо вдатися до детальніших характеристик перебігу весни 1931 року, зафіксованих на щоденних синоптичних мапах Бюро Погоди, то можна побачити таке:

1) У квітні 1931 року стався надзвичайно гострий і незвичайно великий злам у перебігові температур повітря, до того ж настав він зразу по всій площі сточища, починаючи від сточища річки Прип'яті, кінчаючи Десною; цей злам відбувся між 19/IV та 22/IV і йшов у парі зі збільшенням температур зразу від $2 - 3^{\circ}$ до $+ 9^{\circ} - + 12^{\circ}$ С.

2) Згаданий період гострого й повсюдного зламу температур проходив разом з досить сильними (4—5 балів) теплими вітрами, що безперечно дуже підсилили процес розтавання снігу.

3) У той самий період одночасно випадало по інших місцях чимало течних, як видно, теплих опадів.

Такий перебіг метеорологічних елементів протягом згаданих кількох днів спричинив дуже інтенсивне й до того одночасне для всього сточища розтавання снігу; в ряді пунктів зареєстровано схід снігу вищиною 50—60 см за кілька днів. Це призвело до виключно інтенсивного й одночасного прибуття води по всій системі Горішнього Дніпра (див. табл. VII, напр. Дніпро коло Орші за добу піднісся на 342 см); максимумами піднесенень у ряді пунктів зформувалися дуже швидко у вигляді дуже високих пік, наблизившись, або навіть перевищивши історично відомі максимумами (див. табл. VII, останню графу). Коло Києва стався збіг фаз у хвилях, що просувалися, і це утворило відповідну картину.

Треба відзначити, що р. Прип'ять поточного року далеко не досягла свого історичного максимуму; рівень гребеня поточного року коло Мозиря дорівнював 600 см (над нулем спостережень) проти 758 см 1877 р. (та 542 см 1917 р.).

Коротенька аналіза обставин поводі 1931 року, що ми оце зробили, дає змогу дійти такого висновку:

У поводі 1931 року не всі головні бієві чинники, що визначають максимальну висоту поводі, досягли найсприятливішої для цього величини.

Інакше кажучи, можна теоретично припустити можливість одночасної наявності ще несприятливішого збігу головних дієвих чинників, наприклад, наявність такого високого снігового покриву, як 1916/17 р. і такого самого інтенсивного розтавання цього снігу як 1931 року; або одночасний розвиток найбільших спостережених поведень на всіх горішніх допливах р. Дніпра при одночасному підході гребенів хвиль до Києва тощо.

Ще інакше кажучи, виконана аналіза приводить до висновку: *не можна вважати, що спостережений 1931 року максимальний рівень весняної поводи не може бути перевищений.*

Як же можна оцінити теоретично можливий максимум максимуму весняних гребенів коло Києва? Такий оцін можна зроби́ти щоправда умовно, коли загадатися над уже відзначеним (мало ймовірним) одночасним настанням і підходом до Києва історично відомих найближчих рівнів трьох згаданих вище головних складових систем. Тому що кривої витрат для Ловва нема (бо вимірів витрат коло цього пункту не робили), то цей пункт можна замінити двома підвищами, для яких криві витрат маємо: Річицею (р. Г. Дніпро) та Гомелем (р. Сож)¹. Тоді шукаву, теоретично можливу, максимальну витрату (і рівень) р. Дніпра коло м. Києва можна одержати як суму максимальних витрат по Мозирю, Річиці, Гомелю та Чернігову.

Максимальні витрати для цих пунктів можна визначити приблизно, екстраполюючи наявні для них криві витрати (що ми збудували). Тоді матимемо такі дані:

Таблиця X

Пункти	Спостережений абсолютний максимальн. рівень, см, нуль спост.		Відповідний H макс. абс. Q макс. м³/сек.
	H макс. абс.	дата	
1 Мозир	758	1877	6400
2 Річиця	538	1931	7200
3 Гомель	691	1931	6000
4 Чернігів	864	1917	8030

Разом 27630 м³/сек.

Можна наближено й про запас покласти, що одержані Q макс. абс. по окремих пунктах дійдуть до Києва, збільшені на величину, що дорівнює відсотковій додатковій площі стоочища між згаданими чотирма пунктами

та Києвом, а саме до $1,20$. Тоді для Києва остаточно дістанемо:

$$Q_{\text{макс. абс. к}} = 27630 \times 1,20 = 33000 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Витрати Q макс. абс. = 33000 м³/сек відповідає, приблизно, за екстраполюванням кривою витрат для Києва, рівень 960 см над новим нулем водпоста коло мосту ім. Шевченка, або в абсолютних позначках, — висщина 98,85 м.

Одержана число можна розглядати як таке, що наближено характеризує ймовірний абсолютний максимум для р. Дніпра коло м. Києва.

Цікаво відзначити, що проф. Г. Г. Александров² граничну ймовірну витрату р. Дніпра коло м. Леїманська Кам'янка визначив, як близьку

¹ Криві витрат для всіх чотирьох пунктів збудовано у Службі гідрологічних оповіщень Дніпробуду.

² Проф. Г. Г. Александров Дніпроградим Проект, т. I. Исследования. Москва, 1929, див. стор. 143.

до 26 000 м³/сек; число це одержане на підставі аналізу розподілу максимальних витрат коло Лопманської Кам'янки, виконаної за Пірсоном. До розрахунку запроваджено витрати періоду 1852—1926 р.р., цебто за 75 років.

Максимальна витрата 1931 року по Лопманській Кам'янці була мабуть дуже близька до наведеної величини 26 000 м³/сек; вище в'яснено, що витрата 1931 року була наслідком не найсприятливішого збігу дієвих чинників; звідси зрозуміло, що аналіза за Пірсоном мабуть дала трохи зменшене число й наше число, як можливе граничне, є ймовірніше.

До ймовірного максимального числа для витрати коло Києва можна підійти трохи іншим, теоретичнішим шляхом. А саме—скористуйтесь выводами відомого американського дослідника максимальних витрат М. Fuller'a¹.

Фуллер дав таку формулу:

$$Q = Q_{ave} (1 + 0,8 \log T) \quad (B)$$

Де Q —максимальна двадцятичотиригодинна витрата;

Q_{ave} —пересічна з максимальних витрат за період;

T — період, протягом якого можна сподіватися максимальної витрати Q .

Цю формулу автор її вивів на підставі ряду дійсних даних ПАСШ; у цьому розумінні її можна прийняти в наших умовах тільки як орієнтовну, коли виходити з імовірного припущення, що відносний характер явищ, які виражає ця формула, можна вважати і в наших умовах приблизно за аналогічний у віковій перспективі.

А проте певніше буде для наших цілей збудувати безпосередньо криву частоти (frequency) за Фуллером, виходячи з дійсних даних про максимуми р. Дніпра коло м. Києва.

Зауважмо, що 24-годинна витрата за Фуллером у нашому випадкові практично повинна бути дуже близька до максимальних секундних, бо піки весняних максимумів тримаються звичайно кілька десятків годин. Це саме впливає і з другої Фуллерової формули:

$$Q_{\text{макс.}} = Q (1 + 2 A^{-0,3}),$$

де $Q_{\text{макс.}}$ —максимальна секундна витрата; тут уже при площі сточища 100 000 кв. миль маємо, що $\frac{Q_{\text{макс.}}}{Q}$ дорівнює близько 1,06.

Обчислення за Фуллеровою формулою (B) робимо для ряду різних варіантів, беручи всілякі розрахункові періоди, щоб звірити наслідки з дійсністю. Ці обчислення зведено в дальшій таблиці XI (див. на стор. 212).

З таблиці XI видно, що Фуллерова формула для довгочасних періодів дає заздалегідь зменшені наслідки.

У таблиці XII дано обчислення, потрібні, щоб збудувати криву частоти за Фуллером. Тут послідовно обчислені: відношення $\frac{Q_{\text{макс.}}}{Q_{\text{ave}}} = Z$; послідовні

суми цих останніх чисел— $\sum Z$; ймовірні вартості, одержувані як частки від ділення $\sum Z$ на номер відповідного рядка, цебто на порядковий номер даного випадку, коли розкласти ряд у спадному порядку; нарешті, довжина періоду, відповідна до вартостей попереднього стовпця, одержувана, як частка від ділення числа років усього періоду опрацювання на номер рядка.

У варіанті 1 взято період опрацювання від 1877 до 1931 року; у варіанті 2—від 1852 до 1931; число років, браних до опрацювання в кожному варіанті, відповідає числу максимумів, що переважають пересічні многорічні висновки з усіх максимумів (Q_{ave}) для даного періоду; для

¹ Flood Flows by Weston E. Fuller, with Discussion. American Society of Civil Engineers, from Transactions, vol. LXXV III p. 564, 1914.

Таблиця XI

Порядк. №№	Періоди спостере- жень	Число років T .	$\frac{Q}{Q_{ave}}$	Розра- хунк. Q_{ave}	Ймовір- ний ма- ксимум	Спостереж. максимум	Різниця	
							Абс.	У %/о
1.	1877—1886	10	1,80	7 764	14000	16960—1877	-2960	-17,5%
2.	1877—1901	25	2,12	7 104	15100	16960—1877	-1860	-11,0%
3.	1877—1926	50	2,36	6 890	16300	17500—1917	-1200	-6,8%
4.	1882—1891	10	1,80	6 812	12300	11837—1888	+463	+ 3,9%
5.	1882—1906	25	2,12	6 237	13200	11837—1888	+1363	+11,5%
6.	1882—1931	50	2,36	6 896	16200	23000—1931	-6800	-29,5%
7.	— —	100	2,60	6 662	17400 (1880)	23000—1931	-56 00	-24%
8.	— —	500	3,16	6 662	21000 (22500)	менший від спостере- женого в		
9.	— —	1000	3,40	6 662	22600 (24300)	1931 р.		

1) $Q_{ave}=6662$ взято для періоду 1852—1931 р., цебто для періоду на 80 років; внизу в дужках показано Q , одержані з $Q_{ave}=7142$ для 1877—1931 р. р.

1877—1931 $Q_{ave}=7142$ м³/с, а для 1852—1931 р. $Q_{ave}=6662$ м³/сек (див. табл. III та IV, табл. XII див. нижче).

Зв'язок між $\frac{Q_{макс}}{Q_{ave}}=Z$ і числом років T , за даними табл. XII, зображено на рис. 5, при чому поділки на осі ординат— T , взято в логаритмічній шкалі. Як видно з рис. 5, зв'язок між Z і T цілком виразний, при чому здобута крива лежить на рисунку геть правіше від кривої, що відповідає співвідношенням за Фуллеровою формулою (B), цебто наші співвідношення передбачають більше зростання вартостей Z зі збільшенням довжини періоду T .

Наше співвідношення можна виразити такою формулою:

$$Z=1,3 \lg T+1,0 \dots \dots \dots (C)$$

Це дає для періоду 1000 років близько 34 000 м³/сек, тобто величину, яка близько збігається з тією, що її ми були намітили раніше, виходячи з припущення найневігіднішого збігу фаз і одночасного настання абсолютних максимумів на всіх трьох допливах повище Києва.

Отже взагалі можна формулювати: 1) ймовірний найвищий можливий максимум витрат р. Дніпра коло м. Києва в многорічній перспективі можна оцінити як 33 000 м³/сек, 2) ймовірність настання такого максимуму можна визначити як 1/1000, цебто один раз на тисячу років.

Тепер розгляньмо друге питання: чи можна сподіватися надзвичайно високого максимуму найближчими роками?

Насамперед треба мати на увазі, що ймовірність настання максимуму зовсім не характеризує того, коли саме може настати цей максимум. За наведеними вище даними таблиць III й IV ймовірність максимуму 1931 року визначається в першому варіанті—як 0,91, а в другому, як 0,62, цебто за даними спостережень у періоді 1877—1931 р. й 1852—1931 р. такого максимуму, як 1931 року, можна сподіватися один раз відповідно на 110 і 170 років; викинувши перший рядок згаданої таблиці, ми мали б

майже аналогічну ймовірність для 1917 року, тим часом, як максимум 1931 року є винятковий для фактичних періодів спостережень відповідно за 55 та 80 років.

Ймовірність максимумів
р. Дніпра коло Києва

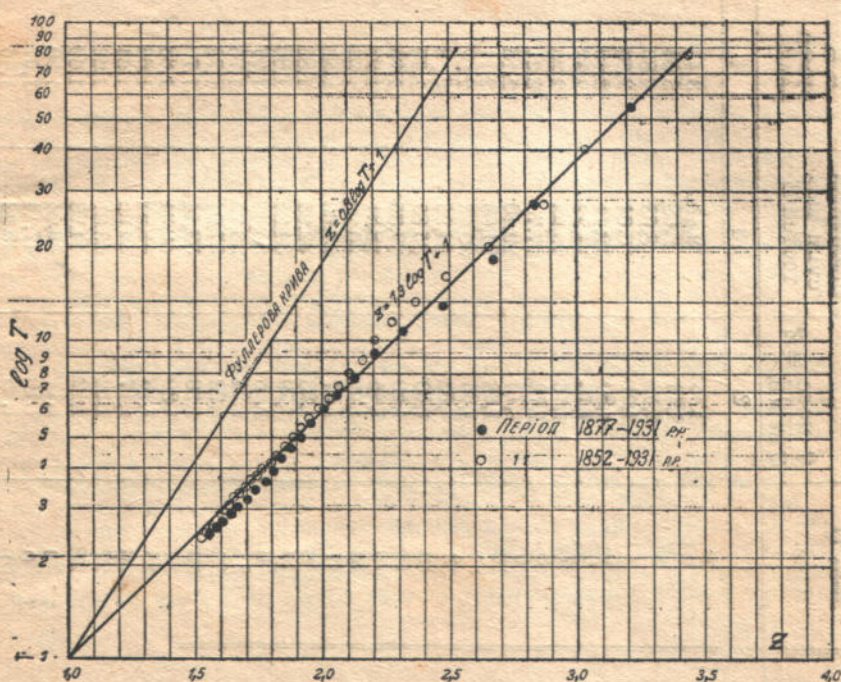


Рис. 5.

Інакше кажучи, інтервали ймовірності є тільки якийсь пересічний оцін місяця даного максимуму в віковому можливому їх перебігові.

Далі, безпосередні дані про максимуми р. Дніпра та інших річок показують, що ніякої регулярності в настанні надзвичайно високих максимумів нема; надзвичайно високі максимуми можуть іти один за одним через дуже малі проміжки років, не виникаючи потім протягом дуже довгих періодів зовсім.

Справді бо, дані нашої таблиці 1 (і рис. 1) дають такі інтервали для категорії винятково й дуже високих максимумів: 14 років, 40 років, 31 рік, 10 років, 1 рік, 26 років тощо.

Англійський гідролог Mead¹ наводить такі дані: на р. Огіо коло Цінцинаті найвищі катастрофічні поводи (за довгочасний період) траплялися в такій послідовності: 1883, 1884, 1897, 1913; на другій американській річці — Міаті, найвищу повідь 1913р. попереджала майже така сама повідь 1805 року і трохи менші 1866, 1883, 1898 р. р.; на Міссісіпі коло Саіго майже однакові висотою катастрофічні поводи були: 1882, 1883, 1884, 1897, 1912 і 1913. Треба мати на увазі, що ці дані стосуються до інших умов формування максимумів поведій, ніж наші, а проте, певною мірою вони стверджують відзначене в нас вище.

Отже можливі справжні проміжки між роками настання дуже високих максимумів — зовсім неозначені.

¹ D. W. Mead, Hydrology, New York, 1919, див. стор. 569.

