

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Географічний факультет
Кафедра географії України та регіоналістики

**ЗАГАЛЬНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ВОД РІЧОК ПРУТ, СІРЕТ, ЧОРНИЙ
ЧЕРЕМОШ**

Дипломна робота
Рівень вищої освіти – другий(магістерський)

Виконала:
студентка 6 курсу, групи 617
спеціальності: гідрометеорологія
Стефурак Дар'я Володимирівна
Керівник: к. геогр. н., доцент Николаєв А.М.

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № ____

від « ____ » _____ 20__ р.

зав. кафедри _____ Костащук І.І.

Чернівці – 2022

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 92 с., 42 рис., 14 табл., 4 додатки, 31 літературне джерело.

Об'єкт дослідження – річка Прут, Сірет та Чорний Черемош.

Предмет дослідження – сольовий склад вод річок Прут, Сірет, Чорний Черемош.

Мета роботи – вивчення особливості мінералізації вод річок Прут, Сірет, Чорний Черемош.

Методи дослідження: літературний та гідролого-гідрохімічний, елементи регресійно-кореляційного аналізу.

Проведені узагальнення літературних джерел для виявлення особливостей та закономірностей мінералізації річкових вод.

Виконано експедиційні дослідження для виявлення залежності витрат від мінералізації на русла досліджуваних річок.

Зроблено висновок, що міста впливають на мінералізацію води, а саме скиди стічних вод каналізацій і забруднений поверхневий стік міст. Адже на двох із трьох досліджуваних об'єктах мінералізація збільшується у нижніх створах, що підтверджує вплив міст на мінералізацію вод річок. Отже, під впливом природних і антропогенних чинників русла зазнають значних хімічних змін.

Ключові слова: річка, формування, мінералізація, головні іони, вплив, залежність, антропогенний вплив, режим, зміни.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. СКЛАД, ПРОЦЕСИ І УМОВИ ФОРМУВАННЯ СОЛЬОВОГО СКЛАДУ РІЧКОВИХ ВОД	7
1.1. Склад води у струмках і річках.....	7
1.2. Умови формування	9
1.3. Процеси формування.....	13
РОЗДІЛ 2. МІНЕРАЛІЗАЦІЯ РІЧКОВИХ ВОД	19
2.1. Способи визначення мінералізації	19
2.2. Режим мінералізації річкових вод.....	23
2.3. Зв'язок мінералізації з витратами води.....	27
РОЗДІЛ 3. ЗМІНИ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОД ПРУТУ, СІРЕТУ І ЧОРНОГО ЧЕРЕМОШУ	29
3.1. Методика проведення досліджень.....	29
3.2. Залежність мінералізації вод Пруту, Сірету та Чорного Черемошу від витрати.....	30
3.3. Багаторічні коливання мінералізації води.....	35
3.4. Вплив міст на мінералізацію річкових вод.....	41
РОЗДІЛ 4. ЗАЛЕЖНІСТЬ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ ГОЛОВНИХ ІОНІВ	47
4.1. Методика проведення досліджень.....	47
4.2. Річка Прут – м. Коломия.....	48
4.3. Річка Чорний Черемош - смт. Верховина.....	56
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68
ДОДАТКИ	71

ВСТУП

Якість води в струмках і річках - це сукупність її іонного складу, мінералізації, вмісту розчинених органічних речовин, загальної і постійної жорсткості. Склад і характеристики води в струмках і річках певною мірою є вирішальними для її використання як ресурсу для різноманітної господарської діяльності; він також має вирішальне значення для структури та функціонального стану водних екосистем та гідроекологічної безпеки річкових басейнів.

Фізико-хімічні та біологічні характеристики різною мірою відповідають потребам споживачів (питне і промислове водопостачання, зрошення) і потребам водних тварин; з цієї причини якість води вимірюється відповідно до різних потреб. Найбільші вимоги до якості води (смак, запах, колір, прозорість і деякі інші органолептичні показники) пред'являються при використанні її як питної. Для різних видів виробництва потрібна вода типової якості (низька мінералізація, низька жорсткість, певна температура тощо). Поживні речовини і розчинені гази визначають типову різноманітність водного біоценозу.

Якість поверхневих вод є результатом взаємодії абіотичних і біотичних факторів. До перших належать клімат, умови на вододілі для перетворення опадів у потік (геоморфологічні – порізаність рельєфу, нахил улоговини; геологічні – будова гірських порід; ґрунтові – тип ґрунтів; рослинність – тип, вік і густина лісової рослинності, залісненість), морфометричний показник річки (ширина, глибина, вигин) та її гідродинамічні характеристики (швидкість течії річки), температуру води в річках.

Абіотичні чинники прямо та опосередковано впливають на іонний склад, мінералізацію, функціонування водних екосистем тощо. До другої групи факторів відносять різноманіття видів та структуру водних біоценозів, які значною мірою впливають на взаємозв'язки між організмами, їх відносини з навколишнім водним середовищем. Гідробіоти значною мірою контролюють гідробіологічні та гідрохімічні процеси.

Формування природного складу води починається в атмосфері і продовжується в листовому потоці. Хімічний склад опадів, талого снігового покриву та (талих) льодовикових вод змінюється відповідно до будови гірських порід, ґрунту та рослинності. Іонний склад і мінералізація вод відрізняються залежно від частки різних видів водопостачання; вони змінюються в періоди великої та малої води, тобто залежить від режиму річки. Велике значення для формування якості води в струмках і річках мають гідрофізичні, гідробіологічні та гідрохімічні процеси.

Іонний склад і мінералізація вод географічно пов'язані з певною територією, що визначає їх зміни від екватора до полюсів, а також їх специфічні характеристики в певному регіоні.

У басейнах річок і на територіях, які не зазнали антропогенного впливу, зберігається природний гідрохімічний і гідробіологічний склад води. У деяких випадках утилізація води природної якості потребує додаткового очищення (зниження її жорсткості, мінералізації тощо).

Склад і якість води визначають за даними про концентрацію іонів і вивчають за різними показниками. Гідрохімічні карти конкретної території вказують на зміни складу та якості води в часі та по довжині річки.

Показник мінералізації води та вміст головних іонів у річкових водах мають схильність трансформуватися через антропогенний вплив, а також завдяки дії природних факторів. Оскільки кліматичні умови і антропогенні чинники на навколишнє природне середовище змінюються в часі, то важливо прослідкувати і дослідити ці зміни та їх вплив на мінералізацію.

Мета: вивчення особливості мінералізації вод річок Прут, Сірет, Чорний Черемош.

Об'єктом дослідження є річка Прут, річка Чорний Черемош і річка Сірет, **предмет** – сольовий склад вод річок Прут, Сірет, Чорний Черемош.

Досягнення встановленої мети викликало необхідність постановки розв'язання низки науково-практичних завдань:

- ознайомитися з умовами і процесами формування сольового складу річкових вод;
- ознайомитися з умовами формування мінералізації води;
- ознайомитися з методами визначення загальної мінералізації води;
- ознайомитися з дослідженнями залежності мінералізації води від водності;
- ознайомитися з дослідженнями залежності мінералізації води від концентрації головних іонів.

Власне дослідницьке:

- встановити залежність мінералізації води р. Прут і р. Сірет від витрати;
- встановити напрямки і наслідки впливу міст Чернівці і Сторожинець на мінералізацію води річок Прут і Сірет;
- встановити залежність мінералізації води р. Прут - м. Коломия від витрати;
- встановити залежність мінералізації води р. Чорний Черемош - смт. Верховина;
- визначити залежність мінералізації води від концентрацій головних іонів на р. Прут - м. Коломия;
- визначити залежність мінералізації води від концентрації головних іонів на р. Чорний Черемош - смт. Верховина.

При написанні курсової роботи були використані генетичний та басейнові підходи, літературний та гідролого-гідрохімічний методи досліджень, елементи регресійно-кореляційного аналізу.

Інформаційною базою є фондові матеріали кафедри гідрометеорології та водних ресурсів, наукові публікації, літературні джерела.

1. СКЛАД, ПРОЦЕСИ І УМОВИ ФОРМУВАННЯ СОЛЬОВОГО СКЛАДУ РІЧКОВИХ ВОД

1.1. Склад води в струмках і річках

До складу річкової води входять макроелементи, мікроелементи, розчинені гази, органічні речовини, різні за типом, розміром і концентрацією домішки. Природна якість значною мірою визначається іонним складом і мінералізацією. Зазвичай серед аніонів, що містяться в річковій воді, найбільшу концентрацію мають HCO_3^- (+ CO_3^{2-}), SO_4^{2-} , Cl^- , а серед катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ (K^+). Найчастіше співвідношення між ними $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$; Ця концентрація є відносно постійною або характеризується постійною пропорцією до концентрації деяких інших речовин, тому їх називають консервативними [30].

За аніонами річкова вода, як правило, вуглекисла і сульфатована, а за катіонами, як правило, важливий кальцій. Ця характеристика характерна для вод з низькою мінералізацією. Чим вища мінералізація, тим більше іонів сульфату та хлору, тому при збільшенні мінералізації кількість іонів натрію переважає над іонами кальцію. Одним із макрокомпонентів прісної води є кремнієва кислота, і її концентрація часто порівнянна з концентрацією основних іонів. Сумарний вміст іонів кальцію і магнію визначає одну з найважливіших властивостей річкової води - її жорсткість. Співвідношення між основними іонами відображає навколишнє середовище та змінюється відповідно до пори року та вздовж річки. Аніони і катіони, що містяться у воді, визначають її загальну мінералізацію [7].

Річкові води також містять деякі неконсервативні речовини - Fe, Cu, Zn, Pb та ін. Їх концентрація становить близько $1 \cdot 10^{-10}$ моль/дм³ і сильно залежить від температури, біологічної активності та ін. Більшість з них входить до складу диспергованих систем і водних організмів (риби, краби та ін.). Здатність консервативних і неконсервативних речовин брати участь у хімічній взаємодії та їх біологічна активність залежать від швидкості їх

окиснення. Фосфор має велике значення для життя у водних біоценозах, і його концентрація в річках досить низька: близько 60 ppb (ppb = 1 мг/кг); [3] наявність або відсутність фосфору та азоту обмежує розвиток фотосинтезуючих організмів.

Залежно від умов утворення річкової води вона містить різну концентрацію розчинених газів. Розчинність газів залежить від їх хімічних властивостей, температури, тиску та мінералізації. Кисень має велике значення для якості води. Розчинений кисень визначає рухливість хімічних елементів. Вона зумовлює існування водних організмів та екосистем. Кисень потрапляє в річкові потоки з повітрям і під час фотосинтезу. У глибших річках концентрація кисню на глибині залежить від його надходження та споживання під час біологічних окисно-відновних процесів.

CO₂, розчинений у річковій воді, здебільшого доступний у формі гідратованих молекул CO₂. Він надходить у потік води по вугільному колу. HCO₃⁻, CO₂ і CO₃²⁻, що містяться у воді, залежать від лужності (рН). Близько 80% CO₂, що міститься в річкових водах, знаходиться у формі HCO₃⁻. Якщо рН між 4,4 і 8,3, можна знайти HCO₃⁻ і вільний CO₂ [6].

Вода струмків і річок, крім неорганічних компонентів, містить велику кількість розчинених органічних речовин, концентрація яких коливається від 0,5 до 10 мг/дм³. Основними компонентами органічної речовини є вуглець, кисень і водень. Менший вміст в органічних сполуках азоту, фосфору, сірки, хлору і кальцію. Органічні сполуки, розчинені в природній воді, впливають на молекулярно-кінетичні властивості води та іонну гідратацію. Біогенні речовини не дуже важливі для мінералізації, але надзвичайно важливі для життя гідробіонтів. Висока концентрація нітрат-іонів (NO₃⁻), нітрит-іонів (NO₂⁻), іонів амонію (NH₄⁺) та іонів фосфорної кислоти (H₂PO₄⁻). Існують різні види органічних речовин. Деякі речовини важко розщепити біологічно, тоді як інші легко розкладаються біологічно. Серед природних інгредієнтів найважче розщеплюються гумінові речовини, які є продуктами, утвореними мертвими рослинами [8].

Внаслідок так званого окислення води утворюються кілька категорій струмкових і річкових вод:

дуже низький рівень окислення: < 2 мг O_2 /л

низький: 2 - 5 мг O_2 /л

середовище: 5 - 10 мг O_2 /л

підвищений: 10 - 20 мг O_2 /л

високий: 20 - 30 мг O_2 /л

дуже високий: > 30 мг O_2 /л

Важливою складовою річкових і струмкових вод є кількість різноманітних найпростіших і вищих гідробіонтів, які істотно впливають на природну якість води [5].

Склад води в струмках і річках визначає колір, запах, смак і щільність, які є визначальними для їх використання в різних видах господарської діяльності.

1.2. Умови формування

Природна якість води в струмках і річках формується кількома групами факторів, які діють разом і одночасно:

- кліматичні умови в басейнах річок (геоморфологічні, геологічні, ґрунтові, рослинні)
- гідрологічні умови (живлення річкового та водного режиму)
- гідродинамічні умови (швидкість течії річки), які також визначають специфічні гідрофізичні, фізико-хімічні, гідробіологічні та біологічні процеси у водному потоці [9].