Повторність максимумів поведень за Фуллером

Варіант I.				Варіант II.					
№№ Q макс. біль- ших від Q пересіч.	Відношен- ня Q макс. = Z Q перес.	Послідовні суми вар- тостей Z	Z Z номер рядка	T-період	№№ Q макс.	Відношен- ня Q макс. = Z Q перес.	Послідовні суми вар- тостей Z	Σ Z номер рядка	T-період
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	3,22	3,22	3,22	5,00	1	3,45	3,45	3,45	80,00
2	2,45	5,67	2,84	27,50	2	2,63	6,08	3,04	40,00
3	2,37	8,04	2,68	18,33	3	2,55	8,63	2,88	26,67
4	1,87	9,91	2,48	13,75	4	2,01	10,64	2,66	20,00
5	1,67	11,58	2,32	11,00	5	1,80	12,44	2,49	16,00
6	1,66	13,24	2,21	9,17	6	1,78	14,22	2,37	13,33
7	1,64	14,88	2,13	7,86	7	1,76	15,98	2,28	11,43
8	1,61	16,49	2,06	6,87	8	1,72	17,70	2,21	10,00
9	1,58	18,07	2,01	6,11	9	1,70	19,40	2,16	8,89
10	1,57	19,64	1,96	5,50	10	1,68	21,08	2,11	8,00
11	1,51	21,15	1,92	5,00	11	1,65	22,73	2,07	7,27
12	1,40	22,55	1,88	4,58	12	1,62	24,35	2,03	6,67
13	1,40	23,95	1,84	4,23	13	1,50	25,85	1,99	6,15
14	1,36	25,31	1,81	3,93	14	1,50	27,35	1,95	5,71
15	1,32	26,63	1,78	3,67	15	1,46	28,81	1,92	5,33
16	1,17	27,80	1,74	3,44	16	1,42	30,23	1,89	5,00
17	1,14	28,24	1,70	3,24	17	1,37	31,60	1,86	4,71
18	1,12	30,06	1,67	3,05	18	1,33	32,93	1,83	4,44
19	1,12	31,18	1,64	2,89	19	1,29	34,22	1,80	4,21
20	1,10	32,28	1,61	2,75	20	1,26	35,48	1,77	4,00
21	1,05	33,33	1,59	2,62	21	1,24	36,72	1,75	3,81
22	1,03	34,36	1,56	2,50	22	1,22	37,91	1,72	3,64
					23	1,20	39,14	1,70	3,48
					24	1,20	40,34	1,68	3,33
					25	1,18	41,52	1,66	3,20
					26	1,17	42,69	1,64	3,08
					27	1,12	43,81	1,62	2,96
					28	1,12	44,93	1,60	2,86
					29	1,11	46,04	1,59	2,76
					30	1,10	47,14	1,57	2,67
					31	1,08	48,22	1,56	2,58
					32	1,07	49,29	1,54	2,50
					33	1,04	50,33	1,53	2,42

№=55

№=80

Отже остаточні висновки можна зформулювати так: *можливість настання винятково високих максимумів на р. Дніпрі коло м. Києва найближчими ж роками, з досягненням величин, близьких до величини максимуму 1931 року, — і навіть геть більших від нього — зовсім не виключена*¹.

Проф. А. Огієвський.

Примечание. Настоящая статья была написана мною в июне месяце 1931 г. Основные ее выводы были сообщены (в письменном виде) тогда же некоторым организациям (в порядке консультации); в частности, *копию моих расчетов лично от меня получил, по его специальной просьбе, проф. А. П. Артемьевский*. Это последнее обстоятельство мы считаем необходимым отметить в связи с опубликованием последним в начале 1932 г. статьи „Исследование весеннего половодья на р. Днепре у г. Киева за период 1877-1931 г.г.“, в сборнике „Повідь 1931 року в Києві“, изданном Киевским Горсоветом. В указанной статье проф. А. П. Артемьевский, без всякого упоминания автора подсчетов, приводит некоторые из *наших данных*; характерно, что и вероятный возможный максимальный расход р. Днепра у г. Киева по А. П. Артемьевскому *в точности совпал с нашим* (также без какой бы то ни было ссылки), между тем, как эта цифра нами для р. Днепра была дана впервые.

Нельзя не указать также, что названная статья проф. А. П. Артемьевского в целом носит несколько странный характер; автор видимо нарочито игнорирует ряд весьма важных работ в области гидропрогнозов для р. Днепра некоторых неупомянутых им вовсе авторов; автор неправильно, на наш взгляд, оценивает свои собственные исследования, стремясь, очевидно, доказать, что его методика лучше всех иных, хотя делает для этого ряд явных натяжек, и т. д. Вместе с тем, в статье названного автора имеется ряд явных ошибок; напр., принципиально и фактически неверно освещены гидрометеорологические условия зимы 1930-31 г.г. по единичным случайным станциям, в результате чего полученные цифры характеристик осенне-зимней подготовки ничего не имеют общего с действительностью и др.

10-VII. 1932 г.

Проф. А. Огієвський.

¹ Згадаймо, як курйоз, що в січневому числі журналу Monthly Weather Review (Washington, 1931) якийсь А. Streiff, у статті The flow of the Dniepr River, намічає в досить певних висловах такі характеристичні моменти в перебігові весняних максимумів р. Дніпра коло с. Лощманської Кам'янки на найближчі 10 років: 1931 року — мінімальний із спостережених максимумів, 1935 р. — один із найвищих максимумів і 1940 року — високий максимум.

Ці Streiff'ові здогади ґрунтуються на розкладанні кривої перебігу максимумів за період 1883 — 1929 р.р. на елементарні складові криві з періодами 22,6 року, 28,5 місяців тощо. Уґрунтованість Streiff'ових висновків добре ілюструє фактичний результат уже минулого, напрогнозованого від нього, максимуму 1931 р.

Überschwemmungsmaximum des Jahres 1931 bei Kijew in seiner geschichtlichen Perspektive

(ZUSAMMENFASSUNG)

Das ausnahmsweise hervorragende Maximum, welches das Hochwasser des Dnjepr bei Kijew im Frühling 1931 erreichte, veranlasst den Autor zur Betrachtung zweier Fragen:

- 1) wie man die denkbar höchste Grenzscheide, die für die Wasserstände des Dnjeprstromes bei Kijew überhaupt erreichbar sind, schätzen kann?
- 2) ob in den nächsten Jahren ein ausnahmsweise hohes Hochwasser-Maximum zu erwarten sei?

Das denkbar höchste Maximum schätzt der Autor bei möglichst gleichzeitigem Zusammentreffen aller ungünstigen aktiven Faktoren, die grosses Hochwasser hervorrufen, besonders bei gleichzeitigem Herannahen auf Kijew zu äusserst hoher Wasserstände aus den drei höhergelegenen Stromgebieten (Flusssystemen): der Pripjetj, des oberen Dnjepr und der Desna. Als zweiten Ausgangsweg für die Antwort auf dieselbe Frage benutzt der Autor das von *W. E. Fuller* dargebotene Verfahren, d. h. das Aufstellen eines Verhältnisses zwischen $Z = \frac{Q_{\text{max.}}}{Q_{\text{mittl.}}}$ und der Wahrscheinlichkeit einer Wiederholung hoher

Maximale in den Perioden dieser oder jener Länge (T), wobei er für den Dnjeprstrom bei Kijew zu folgendem Verhältniss gelangt (Abb. 5):

$$Z = 1,3 \log T + 1$$

Diese Formel ergibt für die Wahrscheinlichkeit einmal in 1000 Jahren nahe bei 33 000 m³/sek., d. h. als im Jahre 1931 um 10 000 m³/sek. mehr, wobei die erhaltene Ziffer annähernd mit derjenigen der ersten Lösung übereinstimmt.

Die Untersuchung der Hochwasser-Maximale bei Kijew für den Zeitraum von 1852 bis 1931 (Taf. IV Abb. 1, 2 und 3) und eine Reihe anderer Erwägungen führen zu der Schlussfolgerung, dass die Wahrscheinlichkeit solcher äusserst hohen Maximale der nächsten Jahre durchaus nicht ungeschlossen ist.

ВИЗНАЧЕННЯ РЕГУЛЯТИВНОГО ЕФЕКТУ ЗБЕРЕЖНОГО РЕЗЕРВУАРУ.

(Bestimmung der Regulierungs-Wirkung des Wasserpeicherbehälters. Von R. E. Horton¹)

У більшості випадків практики регулювання стоку постає питання про те, як визначити максимальну кількість допливу води в умовах, коли поступово змінюється так останній, як і площа водяної поверхні, яка змінюється разом зі зміною шару води над переливом.

Пропонована тут метода для цього визначення є легша від інших, досі вживаних.

Нехай J буде кількість води, що в певний момент допливає до регулятивного резервуару, Q — величина витрати (віддання) і S — величина, що на неї побільшало чи поменшало води в резервуарі, A — площа поверхні в резервуарі (поверхні води) і H — висота води над порогом переливу; тоді:

$$S = A \frac{dH}{dt}; \text{ також: } S = J - Q \text{ і } Q = CJH^{\frac{3}{2}}.$$

Диференціальне рівняння, що до нього приводять ці функції, є незручне, щоб інтегрувати загальним способом, цебто так, щоб зв'язати H безпосередньо з T .

Різні розв'язання цього рівняння знаходили проте за допомогою ряду спроб і за допомогою графічної методи.

Для певного невеликого піднесення рівня води dH протягом відтинку часу T , загальну залежність між кількістю води, що притекла, витекла та залишилась у резервуарі, можна виразити формулою:

$$ST = AdH + \frac{Q_1 + Q_2}{2} T,$$

де Q_1 і Q_2 є величини витрат води в резервуарі на початку і наприкінці інтервалу T . Маючи кількості A , Q та J , можна визначити T або dH у процесі аналізу відхилів або методою послідовних наближень, коли другу кількість узято за відому. Розв'язуючи це питання, звичайно припускають, що dH відоме, немовби з самого початку було ясно, що це приведе до простішого розв'язання проблеми, ніж коли б узяти за відоме інтервал часу T , маючи на меті визначити dH .

Наскільки автор цих рядків поінформований, цю методу визначити регулятивний ефект запасного резервуару вперше застосував генерал-лейтенант J. Mullins у своєму „Irrigation Manual“, складеному для Мад-

¹ Див. Engineering News-Record. Vol. 81, № 10. 5. Sept., 1918.

раського уряду р. 1890 (стор. 215—223, параграф: „Резервуари та їх вплив, як регуляторів повіддя“). З цього видання звичайно не користуються в Америці. Проте формули генерала Mullins'a і розв'язання проблеми регулювання повіддя за допомогою запропонованого запасного резервуару на річці Genesee знаходимо в доповідях небіжчика George W. Rafter'a про регулювання річки Genesee („Report of the State Engineer and Surveyor of New York“ 1894 р., стор. 390—392) і в доповіді 1896 року, стор. 722—724.

Схоже розв'язання проблеми, засноване на тому, що допущено ряд вартостей величини dH , щоб визначити інтервал часу T , дослідивши помилки, розвинув Glenn D. Holmes і використав його, вивчаючи регулювання повіддя запроєктованим збережним резервуаром для ньюйоркського State Barge Canal р. 1906. Інше розв'язання цієї проблеми, де обчислення спрощене, використавши допоміжну криву, дав Н. К. Palmer у „Engineering News“ від 21 березня 1912 року, стор. 524—525. Palmer у своїй методі застосовує механічну квадратуру кривої функції. Метода ця використовує також спосіб послідовного наближення, щоб визначити T , і ускладнюється, якщо величина допливу J є змінна.

Ще інше розв'язання запропонував Т. R. Running в „Engineering Record“ 17 січня 1914 р., стор. 67—68; і A. S. Fry в „Engineering Contracting“ 19 квітня 1916 р., стор. 369—372.

У зв'язку з проектуванням і будовою невеликого збережного резервуару в Oneida Creek 1901 року, автор натрапив на ідею, що розв'язання цієї проблеми можна спростити, коли взяти T за незалежну змінну в рівнянні, даному вище і розв'язаному відносно dH .

У цьому розв'язанні, визначення H для будь-якого взятого інтервалу часу T ставиться в залежність від двох нових спеціальних функцій. Криві вартості цих функцій можна легко обчислити й вирисувати для будь-якого резервуару, і після цього легко дається розв'язати проблему регулювання повіддя з поміччю цього резервуару.

Ця метода розв'язувати проблему є безпосередня, бо вона виключає процес дослідження помилок або послідовного наближення, яких уживають в інших методах. Ще простіше її застосовувати, коли обчислені потрібні криві функцій.

У дальших параграфах подано теорію, що на ній ґрунтується ця метода, разом з прикладом, що ілюструє її застосування. Відповідна форма кривих площі та об'єму для великого резервуару дана на рис. 1.

Випадки, що трапляються при регулюванні потоку, є такі:

- 1) затримується весь доплив води, 2) затримується весь доплив води за винятком майже постійної витрати води з резервуару через закривки, 3) доплив води затримується в границях місткості резервуару нижче порогу переливу, при або без постійної витрати через закривки, при чому зайвина спускається через перелив, 4) резервуар повен до порога переливу з самого початку.

Щоб визначити резервний запас, непотрібний для регулювання повіддя у другому випадку, рисуємо гідрограф потоку і визначаємо площу над ординатою, що відповідає величині витрати закривки. Наприклад, при повідді, показанім на фіг. 2 і при постійній витраті через закривки розміром 225 куб. фут/сек, потрібний запасний об'єм, щоб не дати воді переливатись через перелив (цебто регулювати віддання в 225 куб. фут/сек), має бути ось такий: загальний об'єм допливу дорівнює 1 277 000 000 куб. фут, через закривки виходить 225 куб. фут/сек; отже треба зберегти 1 182 000 000 куб. фут.

У 3-му випадку сумарна крива перетоку, або допливу, зменшеного на витрату через закривки (коли така є), може служити для визначення часу, що протягом його резервуар наповниться до рівня гребеня переливу

(фіг. 2, лінія В). Після того, як вода досягла рівня гребеня переливу,

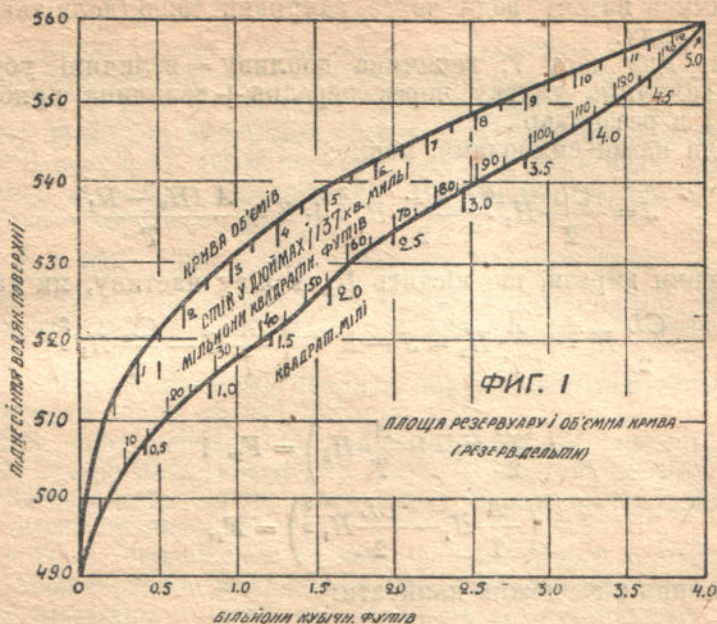


Рис. 1.

визначати режим повіддя нижче резервуару можна далі ось як:

Нехай H_1 і H_2 будуть початкове й кінцеве перевищення рівня води в резервуарі над рівнем переливу, для будь-якого взятого періоду часу.

Тоді пересічна величина витрати в куб. фут/сек протягом цього періоду буде:

$$CL = \frac{H_1^{\frac{3}{2}} + H_2^{\frac{3}{2}}}{2}$$

Пересічна величина прибутку або убутку запасу в куб. фут/сек буде:

$$\frac{A(H_2 - H_1)}{T}$$

де T — час, у секундах;

L — довжина гребеня переливу у футах;

C — сучинник у формулі переливу (коли величина його не постійна, то беруть пересічну з його величин для H_1 і H_2);

A — пересічна вартість площі поверхні резервуару поміж H_1 та H_2 , у квадратних футах;

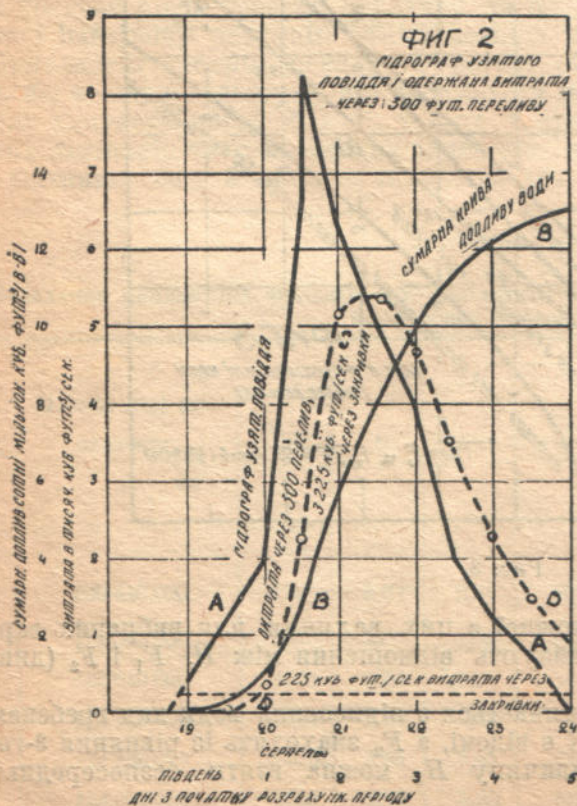


Рис. 2.

J — пересічна вартість величини допливу до резервуару за час T , у кубічних футах на секунду;

K — величина витоку води через закривки тощо (коли такі є), у куб. футах на секунду.

Ми маємо для часу T : величина допливу = величині убутку через закривки + величина убутку через перелив + величина прибутку води (або убутку) в резервуарі.

Замінивши назви символами, маємо:

$$J = \frac{CL}{2} H_2^{\frac{3}{2}} + \frac{CL}{2} H_1^{\frac{3}{2}} + K + \frac{A(H_2 - H_1)}{T} \quad (1)$$

Переміщаючи вирази, що містять H_2 , в ліву частину, ми маємо:

$$\frac{CL}{2} H_2^{\frac{3}{2}} + \frac{A}{T} H_2 = J - K + \left(\frac{A}{T} H_1 - \frac{CL}{2} H_1^{\frac{3}{2}} \right) \quad (2)$$

Нехай

$$\left(\frac{CL}{2} H_2^{\frac{3}{2}} + \frac{A}{T} H_2 \right) = F_2, \quad i$$

$$\left(\frac{A}{T} H_1 - \frac{CL}{2} H_1^{\frac{3}{2}} \right) = F_1,$$

Отже рівняння 2-ге можна написати:

$$F_2 = J - E + F_1 \quad (3)$$

F_1 та F_2 є функції від H .

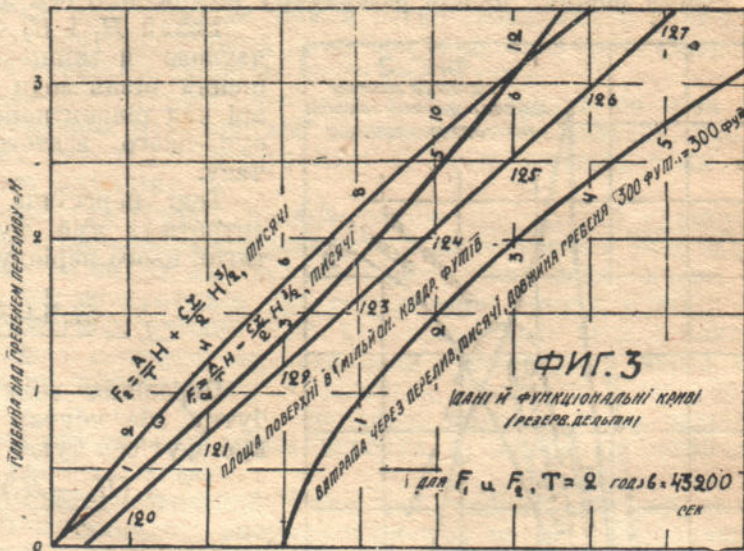


Рис. 3.

Обчисливши ряд вартостей кожної з цих величин для вибраних вартостей H , рисують криві, що показують відношення між H , F_1 і F_2 (див. фіг. 3).

Для першого періоду, що починається з піднесення води над гребенем переливу, $H_1 = 0$ і $F_1 = 0$; J й K є відомі, а F_2 знаходять із рівняння 3-го. Визначивши F_2 , відповідну величину H_2 можна взяти безпосередньо з кривої для F_2 (фіг. 3).

Для наступного періоду $H_1 = H_2$ періоду попереднього, а відповідну вартість F_1 знаходять по кривій F_1 , рівняння з знову розв'язують для F_2 , а після цього повторюють цю процедуру.

Дальший приклад узятो з обчислення регулятивного ефекту резервуару в дельті Бардж-каналу (штат Нью-Йорк), при регулюванні повіддя, показаного лінією А (фіг. 2). Припустімо, що резервуар наповнений до рівня переливу до півдня 19 серпня; гребінь переливу завдовжки 300 фут. Опівночі 20/VІІІ знайдено, що H дорівнює 0,20 фут. Для наступного 12-годинного періоду $H_1 = 0,20$ і відповідне $F = 520$ по кривій. Пересічний доплив за період — 1600 куб. фут/сек;

$F_2 = J - K + F_1 = 1600 - 225 + 520 = 1895$; на підставі цього $H_2 = 0,61 =$ піднесенню над переливом опівдня і над H_1 наступного періоду. Щоб обчислення було точне, кінець наступного елемента часу повинен збігатися з максимумом.

За контроль обчислення може правити таке: загальний запас + площа під кривою витрат = площі кривої допливу води.

Коли витрату через перелив, що відповідає кожній вартості H_1 і H_2 , вже обчислено, можна нарисувати ряд діаграм, що у функціях часу показують 1) величини допливу до резервуару, 2) величини віддання з резервуару і 3) глибину переливу.

Обчислення треба продовжити за максимальну точку віддання. Діаграма показує безпосередньо редукцію у величині максимальної витрати і зменшення або затримку в стоку, які залежать від резервуару.

Коли довжина переливу зменшується, то це здебільшого, як правило, спричиняється до збільшення глибини над гребенем переливу і до дальшого регулювання. Коли в початковий період вода нижче гребеня переливу, закривки відкриті на початку піднесення, і закриваються, як вода досягне рівня гребеня переливу, то це дає іноді найкраще регулювання і найкращу редукцію об'єму повіддя нижче резервуару.

Прикладені таблиці показують деталі обчислення кривих функцій (рис. 3), а також гідрограф зрегульованого повіддя (фіг. 2, лінія D). Іноді зручно рисувати криві F_1 і F_2 у двох частинах: одну частину для коротких відтинків часу й низьких піднесень, а другу частину — для великих відтинків часу й великих піднесень або спускань над переливом.

Додатки

Таблиця 1

Обчислення допоміжних функцій, щоб визначити регулювання повіддя витратою води через перелив.

Піднесення над переливом H	Площа над переливом А.	$\frac{A}{T}H$	С	$H^{\frac{3}{2}}$	$\frac{CL}{2}$	$\frac{CL}{2}H^{\frac{3}{2}}$	$F_1 = \frac{A}{T}H - \frac{CL}{2}$	$F_2 = \frac{A}{T}H + \frac{CL}{2}$	$Q = CL H^{\frac{3}{2}}$
							$\frac{A}{T}H - \frac{CL}{2}$	$\frac{A}{T}H + \frac{CL}{2}$	
0,5	120 440 000	1395	3,33	0,35	500	175	1220	1575	3,0
1,0	121 550 000	2815	3,50	1,00	525	525	2290	3340	10,0
1,5	122 650 000	4260	3,55	1,84	532	979	3281	52,9	19,0
2,0	123 740 000	5725	3,60	2,83	546	1530	4195	7255	3060
2,5	124 860 000	7220	3,65	3,95	547	2165	5055	9385	4330
	126 000 000	8750	3,70	5,20	550	2865	5885	11615	5730

Довжина гребеня переливу $L=300$ фут; довжина періоду $L=12$ годинам $=43200$ секунд; C —змінний сучинник у формулі переливгэв

Таблиця 2

Обчислення регулювання повіддя витратою води через перелив для умов фіг. 2.

Дата	Години	Довжина періоду $T=12$ год.	Доплив на початку періоду	Пересічна вел. лич. допливу за період J	Віддана через закривки.	Перевищення переливу до початку періоду H	F_1	$F_2 = J - K + F_1$	H —перевищення над переливом на кінець періоду.	Витрата через перелив на кінець періоду.
Серпень	Південь . .	43200	425	812	225	0	0	587	0,20	100
19	Північ . . .	секунд	1200	1600	225	0,20	520	1895	0,61	480
20	Південь . .	"	2000	5 00	225	0,61	1450	6325	1,76	2500
	Північ . . .	"	8200	7300	225	1,76	3800	10875	2,82	5200
21	Південь . .	"	6400	5700	225	2,82	5580	11005	2,86	5320
	Північ . . .	"	5000	4500	225	2,86	4650	9925	2,63	4670
22	Південь . .	"	4000	3000	225	2,63	5250	8025	2,18	3500
	Північ . . .	"	2000	1600	225	2,18	4530	5905	1,67	2300
23	Південь . .	"	1000	900	225	1,67	3600	4325	1,27	1510
	Північ . . .	"	700	375	225	1,27	2880	2980	0,92	920
24	Південь . .	"	50	0	225	0,92	2180	1955	0,62	500

ШТАТ КАЛИФОРНИЯ

Департамент Общественных Работ. Отдел Водных Ресурсов

ПРАВИЛА И ПОСТАНОВЛЕНИЯ,

регулирующие надзор за плотинами в Калифорнии (с 14-го августа 1929 г.)

**Die Grundsätze und Ordnungen betreffs der Aufsicht über die Talsperren
in Californien**

С некоторыми общими сведениями и текстом закона.

Глава 766, Устав 1929 г.

BLATT 1000000000

BRUNNEN VERLAGS-ANSTALT

BRUNNEN VERLAGS-ANSTALT

BRUNNEN VERLAGS-ANSTALT

BRUNNEN VERLAGS-ANSTALT

BRUNNEN VERLAGS-ANSTALT

ПРЕДИСЛОВИЕ.

До 14-го августа 1929 г. правительственное наблюдение над плотинами находилось в ведении Правительственного Инженера или железнодорожной комиссии. Тем не менее, это наблюдение было ограничено пространствами и распространялось меньше чем на половину плотин в штате. В добавок, многочисленные федеральные учреждения также, в различной степени, имели наблюдение над разрушенными плотинами, плотинами, находящимися во владении правительства, и плотинами, находящимися в сфере дорожных прав правительства (прав на дороги). Но, все же, было большое количество плотин, над которыми не было формального правительственного или федерального надзора.

В целях охраны жизни и имущества, законодательная власть установила в 1929 г., что надзор за сооружением и содержанием всех плотин, за исключением тех, которые находятся в ведении Соединенных Штатов, должен производиться Департаментом общественных работ в лице Правительственного Инженера, который является также Начальником Отдела Водных Ресурсов. Этот закон отменяет все другие акты, регулирующие надзор за плотинами.

Закон 1929 г., предусматривающий надзор за плотинами в Калифорнии, охватывает три главных части:

1. Освидетельствование существующих плотин.
2. Утверждение проектов и спецификаций и наблюдение над сооружением новых плотин и увеличением плотин существующих.
3. Наблюдение над содержанием и работой всех плотин, поскольку это необходимо для охраны жизни и имущества. (Закон исключает из всякого надзора плотины менее 15 фт. = 4,57 м высоты, которые задерживают менее, чем 10 акро-футов = 12334 куб. м. воды).

Освидетельствование существующих плотин.

Владельцы всех существующих плотин, подлежащих надзору, должны подать до 14 февраля 1930 г. прошение об утверждении означенных плотин. В течение трех лет после 14-го августа 1929 г., правительство произведет осмотр всех таких законченных плотин в штате и, в течение этого же времени, выдаст удостоверения, утверждающие эти плотины, или распоряжения, касающиеся производства необходимых работ и устанавливающие время завершения этих работ.

Осмотр будет произведен независимо от всех утверждений, выданных до 14-го Августа 1929 г.

По установлении безопасности плотины, будет выдано утверждающее удостоверение. Стоимость осмотра существующих плотин несет правительство, но расходы по необходимому ремонту должны быть оплачены владельцем.

Утверждение проектов спецификаций и надзор над сооружением.

Проекты и спецификации для всех новых плотин и для увеличения прежних должны быть утверждены до начала сооружения. Надзор будет

произведен департаментом и после удовлетворительного завершения работ будет выдано утверждающее удостоверение.

Надзор над содержанием и работой.

Департаменту предоставляется наблюдение над содержанием и работой плотин, поскольку это необходимо для безопасности жизни и имущества. Расходы по наблюдению оплачиваются правительством, но расходы по ремонту должны быть отнесены на счет владельца.

Оплата.

Прошение об утверждении проектов и спецификаций для новых плотин и для увеличения прежних должно сопровождаться оплатой, в зависимости от стоимости сооружения. Оплате не подлежит осмотр существующих плотин или наблюдение над их содержанием и работой.

Совместное наблюдение, правительственное и федеральное.

В некоторых случаях постройка плотин будет производиться под наблюдением как Правительственного Инженера (State Engineer), так и федерального департамента либо Энергетической Комиссии (Power Commission) Комиссии Разрушений (Debris Commission), либо Лесного Ведомства.

В таких случаях государственный (state) и федеральный надзор будет производиться таким образом, чтобы сократить до минимума задержки и исключить двойственность в работе владельца и Департамента.

Примечание. Утверждение прошения на постройку плотины не дает прав на присвоение воды. Для сведений, касающихся водного права, надлежит обращаться к изданию этого учреждения, озаглавленному „Правила и постановления, регулирующие право на воды“, которое высылается *бесплатно по требованию*.

ПРАВИЛА И ПОСТАНОВЛЕНИЯ.

Постановление № 1.

Общие определения.

Слова, находящиеся в этих постановлениях, должны иметь следующее значение в отношении этих постановлений:

Отдел 1. Департамент. Слово „Департамент“ должно означать Министерство Общественных Работ, которое действует через посредство Правительственного Инженера, являющегося административным чиновником. Утверждения, неутверждения, приказы и удостоверения будут выдаваться Правительственным Инженером.

Отдел 2. Плотина. Слово „плотина“ должно обозначать всякую плотину и принадлежащие работы, до сего или после сего времени сооруженные для сбора или отвода воды, которая имеет или будет иметь 15 фут. и более от уровня почвы до гребня водослива (spillway) либо может задерживать (10 акро-футов = 12 334 куб. м) и более воды; подразумевается, что никакое ограждение, используемое для поднятия или спуска воды в канале или для отвода ее оттуда, не будет считаться плотиной. Это определение включает плотины для задержания наносов, или для запасов воды в целях увеселения, но не должно включать насыпи (Levees) для защиты от наводнения вдоль рек и потоков, берегов каналов, водоемов и хранилища для запасов нефти и прочих жидкостей, кроме воды.

Отдел 3. Изменения и ремонты (исправления). Слова „изменения“ и „ремонты“ (исправления), или каждое из них, должно обозначать только те изменения и ремонты, какие касаются безопасности плотины. Это обычно будет включать такие работы, как исправление повреждений от наводнений и других причин, заполнение недостающего материала в теле плотины, водослива или водоспуска, исправление утечки и проч. Оно не включает обычное содержание, как мелкий ремонт, подкраску и другие статьи, не влияющие на безопасность плотины.

Отдел 4. Площадь водосбора. Выражение „водосборный бассейн“ должно обозначать площадь, которая естественно доставляет воду к резервуару, образованному плотинной. В тех случаях, где вода будет доставляться из другого водосбора, полная емкость питательных каналов и водопроводов должна определяться частично в зависимости от описываемого водосборного бассейна.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ № 2.

Плотины, законченные до 14-го августа 1929 г.

Отдел 5. Прощения. Каждый владелец плотины, законченной до 14-го августа 1929 г., должен подать, до 14-го февраля 1930 г., прошение об утверждении такой плотины. Отдельное прошение для каждой плотины должно быть представлено в Департамент по форме № 2, выдаваемой по требованию.

Отдел 9. Данные. Копии всех нужных карт и проектов, показывающих плотину, резервуар и водосборную площадь, а также детали проекта, должны быть поданы. Копии всех других возможных данных, как технические и геологические отчеты, записи наводнений и проч., также должны быть представлены. Когда представляются отчеты и другие данные, дающие требуемые сведения, под заголовком: „Данные об осадках и наводнениях“ и „Исторические данные“, они должны быть отмечены: документ А и проч. и на них сделаны надлежащие указания в определенных местах формы прошения. В таких случаях никакие дальнейшие сведения не следует помещать в этих бланках.