Природні фактори, що визначають взаємодію між водою в струмках і річках і навколишнім середовищем, можна визначити як прямі та непрямі. Прямі — це ті, що визначають надходження мінеральних і органічних речовин (ґрунт, склад гірських порід, організми тощо). Непрямі — це ті, що визначають умови взаємодії хімічних речовин з водою (клімат, рельєф, режим течії). Для малих річок найважливішим чинником є розчинення мінеральних і органічних речовин із ґрунту та порід водозбірного басейну.

Природна якість води великих річок залежить також від хімічного складу живлять її джерел.

1.2.1. Кліматичні умови

Серед кліматичних факторів найбільше значення мають опади і тепло. Опади впливають на річковий стік залежно від його складу, кількості, виду, розподілу протягом року, температури повітря (термічного режиму в басейнах річок), температури води в річці.

Вплив кліматичних умов на іонний склад і мінералізацію вод надає їм ареальну специфіку.

Опади. Опади, що випадають безпосередньо в басейни річок, і талий сніговий покрив мають специфічний хімічний склад; вони утворюють листовий потік. У складі опадів у природних умовах переважають іони вуглеводнів і співвідношення між основними іонами наступне: $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{NH}_4 > \text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg}$. Коли опади випадають на деревні рослини, вони змінюють їх хімічний склад і рН, а потім безпосередньо впливають на річкову воду[11].

З іншого боку, велика кількість опадів формує високі води, які зменшують загальну кількість містяться гідрохімічних елементів.

Температура повітря є найважливішим фактором, що впливає на температуру і температурний режим річкових вод. Температура повітря є критичною для процесів випаровування в басейнах річок; це уповільнює або прискорює утворення продуктів вивітрювання у водозбірній площі і, відповідно, потрапляння частини твердих часток у водний потік. Температура річкової води безпосередньо впливає на абіотичні умови у воді (кисень, рН та ін.), різноманітність видів і функціонування водних біоценозів. Температура води струмків і річок є відображенням змін у навколишньому середовищі та змін вздовж річки та відповідно до кліматичних факторів. Температура води у великих річках залежить від температури води, що надходить з її джерел. Температура води дуже коливається: від 0 до 20-40 °С. Зниження температури води взимку в районах

з помірним кліматом супроводжується утворенням льоду, що змінює гідроекологічні умови і, відповідно, якість води.

1.2.2. Стан басейну річки.

Структура гірських порід. Гірські породи є одним із основних факторів, що визначають склад потоків і річкових вод. Речовини, що добуваються з гірських порід, залежать від їх мінеральної структури. Основними структурними мінералами є силікати (близько 95%), а їх структурними одиницями є кремнієво-кисневі сполуки (SiO_4). Більшість з решти 5% також складають кисневмісні мінерали: карбонати (CO_3^{2-}), сульфати (SO_4^{2-}), фосфати (PO_4^{3-}). Аніони, що містять кисень, стабільні і зберігаються навіть після вивітрювання гірських порід.

У складі річкових вод найважливішу роль відіграють осадові породи. Наприклад, вуглецеві породи забезпечують HCO_3^- , іони натрію та магнію. Магматичні породи (граніт, діорит) важкорозчинні, а річкові води, що утворюють їх склад у водозборі з цим типом порід, характеризуються низькою мінералізацією. Важливість метаморфічних порід залежить від їх типу. Структура гірських порід у річкових басейнах безпосередньо впливає на склад і якість води в струмках і річках, а опосередковано – на склад підземних вод.

Підстави. Велике значення для формування хімічного складу і якості води мають ґрунти. Факторами, що впливають на ґрунти, є їх склад, фізична структура та фільтраційна здатність. Тверда частина ґрунтів містить мінеральні та органічні речовини. [30] Рідка складова містить ґрунтовий розчин, а органічна – мікроорганізми (бактерії, гриби та ін.). Серед мінеральних сполук ґрунту азотисті є єдиними, що утворюються в атмосфері. Решта мінеральних сполук входять до складу гірської породи в такому вигляді, що недоступний жодним рослинам. Природний процес вивітрювання гірських порід поступово руйнує ці мінеральні сполуки і біогенні елементи включаються в розчин дренажних і інфільтраційних вод.

Лісова рослинність. Лісова рослинність є одним із найважливіших факторів формування якості природних вод. Ступінь його впливу залежить від його типу (листяні, хвойні), віку, щільності, а також поєднання ґрунту та ухилу.

Геохімічний контроль рослинності починається з моменту випадання опадів на надземні тіла. Це залежить від типу рослинності: якщо рослинність хвойна, кислотність підвищується; якщо рослини облиствені, кислотність знижується. Старі ліси забезпечують більшу якість і кількість річкової води. Лісова рослинність є високоефективним засобом збереження прісних вод від бактеріального зараження.

Рослинність затримує частину опадів, що випали, і інтенсивність їх просочування, посилює випаровування, збільшує інфільтраційну здатність ґрунту і тим самим зменшує поверхневий стік води.

Гідрологічні процеси. Склад і мінералізація вод безпосередньо залежить від процесів формування річкового стоку і режиму стоку.

Джерело постачання. Генезис струмкових і річкових вод є результатом надходження поверхневих (снігових, дощових, льодовикових, озерних) і підземних вод. Співвідношення між джерелами живлення залежить від кліматичних і гідрогеологічних умов і має велике значення для формування природної якості води в струмках і річках. При переважанні поверхневого живлення води струмків і річок характеризуються низькою мінералізацією і низьким вмістом органічних речовин. Кількість речовин, що надходять із дощем та/або снігом, залежить від стану водозбірної площі до утворення поверхневого стоку. У суху погоду прискорюється випаровування з ґрунтів і процес вивітрювання, тому кількість солей на їх поверхні збільшується. Якщо відбувається інтенсивне танення і велика кількість опадів, то поверхневий потік стікає за короткий проміжок часу і кількість хімічних речовин, що надходять у потік води, невелика. Якщо підземне живлення становить понад 50% річного об'єму стоку, річкові води підвищують свою мінералізацію. Підземні карстові води збільшують жорсткість річкових вод.

Співвідношення між джерелами живлення змінюється протягом року, що зумовлює зміни хімічного складу та мінералізації річкових вод.

Режим потоку. У багатьох випадках іонний склад і мінералізація залежать від висоти річкового стоку, і ця залежність тісно відповідає умовам в басейнах річок і типу їх живлення. Якщо паводкова вода утворюється за рахунок опадів і талого снігового покриву, який характеризується низькою мінералізацією, то мінералізація води в струмках і річках також буде дуже низькою. У маловодні періоди, коли річковий стік формується переважно підземними водами, мінералізація підвищується. У багатьох випадках ця обернено пропорційна залежність між кількістю іонів і кількістю води змінюється на пряму або гіперболічну.

1.3. Процеси формування

1.3.1. Гідрофізичні процеси.

Серед гідрофізичних процесів, що впливають на якість води струмків і річок, є перенесення твердих часток, нагрівання та охолодження, випаровування, замерзання (утворення льоду), поглинання, дифузія та дисперсія світла у водних потоках.

Процеси конвекції та дифузії є важливими умовами формування якості води. Він здійснюється шляхом переміщення розчинених природних сполук у вигляді іонів, асоціацій і комплексів тощо. Транспортування речовин описується такою формулою:

$$I = I_c + I_d, \quad (1.1)$$

де:

I_c – транспортування речовин через процеси конвекції

I_d – транспортування речовин за допомогою процесів дифузії

Перенесення плаваючого і донного алювію впливає на каламутність води, перенесення поживних речовин, а отже, і на структуру біоценозів.

Кількість твердих часток і їх концентрація змінюють умови проходження світла через воду і значною мірою визначають умови існування гідробіонтів і, отже, визначають якість води.

Нагрівання і охолодження - процеси, пов'язані зі зміною температури і, відповідно, біохімічні і гідрохімічні процеси. За наявності льодового покриву знижується інтенсивність і активність процесів розкладання складних органічних сполук.

1.3.2. Гідрохімічні процеси.

Вода в струмках і річках є полідисперсною системою, в якій розміри частинок дисперсної фази коливаються від 0,001 мкм до кількох мм. На межі розділу твердих частинок і розчину відбуваються постійні процеси обмінної взаємодії, адсорбції атомів і іонів, ізоморфного обміну різного роду іонів і деякі інші фізико-хімічні процеси, що призводять до видалення з води розчинених речовин. Важливими процесами формування складу води є гідроліз, розчинення речовин, седиментація, сорбція, іонний обмін тощо.

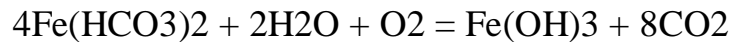
Окисно-відновні процеси. Більшість хімічних процесів у воді базується на взаємодії між окисниками (Ox) і відновниками (Red), або так званих окислювально-відновних взаємодіях, які можна загалом описати наступним рівнянням:



Якщо в розчині є більше ніж один окислювач і один відновник, першими вступають у реакцію найсильніші окислювачі та найсильніші відновники. Окислення відбувається навіть всередині живих організмів завдяки взаємодії ферментів. При цьому відбуваються деякі процеси відновлення речовин, оскільки основним процесом відновлення є фотосинтез[24].

Окисно-відновні процеси залежно від швидкості вмісту кисню протікають по-різному. У водоймах утворюються три зони: анаеробна, прикордонна та аеробна. В аеробних умовах, характерних для річок,

елементи мають високу швидкість окислення (наприклад, кисень знаходиться у формі нітрату NO_3 , а аміак окислюється до нітрату). В анаеробних умовах переважають відновні процеси за рахунок виключення кисню. Процеси окислення утворюють іони водню H^+ , тобто впливають на рН води. Окисно-відновні реакції тісно пов'язані і взаємопов'язані з біохімічними процесами. Типовим прикладом є окислення розплавленого заліза:



і десульфатацію в наступній реакції



Друга хімічна взаємодія, яка призводить до утворення гідрокарбонатно-натрієвих вод, відбувається виключно в присутності мікроорганізмів. Для організмів, які не використовують сонячне світло для фотосинтезу, процеси регенерації є основним джерелом енергії.

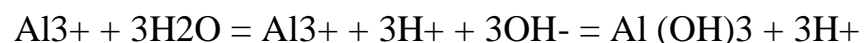
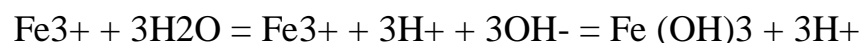
Гідроліз — це процес взаємодії іонів води (H і OH) з іонами розчину або розчинених речовин. Цей процес супроводжується утворенням сполук, які дисоціюють і слабо розчиняються, а також зміною рН.

Якщо вода містить аніони слабких кислот і катіони сильних основ, гідроліз аніонів відбувається з приєднанням протонів.



В результаті рН підвищується.

Гідроліз катіонів здійснюється, якщо вода містить аніони сильних кислот і катіони слабких основ. Fe^{3+} , Al^{3+} :



В результаті рН підвищується.

Крім іонів, в цьому процесі також беруть участь O_2 і CO_2 [30].

Розчинення — це процес хімічної взаємодії води з гірськими породами або ґрунтами, при якому речовини з гірських порід і ґрунтів переходять у воду. Розчинність більшості природних мінералів у воді пов'язана з

аномальними особливостями води, зумовленими полярною природою її молекул. У деяких випадках розчинення є частковим - лише кілька іонів (молекул) переходять із гірських порід і ґрунту в річкові потоки, і це зазвичай найбільш розчинні компоненти[9].

Сорбція — це процес, що відбувається на межі рідкої та твердої фаз і включає адсорбцію (збільшення концентрації деяких інгредієнтів на поверхні твердої фази) і абсорбцію (проникнення інгредієнтів у воду). Велике значення для річкових вод має поглинання кисню з повітря. Розчинність газів зростає з підвищенням температури і зменшується з підвищенням солоності води[9].

Іонний обмін — це процес, у якому тверді частинки можуть видаляти іони з річкової води та повертати ту саму кількість іонів. Катіонний обмін здійснюється частіше, ніж аніонний. Іонний обмін посилюється при збільшенні концентрації іонів у воді[9].

В результаті ядерного розпаду радіоактивні продукти виділяються та/або потрапляють у воду. Актиній (Ac), торій (Th), уран (U) і нептуній (Np) розпадаються.

Гідробіологічні процеси. Важливим фактором якості води є організми, які там живуть. Безпосередньо або через зовнішні метаболіти вони впливають один на одного та навколишнє середовище. Що стосується гідробіонтів, то їх зв'язок з водою сильніший, ніж між наземними екосистемами. Гідробіологічні процеси, що впливають на формування якості поверхневих вод, залежать від якості, типу та структури водних екосистем. Водні екосистеми виконують численні цінні екологічні функції. Вони переробляють поживні речовини, очищають воду, пом'якшують повені, збільшують і підтримують річковий потік, а також забезпечують середовище існування для диких тварин і відпочинок для людей[16].