Отдел 7. Удостоверение об утверждении для существующей плотины. В течение трех лет после 14-го августа 1929 г. Департамент произведет осмотр плотины и после означенного осмотра, или после окончания работ, которые были установлены Департаментом для ее безопасности, удостоверение об утверждении будет выдано по форме № 2 или послано владельцу заказным письмом (пакетом) с обратной роспиской.

Отдел 8. Расходы по осмотру и исправлению. Расходы по осмотру для определения безопасности плотины будут оплачены правительством, но работы назначенные для того, чтобы сделать плотину безопасной, должны быть сделаны за счет владельца.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ № 3.

Постройка новых плотин и увеличение существующих плотин.

Отдел 9. Заявление (Application). Сооружение всякой новой плотины или увеличение всякой плотины не должно быть начато, пока владелец не подаст заявления и не получит от Департамента письменного утверждения проектов и спецификаций. Отдельное заявление для каждой плотины должно быть подано Департаменту по форме № 3, которая выдается по требованию. Проекты плотины и связанных с нею устройств и спецификаций должны составлять часть самого заявления.

Отдел 10. Составление заявления. При подаче заявления оно должно сопровождаться проектами, спецификациями и оплатой, как указано

в отделе 12. Все проекты и карты для сооружения или увеличения должны согласоваться с постановлением № 7, исключая изменений отдела 11. Тем не менее, для облегчения работы при проверке проектов и отборе чертежей, которые требуют утверждения, как часть заявления, синьки или равноценные копии всех чертежей должны быть поданы вместе с заявлением.

Отпечатки чертежей, показывающих плотину и принадлежащие к ней работы, должны быть поданы в двух экземплярах, но все подтверждающие данные можно подавать только в одном экземпляре. После установленных изменений, если таковые последуют, сделанных на чертежах, последние должны быть поданы в двух экземплярах для того, чтобы один экземпляр утвержденного чертежа мог быть возвращен подателю.

Когда представляются отчеты и другие данные, дающие сведения, требуемые под заголовком: „Данные об осадках и наводнениях“, на форме (бланке) прошения, они должны быть помечены: „Документ...“ и т. д., а указания о них должны быть сделаны в надлежащих местах бланка прошения. В подобных случаях никакие дальнейшие сведения не следует давать в означенных местах. Ходатайство не будет утверждено, пока не будут представлены полные чертежи в течение 10 дней от подачи заявления.

Отдел 11. Добавочные данные. Карта местоположения водохранилища также должна быть представлена; исключение делается в том случае, когда подобная карта была уже зарегистрирована в Отделе Водных Ресурсов, в связи с прошением относительно права на воду; в последнем случае не нужно подавать добавочный экземпляр при прошении о плотине. Карта водосборного бассейна, которая должна показывать общее местоположение плотины в отношении какого-нибудь города или хорошо известной реки, также должна быть представлена. Эта карта должна сопровождаться кратким описанием водобора, давая приблизительный процент залесенной и голой площади и указания, является ли водосбор крутым, пологим или сравнительно плоским, а также, приблизительный минимум и максимум возвышений (высот). Если четырехугольные листы (карты) Геологической Службы (Geological Survey) Соединенных Штатов соответствуют месту, то можно использовать последние, чтобы показать водосборную площадь и местоположение. При употреблении таковых, на них должны быть указаны местоположение плотины и водосборной площади выше плотины. В случаях крупных сооружений, Департамент может потребовать также представления карт и сведений о буровых скважинах, эксплуатируемых колодцах и тунелях, а также копий технических и геологических отчетов, касающихся безопасности плотины. Если возможно, следует также подать показания и данные о наводнениях и об интенсивности осадков для района плотины.

Отдел 12. Оплата. Оплата устанавливается отделом 5 акта следующим образом. В прошении должна быть указана сметная стоимость, как показано ниже, плотины или увеличения ее и должна быть приложена регистрационная оплата, основанная на означенной сметной стоимости и согласно приложенному расчету:

Для первых \$ 100 000 — оплата в один процент сметы.

Для следующих \$ 900 000 — оплата в 1/2 процента.

Для следующих \$ 4 000 000 — оплата в 0,1 процента.

Для стоимости, превышающей \$ 5 000 000 оплата составляет 1/20 процента.

Минимальная оплата не может быть меньше \$ 20.

В данном случае сметная стоимость плотины или увеличения плотины, должна охватывать весь труд и материалы, идущие на сооружение плотины и связанных с ней устройств стоимость, предварительных изысканий и съемок стоимость силовой установки для сооружения, идущей за счет соору-

жения плотины, и всякие другие пункты, входящие прямо в стоимость плотины; *подразумевается*, что стоимость дорожных прав, самостоятельных силовых установок, электрических генераторов, дорог и железных дорог, дающих доступ к плотине, не должна быть включена при определении стоимости.

Ниже даны образцы суммы оплаты, долженствующей сопровождать заявления.

1) Сметная стоимость \$ 1 000

$$1\% \times \$ 1\,000 = \$ 10.$$

Оплата считается в \$ 20, так как это минимальная оплата.

2) Сметная стоимость \$ 150 000

$$1\% \times \$ 100\,000 = \$ 1\,000$$

$$0,5\% \times \$ 50\,000 = \$ 250$$

$$\text{Общая сумма} \quad \$ 1\,250$$

3) Сметная стоимость \$ 7 000 000

$$1\% \times \$ 1\,000\,000 = \$ 1\,000$$

$$0,5\% \times \$ 900\,000 = \$ 4\,500$$

$$0,1\% \times \$ 4\,000\,000 = \$ 4\,000$$

$$0,05\% \times \$ 2\,000\,000 = \$ 1\,000$$

$$\text{Общая сумма оплаты} \quad \$ 10\,500$$

В случае, когда действительная стоимость превышает сметную стоимость более чем на 10%, Департаментом будет востребована добавочная оплата до окончательного утверждения; она составит 110% суммы, на которую основная оплата меньше, чем она была бы, если бы стоимость, на которой она была основана, была такая же, как и действительная. Ниже дается образец исправления оплаты, основанной на смете, которая оказалась слишком низкой.

Сметная стоимость \$ 800 000

$$1\% \times \$ 100\,000 = \$ 1\,000$$

$$0,5\% \times \$ 700\,000 = \$ 3\,500$$

$$\text{Уплаченная сумма} = \$ 4\,500$$

Действительная стоимость \$ 950 000

$$1\% \times \$ 100\,000 = \$ 1\,000$$

$$0,5\% \times 850\,000 = 4\,250$$

$$\text{Правильная сумма} \quad \$ 5\,250$$

$$\text{Уплаченная сумма} \quad 4\,500$$

$$\text{Ошибка в оплате} \quad \$ 750$$

Добавочная оплата = $110\% \times \$ 750 = \$ 825$

Отдел 13. Время начала сооружения. Сооружение не должно начинаться до утверждения заявления, но должно быть начато в течение одного года после этого срока. Если в течение одного года оно не будет начато, то заявление (application) будет считаться не действительным, если только не будет дана отсрочка, по представлении заявителем уважительных причин.

Отдел 14. Извещение об осмотре. (Notice) Извещение должно быть подано в Департамент по меньшей мере за 10 дней до начала сооружения, а также должны быть даны всякие другие сведения, какие потребует департамент.

Отдел 15. Осмотр сооружения. Во время работ по сооружению Департамент делает осмотр для того, чтобы удостовериться в согласованности

с утвержденными чертежами и спецификациями, как упоминается в отделе 8-ом акта. Никакие фундаменты или устои не должны быть покрыты материалом плотины, пока департамент не произведет осмотра таковых.

Департамент может требовать установления контрольных пунктов (реперов) и знаков (марок); представления сведений о бетоне и всяких других, которые могут иметь влияние на безопасность и прочность плотины.

Отдел 16. Извещение об окончании сооружения. Немедленно по окончании работ по сооружению новой плотины или увеличению старой плотины, владелец должен известить Департамент об окончании, причем означенное извещение должно указывать стоимость построенной плотины. Насколько возможно скоро после этого, должны быть представлены в департамент дополнительные чертежи или описания, показывающие или описывающие плотину, как уже законченную. Эти данные должны включать сведения о пустотах в известняках, их заливке известковым раствором, о неправильных зонах (нарушении напластований), слабых местах или других недостатках основания; данные об испытаниях бетона или другого материала, употребляемого при сооружении плотины; данные о местоположении реперов и марок уровня; всякие другие сведения, могущие быть полезными и касающиеся безопасности и прочности плотины; подразумевается, что в случае увеличения существующей плотины, дополнительные сведения должны касаться только новых работ.

Отдел 17. Удостоверение об утверждении новых плотин. После того, как Департамент установит, что работы были сделаны согласно с утвержденными проектами и спецификациями, и что плотина безопасна для пользования в полной мере, предусмотренной в утвержденных проектах и спецификациях, Департамент выдаст удостоверение об утверждении. До тех пор, пока не будет выдано означенное удостоверение об утверждении, плотина не должна быть использована, исключая того случая, если будет выдано письменное разрешение на это департамента и при тех условиях, которые он поставит для охраны жизни и имущества.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ № 4.

Плотины, постройка которых была начата до 14 августа 1929 г., но не была закончена к этому сроку.

Отдел 18. Заявление. Прошение [об утверждении плотины, начатой, не законченной до 14 августа 1929 г., должно быть подано до 13 Октября 1929 г. или же должно быть подано заявление, показывающее, что такая плотина была на 90% или более, сооружена на 14-ое августа. Если же работы по постройке плотины были выполнены менее, чем на 90%, то такая плотина подчиняется тем же условиям, как и новая; предполагается, тем не менее, что работы по сооружению такой плотины могут продолжаться, если заявление об утверждении последней зарегистрировано до 13-го октября 1929 г. до тех пор, пока получится распоряжение из Департамента, утверждающее означенную плотину или указывающее, как должна производиться постройка или как быть изменена, чтобы сделать ее безопасной. По получении распоряжения, касающегося постройки такой плотины, последующие работы должны производиться согласно с этим распоряжением. Плотины, оказавшиеся на 90% и более, построенными к 14 августа 1929 г., должны подчиняться тому же надзору, что и плотины законченные до этого срока (см. постанов. № 2).

Отдел 19. Регистрационная оплата. Заявления, касающиеся плотин, которые были построены менее, чем на 90% к 14 августа 1929 г., должны сопровождаться оплатой, вычисленной следующим образом.

Во-первых, вычисляется оплата, которая была бы необходима, если бы постройка была начата после 14-го августа 1929 г.

Во-вторых, определяется процент сметы общих расходов, произведенных до 14-го августа 1929 г.

Надлежащая оплата равна исчисленной оплате, помноженной на процент незаконченной работы.

Ниже даны образцы платы, требуемой для плотин, находящихся в постройке к 14-му Августа 1929 г.

1) Сметная стоимость 5 000 и 70% закончено на 14 авг. 1929 г.

исчисленная оплата = $1\% \times \$ 5\,000 = \$ 50$.

30% незаконченной работы

надлежащая оплата = $30\% \times \$ 50 = \$ 15$

Так как закон предусматривает, что минимальная оплата должна быть \$ 20, то сумма, которая должна быть приложена к прошению, в данном случае будет \$ 20.

2. Сметная стоимость \$ 7 000 000 и 60% закончено на 14 авг. 1929 г.

Исчисленная оплата = $1\% \times \$ 1\,000\,000 = \$ 10\,000$

$0,5\% \times \$ 900\,000 = \$ 4\,500$

$0,1\% \times \$ 4\,000\,000 = \$ 4\,000$

$0,05\% \times \$ 2\,000\,000 = \$ 1\,000$

Итого $\$ 7\,000\,000 = \$ 10\,500$

40% работы не закончено

Надлежащая оплата = $40\% \times 10\,500 = \$ 4\,200$

ПОСТАНОВЛЕНИЕ № 5.

Надзор за исправлением, изменениями или сносом плотин.

Отдел 20. Заявление. Перед началом исправлений, изменений или удалений плотины, будь она окончена ранее или позднее 14 августа 1929 г., владелец должен заручиться письменным утверждением по форме № 4, которая дается Департаментом.

Отдел 21. Составление заявления. Форма заявления № 4, выдаваемая Департаментом, показывает, какие сведения требуются в большинстве случаев. Если нужные исправления можно хорошо показать на проекте, то следует таковой подать вместе с заявлением. В тех случаях, где работы по исправлению можно лучше объяснить описательно, таковое описание должно быть помещено на бланке прошения или на дополнительном листе, если это необходимо, и оно должно быть приложено к заявлению. В необходимых случаях, департамент дает указания касательно данных, которые должны быть представлены вместе с заявлением.

Отдел 22. Экстренные исправления. В экстренных случаях, когда исправления необходимы для защиты жизни и имущества, таковые исправления могут быть начаты немедленно; но в подобных экстренных случаях Департамент должен быть сейчас же извещен о предполагаемых исправлениях, и последние должны производиться согласно с распоряжением, данным департаментом.

Отдел 23. Удостоверение об утверждении исправлений или изменений. По окончании исправлений или изменений всякой плотины извещение об окончании должно немедленно быть подано в департамент. По возможности скоро после этого дополнительные чертежи или описания касательно плотины, уже исправленной или измененной, должны быть представлены в Департамент. Необходимые данные каждый раз определяются Департаментом. Если будет установлено, что работа была произведена согласно с утвержденными проектами, спецификациями и всеми распоряжениями, данными Департаментом, выдается удостоверение об утверждении. Никакая исправленная или измененная плотина не может эксплуатироваться до вы-

дачи нового удостоверения об утверждении или дополнительного удостоверения; исключение может быть сделано только в случае письменного разрешения Департамента и при тех условиях, которые могут быть им поставлены для охраны жизни и имущества.

Отдел 24. Удостоверение об утверждении сноса плотины. По окончании удаления (сноса) плотины, правительственному инженеру должно быть подано свидетельство о том, что водоток, на котором существовала плотина, стал свободным для прохода воды, и что работа была произведена таким образом, что была устранена всякая опасность для жизни и имущества. После того, как департамент убедится на осмотре, что работа была произведена удовлетворительно, выдается удостоверение об утверждении.

Отдел 25. Стоимость осмотра и исправления. Стоимость всякого осмотра, необходимого согласно с постановлением № 5, оплачивается правительством. Но стоимость исправления, изменений или удаления должна быть оплачена владельцем.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ № 6.

Отдел 26. Надзор над содержанием и работой плотин, поскольку это необходимо для охраны жизни и имущества от повреждений по причине недосмотра принадлежит департаменту.

Отдел 27. Сведения (reports). Владельцы всех плотин должны давать сведения о состоянии плотины по форме, которая дается Департаментом. Эти отчеты должны показывать общее состояние плотины, должны давать сведения о количестве утечки, если такая имеется, сквозь плотину или вокруг нее, в особенности о том, показывает ли эта утечка увеличение или уменьшение по сравнению с прошлыми годами; также должны показывать, имеются ли какие-нибудь признаки распада или выноса (эрозии) в материале плотины или в устоях и основании, и должны показывать всякие изменения в состоянии плотины. Специальный рапорт должен также быть представлен относительно прохода необычных наводнений.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ № 7.

Карты и проекты.

Отдел 28. Род и размер чертежей. Чертежи, относящиеся к заявлению (прошению), должны представляться в двух экземплярах на полотняной кальке. Кроме того, при заявлении следует также подавать синьки или другие копии оригинальных чертежей. По проверке чертежей, Департамент извещает подателя о желательных изменениях, если таковые потребуются, а также сообщает ему, какие чертежи, после производства необходимых изменений, должны быть поданы для утверждения вместе с прошением. Могут быть представлены чертежи, скопированные обычным (стандартным) образом, если они точны и четки.

Все карты и проекты, подаваемые при прошении, должны быть не более 28×40 дюйм. и не менее 18×24 д., с заголовком (подписью) в нижнем правом углу, как показано на образцах чертежей, составляющих часть этих правил и постановлений. Нижняя часть пространства, предназначенного для надписи, должна оставаться пустой; подразумевается, что в тех случаях, где применяются изданные карты для указания местоположения плотины и водохранилища, таковые могут быть приняты без изменения их размеров. Подобных же образом, проекты и документы (ex libits), подаваемые как часть заявления об утверждении уже существующей плотины и документы, приложенные в связи с заявлением об утверждении новой плотины, требуют согласования с постановлением касательно размеров.

Отдел 29. Что требуется показывать? Карты и проекты должны быть достаточно большого масштаба с надлежащим размером, чтобы эти чертежи можно было легко читать и изучать.

Проекты должны показывать все детали, необходимые для полного анализа напряжений в постройке, и должны давать детали устройства водоспусков (outlet) и водосливов (spillway). Чертежи должны также дать план в горизонталях плотины, профиль по оси плотины и профиль по оси водослива (spillway).

Отдел 30. Проект для увеличения плотин. При изготовлении чертежей, показывающих предполагаемое увеличение плотины, они должны составляться так, чтобы новая и старая работы ясно различались. Эти чертежи должны также, со всеми деталями, показывать способ соединения новой и старой работы.

Отдел 31. Обозначения на чертежах. На чертежах или на объяснительных записках должны быть даны обозначения, принятые на чертежах плотины и связанных с нею устройств. Среди этих обозначений должны находиться предельные напряжения в материале, который употребляется; метод исследования, примененный для определения рабочих напряжений; формулы и коэффициенты, употребляемые для определения пропускной способности водослива (spillway) и водоспуска (outlet), интенсивность стока с водосборной площади.

Отдел 32. Спецификации. Спецификации, описывающие предполагаемый метод конструкции, должны быть приложены к каждому заявлению. Эти спецификации могут быть показаны частично на одном или нескольких чертежах, как их часть, или же они могут быть представлены как отдельный документ. Спецификации должны описывать в деталях методы, которые будут употреблены при исполнении каждого класса работ и должны указывать требования на различного сорта материалы, которые войдут в постоянное сооружение.

Там, где безопасность постройки, до или после сооружения, зависит от этого, порядок производства сооружения должен быть также указан наперед.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ № 8

Доступ к документам и отчетам.

Отдел 33. Отчеты, касающиеся надзора над плотинами, должны быть общественными документами. Никакие заявления, документы или отчеты не разрешаются, ни при каких обстоятельствах, брать из архива Отдела Водных Ресурсов, но доступ к ним разрешен.

Формы и образцы чертежей.

Отдел 34. Согласно постановления закона, были приготовлены и предписаны для употребления формы для подачи заявлений об утверждении плотин Департаментом.

Эти формы таковы:

№ 2 — для заявления об утверждении плотины, построенной до 14-го августа 1929 г.

№ 3 — для заявления об утверждении проектов и спецификаций для сооружения новой плотины и увеличения существующей плотины.

№ 4 — для заявления об исправлении или изменении плотины.

№ 5 — для заявления о сносе (уничтожении) плотины.

Бланки этих форм высылаются по требованию в трех экземплярах. При подаче заявления две копии форм (бланков) должны посылаются Правительственному Инженеру, вместе с другими сведениями, требуемыми

более одного листа, чтобы показать все нужные части. Рис. 2 показывает поперечные разрезы типичных плотин. Рис. 3 показывает

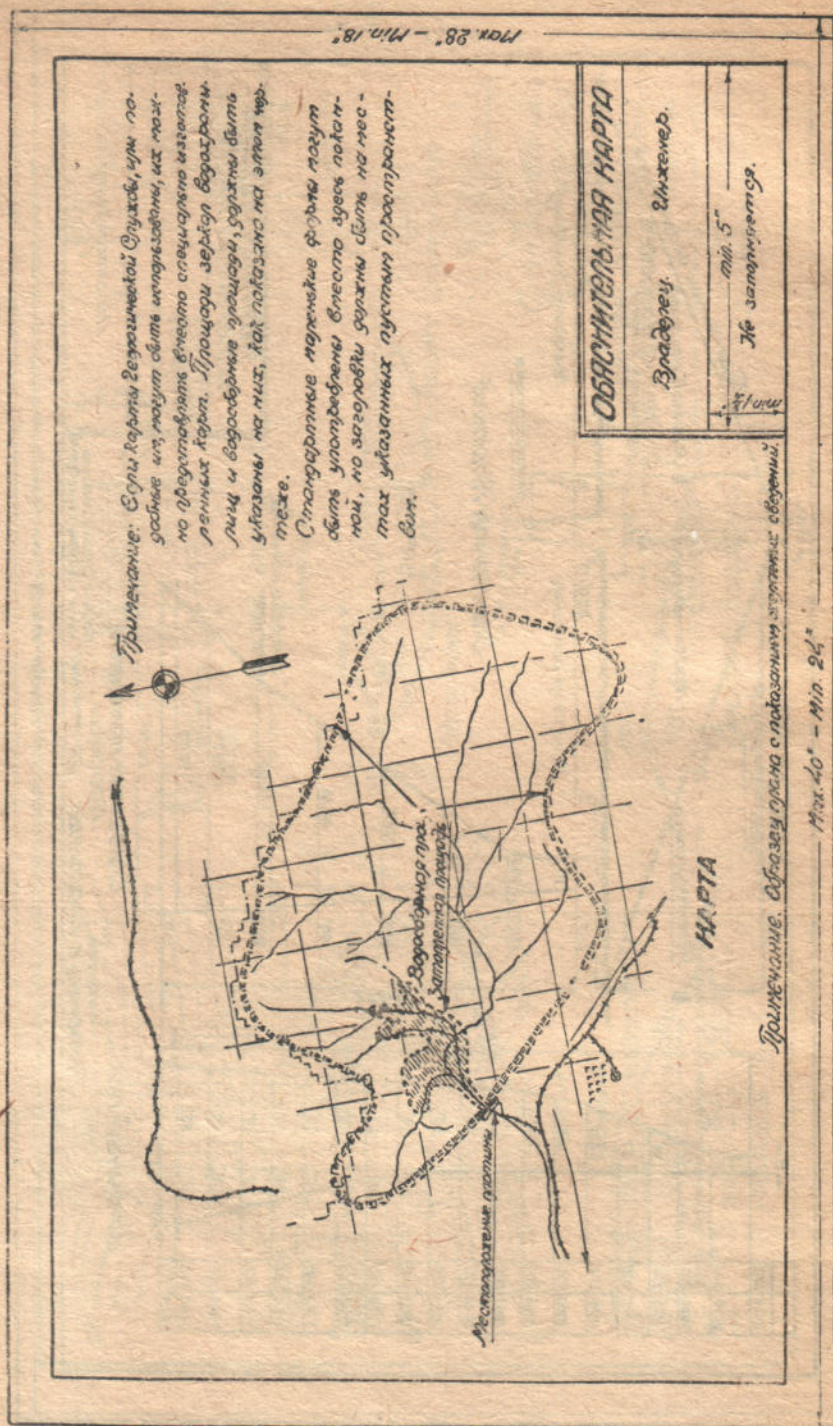


Рис. 3.

желательные сведения на карте, которая должна указывать местоположение плотин и водосборной площади. Карты Геологической Службы

Соединенных Штатов, или подобные им изданные карты, могут быть приняты вместо специально изготовленных карт, если по ним можно получить необходимые сведения относительно водосборной площади.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Основные принципы проектирования.

Нетрудно определить прочность плотины, если ее рассматривать, как твердую массу. Статическое давление воды и сопротивление массы плотины известны. Неизвестными факторами являются: количество воды, которое проходит через водослив (Spillway) плотины; воздействие просачивающейся воды через, под или вокруг плотины, и материалы, из которых устраивается плотина, основание и устой. Наиболее обычные причины серьезных недостатков плотин могут быть отнесены непосредственно к тому, что слишком мало внимания уделяется этим неизвестным факторам. При проектировании и сооружении плотин рекомендуется соблюдение некоторых основных принципов, указанных ниже; рекомендуется следовать этим указаниям при составлении проектов, если только по особым условиям не потребуются более сложная процедура.

Плотины земляные и с каменной отсыпью (rockfill dams).

Для земляных и насыпанных из камня плотин, водоспуск располагается в выемке основной почвы; он лучше всего запирается посредством подходящих шитов, расположенных вверх по течению от центральной линии плотины так, что всегда может быть уменьшено давление в нем, вызванное напором в резервуаре (водохранилище). Возвышение (freeboard) земляных и насыпных из камня плотин над максимальным уровнем высокой воды в резервуаре делается равным 1,5-кратной высоте самых высоких возможных волн; оно может быть определено (в футах) по формуле

$$[1,5d^{1/2} + (2,5 - d^{1/4})]$$

где « d » есть расстояние в милях (= 1,61 км) по прямой линии от плотины до наиболее отдаленной точки резервуара по зеркалу воды.

Максимальный подъем воды, который берется в расчет при определении пропускной способности водослива (spillway), исчисляется на основании предположения комбинации метеорологических условий, которые вызовут максимальную интенсивность стока в области расположения плотины. Емкость резервуара над уровнем водослива для принятия наивысших вод должна приниматься во внимание при определении необходимой водопропускной способности водослива. Нельзя проектировать никакого регулирования уровня воды над утвержденной высотой порога водослива при помощи затворов, наставных досок или прочных приспособлений, если только это регулирование не будет автоматическим, или если обслуживание таких приспособлений не будет непрерывным.

В насыпных из камня плотинах непроницаемая перегородка (диафрагма) или такой же материал помещаются со стороны вверх по течению. Откос плотины со стороны вниз по течению несколько более пологий, чем естественного откоса того материала, из которого он состоит. Размер увеличения пологости откоса зависит от размера отдельных частиц грунта, из которых он состоит, а также от размера промежутков в массе; от этих двух факторов зависит надлежащий дренаж без вреда для сооружения.

Насыпные земляные плотины с укаткой грунта возводятся горизонтальными слоями, очень крепко уплотненными посредством укатки или подобных способов, но поверхность каждого слоя делается неровной, чтобы была достаточная связь между последовательными слоями.

В насыпных гидравлическим путем плотинах грубый материал с обеих сторон плотины должен быть достаточного веса и размера, чтобы безопасно выдерживать полное давление материала, составляющего середину плотины.

При подготовке основания земляных плотин должен быть удален весь растительный грунт и почва основательно взрыхлена вспахиванием или другими способами.

Под плотиной выкапывается надлежащая траншея (ров) и наполняется надлежащим материалом таким образом, чтобы дать водонепроницаемый замок. Наилучшее местоположение для замка находится приблизительно вертикально под краем гребня плотины со стороны вверх по течению; исключая тех случаев, когда водонепроницаемая крышка откоса находится близ наружной части плотины со стороны вверх по течению. В этом случае замок должен быть у нижнего края диафрагмы (крышки). Если насыпь находится на разрушенных каменистых породах, то замок может быть сделан или в виде траншеи, вынутой в камне и вновь засыпанной, или в виде бетонной стенки, основанной на скале и проходящей не менее, чем на три фута в насыпь. К вертикальным бетонным стенам (сердечникам, ядрам) идущим во всю высоту плотины, относятся, обыкновенно, неодобрительно, считая, что можно достигнуть большей безопасности, если равную стоимость израсходовать каким-нибудь другим путем для получения водонепроницаемости.

Откосы, более крутые, чем два горизонтальных к одному вертикальному (2:1), не желательны ни с одной стороны земляной плотины. Для низких плотин, в 40 фут. (12,2 м) и менее высотой, минимальная толщина на всякой высоте плотины должна быть в пять раз больше глубины воды от максимального уровня подъема воды до этой высоты плотины (в вертикальном разрезе). Для плотин большей высоты эта пропорция увеличивается. Во всех случаях, требуемая толщина зависит от свойства материала, из которого состоит плотина.

Основание под насыпными из камня плотинами выкапывается до материала достаточной твердости, чтобы предотвратить проникание в него насыпного материала, что вызывает оседание. Оно, также, должно быть достаточно устойчивым, чтобы противостоять размыванию вследствие скопления дождевой воды или воды, просачивающейся через засыпку камнем рва для замка. На верх земляных, или заполняемых камнем, плотин добавляется достаточное количество материала, чтобы пополнить оседание, которое произойдет после окончания, так, чтобы гребень плотины после мощения его не был ниже назначенной высоты.

Сплошные насыпные плотины (Gravity masonry dams). При проектировании сплошных каменных плотин должно делаться допущение о поднятии (uplift)¹ во всякой плоскости, за исключением тех случаев, когда имеют в виду принять меры, положительно предотвращающие возможность поднятия. Для того, чтобы по возможности довести до минимума влияние поднятия, фасад плотины со стороны вверх по течению делается насколько возможно водонепроницаемым для предотвращения просачивания, которое может вызвать разрушение бетона. В изогнутых в плане плотинах, надлежащее внимание уделяется влиянию радиального схождения в одну точку при анализировании напряжений в элементарном сечении.

Швы сжатия помещаются на достаточно близких расстояниях, с надлежащими уплотнениями от проникновения воды со стороны вверх по течению, для предотвращения трещин (нормальных к оси) при сжатии от охлаждения или высыхания.

В плотинах, где обычный метод анализа показывает высокое напряжение, главные усилия исчисляются для определения, не переходит ли действительное давление в каменной кладке безопасной величины.

¹ Соответственно немецкому Auftrieb („всплывание“).

Желательно, чтобы были приняты меры для предотвращения, насколько возможно, быстрого поднятия температуры в массе плотины, вызываемого химической теплотой затвердевания (setting). Для достижения этого, в больших плотинах рекомендуются применение охлаждающих мер и уменьшение скорости поливания.

Арочные (сводчатые) плотины. Арочные плотины можно определить, как плотины, в которых главная часть давления воды воспринимается сводчатым (арочным) действием изогнутой плотины, удерживаемой двумя устоями, либо естественными, либо комбинацией естественных с искусственными. Анализ арочных плотин по цилиндрической теории, а именно:

$$S = \frac{pr}{t}, \text{ не удовлетворителен на практике.}$$

Напряжения определяются каким нибудь методом анализа, который полностью берет в расчет напряжения, получающиеся вследствие упругого сокращения арочного кольца, вызываемого тангенциальным арочным давлением. Надо также принимать во внимание влияние касательных усилий (напряжений, cantilever stresses). Влияние изменений температуры также включается в определение напряжений.

Швы сжатия устраиваются на радиальных плоскостях. Тенденция к образованию трещин, вследствие сжатия и понижения температуры, может быть, по крайней мере частично, нейтрализована таким образом, чтобы заливка вертикальных частей плотины происходила последовательными секциями (частями), с достаточными промежутками между заливками.

Плотины пустотелые. В многоарочном типе плотин арочное перекрытие рассматривается, как упругая часть, и, если нужно, принимается во внимание влияние неоднобразной нагрузки. Также берется в расчет влияние температуры. Другие типы перекрытий исследуются по методам, которые принимают во внимание все усилия, возникающие, когда плотина нагружена.

Контрфорсы пустотелых плотин рассчитываются при определении величины направления главных усилий, которые разовьются при условиях полной нагрузки плотины. Стальная арматура применяется для того, чтобы нести все растягивающие усилия, которые, как показывает анализ, разовьются как в перекрытии, так и в устоях (контрфорсах).

Допускаемые напряжения. Допускаемые напряжения в стальной арматуре, бетоне и каменной кладке ограничиваются величинами, рекомендованными компетентными авторитетами для данного класса употребляемого материала.

Основания. Если основанием является скала, то следует изучить его способность выветривания и, также, определить, содержит ли он в себе растворимые вещества, которые могут растворяться от действия воды под давлением, вызывая этим опасное ослабление структуры скалы. Неправильные зоны (нарушение напластования) и мягкие или слабые места должны также подвергнуться надлежащему обсуждению. Присутствие одного или всех этих факторов может оказаться достаточно серьезным, чтобы воспрепятствовать выбору данного места для плотины. То же внимание, что и основанию, уделяется устоям плотины.