Типовим прикладом, який ілюструє вплив гідробіонтів на якість води, є їхнє значення для органічних сполук. Зазвичай вважають, що органічні сполуки у воді дисоціюють на мінеральні утворення азоту і фосфору,

вугільної кислоти і води. Це правило справедливо лише для нестійких органічних сполук з такою концентрацією, що вони можуть швидко засвоюватися гетеротрофними організмами. Під час загибелі гідробіонтів утворюються дві фракції органічної речовини: слабоокислена, яка використовується деякими бактеріями та зоопланктоном, та інша, важкоокислювана, яка використовується деякими спеціальними бактеріями. Важливою частиною процесу перетворення органічної речовини є мікробний синтез. Якщо концентрація органічних речовин висока, порушується пропорція між руйнуванням і біомасою організмів, які використовують ці речовини[20]. В результаті фотохімічних і каталітичних взаємодій, що відбуваються під впливом абіотичних факторів зовнішнього середовища, утворюються гумінові і смолисті речовини, бітуміди і т.д.

Розчинені неорганічні сполуки фосфору в дисоційованій іонній формі використовуються бактеріями і рослинами як джерело фосфору. Фосфати можуть фіксуватися в клітинах гідробіонтів у вигляді поліфосфатів. Вони накопичуються в клітинах як джерело енергії. Негативне накопичення поліфосфат-іонів врівноважується іонами кальцію, магнію та калію, які мають велике значення для транспорту фосфатів через клітинну мембрану. Разом з біологічним видаленням фосфору відбувається хімічне осадження сполук фосфору[7]. Якщо присутні залізо або кальцій, ортофосфати випадають в осад у вигляді солей. Сполуки фосфору використовуються водними біоценозами. Найбільш активним є бактеріопланктон, а фітопланктон використовує фосфатазу для поглинання органічно зв'язаного фосфору. Зоопланктон бере участь у кругообігу фосфору в річкових водах.

При взаємодії молекул субстрату з мікроорганізмами відбуваються такі процеси (Hartmann, 1993): транспорт субстрату до бактеріальної клітини в результаті турбулентності або дифузії; сорбція на поверхні бактеріальної клітини; ферментативні взаємодії (процеси, що відбуваються всередині клітини). Останні визначають швидкість біохімічного окислення у всій біологічній системі за принципом мінімуму та лімітуючої фази.

Від біофізичних процесів тісно залежать біохімічні процеси: формування, передача та сприйняття інформації між клітинами, біоенергетика водних екосистем тощо.

2. МІНЕРАЛІЗАЦІЯ РІЧКОВИХ ВОД

2.1. Способи визначення мінералізації

Хімічний склад природних вод, в залежності від їх мінералізації та виду водного об'єкта, виражається різними величинами розмірності, які дещо відрізняються від прийнятих для визначення концентрації розчинів. Так, результати аналізу виражають: а) в грамах розчиненої речовини, що міститься в 1 кг води; б) в проміле – те ж, що і г/кг; в) у міліграмах речовини в 1 л води; г) в міліграм-еквівалентах речовини в 1 л розчину (або 1 кг); д) в відсоток-еквівалентах речовини і у вигляді ряду інших величин. Крім відмінностей в мінералізації води, це різноманітність позначень в значній мірі пояснюється історично сформованими традиціями [15].

В даний час в гідрохімічній практиці дослідження материкових вод прийнято:

- 1) при загальній мінералізації води більше 1 г/кг зміст найголовніших іонів висловлювати в г/кг;
- 2) при загальній мінералізації води менше 1 г/кг - в мг/л, так як 1 л води при даній мінералізації практично дорівнює 1 кг;
- 3) при дуже малій концентрації досліджуваних іонів, незалежно від загальної мінералізації води, зручно висловлювати їх зміст в мікрограмах на 1 л або 1 кг води, тобто 10^{-6} г/л або г/л.

Число наведених знаків в результатах аналізу залежить від точності застосовуваних методів, і для більшості визначень досить привести перші три значущі цифри, наприклад 257, 46,7 або 5,45 [22].

При дослідженні морських вод зміст головних іонів висловлюють в г/кг, позначаючи це символом ‰ (промиле). Вміст біогенних речовин і мікроелементів висловлюють в мг/л³, а розчинені гази в мл/л.

Особливе значення в гідрохімічній практиці має спосіб вираження результатів аналізу в еквівалентній формі, яка не виключає інших форм, а застосовується паралельно з ними. При вираженні результатів хімічного аналізу води в мг-екв все іони є вираженими в тих хімічних рівнозначних

одиницях, яким вони вступають пропорційно між собою в реакцію і пов'язані в солях, будучи в твердому стані. Ця форма полегшує можливість встановлення походження складу води, ймовірного складу солей, які будуть випадати при випаровуванні води, і, нарешті, що особливо істотно, дозволяє судити про правильність зробленого аналізу і дає можливість розрахунку деяких іонів без безпосереднього аналітичного їх визначення [1].

Способи перерахунку з форми, що виражає зміст тих чи інших іонів в г або мг, на утримання їх в *мг-екв*, вже вказувалися вище. При масовому перерахунку в цю форму застосовують спеціальні таблиці або коефіцієнти, які представляють собою частку від ділення одиниці на еквівалентну вагу даного іона. Шляхом множення вмісту даних іонів в *мг\л* на відповідний коефіцієнт отримують вміст іонів в *мг-екв\л* [21].

При вираженні іонів в еквівалентній формі число еквівалентів катіонів в розчині повинне дорівнювати числу еквівалентів аніонів. Якщо цього не спостерігається, то, очевидно, що при аналізі не визначені якісь іони або допущені похибки в кількісному визначенні. При аналізі, що включає найголовніші іони, перша обставина для більшості природних вод мало ймовірна. Набагато частіше невідповідність в еквівалентах пояснюється похибками, що виникають при аналітичному процесі. Навіть при добре проведеному аналізі в окремих визначеннях можливі похибки, які, підсумовуючись в результаті, можуть дати більш-менш значний відсоток розбіжності між сумою аніонів і катіонів. При добре виконаному аналізі ця розбіжність знаходиться в межах до 1 %, проте цілком допустимий аналіз і при розбіжності до 2-3 %, особливо якщо мінералізація води невелика. При перевищенні похибки понад 5 %, або при значній мінералізації понад 3 % аналіз слід вважати недостатньо точним. Відсоток похибки визначається за формулою:

$$X = \frac{a - \kappa}{a + \kappa} 100, \quad (2.1.1)$$

де \sum_a – сума аніонів, а \sum_k – сума катіонів (в *мг-екв*) [1].

При аналізі надзвичайно трудомістким процесом є визначення Na' і K'. Тому в більшості випадків їх зміст обчислюється по різниці між \sum_a і \sum_k і виражається як сума лужних металів. Звичайно, що це визначення є найменш точним, так як на нього падає вся сума похибок, що накопичуються при окремих визначеннях[1].

Очевидно, різниця $\sum_a - \sum_k$, рівна 0,24 *мг-екв*, відповідає змісту Na' + K'. Для обчислення *мг* Na' знайдену кількість *мг-екв* множать на 23. Однак при цьому не враховується наявність у воді K', що має еквівалентну вагу 39,1. Тому правильніше для обчислення Na' + K' помножити знайдений зміст *мг-екв* Na' + K' на емпіричний коефіцієнт, що дорівнює, по П. А. Кашинському, для прісних вод 25, а для мінералізованих 24. Отже, зміст Na' + K' в даному випадку буде $0,24 \cdot 25 = 6,0$ *мг / л*.

Зрозуміло, такий розрахунок дещо неточний і для отримання більш точних даних необхідно знати окремо зміст Na' і K'. Якщо у воді присутні інші іони в кількості не менше 0,01 *мг-екв*, то вони повинні враховуватися в балансі іонів.

При вивченні природних вод дуже важливо буває знати співвідношення між іонами, для чого зручно користуватися відносним вмістом іонів, вираженим у відсотках еквівалентів від загальної суми іонів в даній воді. Перераховуючи вищенаведений приклад по формулі [26]:

$$\% \text{ екв} = \frac{a}{a + k} 100, \quad (2.1.2.)$$

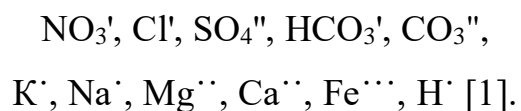
де *a* - вміст кожного з іонів в *мг-екв*, отримаємо аналіз, виражений у % *екв* формі:

Ca ²⁺ – 33,7 % <i>екв</i>	HCO ₃ ⁻ – 45,9 % <i>екв</i>
Mg ²⁺ – 12,4% ,,	SO ₄ ²⁻ – 1,9 % ,,



Еквівалентна форма застосовується і для вираження величин лужності і жорсткості. Крім іонної форми, в даний час застосовується ще атомна форма, за якою зміст інгредієнта виражається у вигляді основного атома, що утворює даний іон. Наприклад, NO_3' , NO_2' і NH_4' виражається через N, з'єднання фосфору через P, кремній - через Si. Ця форма застосовується для малих кількостей іонів і зручна при вивченні взаємного переходу іонів, як, наприклад, при $\text{NH}_4' \rightarrow \text{NO}_2' \rightarrow \text{NO}_3'$.

Одним зі старих способів вираження результатів аналізу, що застосовуються часто і тепер, є вираз у вигляді так званих гіпотетичних солей, тобто передбачуваних в розчині солей. Для цього знайдені аналізом змісту іонів комбінують в молекули солей шляхом зв'язування величин *мг-екв* аніонів з *мг-екв* катіонів в наступній послідовності:



Обґрунтуванням для подібної схеми заміщення є менша розчинність отримуючих "солей" в правій частині в порівнянні з лівою, а також "реакційна" здатність цих речовин, спадна зліва направо (в останньому випадку Mg'' ставиться правіше Ca''). Цей спосіб вираження результатів аналізу був створений за часів, що передували не тільки сучасної теорії сильних електролітів, а й взагалі класичної теорії електролітів. Свого часу подібна схема була відомим прогресом у порівнянні з пануючим свавіллям у виборі способів вираження результатів аналізу, однак при сучасних поглядах на природу розчинів застосування гіпотетичних солей, у всякому разі для мало- і помірно мінералізованих вод, є неправильним по ряду причин.

Молекули солей насправді не існують в розчині. Сіль і в твердому стані складається з іонів, а при розчиненні, як зазначалося вище, іони стають рухливими і як би автономно існують в розчині. Лише в

високомінералізованих водах, очевидно, частина іонів зв'язана в молекули або комплекси [5].

Однак, якщо навіть допустити, що іони частково знаходяться в розчині у вигляді молекул, можна з упевненістю сказати, що іони не будуть зв'язуватися тільки з певними видами іонів, а один і той же вид катіонів, наприклад іони Na^+ , одночасно будуть зв'язуватися з усіма іншими іонами (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) в певних, встановлених рівновагою відносинах [27]. Насправді заряд іонів врівноважується не одним або декількома іонами, а загальним силовим полем, створюваним спільною присутністю всіх іонів зворотного знаку.

Найбільш правильним зображенням аналізу води є така форма, яка найбільш реально відображає дійсний стан компонентів в розчині. Такою формою є іонна, відповідна як сучасним теоретичним уявленням про розчини, так і узгоджуюча з реальною можливістю аналітично визначати в розчині саме іони, а не солі. Спосіб ж визначати в розчині вміст молекул солей, як відомо, не існує [8].

2.2. Режим мінералізації річкових вод

У річкових водах, крім твердих частинок, міститься невелика кількість розчинених речовин, які потрапляють в річки з поверхневим і підземним стоком при розчиненні гірських порід, змиві ґрунтів і скиданні в річки різних відходів. В цілому мінералізація річкових вод невелика, зазвичай мала - менше 200 мг / л; середня - 200-500 мг / л, так як поверхневі води стікають з добре промитих ґрунтів межиріччя і в річках відбувається швидка зміна води, за розрахунками, в середньому 24 рази на рік [14]. Також за величиною мінералізації води, тобто за загальним змістом іонів, річки можна поділити на наступні ступені: третя – з водою підвищеної мінералізації (500-1000 мг / л), четверта – з водою високої мінералізації (понад 1000 мг / л) [17].

У межах першого ступеня можна ще розрізняти річки з водою дуже малої мінералізації (до 100 мг / л).

Більшість річок земної кулі мають малу і середню величину мінералізації води, і лише рідко річки мають водою високої мінералізації.

Проведені аналізи води, різних річок, однак, не дають досить повної характеристики іонного складу води. Вони відображають його тільки в момент взяття проби. Тим часом хімічний склад води річок в порівнянні з усіма іншими водними об'єктами (підземними водами, озерами і морями) є надзвичайно мінливим у часі. Його легка мінливість протягом року залежить від зміни типів живлення річки, а це, при порівняно малій масі води в річці, створює значні зміни в її хімічному складі [1].

Розрізняють два основних типи живлення річки: поверхнєве і ґрунтове, які істотно відрізняються між собою за складом вхідної в річку води. Відносно особливостей формування хімічного складу річкової води і його режиму слід поверхнєве живлення поділити, залежно від джерел живлення, на: 1) снігове, 2) дощове, 3) гірничо-снігове і льодовикове [31].

Снігове живлення зазвичай характерне тим, що створює малу мінералізацію води з переважанням в воді іонів HCO_3^- і Ca^{2+} . Це пояснюється перш за все тим, що ґрунт під сніговим покривом зазвичай буває промерзлий і, отже, талі води не можуть збагачуватися солями, вимиваючи тільки ті, які можна вилуговувати з ґрунтів, тобто з самої поверхні землі. Далі сніговий покрив, акумулюючи опади протягом зими, створює при таненні різке падіння мінералізації річкової води. Тому мінералізація води під час повені залежить від того, наскільки дружно буде танути сніговий покрив, від його потужності і від характеру погоди перед випаданням снігу. Остання обставина визначає ступінь промитих ґрунтів, і якщо осінь була сухою, то в результаті випаровування і процесів вивітрювання у поверхні можуть накопичуватися солі, і навпаки, при дощовій осені, звичайно, ґрунти будуть ними бідні [15].

Дощове живлення, в тому випадку якщо воно досить інтенсивне для того, щоб створити поверхнєвий стік, теж «обумовлює малу мінералізацію води, але зазвичай більш високу, ніж при сніговому живленні. При цьому

виді поверхневого живлення, так само як і при сніговому, велике значення має характер погоди, яка відбулася перед випаданням дощу, тобто була погода досить сухою протягом тривалого часу, в період якого могли накопичитися солі на поверхні ґрунту внаслідок випаровування, або, навпаки: дощі добре промили поверхню ґрунтів. Гірничо-снігове і льодовикове живлення також визначає малу мінералізацію води. Воно характерне для високогірних областей, яким властива висока зволоженість, в результаті чого ґрунти виявляються добре промитими, тобто збідненими легкорозчинними солями» [13]. «Річки, які мають льодовикове живлення, відрізняються більшою частиною значною кількістю зважених речовин, що додають воді велику каламутність. Цей вид живлення характерний, наприклад, для високогірних областей Кавказу, Алтаю, Середньої Азії» [13].

Велике значення має ґрунтовий покрив, на який випадають рідкі опади. Випадання їх на Півночі, багатим болотисто-торф'яним ґрунтам, надає характерні риси та хімічний склад стоку з подібних ґрунтів: вкрай малий вміст іонів і дуже велика кількість органічних речовин.

Малу мінералізацію надають воді і підзолисті ґрунти. Сильніше мінералізують воду чорноземи, а особливо сіроземи і каштанові ґрунти районів з недостатнім зволоженням. Але для районів з мізерним зволоженням поверхневий стік від дощів - рідкісне явище [11].

Особливий характер набуває поверхневий стік, якщо місцевість є заболоченою. Води, що стікають з боліт, дуже мало мінералізовані і містять велику кількість органічних речовин гумусового походження, внаслідок чого вода забарвлена в жовтий, а інший раз і в коричневий колір. У складі води часто відсутні або містяться в невеликій кількості гідрокарбонатні іони і нерідко присутня значна кількість заліза. На противагу поверхневому стоку підземні води, що живлять річки, більш мінералізовані. Менш мінералізовані ґрунтові води, значна частина яких для річки визначається запасами, що скупчуються в алювіальних відкладеннях річкової долини в період високих рівнів в річці і живлять потім річку при зниженні рівня. Мінералізація цих

вод в значній мірі залежить від умов водного режиму річки (частота і тривалість паводків) і складу порід, що складають долину. Зазвичай алювіальні води мають більшу мінералізацію, ніж поверхневий стік, але в посушливих областях нерідко спостерігається зворотне явище, так як поверхневий стік вимиває з ґрунтів досить багато солей, в той час як алювіальні породи систематично промиваються річковими водами [2].

«Найбільш мінералізованими є води глибокого підземного живлення. Їх хімічний склад зазвичай пов'язаний з вилуговуванням мало промитих порід, нерідко лежать нижче базису ерозії. Річки харчуються ними при відповідних гідрогеологічних умовах (наявність гідростатичного підпору, похиле розташування до руслу річки водоносних шарів) в період низьких рівнів в річці» [18].

У живленні річки не завжди беруть участь всі перераховані види живлення, зазвичай тільки частина з них. Частка того або іншого виду водного живлення для річки неоднакова протягом року, і ця обставина визначає сезонний характер хімічного складу річкової води і його безперервну зміну в часі.

При збільшенні поверхневого живлення мінералізація річкової води буде зменшуватися, і навпаки, при його зменшенні і збільшенні ґрунтового живлення мінералізація води буде зростати. Тому під час паводків, що походять від випадання дощу або танення снігу, мінералізація води виявляється мінімальною, а в міжпаводкові періоди (зимова, літня межень) досягає максимальних величин. Найсильніше падіння мінералізації води зазвичай буває при таненні снігу навесні, під час утворення в порівняно короткий час великої кількості талих вод за рахунок накопичених протягом тривалого зимового періоду опадів. Значне падіння мінералізації відбувається і при сильних дощах, а також при інтенсивному таненні льодовиків [7].

Різноманіття кліматичних умов, що визначають різну кількість опадів, що випадають, їх характер, умови їх накопичення, а також сукупність інших

фізико-географічних умов створюють відмінність у водному, а отже, і гідрохімічному режимі річок. Тому у річок, що знаходяться в різних фізико-географічних умовах, гідрохімічний режим неоднаковий [19].

Витратою розчинених речовин називається кількість розчинених речовин, проноситься через живий переріз річки за 1 секунду. Стік розчинених речовин - кількість розчинених речовин, проноситься через живий переріз річки за тривалий проміжок часу (сезон, рік) [14].

2.3. Зв'язок мінералізації з витратами води

Відомо, що між витратою води Q і мінералізацією води C в багатьох випадках існує досить тісна кореляційна залежність $C=f(Q)$. В ідеальному випадку цей зв'язок відображає процес розбавлення і виражається гіперболічною кривою. Відхилення від цього типу зв'язку викликані особливостями формування хімічного складу води річок, що знаходяться в різних фізико-географічних умовах і визначаються головним чином хімічним складом і фізичними властивостями ґрунтів та період річкового водозбору. Ці умови різноманітні, тому зв'язки хімічного складу води річок з їх витратою, маючи в цілому один і той самий характер, отримують в конкретному випадку різні модифікації як по виду аналітичного виразу, так і по величині коефіцієнтів рівняння.

Знайдений аналітичний вираз для залежності $C=f(Q)$ може бути покладено в основу розрахунку хімічного складу води по відомій витраті статистичного контролю гідрохімічних даних, що стало актуальним у зв'язку з автоматизацією збору, контролю збереження, пошуку і обробки гідрохімічної інформації [29].

Ряд авторів, що розглядали залежність між хімічним складом води і витратою річок, дали її аналітичний вираз. Так, Б.Н. Форш представив цю залежність степеневою функцією виду $C=aQ^b$. Такий тип зв'язку використовують А. М. Алмазов для річок Дунаю і Дніпра, Г. Бевза для річок Дніпра і О. А. Алекін [25].

В цілях встановлення витрати річки по відомому вмісту окремих іонів А. К. Блінов на прикладі р. Волги (на ділянці Саратов-Волгоград) визначає вказану залежність у вигляді:

$$Q^{-1/n} = K(C) \quad (2.3.1)$$

Н. Я. Авдєєв і В. І. Рогожкін показують, що зв'язок мінералізації води з витратою р. Дону добре апроксимується рівнянням:

$$M = \Sigma M_{\min} + (\Sigma M_{\max} - \Sigma M_{\min}) e^{-L(Q-Q_0)^p}, \quad (2.3.2)$$

де ΣM – мінералізація води, що визначається *мг/л*; Q – витрата води *м³/сек*; ΣM_{\min} – мінералізація при максимальній витраті води; L і p – параметри рівняння. [25].

Автори пропонують використовувати це рівняння для розрахунку мінералізації води інших річок [25].

3. ЗМІНИ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОД ПРУТУ І СІРЕТУ

3.1. Методика проведення досліджень

Для отримання характеристики змін мінералізації, та її залежності від витрати річок Прут та Сірет, було проведено дослідження кількома методами. Сформовано масив даних, де створено ряди мінералізації (суми головних іонів) і витрати води по контрольних створах за період 2008 - 2018 років *див. Додаток А,Б*. Для двох річок за період 11 років спостерігається 264 випадки. Шляхом осереднення встановлено залежність витрат і мінералізації, для чого представлено відповідні рівняння регресії та коефіцієнти кореляції. Наглядним прикладом для цього слугують графіки залежності, які будуть представлені далі. Окремо проведені розрахунки по виявленню взаємозв'язку між мінералізацією та витратою води. Дослідження показали пряму залежність між цими гідролого-гідрохімічними характеристиками. Точки на графіках зображено різними кольорами: зелений – для верхніх створів, червоний – для нижніх, що в подальшому допоможе легше орієнтуватися.

3.2. Залежність мінералізації вод Пруту і Сірету від витрати

На *рис. 3.1* показана залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати на річці Прут – м. Чернівці на контрольному створі 3,5 км вище, протягом 11 років (2008 – 2018).

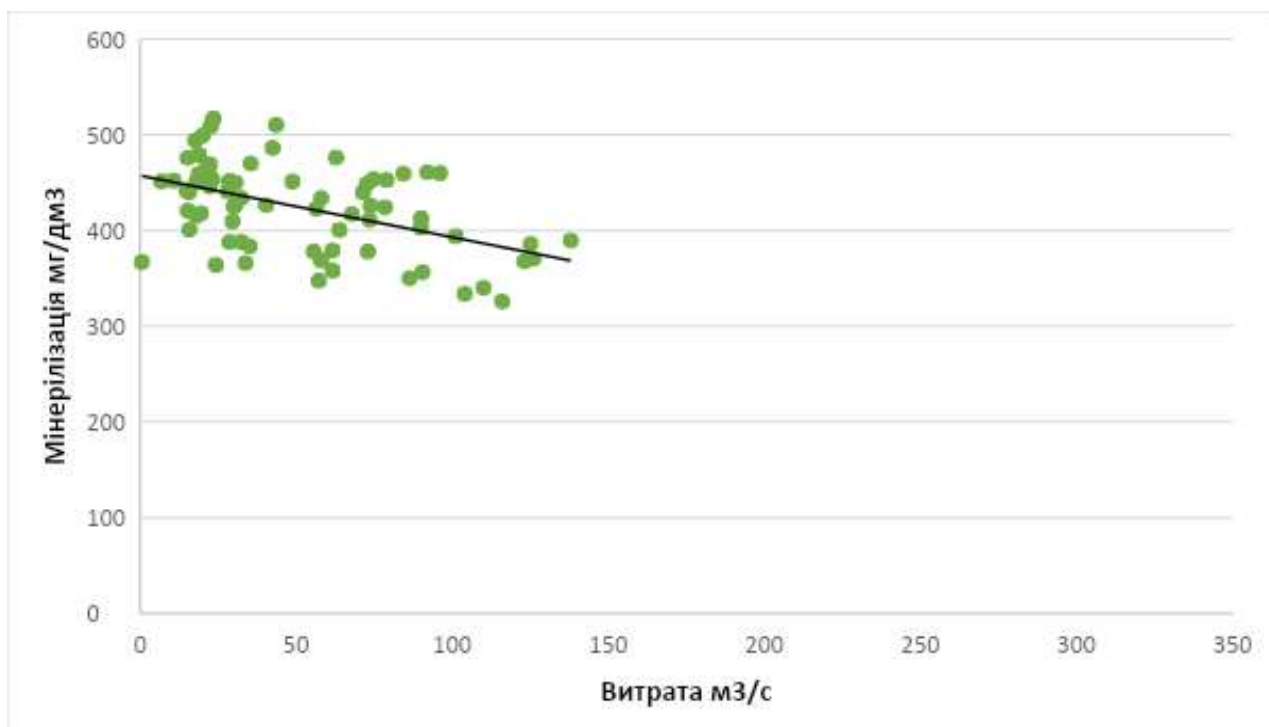


Рис.3.1. Залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Прут – м. Чернівці, 3,5 км вище, 2008 -2018 рр.

Аналізуючи *рис.3.1*, можна зробити висновок, що залежність на графіку є зворотною. Мінералізація зі збільшенням витрати йде на спад, тобто зменшується, мінімальному значенню витрати відповідає максимальне значення мінералізації. Найрізкіше зменшення спостерігається в діапазоні від 0 м³/с до 20 м³/с. В ході побудови графіка було зроблено спробу апроксимації залежності різними рівняннями. Найкраще себе зарекомендувала криволінійна степенева залежність. Також цей зв'язок підтверджує рівняння регресії та вирахований коефіцієнт кореляції $r = 0,32$. Отже, на даному створі мінералізація визначається витрати води.

На *рис. 3.2* показана залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати на річці Прут – м. Чернівці на контрольному створі 3 км нижче, протягом 11 років (2008 – 2018).