Если основанием является другой грунт, чем скала, то ширина основания плотины должна быть достаточно велика, чтобы довести давление основания до безопасной величины. Водонепроницаемый материал плотины, замки и водобойный пол (аргон) должны быть такой ширины, что длина пути просачивающейся воды под сооружением была достаточна для того, чтобы не было опасности от вымывания материала основания этой просачивающейся водой. Если „*l*“—длина в футах пути просачивания, „*H*“—напор воды в футах у края вверх по течению непроницаемого основания и „*C*“—постоянная для класса материала в основании,

то выражение для L будет $L=CH$. Из произведенных опытов Бляй (Bigh) установил следующие значения для C :

Тонкий песок и ил	$C=18$
Тонкий слюдянистый песок . .	$C=15$
Обыкновенный крупный песок .	$C=12$
Гравий и песок	$C=9$
Круглые камни, гравий и песок	$C=4$ до 6

Водобойный пол (аргон) вниз по течению либо делается достаточно тяжелым, чтобы выдержать гидростатический напор в этом пункте, либо делаются надлежащие приспособления для дренирования, чтобы предотвратить опасность поднятия пола („аргон“). Если применяются сваи или стенки (перемычки), то следует брать двойную глубину их под основанием для получения длины пути просачивания.

Давление льда. Там, где есть возможность образования льда, в определении нагрузки включается прибавка на линейный фут плотины пяти тонн давления на фут толщины льда.

ЗАКОНОПРОЕКТ СЕНАТА № 723.

Гл. 766.

Акт, предусматривающий надзор за плотинами Департаментом общественных Работ, через Правительственного Инженера, в целях охраны жизни и имущества, определяющий права и обязанности, касающиеся надзора за плотинами, предусматривающий принуждение к означенному надзору, предусматривающий наказание за нарушение такового и определяющий его применение.

(Действителен с 14-го августа 1929 г.)

Жители штата Калифорния постановляют следующее:

Административный чиновник, Правительственный Инженер.

Отдел 1. Обязанности, права, юрисдикция, предусмотренные этим актом, возлагаются на Департамент общественных Работ и будут выполняться через посредство Правительственного Инженера. Слово „департамент“, употребляемое в этом акте, должно обозначать Департамент общественных Работ, действующий через посредство Правительственного Инженера. Правительственный Инженер ответственен перед Директором общественных Работ за надлежащее исполнение этого акта.

Определение слова „плотина“

Отдел 2. Слово „плотина“, употребляемое в этом акте, обозначает всякую плотину и относящиеся к ней устройства, до этого или после этого времени сооруженные для задержки или отвода воды, которые имеют, или будут иметь, либо 15 футов или более высоты от уровня почвы до порога водоспуска (spillway), либо дают объем водохранилища в 10 акро-футов (12334 куб. м) и более; предусматривается, что никакое заграждение, употребляемое для поднятия или повышения воды в канале или отведения воды оттуда, не должно считаться плотиной в значении этого акта.

Определение слова „владелец“.

Слово „владелец“, употребляемое в этом акте, обозначает правительство и все его департаменты, учреждения и агентства и его политические под-

разделения, все муниципальные или какбы муниципальные корпорации, все общественные предприятия, районы, корпорации, общества, ассоциации или лица и их надлежаще уполномоченные агенты, арендаторы, поверенные и преемники или поверенные, назначенные каким-бы то ни было судом, владеющие, управляющие, приводящие в действие, поддерживающие или собирающиеся соорудить всякую плотину, как определено в этом акте, но это не обозначает Соединенные Штаты. Слова: „изменения“ и „исправления“, или каждое из них, употребляемое в этом акте, должно обозначать только такие изменения и исправления, которые могут влиять на безопасность плотин.

Полномочие надзора над плотинами

Отдел 3. Сим Департамент облачается полномочиями, под полицейской властью штата, для надзора за сооружением, увеличением, изменением, исправлением, содержанием, работой и сносом (удалением) плотин в видах охраны жизни и имущества, как ниже предусматривается. Все плотины в Штате Калифорния до сего времени или после построенные, либо сейчас строящиеся, должны быть подчинены юрисдикции Департамента и будет незаконно строить, увеличивать, исправлять, изменять, удалять, содержать или пользоваться всякой плотинной, иначе, как с утверждения Департамента, как это ниже предусматривается. Никакой город, округ, или город и округ, не должны иметь полномочий по уставу, постановленному законодательным корпусом, или принятому населением по инициативной его власти или иначе, управлять или надзирать или заботиться об управлении или надзоре за плотинами или водохранилищами в этом штате, или сооружении, содержании и работе их, а также об ограничении размера всякой плотины или резервуара или количества воды, которая может задерживаться ею, т. к. данный акт Законодательной Власти предусматривает управление и надзор за плотинами и резервуарами исключительно со стороны правительства штата.

Когда надзор за безопасностью проектирования или сооружения предполагаемой, или существующей плотины, производится Соединенными Штатами или их уполномоченными (представителями), как представителями более высшей власти, чем штат, и требования, исходящие от такой власти, настолько несовместимы с требованиями Департамента, согласно с этим актом, что не может быть достигнуто соглашения между обоими властями, тогда требования штата должны быть так изменены Департаментом, чтобы возможно было согласовать требования федеральные и штата.

Персонал.

Департамент должен пользоваться таким штатом административных и технических служащих и на оплате, согласной с правилами гражданской службы, который необходим для выполнения работ по надзору за плотинами, согласно с этим актом. Департамент может пользоваться такими консультантами, не обязанными быть служащими гражданской службы, которые могут быть необходимы; когда безопасность и технические соображения, касающиеся плотины, или проектов и спецификаций относящихся к ней, требуют этого, или когда владелец письменно требует этого, Департамент должен назначить консультационную комиссию из двух, или более, консультантов, представленных Департаменту с надлежащими ручательствами. Стоимость и расходы такой консультационной комиссии, если она назначена по требованию владельца, должны быть оплачены владельцем. Отчеты, касающиеся надзора над плотинами, должны быть общественными документами.

Полномочия издавать правила и постановления.

Департамент должен издавать или пересматривать от времени до времени такие правила и постановления и издавать соответствующие общие распоряжения, какие будут необходимы для исполнения требований этого акта.

Регистрирование заявлений о законченных плотинах.

Отдел 4. Всякий владелец плотины, законченной до дня этого акта, должен в течение шести месяцев после даты этого акта подать заявление об утверждении такой плотины. Отдельное заявление должно быть составлено для каждой плотины и должно быть зарегистрировано Департаментом, по формам, выдаваемым им; оно должно давать такие необходимые соответственные сведения, касательно означенной плотины, какие может потребовать Департамент. По истечении означенных шести месяцев, Департамент должен известить о регистрации владельцев, которые упустили это сделать, как требуется здесь; упущение в регистрации после тридцати дней после такого извещения, будет наказуемо, как здесь предусматривается. Извещение, предусматриваемое здесь, может быть послано заказным пакетом, и обратная росписка, подписанная владельцем, будет служить доказательством подачи заявления. В течение трех лет после этого акта, Департамент должен произвести осмотр всех таких оконченных плотин в штате и должен, в течение означенного времени, выдать либо удостоверения, утверждающие такие плотины, либо распоряжения, указывающие те работы, которые необходимо сделать и назначающие время окончания таких работ.

Удостоверения об утверждении, законченные плотины.

По окончании, удовлетворяющем Департамент, всех работ, которые могли быть указаны, и после определения того, что плотина вполне безопасна для использования согласно ее назначения должно быть выдано удостоверение, утверждающее плотину. Стоимость осмотра, производимого по этому отделу, принимается на счет штата и будет оплачено из средств, подлежащих израсходованию Департаментом, но указанные выше работы должны быть произведены за счет владельца.

Заявления о новых плотинах или увеличении плотин.

Отдел 5. После действующей даты этого акта, постройка всякой новой плотины, или увеличение всякой плотины, не могут быть начаты до того, как владелец подаст заявление и получит от Департамента письменное утверждение проектов и спецификаций. Отдельное заявление для каждой плотины подается в Департамент по формам, выдаваемым последним; оно должно обозначать имя и адрес владельца, местоположение, тип, размеры и высоту предлагаемой плотины и относящихся к ней сооружений, емкость водохранилища (резервуара) и все другие сведения по данному вопросу, которые может потребовать Департамент. Там должны быть указаны насколько возможно точно водосборная площадь, данные об осадках, расходе реки и высоких вод и сметные исчисления. Департамент может также потребовать данные касательно условий почвы или основания и может требовать, чтобы место было обследовано бурением или сделаны другие изыскания; он может требовать также другие нужные сведения, которые могут быть необходимы в данных обстоятельствах; но при обстоятельствах, где физические условия и размер плотины таковы, что вышеуказанные требования, касательно площади водосборов, осадков, расхода

реки и высоких вод, бурения или обследования местности, не нужны, таковые требования могут быть признаны не нужными.

В заявлении должно быть указано; для каких целей задержанная или отведенная вода будет употребляться, и оно должно сопровождаться картами, проектами и спецификациями такого характера и размера и с такими деталями, какие может потребовать департамент. Такие карты, проекты и спецификации должны составлять часть заявления.

Оплата за регистрирование для новых плотин.

В прошении должна также быть показана сметная стоимость, как она ниже определяется, новой плотины или увеличения старой плотины, и оно должно сопровождаться регистрационной оплатой, основанной на означенной смете, согласно со следующей нормой:

За первые сто тысяч долларов — оплата в один процент со сметы;

За следующие девятьсот тысяч долларов — оплата в пол-процента;

За следующие четыре миллиона долларов — оплата в одну десятую процента и

За всякую стоимость, превышающую пять миллионов долларов — оплата в одну двадцатую процента.

Минимальная оплата однако не может быть меньше двадцати долларов.

В целях этого акта, сметная стоимость плотины или увеличения должна включать стоимость всяких работ и материалов, входящих в постройку плотины и связанных с ней устройств, стоимость предварительных изысканий и наблюдений, стоимость силовой установки, идущей засчет стоимости плотины, и всякие другие пункты, входящие непосредственно в стоимость плотины; предусматривается, что стоимость „дорожных прав“, отдельных силовых станций, электрических генераторных машин и грунтовых и железных дорог, дающих доступ к плотине, не должна быть включена в определение сметной стоимости. Заявление не должно рассматриваться Департаментом, пока не получена регистрационная оплата. В случае, если действительная стоимость превышает смету более, чем на десять процентов, Департаментом должна быть востребована добавочная оплата до окончательного утверждения; она должна составлять сто десять процентов с той суммы, на которую основная оплата была меньше, чем она была бы при действительной стоимости.

Регистрационная оплата за плотины, строящиеся в августе 1929 г.

Всякая плотина, которая по определению Департамента не будет встроена на девяносто процентов к моменту, когда входит в силу этот акт, должна подчиняться тем же условиям, как и плотина, начатая после действующей даты этого акта; предусматривается, однако, что строительные работы на таких плотинах могут продолжаться, если прошение об утверждении таковых будет зарегистрировано в течение шестидесяти дней после действующей даты этого акта, пока не получит распоряжение Департамента, утверждающее означенную плотину или определяющее, как должна производиться постройка или как должна быть она изменена, чтобы сделать ее безопасной. По получении распоряжения, руководящего постройкой такой плотины, работу должно после этого производить в согласии с означенным распоряжением. Либо заявление об утверждении строящейся плотины должно быть подано в течение шестидесяти дней после действующей даты этого акта, либо подано заявление, показывающее, что такая плотина была на девяносто и более процентов построена к означенному сроку. Плотины, которые окажутся на девяносто и более процентов построенными к действующей дате этого акта, должны подчиняться тому же надзору, как и плотины, законченные до этого срока. Заявления

о плотинах, которые по определению Департамента, окажутся построенными менее, чем на девяносто процентов к означенной дате этого акта, должны сопровождаться оплатой меньшей, чем та, которая предусматривается для плотин, начатых до этой даты, настолько, насколько меньше процент постройки, законченной, по определению Департамента, к означенной дате. Вся регистрационная оплата, собранная согласно с условиями этого акта, должна выплачиваться раз в месяц в государственное казначейство. Оплата, здесь предусматриваемая, должна взыскиваться со всех перечисленных в определении владельцев, как это указано в отделе 2 этого акта.

Заявление об исправлении, изменении или удалении.

Отдел 6. Перед началом исправлений, изменений или сноса плотин, были ли они закончены до или после действующей даты этого акта, владелец должен получить письменное утверждение Департамента, исключая случаев, здесь предусматриваемых. Заявление для такого утверждения должно содержать имя и адрес просителя, а также должно давать надлежащие подробности о существующей плотине, о переменах, которые предполагается произвести, и должно сопровождаться картами, проектами и спецификациями, составляющими часть самого заявления; последние должны быть такого характера и размера и давать такие подробности и размеры, какие может потребовать Департамент. Эти заявления должны также давать такие сведения или данные, касательно плотины или водохранилища, какие нужны Департаменту, а также, сведения, по другим вопросам для основательного суждения о безопасности такого изменения, как это потребует Департамент; должно также указываться время начала и окончания постройки. В экстренных случаях, когда исправления необходимы для охраны жизни и имущества, такие исправления могут быть начаты немедленно; но в случаях таких экстренных исправлений Департамент должен быть извещен немедленно о предполагаемых исправлениях и о текущей работе и означенные предполагаемые исправления и работы должны быть согласованы с распоряжениями, какие даст Департамент.

Утверждение или неутверждение заявлений.

Отдел 7. По получении всех заявлений, кроме предусматриваемых в отд. 4, Департамент должен их рассмотреть и должен утвердить или не утвердить в течение времени, здесь предусматриваемого. Неправильное заявление, составленное, все же, согласно правилам и постановлениям Департамента, не должно быть отклонено, но извещение о неправильности должно быть послано просителю обыкновенным или заказным пакетом и, если в течение тридцати дней со времени отправки означенного уведомления, проситель не подаст исправленного заявления, то таковое будет отклонено и уничтожено, исключая тех случаев, когда уважительная причина, представленная Департаменту, даст просителю дальнейшую отсрочку. Никакое заявление не должно быть утверждено менее, чем в десять дней от получения такого заявления; все заявления должны быть утверждены или неутверждены на сколько возможно скоро, по получении всех необходимых Департаменту данных и сведений. Утверждения могут быть сделаны под условиями и ограничениями, необходимыми для охраны жизни и имущества. Действительная постройка должна начаться в течение года после срока утверждения, иначе утверждение будет считаться недействительным; *подразумевается*, однако, что департамент может, по письменному заявлению и по уважительной причине, продлить время для начала постройки. Департаменту должно быть послано извещение, по меньшей мере, за десять дней до начала постройки, а также должны быть представлены Департаменту такие сообщения, какие он может потребовать.

Осмотр во время производства работ.

Отдел 8. В продолжении постройки, увеличения, исправления, изменения или удаления всякой плотины, Департамент должен производить, или заставить производить, такие непрерывные или периодические осмотры, исследования и испытания, какие могут быть необходимы для получения согласованности с утвержденными проектами и спецификациями. Если, после всяких таких осмотров, исследований и испытаний, или во всякое время производства работ, или во всякое время перед выдачей удостоверения об утверждении, окажется, что поправка или изменения необходимы для безопасности, Департамент имеет право распорядиться, чтобы владелец изменил проекты и спецификации, как это необходимо, или, если окажутся условия, не позволяющие считать постройку плотины безопасной, утверждение может быть отменено. В случае, если предписанные условия могут быть изменены или сделаны менее обременительными, без ущерба для безопасности, Департамент имеет право позволить владельцу изменить проекты и спецификации в согласии с этим. Если, во всякое время в продолжении постройки, увеличения, исправления или изменения плотины, Департамент найдет, что работа не производится в согласии с условиями утверждения и с утвержденными проектами и спецификациями, или в согласии с утверждением проектов и спецификаций, которые были изменены, он должен послать владельцу письменное извещение и распоряжение заказным пакетом или через служебный персонал. Означенное извещение и распоряжение должно указать те частности, которые не согласовываются или не согласовывались с утвержденными проектами и спецификациями или с измененными, но также утвержденными проектами или спецификациями; Департамент должен распорядиться, чтобы владелец немедленно согласовал работу с утвержденными, или измененными, но утвержденными проектами и спецификациями, как будет необходимо в данном случае. Департамент может также распорядиться, чтобы не производились дальнейшие работы, пока не будет произведена такая согласованность и утверждена Департаментом. Невыполнение такой согласованности с утвержденными, или с измененными, но утвержденными проектами и спецификациями, дает право Департаменту отменить утверждение, если это не будет выполнено после извещения и распоряжения Департамента, как предусматривается выше.

Извещение об окончании новой плотины, или увеличения существующей плотины.