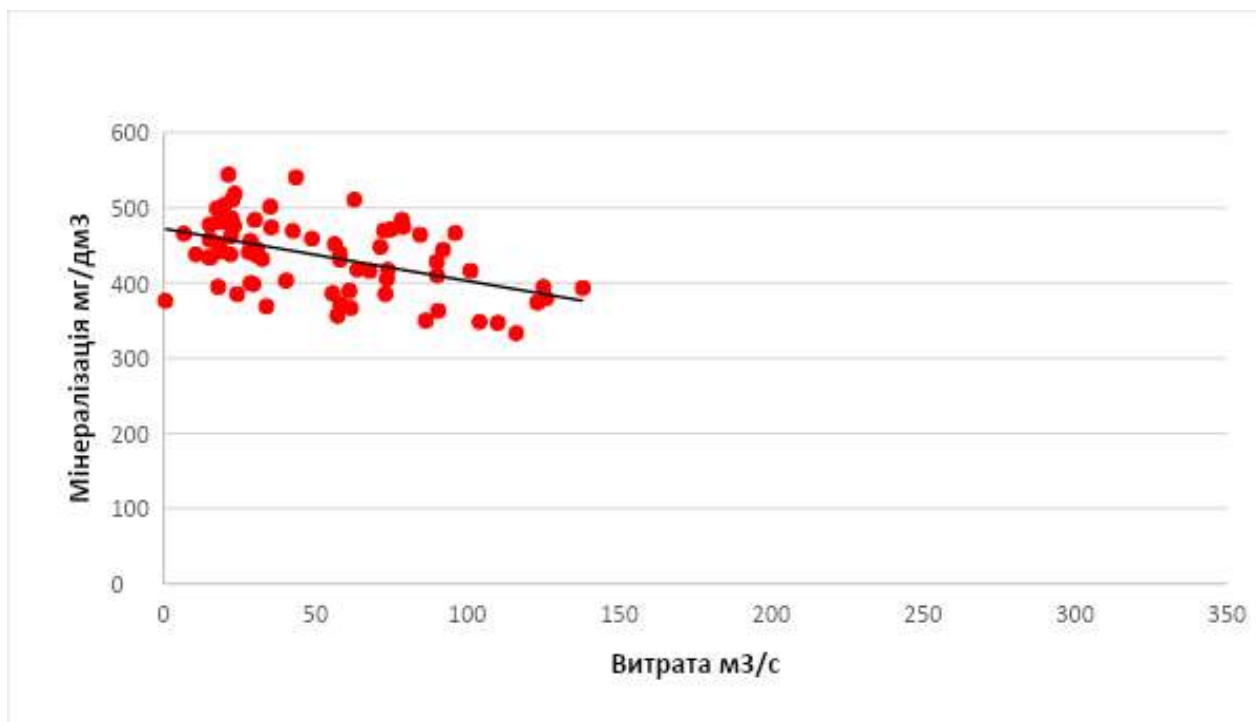


Рис.3.2. Залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Прут – м. Чернівці, 3 км нижче, 2008 -2018 рр.

На графіку на *рис.3.2* спостерігається майже аналогічна картина, що й на *рис.3.1*. Мінералізація при зростанні витрати також зменшується, залежність зворотна. Рівняння регресії та коефіцієнт кореляції мінімально різняться із попередніми – $r = 0,31$. Отож, мінералізація також має значну залежність від витрати води.

На *рис.3.3* показана залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати на річці Сірет – м. Сторожинець, створ 0,5 км вище, протягом 2008 - 2018 років.

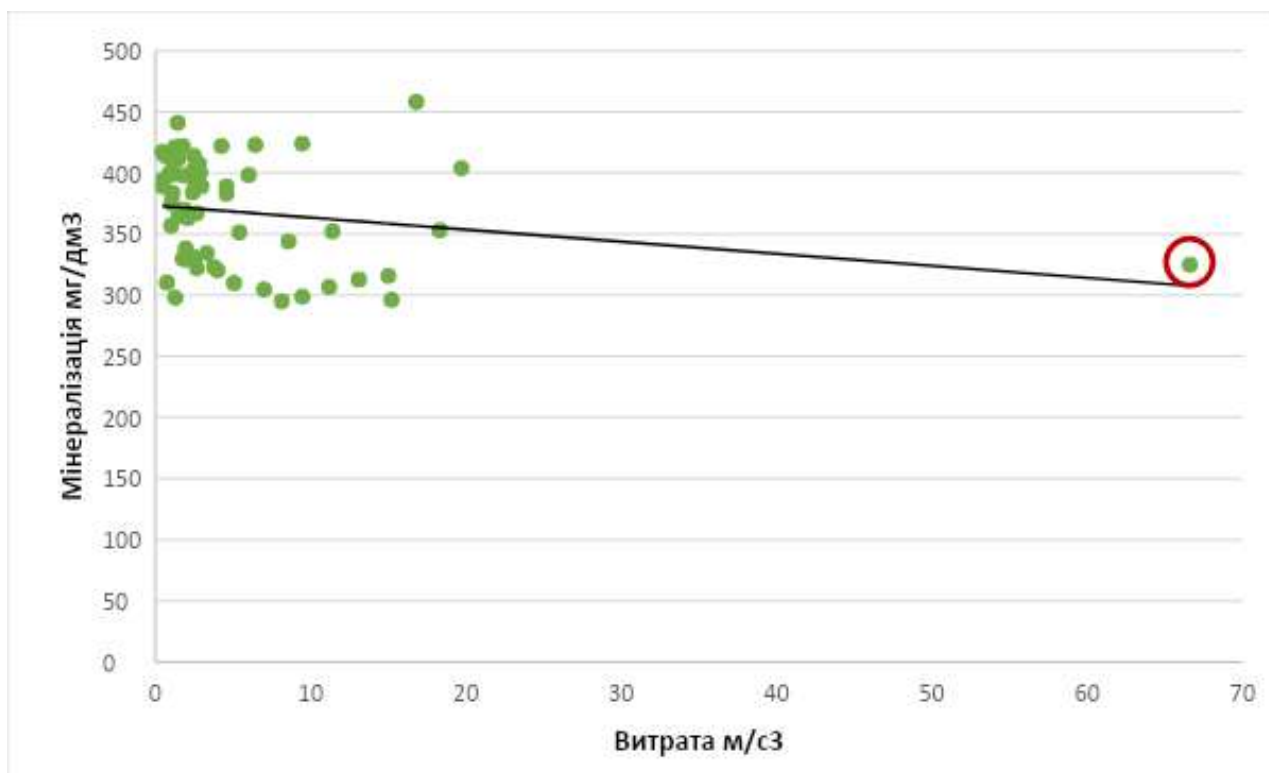


Рис.3.3. Залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Сірет – м. Сторожинець, 0,5 км вище, 2008 -2018 рр.

Як ми можемо бачити на графіку, значення мінералізації знову має значну залежність від витрати води. Проте, тут зображено точку, яка відповідає великій витраті 15.03.2018р. під час весняного водопілля. У зв'язку з цим, відповідно, спостерігається тенденція до збільшення мінералізації (у порівнянні з таким випадком, якби такої витрати не було, як у попередніх створах). Коефіцієнт кореляції $r = 0,32$.

На *рис.3.4* показана залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати на річці Сірет – м. Сторожинець, створ 0,5 км вище, протягом 2008 - 2018 років без точки, яка відповідає великій витраті.

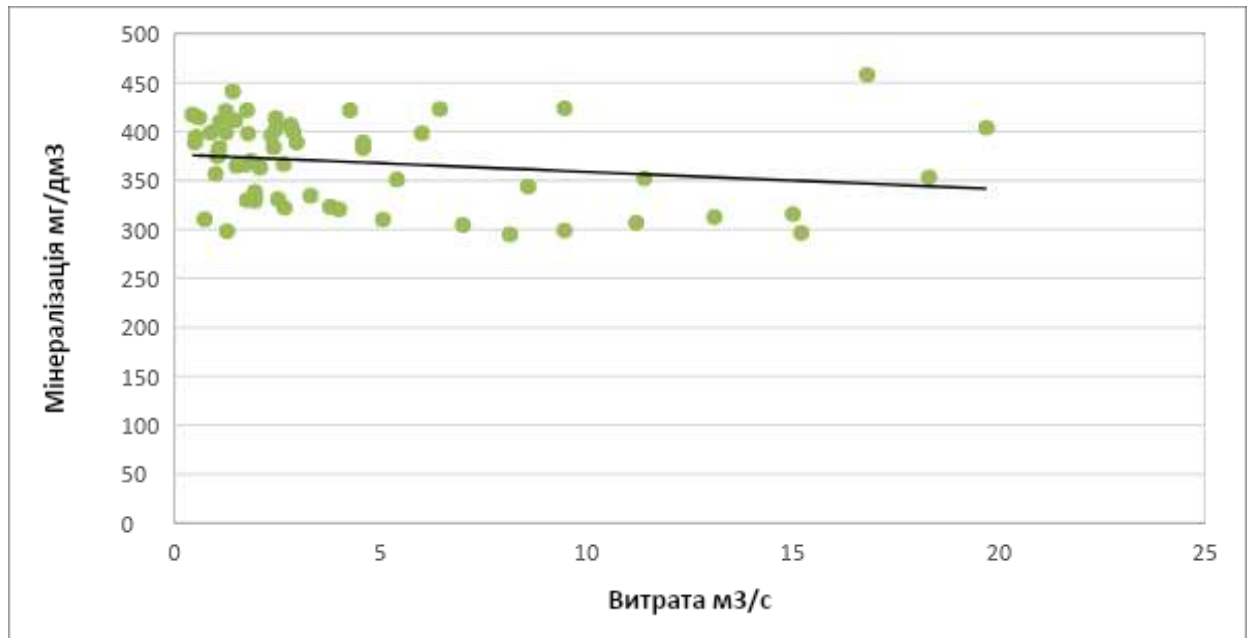


Рис.3.4. Залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Сірет – м. Сторожинець, 0,5 км вище, 2008 -2018 рр.

На *рис.3.5* показана залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати на річці Сірет – м. Сторожинець, на створі 0,5 км нижче, протягом 2008 -2018 років.

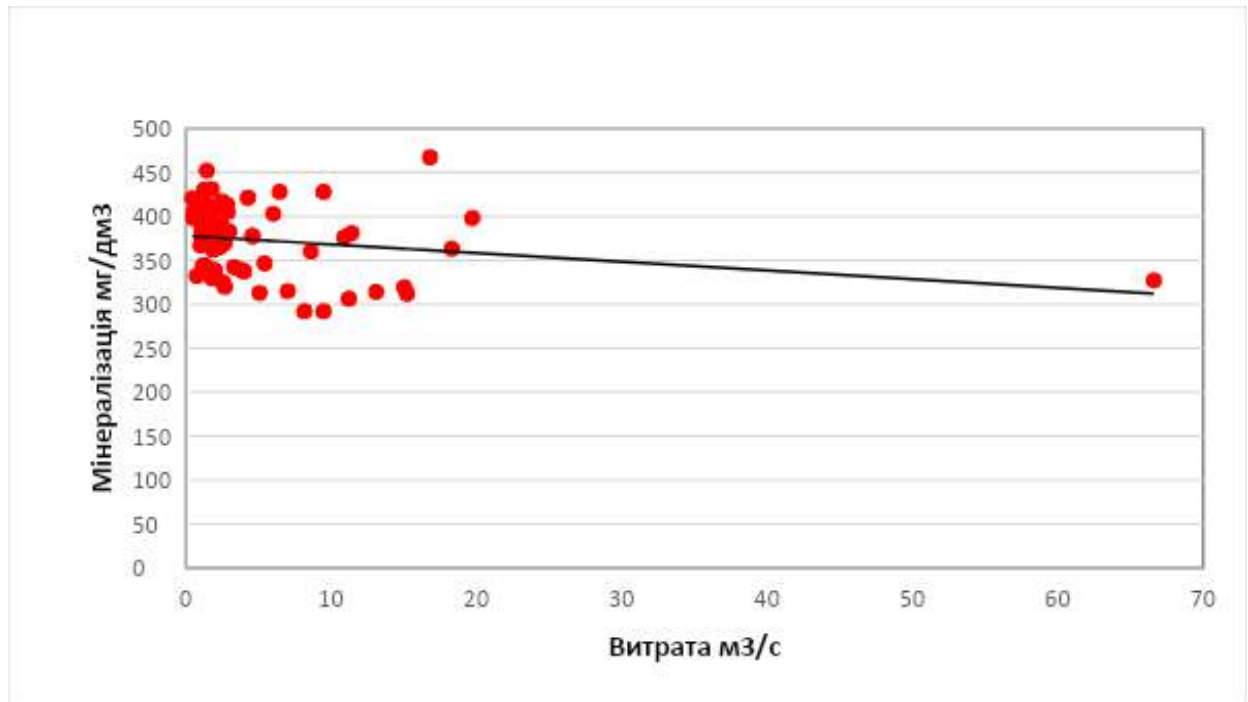


Рис.3.5. Залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Сірет – м. Сторожинець, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

Ситуація знову ж таки майже аналогічна з попереднім створом. На графіку відображено точку, яка залежить від великої витрати під час водопілля. Ця точка відповідає ситуації, коли відбувається змив розчинених солей з поверхні водозбору. Аналогічні випадки описані в працях Д.В. Закревського і Ф.І. Сніжка. $r = 0,33$. І також представлено наступний графік без урахування цієї точки:

На *рис.3.6* показана залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати на річці Сірет – м. Сторожинець, створ 0,5 км нижче, протягом 2008 - 2018 років без врахування точки, яка відповідає великій витраті.

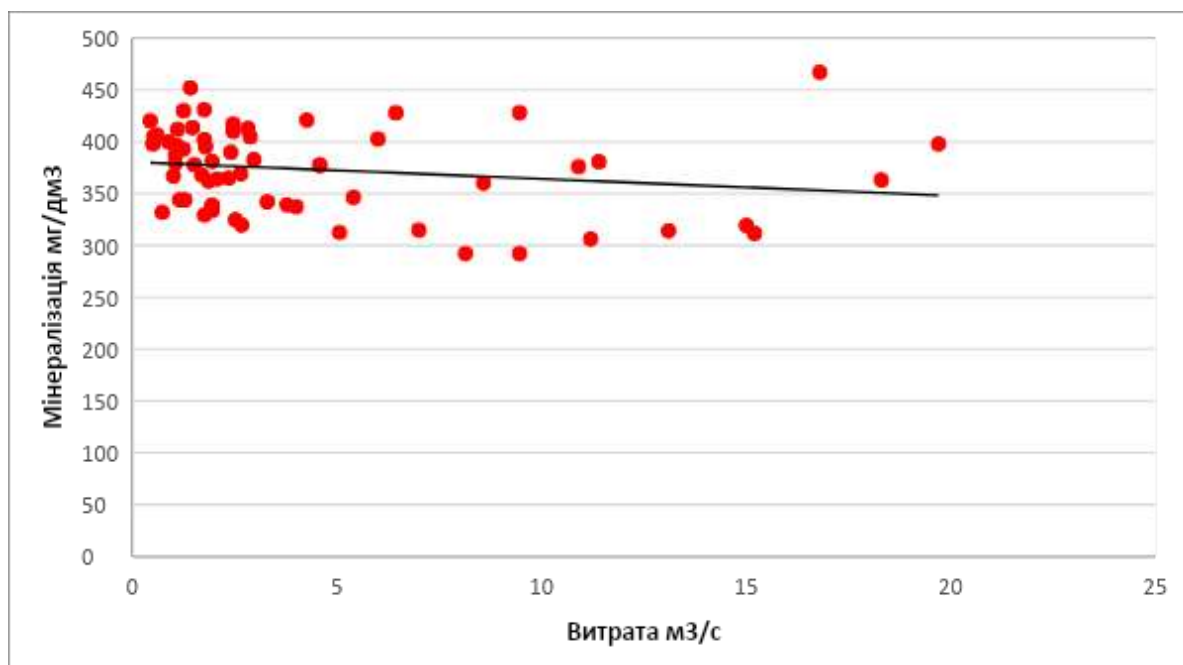


Рис. 3.6. Залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Сірет – м. Сторожинець, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

3.3. Багаторічні коливання мінералізації води

Для двох створів р. Прут – м. Чернівці (3,5 км вище, 3 км нижче) та р. Сірет – м. Сторожинець (0,5 км вище, 0,5 км нижче) протягом багаторіччя спостерігалось зростання та спадання середньорічної мінералізації води. Всі дані наведені в *Табл.3.1*, за допомогою яких побудовано графіки багаторічного ходу мінералізації води (суми іонів) для всіх створів. Для зручності графіки для верхніх створів позначено зеленим кольором, для нижніх – червоним.

Таблиця 3.1.

Середньорічна мінералізація (сума іонів) за 2008 -2018 рр.

№	рік	р. Прут 3,5 км вище	р. Прут 3 км нижче	р. Сірет 0,5 км вище	р. Сірет 0,5 км нижче
1	2008	414	416	337	359
2	2009	428	448	334	338
3	2010	408	424	378	381
4	2011	415	424	334	337
5	2012	408	424	345	350
6	2013	441	454	396	391
7	2014	427	448	371	375
8	2015	448	464	411	419
9	2016	457	455	412	413
10	2017	420	424	381	389
11	2018	394	402	336	335

На *рис. 3.7* показано багаторічний хід мінералізації води (суми іонів) річки Прут – м. Чернівці, на створі 3,5 км вище, протягом 2008 -2018 рр., дані взято із *Таблиці 3.1*.



Рис.3.7. Багаторічний хід мінералізації води (суми іонів) р. Прут – м. Чернівці, 3,5 км вище, 2008 -2018 рр.

Аналізуючи графік, можна сказати, що мінімальна середня річна мінералізація для Прута на верхньому створі становить $394,5 \text{ мг/дм}^3$ (2018р), а максимальна – $455,4 \text{ мг/дм}^3$ (2016р). Якщо для початку періоду спостереження характерними показниками мінералізації води були коливання в діапазоні $405\text{-}450 \text{ мг/дм}^3$, то починаючи з 2016 року вміст головних іонів починає стрімко спадати, сягаючи свого мінімуму в 2018 році - $\pm 460\text{-}390 \text{ мг/дм}^3$. Це і дозволяє визначити, що найбільший спад мінералізації відбувся у 2016 – 2018 роках.

На *рис. 3.8* показано багаторічний хід мінералізації води (суми іонів) річки Прут – м. Чернівці, на створі 3,5 км вище, протягом 2008 -2018 рр.

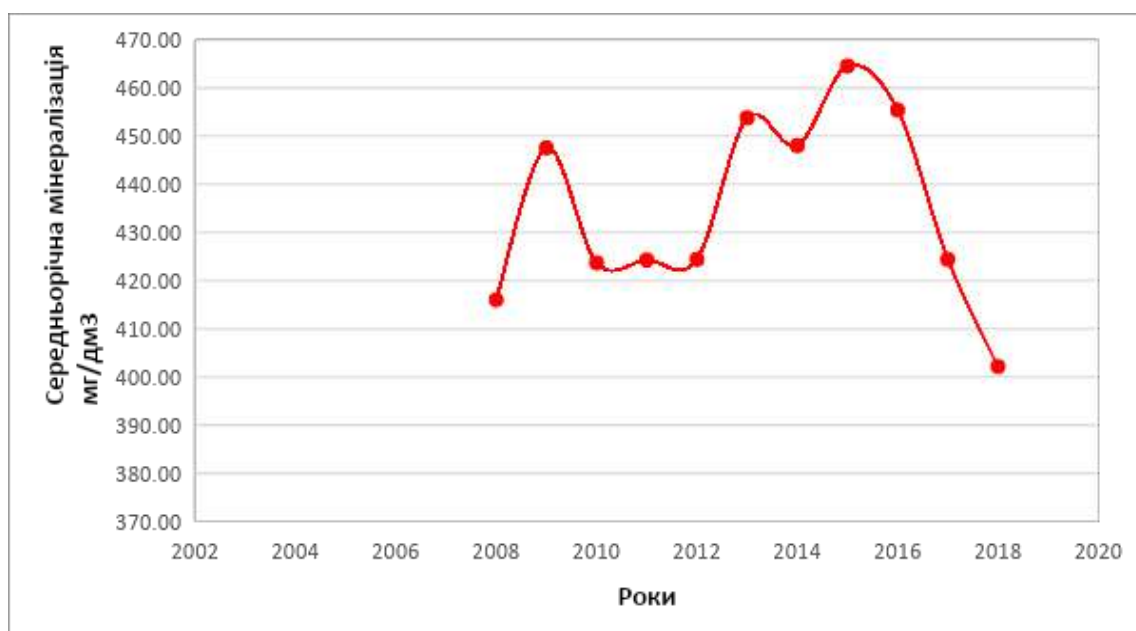


Рис.3.8. Багаторічний хід мінералізації води (суми іонів) р. Прут – м. Чернівці, 3 км вище, 2008 -2018 рр.

На графіку можемо побачити, що абсолютні значення мінералізації води річки Прут у нижньому створі знову знаходяться в кінці періоду спостережень. Вони коливалися в межах $465\text{-}400 \text{ мг/дм}^3$. Найбільш відчутне значення мінералізації зафіксоване у 2015 році, коли абсолютна величина цього показника сягнула $464,5 \text{ мг/дм}^3$. Для періоду спостереження характерний рівень мінералізації із мінімумом у 2018 році – $402,1 \text{ мг/дм}^3$.

На *рис. 3.9* показано суміщений графік багаторічного ходу мінералізації води (суми іонів) р. Прут – м. Чернівці двох створів – 3,5 км вище та 3 км нижче протягом 2008-2018рр.

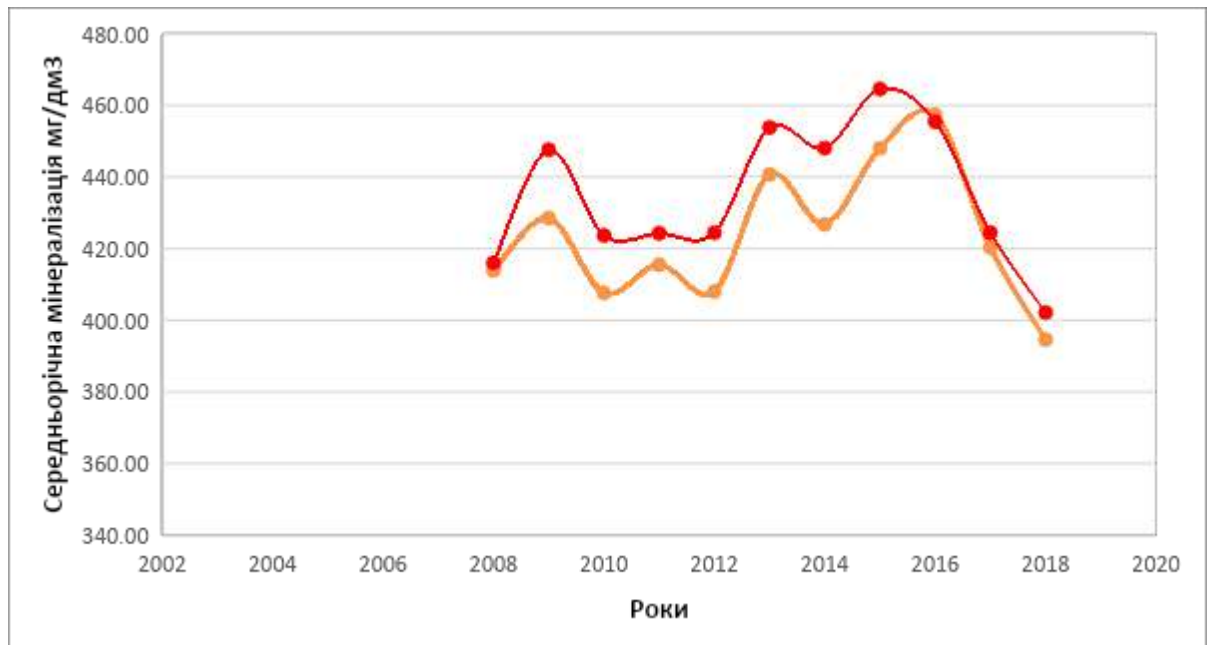


Рис.3.9. Суміщений графік багаторічного ходу мінералізації води (суми іонів) р. Прут – м. Чернівці двох створів – 3,5 км вище та 3 км нижче, 2008-2018рр.

Для проведення порівняння середньорічної мінералізації на двох створах р. Прут –м. Чернівці було побудовано суміщений графік, який зображено на *рис.3.9*. Як вже наведено раніше, зелений колір відповідає верхньому створу, червоний – нижньому. Дуже чітко відображається різниця значень мінералізації за весь період. Впевнено можна сказати, що мінералізація на верхньому створі менша, ніж на нижньому, хоча і графіки мають схожість між собою. З цього випливає, що на середньорічну мінералізацію р. Прут впливає скоріш за все інфраструктура міста Чернівці.

На *рис.3.10* показано багаторічний хід мінералізації води (суми іонів) річки Сірет – м. Сторожинець, 0,5 км вище протягом 11 років (2008 -2018).

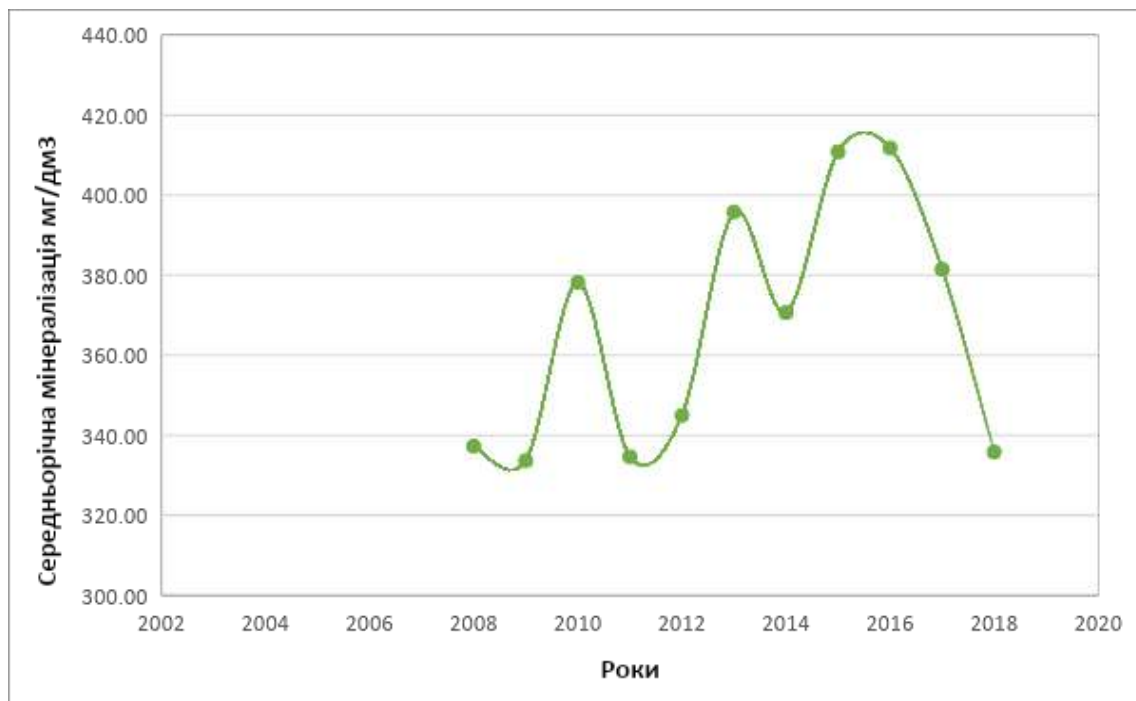


Рис.3.10. Багаторічний хід мінералізації води (суми іонів) р. Сірет – м. Сторожинець, 0,5 км вище, 2008 -2018 рр.