Отдел 9. Немедленно по окончании новой плотины или увеличения существовавшей плотины, владелец должен подать извещение об окончании в Департамент; как можно скоро после этого, надлежит подать в Департамент дополнительные чертежи, или описывающие плотину, как уже сооруженную, включая сведения: о всех пустотах в известняках и заливке их известковым раствором; отчет о постоянных точках, марках и реперах; отчет об испытаниях бетона и других материалов, употребляемых при постройке плотины, и всякие другие пункты, имеющие значение и влияющие на безопасность и прочность плотины; *предусматривается*, что в связи с увеличением плотины, дополнительные чертежи и описательный материал должен относиться только к новой работе. Удостоверение об утверждении не выдается Департаментом, пока вышеозначенные данные или другие, относящиеся к этому данные, требуемые Департаментом, не будут представлены.

Удостоверение об утверждении, новые плотины.

Как только возможно скоро законченная плотина должна быть освидетельствована Департаментом; по установлении того, что плотина была сделана согласно с утвержденными проектами и спецификациями с измененными, но утвержденными проектами и спецификациями и что плотина безопасна для пользования в полной мере, предполагаемой в утвержденных проектах и спецификациях или в измененных, но утвержденных проектах и спецификациях, должно быть выдано удостоверение об утверждении. До выдачи удостоверения об утверждении, плотина не должна быть использована, исключая, как по письменному согласию Департамента и согласно тем условиям, какие могут быть им подписаны для охраны жизни и имущества.

Извещение об окончании исправлений или изменений.

Отдел 10. Немедленно по окончании исправлений или изменений всякой плотины владелец должен послать извещение об окончании их Департаменту; как только возможно скоро после этого, должны быть представлены дополнительные чертежи или описательный материал, показывающие или описывающие плотину, как действительно исправленную или измененную, вместе с такими картами, данными, отчетами и сведениями, касающимися исправленной или измененной плотины, какие может потребовать Департамент. Никакое удостоверение об утверждении плотины, как исправленной или измененной, не выдается Департаментом, пока вышеуказанные данные и другие, касающиеся этого, данные, какие могут быть потребованы Департаментом, не будут представлены.

■ Удостоверение об утверждении; исправление или изменение плотин.

Как только возможно, плотина исправленная или измененная, должна быть освидетельствована Департаментом; по определении того, что работа была произведена согласно с утвержденными проектами и спецификациями, или согласно с измененными, но утвержденными проектами и спецификациями и что такая плотина безопасна для пользования в полной мере, предполагаемой в утвержденных или в измененных, но утвержденных проектах и спецификациях, должно быть выдано удостоверение об утверждении. Такое удостоверение об утверждении должно либо заменить предыдущее удостоверение об утверждении, выданное для исправленной или измененной плотины, или должно быть дополнительным к нему, как это будет объявлено Департаментом. Такая исправленная или измененная плотина не должна быть использована до выдачи нового удостоверения об утверждении или добавочного удостоверения об утверждении, иначе как по письменному согласию Департамента и подчиняясь тем условиям, какие могут быть им предписаны для охраны жизни и имущества.

Извещение о сносе плотины.

По удалении плотины, те сведения касательно характера производства работ и условий, полученных после удаления, какие могут быть потребованы Департаментом, должны представляться в Департамент. Такие сведения должны показывать, что достаточная часть плотины была удалена для того, чтобы дать безопасный проход водам вниз по течению реки, на которой была расположена плотина. Прежде окончательного утверждения сноса плотины, Департамент должен освидетельствовать работу и определить, что всякая опасность для жизни и имущества устранена.

Постановления и распоряжения, обязательные для правительственных учреждений.

Отдел 11. Постановления и распоряжения Департамента и удостоверения об утверждении всякой плотины, выданные Департаментом, должны быть окончательными и обязательными для всех правительственных учреждений распорядительных или других, касательно безопасности проектирования, постройки, содержания и работы всякой плотины; *предусматривается*, однако, что ничего в этом акте не должно быть истолковано так, чтобы лишить владельца права обращения к суду, какое он имеет по законам штата. При проведении мероприятий этого акта Департамент уполномочивается действовать совместно с Соединенными Штатами или их учреждениями.

Содержание и эксплуатация.

Отдел 12. Наблюдение над содержанием и эксплуатацией плотин, поскольку это необходимо для охраны жизни и имущества от повреждений, по причине недосмотра, возлагается на Департамент. Департамент должен заставить произвести осмотр, требовать отчетов от владельца и издавать правила, постановления и распоряжения, необходимые для обеспечения такого содержания и эксплуатации, которые будут охранять жизнь и имущество. Если состояние плотины настолько опасно для жизни и имущества, что не дает времени для выдачи и проведения в жизнь распоряжения, касающегося содержания или эксплуатации, или если проход неминуемого разлива высоких вод угрожает безопасности плотины, Департамент имеет право принять немедленные меры, необходимые для охраны жизни и имущества. При применении немедленных мер, предусматриваемых в этом отделе, Департамент может, в экстренных случаях, понизить уровень воды, выпустив воду из водохранилища, или может совершенно спустить воду и принять всякие другие меры, нужные для охраны жизни и имущества; он должен продолжать полностью управление и надзор над такой плотинной и водохранилищем с его устройствами до тех пор, пока не минует опасность или пока не минет крайность, вызывающая такие действия. Стоимость и расходы по таким вспомогательным мероприятиям, как тут предусматривается, включая стоимость всякой работы, произведенной, чтобы сделать плотину и ее часть безопасными, должна быть возвращена штату владельцем плотины, путем предъявления иска, поданного Департаментом в высший суд того округа, где плотина или часть ее расположены.

Жалобы.

Отдел 13. По получении письменной жалобы, доказывающей, что личность или имущество жалобщика подвергаются опасности вследствие сооружения, содержания или эксплуатации какой либо плотины, департамент должен произвести расследование, если только данные, отчеты об осмотрах, записи, зарегистрированные у него, не будут достаточными, чтобы определить правильность жалобы; но если истец настаивает на осмотре и представит в Департамент сумму, достаточную, по мнению Департамента, чтобы покрыть расходы по осмотру, то таковой должен быть произведен Департаментом вопреки тому, что он найдет достаточными имеющиеся все отчеты для определения указываемой опасности. Если окажется, что существуют опасные условия, Департамент должен принять такие меры, какие будут необходимы, чтобы сделать означенные условия безопасными, и деньги, внесенные на производство осмотра, должны быть возвращены; но, если, после осмотра, произведенного за счет жалобщика, жалоба окажется неосновательной, представленные деньги должны быть внесены в казначейство штата.

Общие исследования и изучения.

Отдел 14. В целях возможности решений, сообразных с экономией и общественной безопасностью, поскольку это возможно, Департамент должен произвести такие исследования и должен собрать такие данные, которые могут быть необходимы для надлежащего обзора и изучения различных особенностей проектирования и сооружения плотин, резервуаров и их принадлежностей и должен также произвести, или заставить произвести, такие исследования водосбора и изучения его, которые могут облегчить такие решения. При производстве таких исследований и осмотров, какие требуются или уполномачиваются этим актом, Департамент, или его представители, должны иметь право входить в частные владения, если это необходимо.

Ответственность штата (правительства).

Отдел 15. Никакой иск не должен быть подан против правительства, или Департамента, или его агентов или служащих для возмещения убытков, причиненных частичной или полной неисправностью плотины или вследствие эксплуатации этой плотины, на основании того, что ответчик подлежит ответственности, вследствие утверждения плотины, или по причине выдачи утверждений и распоряжений, касающихся содержания и эксплуатации, или по причине контроля и регулирования работы плотины, или по причине мер, принятых для защиты от разрушения в экстренном случае.

Ответственность владельца.

Отдел 16. Ничто в этом акте не должно быть истолковано так, чтобы лишить владельца плотины, или заведывающего лица, законных обязанностей, обязательств, или ответственности, связанных с таким владением или управлением.

Штраф за нарушения.

Отдел 17. Всякое нарушение мероприятий этого акта или утверждений, распоряжений, правил, постановлений или требований Департамента, представляет проступок, наказуемый штрафом не более, чем в две тысячи долларов (2,000) или заключением в областной тюрьме не свыше шести месяцев, или то и другое вместе в случае продолжительного нарушения; каждый день, что продолжается такое нарушение, должен представлять отдельное нарушение.

Всякое лицо, преднамеренно препятствующее или мешающее Департаменту, или его агентам или служащим, в исполнении обязанностей, возложенных на них этим актом, или лицо, преднамеренно сопротивляющееся производству контроля или надзора, возложенного на Департамент этим актом, или на его агентов или служащих, считается виновным в проступке и наказуется, как здесь предусматривается.

Всякий владелец, или всякое лицо, действующее, как директор, чиновник, агент или служащий такого владельца, или подрядчик, или агент или служащий такого подрядчика, который производит сооружение, увеличение, исправление, изменение, поддержание или удаление плотины, который заведомо будет работать или разрешит производить работу без утверждения, или в нарушение, или в противоречие с утверждением, как здесь предусматривается, или всякий агент или служащий Департамента, который будет осведомлен о производстве такой работы и который не известит немедленно Департамент об этом, считается виновным в проступке и наказуется, как здесь предусмотрено.

Процедура с требованиями или письменными приказами.

Отдел 18. Когда какой-нибудь владделец или лицо, действующее как директор, агент, или служащий всякого владельца, или подрядчик, или агент, или служащий такого подрядчика, не исполнит или упустит, или намеревается не исполнить или упустить, что-либо, требуемое от него этим актом, или утверждением, распоряжением, правилом, постановлением или требованием Департамента, по полномочию этого акта; или делает или дозволяет, или намеревается делать или дозволить делать, что-либо, нарушающее или противоречащее этому акту, или утверждению, распоряжению, правилу, постановлению или требованию Департамента от имени этого акта, то Департамент может начать дело в высшем суде о круга и от имени области и города, в котором ведется дело или, часть его, возникла, или в котором находится владделец и лицо, на которое жалоба подается, в целях приостановить или предупредить такие нарушения, или угрозу таких нарушений, либо предписанием, либо письменным приказом.

Департамент должен начать такое дело, подав заявление в высший суд, указывая нарушения или угрозу нарушения, на которое приносится жалоба и прося надлежащей помощи в виде предписаний или письменных приказаний. Суд обязан назначить время, не превышающее двадцати дней после посылки ему копии заявления, в течение которых владделец или лицо, на которое принесена жалоба, должны дать ответ на требование.

В случае неполучения ответа, или после такового, суд должен немедленно рассмотреть факты и обстоятельства дела. Должны быть призваны те стороны, какие суд сочтет необходимым и для того, чтобы его приговор или предписание были действительными. Окончательное постановление в таком случае должно либо отклонить иск, либо постановить, чтобы предписание или письменное приказание было издано и сделано обязательным, как требуется в заявлении, либо изменено так, как это будет признано необходимым.

Этим Департамент уполномачивается привлечь необходимых адвокатов, для проведения мероприятий этого отдела.

Приложение 1929—1931 г.

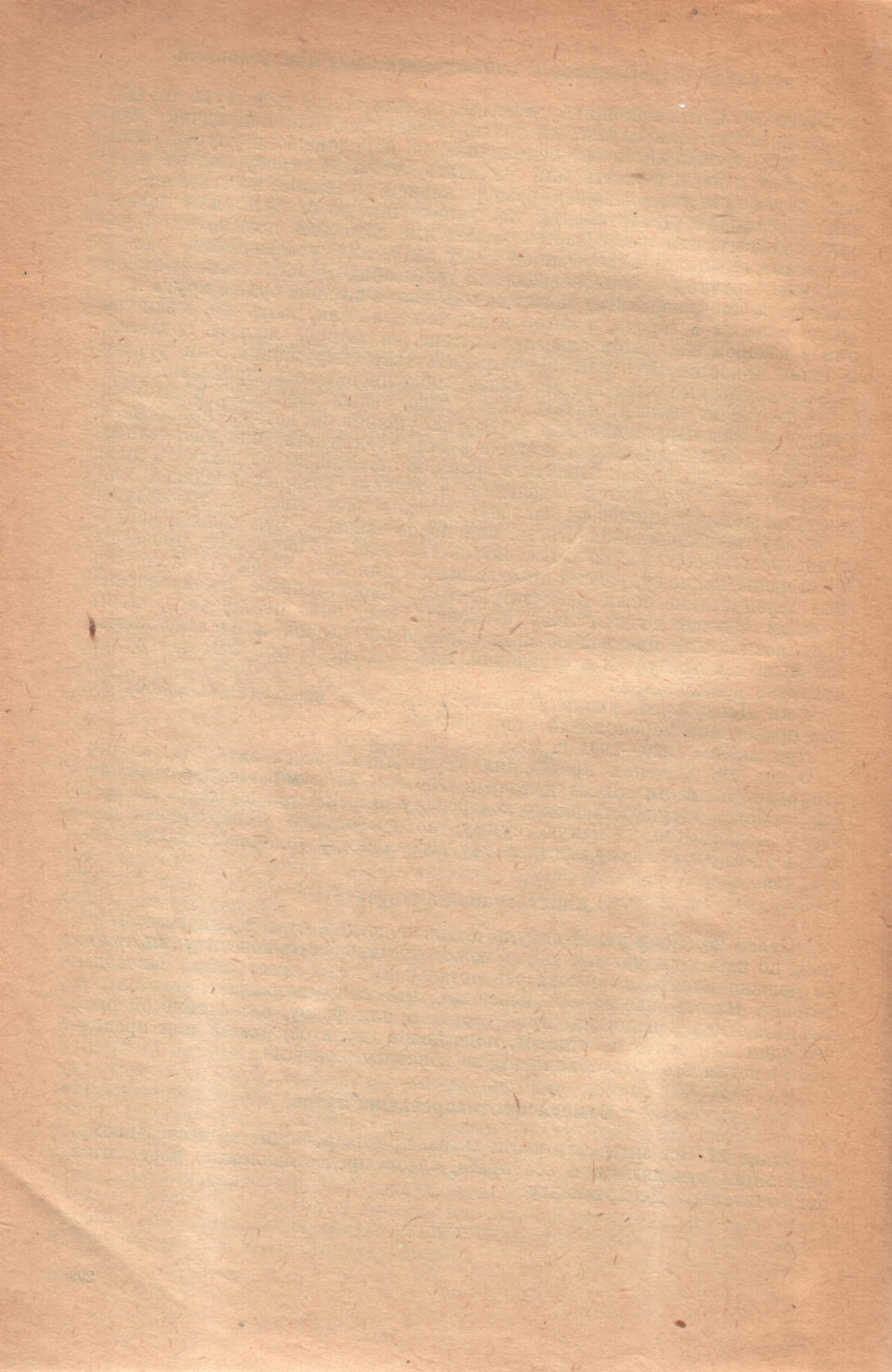
Отдел 19. В целях проведения мероприятий этого акта, настоящим отпускаясь двести тысяч долларов (200 000) из сумм государственного казначейства, государственному контролеру разрешается выдавать по временам полномочия на такую сумму, по требованию Департамента для целей этого акта и государственному казначейству оплачивать такие полномочия.

Конституционность акта

Отдел 20. Если какой-нибудь отдел, подотдел, статья или фраза этого акта, по каким-нибудь причинам может противоречить конституции, то это не должно влиять на законность остальной части этого акта. Законодательная Власть настоящим извещает, что она утверждает этот акт, и каждый отдел и подотдел (пункт), статью или фразу, независимо от того, что один или более из отделов, подотделов (пунктов) статей или предложений могли бы быть объявлены не конституционными.

Отмена противоречащих актов

Отдел 21. Все акты, или части актов, противоречащие вышесказанному, настоящим отменяются и все права, здесь предоставляемые, передаются исключительно Департаменту.



СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Предисловие	27
Правила и постановления	276
№ 1. Общие определения	276
№ 2. Плотины, законченные до 14 августа 1929 г.	277
№ 3. Постройка новых плотин и увеличение плотин	277
№ 4. Плотины, постройка которых была начата до 14-го августа 1929 г., но которые не были закончены к этому сроку	280
№ 5. Наблюдение за ремонтом, изменениями или удалением (сносом)	281
№ 6. Наблюдение за содержанием и работой	282
№ 7. Карты и чертежи	282
№ 8. Доступ к документам и протоколам	283
Бланки и типичные чертежи	283
Общие сведения	287
Закон, регулирующий наблюдение за плотинами в Калифорнии	290

З М І С Т VERZEIHNIS

Передмова	3
Vorwort	—
1. Акад. <i>Є. Оппоков</i> . Звіт про роботу Н. Д. Інституту 'водного господарства України за 1929—1930 р. Kurzer Bericht über die Arbeit des wissenschaftlichen Forschungs-Instituts der Wasserwirtschaft der Ukraine für d. J. 1929—1930 Von Prof. Dr. und Akad. E. Oppokow.	5
2. Акад. <i>Є. Оппоков</i> . Про роботу Н. Д. Інституту водного господарства України в галузі гідрогеології та вивчення підземних вод. Über die Arbeit des wissenschaft. Forschungs-Instituts der Wasserwirtschaft der Ukraine im Gebiete der Hydrogeologie und der Grundwasserforschung. Von. Prof. Dr. und Akad. E. Oppokow.	18
3. Проф. <i>Я. Т. Ненько</i> . Робота водоймищ	
3а. Die Leistung der Talsperren-Wasserbehälter. Von. Prof. J. T. Nenjko. (deutsch)—	
4. Инж. <i>А. В. Огиевский</i> . Главнейшие факторы годового и помесячного стока р. Днепра у г. Києва.	
4а. Die Hauptfaktoren des Jahres-und Monats-abflusses des Dnjeprstromes bei Kijew. Von Dipl. Ing. A. Ogijewsky.	
5. Проф. <i>П. Пушечніков</i> . Транспорт на малих річках. Der Transport auf den kleinen Flüssen. Von Prof. P. N. Puschetschnikoff.	83
6. <i>О. Позняков</i> . Зв'язок поміж хеміко-гідрологічними факторами й уловом риби в Очакові року 1921, 1922 і 1923. Zusammenhang zwischen den chemisch-hydrologischen Faktoren und den Fischfang bei Otschakow in d. J. 1921, 1922 und 1923. Von. Prof. A. Posnjakoff.	89
7. Die katastrophale Überschwemmung des J. 1931 im Flussgebiete des Dnjepr im Zusammenhange mit der Frage über die Überschwemmungs Voraussagungen. Von. Prof. Dr. und Akad. E. Oppokow (deutsch)	98
8. Акад. <i>Є. Оппоков</i> . Меловые, задонецкие воды в районе х. Светличного, как источник питьевой воды для Лонецкого водопровода. Das Grundwasser in den Kreideschichten jenseits des Donjetzflusses beim Dorf Swetlitschnoje, als Trinkwasserquelle für die Donjetzwasserleitung. Von. Prof. Dr. und Akad. E. Oppokow. 103	103
9. Акад. <i>Є. Оппоков</i> . Питання іригації у проблемі Степу. Die Irrigationsfragen im Problem der Südrussischen Steppen. Von. Prof. Dr. und Akad. E. Oppokow.	114
10. <i>В. Ткачук</i> . Причини прориву [греблі на р. Ольховій біля с. Єлизаветівки.	—
<i>W. Tkatschuk</i> . Die Ursachen des Dammbbruches des Wasserbehälters auf dem Fl. Olchowaja in Donbass	117
11. Проф. <i>Я. Ненько</i> . Причини аварии земляной плотины на р. Ольховой	129
<i>J. Neniko</i> . Die Ursachen des Dammbbruches auf dem Fl. Olchowaja;	
а) Bericht des Instituts der Wasserwirtschaft der Ukraine über die Ursache des Dämmbruches auf d. Fl. Olchowaj,	
б) über die Massnahmen zur Verhütung gegen die Zerstörung Erddämme.	
Vol. Prof. Dr. E. Oppokow	—
12. Инж. <i>М. С. Кисельов</i> . Модуль збіру у водозборі р. Трубежа на Переяславщині. Die Abflussnormen im Flussgebiete von Troubesh im Kreise Perejaslaw. Von Ing. M. Kisseljow.	136
13. Инж. <i>А. Огиевский</i> . Ще про гідрологію р. Вовчої. Noch einmal über die Hydrologie des Fl. Voltschaja. Von Dipl. Ing. A. Ogijewsky.	210

14. Асп. Инж. А. Корчагин. О выборе материала для высоких плотин. Über den Material hohl Talsperren, von Dipl. ing. A. Kortschagin	226
15. Инж. А. Огієвський. Максимум поводи 1931 р. коло м. Києва в історичній перспективі. Hochwasser des Dnjepr bei Kijew im Jahre 1931 in historischer Perspektive. Von. Dipl. Ing. A. Ogijewsky.	246
16. Р. Гортон. Визначення регулятивного ефекту збережного резервуару. Bestimmung der Regulierungs-Wirkung des Wasserpeicherbehälters. Von R. S. Horton.	267
17. Правила и постановления, регулирующие надзор за плотинами в Калифорнии. Die Grundsätzen und Ordnungen betreffs der Aufsicht über Talsperren in Caliefornien.	273



З М І С Т INHALTS VERZEICHNIS

Передмова	3
Vorwort	—
1. Акад. <i>Є. Оппоков</i> . Звіт про роботу Н.-Д. Інституту водного господарства України за 1929—1930 р. Kurzer Bericht über die Arbeit des wissenschaftlichen Forschungs-Instituts der Wasserwirtschaft der Ukraine für d. J. 1929-1930. Von Prof. Dr. und Akad. E. Oppokow.	5
2. Акад. <i>Є. Оппоков</i> . Про роботу Н.-Д. Інституту водного господарства України в галузі гідрогеології та вивчення підземних вод. Über die Arbeit des wissenschaft. Forschungs-Instituts der Wasserwirtschaft der Ukraine im Gebiete der Hydrogeologie und der Grundwasserforschung. Von Prof. Dr. und Akad. E. Oppokow.	18
3. Проф. <i>Я. Ненько</i> . Робота водоймищ	27
3a. Die Leistung der Talsperren-Wasserbehälter. Von Prof. T. J. Nenjko (deutsch)	51
4. Проф. <i>А. В. Огіївський</i> . Главнейшие факторы годового и помесячного стока р. Днепра у г. Києва.	77
4a. Die Hauptfaktoren des Jahres- und Monatsabflusses des Dnjeprstromes bei Kijew. Von Prof. A. Ogijewsky (deutsch).	113
5. Проф. <i>П. Пушечніков</i> . Транспорт на малих річках. Der Transport auf den kleinen Flüssen. Von Prof. P. N. Puschetschpikoff.	147
6. <i>О. Позняков</i> . Зв'язок поміж хеміко-гідрологічними факторами й уловом риби в Очакові року 1921, 1922 і 1923. Zusammenhang zwischen den chemisch-hydrologischen Faktoren und den Fischfang bei Otschakow in d. J. 1921, 1922 und 1923. Von Prof. A. Posnjakoff.	153
7. Die katastrophale Überschwemmung des J. 1931 im Flussgebiete des Dnjepr im Zusammenhange mit der Frage über die Überschwemmungs Voraussagungen. Von Prof. Dr. und Akad. E. Oppokow (deutsch)	162
8. Акад. <i>Є. Оппоков</i> . Меловые задонецкие воды в районе х. Светличного, как источник питьевой воды для Донецкого водопровода. Das Grundwasser in den Kreideschichten jenseits des Donjetzflusses beim Dorf Swetlitschnoje, als Trinkwasserquelle für die Donjetzwasserleitung. Von Prof. Dr. und Akad. E. Oppokow.	172
9. Акад. <i>Є. Оппоков</i> . Питання іригації у проблемі степу. Die Irrigationsfragen im Problem der Südrussischen Steppen. Von Prof. Dr. und Akad. E. Oppokow.	178
10. <i>В. Ткачук</i> . Причини прориву [греблі на р. Ольховій біля с. Єлизаветівки. <i>W. Tkatschuk</i> . Die Ursachen des Dammbrechtes des Wasserbehälters auf dem Fl. Olchowaja in Donbass	181
11. Проф. <i>Я. Ненько</i> . Причини аварии земляной плотины на р. Ольховой <i>J. Nenjko</i> . Die Ursachen des Dammbrechtes auf dem Fl. Olchowaja.	193
Заключення Н.-И. Інститута Водного Хозяйства Украины о причинах прорыва весной 1931 г. земляной плотины на р. Ольховой в Донбассе.	
a) Bericht des Instituts der Wasserwirtschaft der Ukraine über die Ursachen des Dammbrechtes auf dem Fl. Olchowaja	198
b) Über die Massnahmen zur Verhütung gegen die Zerstörung der Erddämme. Висновок про заходи, яких слід уживати при будіванні земляних гребель, щоб запобігти їх пошкодженню, при несвоєчасному закінченні.	
Von Prof. Dr. E. Oppokow	199

12. Инж. М. Кисельов. Модуль збіру у водозборі р. Трубежа на Переяславщині. Die Abflussnormen im Flussgebiete von Troubesh im Kreise Perejasaw. Von Ing. M. Kisseljow.	200
13. Проф. А. Огієвський. Ще про гідрологію р. Вовчої. Nocheinmal über die Hydrologie des Fl. Voltschaja. Von Prof. A. Ogijewsky.	210
14. Асп. Инж. А. Корчагин. О выборе материала для высоких плотин. Über den Material für hohe Talsperren. Von Dipl. Ing. A. Kortschagin	226
15. Проф. А. Огієвський. Максимум поводи 1931 р. коло м. Києва в історичній перспективі. Hochwasser des Dnjepr bei Kijew im Jahre 1931 in historischer Perspektive. Von. Prof. A. Ogijewsky.	246
16. Р. Гортон. Визначення регулятивного ефекту збережного резервуару. Bestimmung der Regulierungs-Wirkung des Wasserpeicherbehälters. Von R. E. Horton	267
17. Правила и постановления, регулирующие надзор за плотинами в Калифорнии. Die Grundsätzen und Ordnungen betreffs der Aufsicht über Talsperren in Californien.	273



ПОМІЧЕНІ ДРУКАРСЬКІ ПОМИЛКИ

Стор.	Рядок	Надруковано	Треба
12	15 знизу	Гідрології	Гідрогеології
13	6 згори	О. Розанова	О. Розанов
14	27 "	С. Улакли	від с. Улакли
23	15 знизу	Wüncelrute	Wüncelrute
29	8 згори	по	що
31	14 "	поміст	площу
31	22 знизу	останніх (уважаючи	останніх), уважаючи
32	9 "	$V_2 -$	$V_2 =$
32	3 "	$-\frac{2-\beta}{2}(1-\beta)^{n-1}q_1 +$	$-\frac{2-\beta}{2}[(1-\beta)^{n-1}q_1 +$
35	18 згори	$Q = \text{const.}$	$= Q = \text{const.}$
36	2 "	q^N	$q \cdot N$
	5 "	qn	$q \cdot n$
	8 "	qn	$q \cdot n$
36	3 знизу	U_{kj}	$U_{n \cdot j}$
38	11 "	$k - j$	$k - j = m$
44	4 "	$\left(1 + \frac{T_1}{T_1} - \frac{t}{T_2}\right)^{n^2}$	$\left(1 + \frac{T_1}{T_2} - \frac{t}{T_2}\right)^{n^2}$
57	15 " формула(6''')	$\dots = \frac{2-\beta}{2} \dots$	$\dots \frac{2-\beta}{2} \dots$
59	2 знизу	$(1-\beta)^{nN} -$	$(1-\beta)^{nN} - i$
71	5 згори	$n \frac{T_1}{T} + 1 + 1$	$n \frac{T_1}{T} + n + 1$
73	формула (80)	$Qdt \text{ qdt} \dots$	$Qdt - qdt$
78	27 згори	Великанова, Соколовського	Великанова - Соколовського
80	18 "	$h = n' \gamma H + \beta s$	$h = h' + \gamma H + \beta s$
83	3 знизу	Q	ΔQ
"	10 "	$\Delta Q \text{ див.}$	ΔQ
85	16 згори	1	-1
"	24 "	-65,8	+65,8
"	знизу	стр. 74	стр. 100
"	3 "	$N_7 - 50$	$N_6 - 50$
"	7 згори	$(N_7 - 50)$	$(N_6 - 50)$
"	13 "	(19)	(16)

Стр.	Рядок	Надруковано:	Т р е б а:
96	9 снизу	стр. 71	стр. 97
97	Шоста графа	$(N_8 + N_9 - 80)$	$(N_8 + N_9 - 80) -$
9	13 згори	стр. 64	стр. 90
"	28 "	(Руссель, Великанов, Соколовский)	(Рессель, Великанов - Соколовский)
102	28 "	32	32 %
107	Шоста графа	(35)	(31)
"	11 графа	(36)	(32)
112	18 згори	варианты	вариации
129	2 снизу	(19)	(16)
133	9 згори	Abb. 5	Abb. 4
134	6 снизу	Abb. 6	Abb. 5
136	28 "	Zeichnung 7	Zeichnungen 6 und 7
141	1 згори	nach n	nach u
142	1 снизу	пропущено: $N_0 = 556$; $A = 137$ мм; $N_0 - A = u = 419$ мм	
145	4 "	Verlustgrößen	Verdunstgrößen
146	4 згори	$V = V \operatorname{tg} h \frac{x}{v}$	$V = v_0 \operatorname{tg} h \frac{x}{v_0}$
162	8 снизу	3,17 cm	3,17 m
163	6 "	kaut	kann
"	5 "	wiche	nicht
164	2 згори	Schneedichtigkeit	Schneedichtigkeit
164	20 "	Daten	Daten
168	21 "	Tschernigow	Tscherkassy
170	19 "	Zyklonen, tätigkeit	Zyklonentätigkeit
175	14 снизу	питание	питания
182	15 "	правому	лівому
184	4 згори	2 %	27 %
186	5 снизу	вибруху	вибуху
188	22 "	2,26	1,26
191	4 "	терассы	трассы
197	10 згори	над	под
"	8 "	возможно й	возможно, но и
205	6 снизу	ст. 142	стор. 256

Стр.	Рядок	Надруковано:	Т р е б а:
207	26 згори	Q см	Q (куб. м/сек.)
210	10 „	т. IV, вип. „Вістей“ П.	т. IV, вип. 2 „Вістей“
217	14 знизу	забезпечености	забезпечености (див. табл. 8)
218	Заголовок таблиці	Таблиця	Таблиця 9
223	13 згори	0,15	1,15
227	8 знизу	109/16	$\frac{9}{16}$
228	8 згори	5 лет	6 лет
230	9 „	1926	1929
„	12 „	САСШ строит . . . 76 сред.	арочная САСШ 1931 . . . 76 макс.
231	4 знизу	од инж.	вывод инж.
235	8—9 згори	251—268 / 1,17 — 1,25	251—268
238	13 знизу	62 / 356 62 / 530 — 1	62 / 356, 63 / 530 — 1
242		Пропущено № 27: <i>Беляев</i> , подбор состава бетона для плотины Днепростроя. Бюллетень Днепростроя № 3/9, 1929; через це всі №№ „Указателя“ після № 26 треба збільшити на одиницю і замість 27 рахувати 28, і т. д.	
248	21 знизу	6,46 м — 0,40 м.	6,46 м + 0,40 м.
251	7 згори	1 9	1879
„	2 знизу	2	29
255	18 „	„24	„46
257	5—6 згори	При-	Прип'яті,
261	17 знизу	стор. 212	стор. 262
263	8 „	Міаті	Міемі
267	1 „	додати: переклав О. Поліщук-Савченко	
233	18 „	насыпные	каменные
„	18 „	его	ее
„	„	он	она
„	„	или сооружени	или о сооружении
„	„	более высшей	высшей
„	„	предлагаемой	предполагаемой
„	„	вопреки тому	несмотря на то
„	до качук прогнати на ховій“	На поперечному перетині ч. 2 напис „приблизно“ біля свердловини 5 не читати	

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
PHYSICS DEPARTMENT
CHICAGO, ILLINOIS 60637
OFFICE OF THE DEAN
PHYSICS DEPARTMENT
5708 S. DICKINSON ST.
CHICAGO, ILL. 60637
TEL: 773-936-3700
FAX: 773-936-3701
WWW: WWW.PHYSICS.UCHICAGO.EDU

1
1
1
2

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
PHYSICS DEPARTMENT
CHICAGO, ILLINOIS 60637