Подібні дослідження були виконані і для річки Сірет – м. Сторожинець. На графіку для створу 0,5 км вище спостерігаємо значні коливання мінералізації між роками. Тобто, майже кожного року мінералізація то стрімко зростає, то стрімко спадає. Піку максимального значення відповідає 2015 рік – 410,8 $мг/дм^3$, а мінімального – 2014 р., 322 $мг/дм^3$.

На *рис.3.11* показано багаторічний хід мінералізації води (суми іонів) р. Сірет – м. Сторожинець, на створі 0,5 км вище за 2008 - 2018 рр.

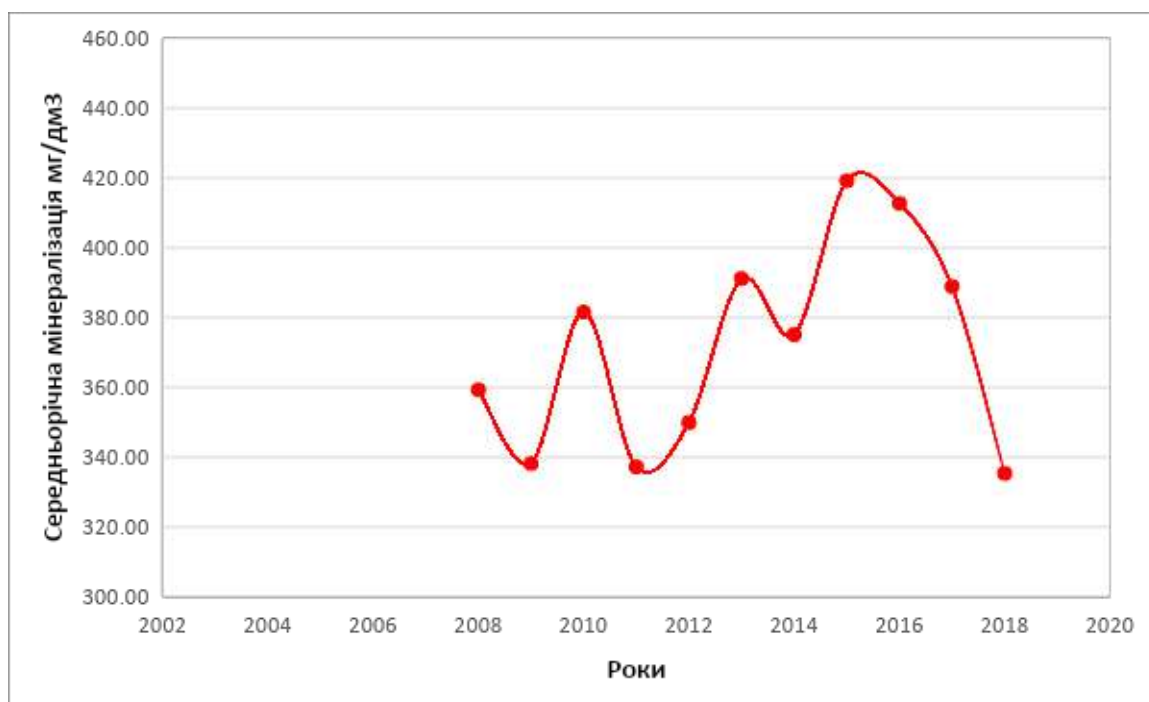


Рис.3.11. Багаторічний хід мінералізації води (суми іонів) р. Сірет – м. Сторожинець, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

Відштовхуючись від *рис.3.11* можна сказати, що найбільший середньорічний спад мінералізації на р.Сірет на створі 0,5 км нижче відбувався схожим чином, як на нижньому створі р. Прут – м. Чернівці (*Рис.3.8*), тобто – на кінці періоду спостережень (2015-2018рр.). За чотири роки значення мінералізації від максимального значення спало до мінімального, де максимальне дорівнює $419,2 \text{ мг/дм}^3$, мінімальне – $335,3 \text{ мг/дм}^3$. Можливо, із продовженням ряду до 2020 року, мінералізація набула б більш мінімального значення, але щоб це довести, на жаль, дані за ці роки ще відсутні.

На *рис. 3.12* показано суміщений графік багаторічного ходу мінералізації води (суми іонів) р. Сірет– м. Сторожинець на двох створах – 3,5 км вище та 3 км нижче протягом 2008-2018рр.

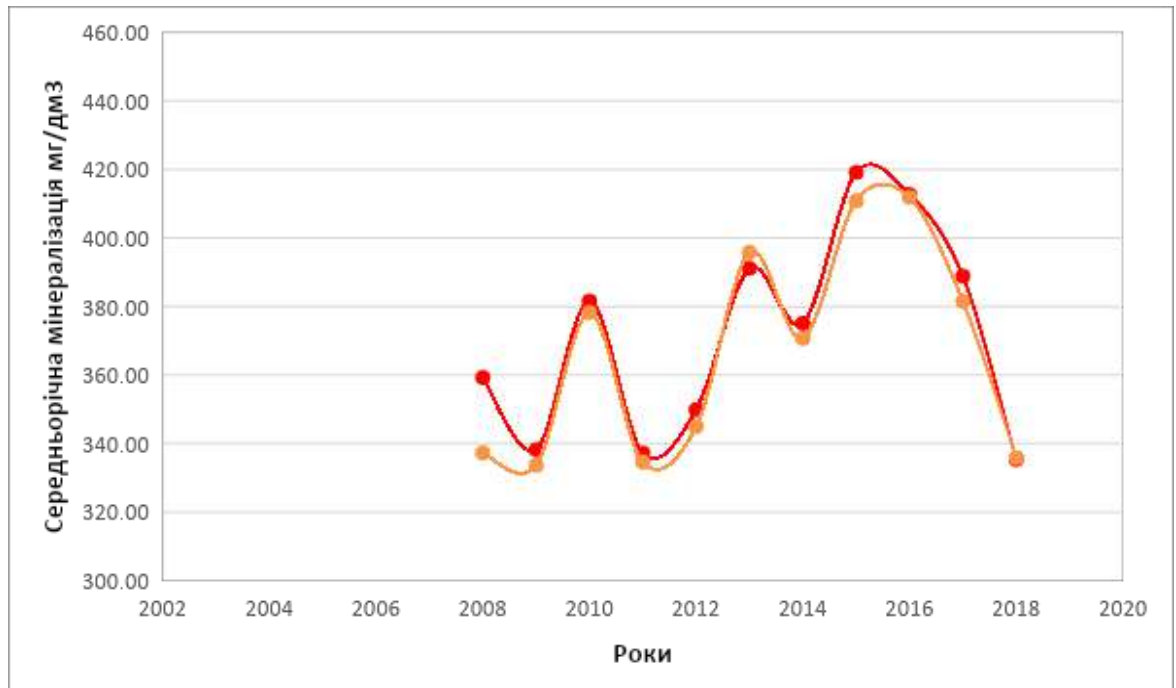


Рис.3.12. Суміщений графік багаторічного ходу мінералізації води (суми іонів) р. Сірет – м. Сторожинець двох створів – 0,5 км вище та 0,5 км нижче, 2008-2018рр.

Даний графік за описом майже аналогічний із описом для *рис 3.9*. Можемо також спостерігати вищі значення мінералізації на нижчому створі (у даному випадку 0,5 км нижче м. Сторожинець), відносно вищого. Проте, тут відхилення суми іонів на створах значно менше, ніж на попередньому графіку, навіть майже співставні. Тобто антропогенний вплив не високий.

3.4. Вплив міст на мінералізацію річкових вод

Сумарну антропогенну складову розчинених у річкових водах мінеральних речовин, яка формується в основному за рахунок іонів Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} і Cl^- , можна розрахувати порівнянням стоку цих іонів у сучасний період та їхнього стоку в природних умовах. Іони кальцію та

гідрокарбонати, які можуть формуватись унаслідок впливу господарської діяльності, випадають в осад, а їхня концентрація у воді регулюється станом карбонатно-кальцієвої системи. «По Україні за рахунок антропогенних чинників формується 6087,0 тис. т, чи 10,1 t/km^2 стоку щорічно. Найменші значення показника антропогенного іонного стоку спостерігаються (t/km^2) в межах: Полісся (0,4), Гірських Карпат (0,7) і Кримської гірської країни (1,3); у річкових водах степової зони (28,4). Мінімум відмічається (t/km^2): на півночі Житомирського Полісся (0,2), максимум – у північно-східній частині Приазов'я (147,0)» [22].

У межах України середній хімічний склад розчинених у річкових водах мінеральних речовин антропогенного походження має характерний хлоридно-сульфатний натрієво-магнієвий склад з мінералізацією 105,0 mg/dm^3 . Спостерігається закономірне зростання мінералізації в південно-західному напрямку від 4,0 mg/dm^3 у Поліссі до 755,0 mg/dm^3 – у степовій зоні. У межах гірських країн вплив антропогенних чинників значно знижується (mg/dm^3): 1,0 – у Гірських Карпатах, 3,0 – у Гірському Криму; мінімум мінералізації спостерігається на півночі Житомирського Полісся (2,0), максимум – у річках північно-східної частини Приазов'я (2453,0). Загалом у річках країни внаслідок господарської діяльності формується (%): 21,0 – мінеральних розчинених речовин, у тому числі 58,0 – іонів хлору та 47,0 – іонів натрію.

Питома вага мінеральних речовин антропогенного походження, розчинених у річкових водах, збільшується з північного заходу на південний схід (%): від 2,0 – у Поліссі до 43,0 – у степовій зоні; найменша частка антропогенних чинників спостерігається в гірських країнах (1,0–8,0). У річках степової зони внаслідок господарської діяльності формується (%): 70,0 – іонів хлору, 61,0 – сульфатів і 65,0 – іонів натрію; у річках північно-східного Приазов'я відповідно: 74,8 і 82,0, а сума мінеральних речовин досягає 61,0 [22].

На *рис. 3.13* показано суміщений графік залежності мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Прут – м. Чернівці двох створів – 3,5 км вище та 3 км нижче протягом 2008 – 2018 рр.

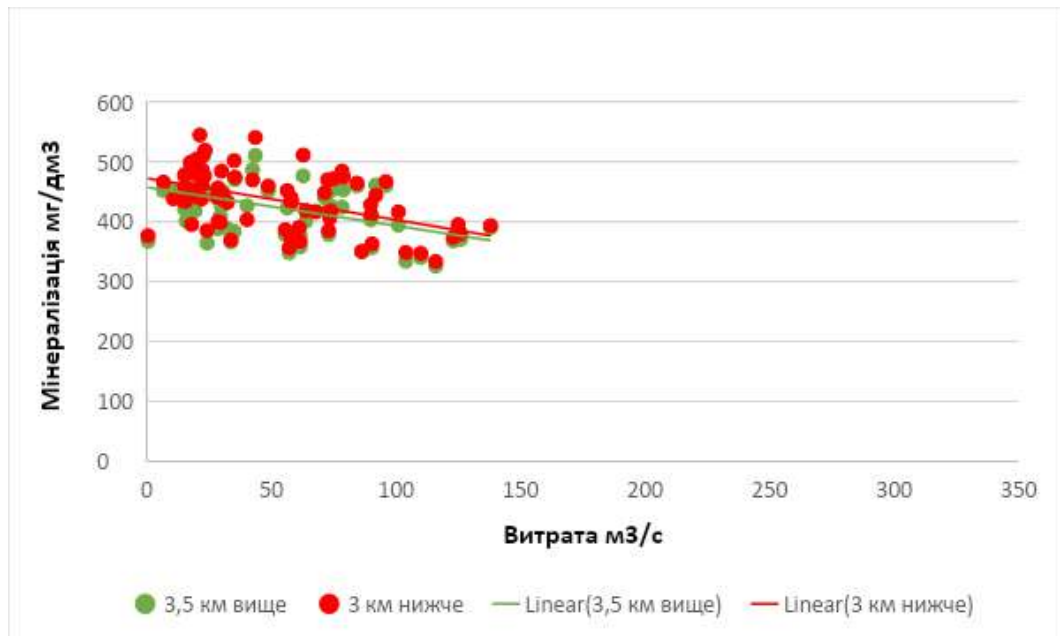


Рис.3.13. Суміщений графік залежності мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Прут – м. Чернівці двох створів – 3,5 км вище та 3 км нижче, 2008 – 2018 рр.

Завдяки суміщеному графіку залежності на *рис.3.13* була зроблена спроба виявлення впливу стічних вод і поверхневого стоку р. Прут – м. Чернівці. Ми наклали на одне поле дві залежності мінералізації води, зеленим кольором показано залежність створу 3,5 км вище, червоним кольором – 3 км нижче. На графіку видно, що точки, які відповідають нижньому контрольному створу знаходяться вище, тобто при однакових витратах води мінералізація на нижньому створі буде вища, ніж на фоновому. Отже, можемо зробити висновок, що місто Чернівці впливає на мінералізацію води.

На *рис. 3.14* показано суміщений графік залежності мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Сірет – м. Сторожинець двох створів – 3,5 км вище та 3 км нижче протягом 2008 – 2018 рр.

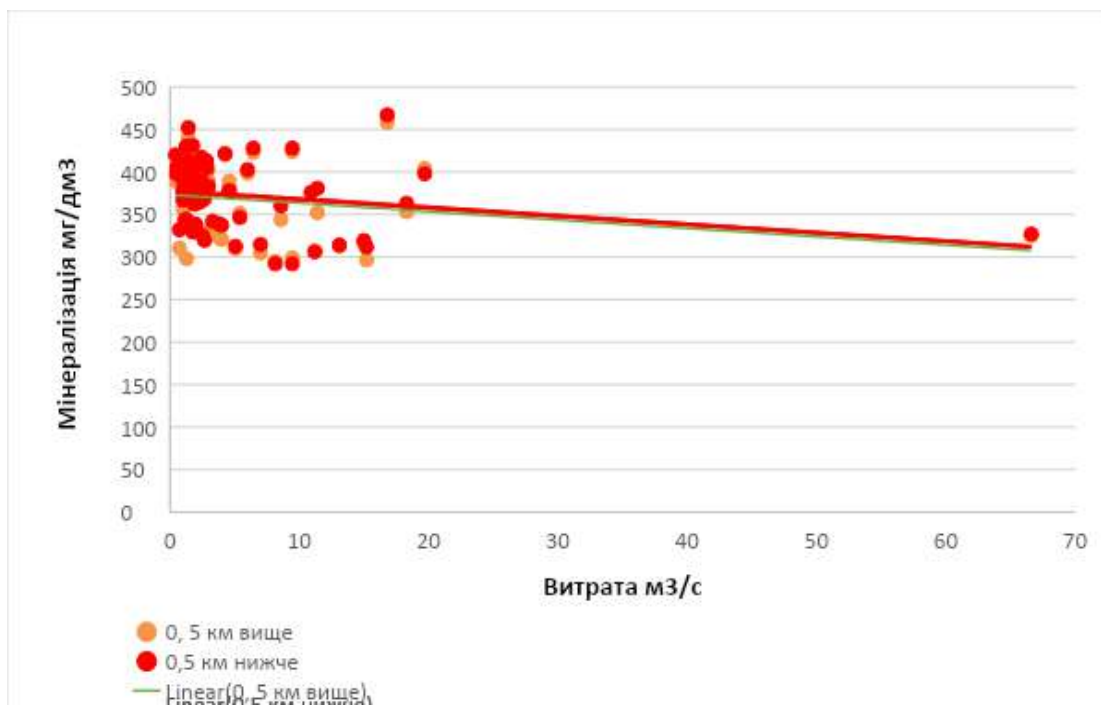


Рис.3.14. Суміщений графік залежності мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Сірет – м. Сторожинець двох створів – 0,5 км вище та 0,5 км нижче, 2008 – 2018 рр.

Аналогічні дослідження були виконані і для річки Сірет –м. Сторожинець. Як ми можемо бачити на графіку, значення мінералізації має значну залежність від впливу м. Сторожинець, оскільки тенденція мінералізації на верхньому створі менша, ніж на нижньому.

Таблиця 3.2.

Середня багаторічна мінералізація за весь період

роки	р. Прут 3,5 км вище, мг/дм ³	р. Прут 3 км нижче, мг/дм ³	р. Сірет 0,5 км вище, мг/дм ³	р. Сірет 0,5 км нижче, мг/дм ³	Збільшення мінералізації ї на р. Прут, %, мг/дм ³	Збільшення мінералізації ї на р. Сірет, %, мг/дм ³
2008- 2018	426	435	367	372	2,58	1,3
					9	5

За *таблицею 3.2* можна визначити, що за весь період спостережень (2008 - 2018 рр) середня багаторічна мінералізація р. Прут на контрольному створі 3,5 км вище більша за середню багаторічну мінералізацію р. Прут на контрольному створі 3 км нижче на 2,58% (9 мг/дм³). Щодо р. Сірет, то ця різниця становить 1,3% (5 мг/дм³). Це означає, що місто Чернівці більше впливає на мінералізацію річки Прут, ніж місто Сторожинець на р. Сірет.

4. ЗАЛЕЖНІСТЬ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ ГОЛОВНИХ ІОНІВ

4.1. Методика проведення досліджень

Для отримання результатів залежності мінералізації води від концентрації головних іонів потрібно спочатку дослідити залежність загальної мінералізації від витрати води річок Прут та Чорний Черемош, аналогічно, як в попередньому розділі. Сформовано масив даних, де створено ряди мінералізації (суми головних іонів) і витрати води по контрольних створах за період 2008 - 2018 років *див. Додаток В,Г*. Шляхом осереднення встановлено залежність витрат і мінералізації, для чого представлено відповідні рівняння регресії та коефіцієнти кореляції. Далі встановлено залежність мінералізації від кожного головного іона за весь період спостереження. Отримано коефіцієнти кореляції, які дозволяють визначити наявність зв'язку. Наглядним прикладом для цього слугують графіки залежності, які будуть представлені далі. Для зручності точки на графіках зображено різними кольорами: синій – для створів р. Прут – м. Коломия, оранжевий – для створів р. Чорний Черемош – смт. Верховина, що в подальшому допоможе легше орієнтуватися.

4.2. Річка Прут – м. Коломия

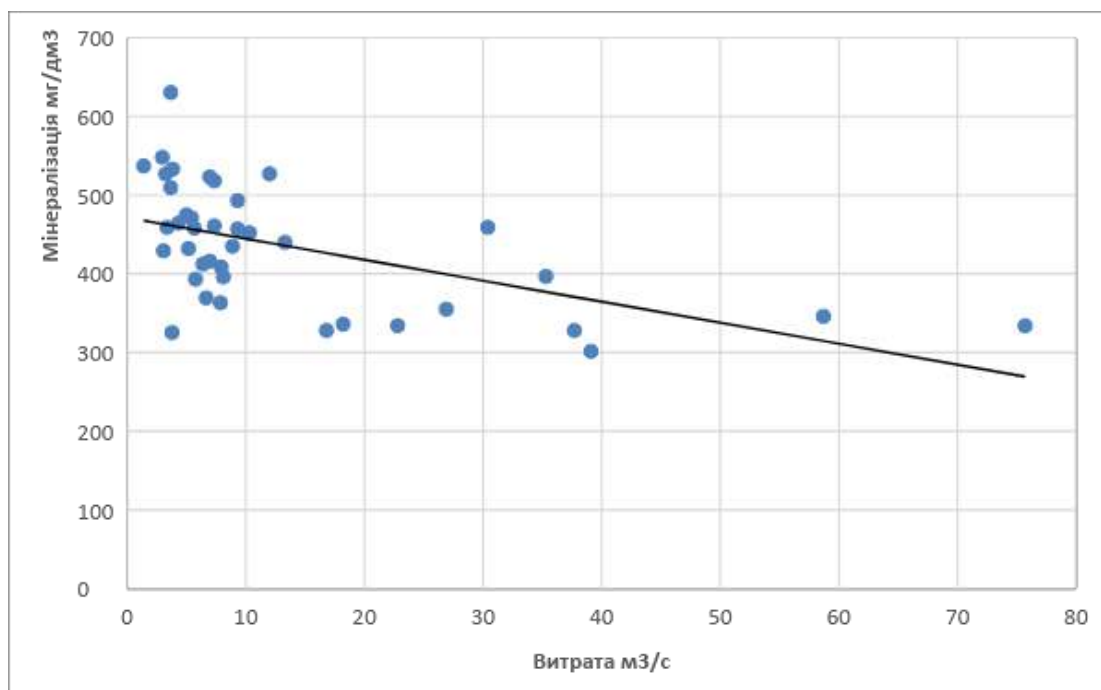


Рис.4.1. Залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Прут – м. Коломия, 0,5 км вище, 2008 -2018 рр.

Аналізуючи рис. 4.1, можна зробити висновок, що залежність на графіку є зворотною. Мінералізація зменшується, бо зі збільшенням витрати йде на спад. Зв'язок підтверджує рівняння регресії та вирахований коефіцієнт кореляції $r = 0,64$.

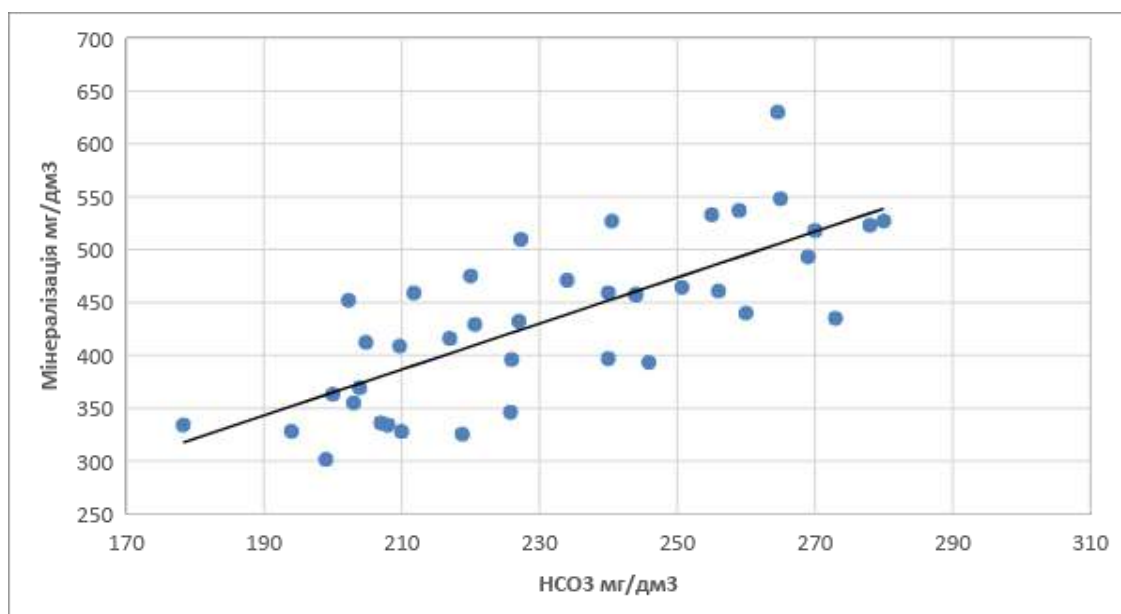


Рис. 4.2. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації гідрокарбонатів (HCO₃) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км вище, 2008 -2018 рр.

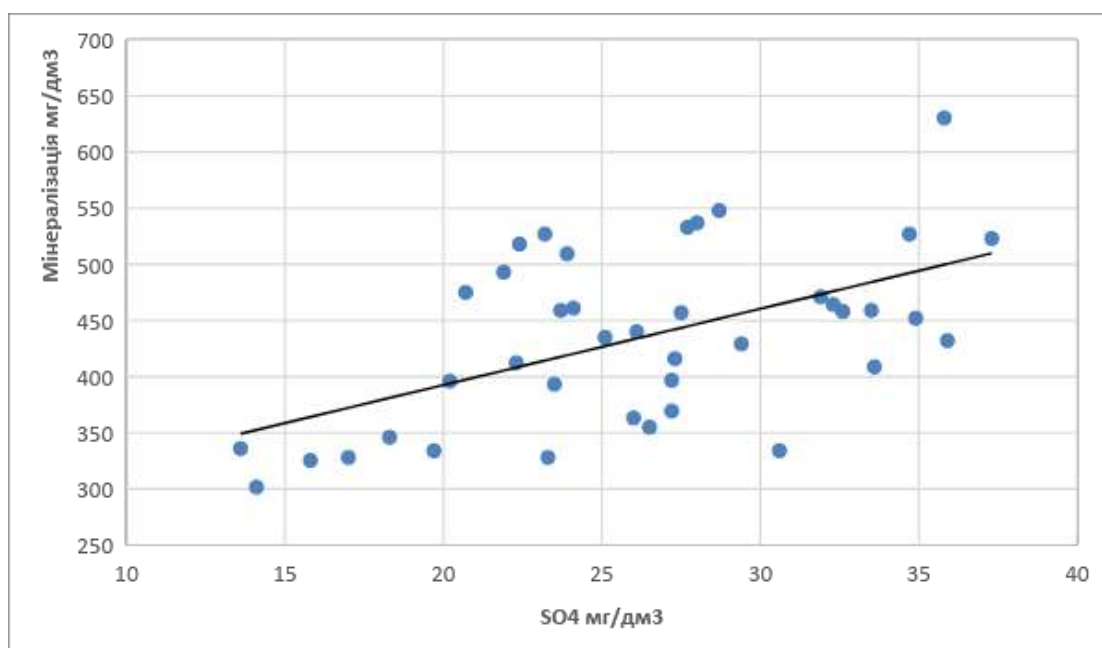


Рис. 4.3. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації сульфатів (SO₄) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км вище, 2008 -2018 рр.

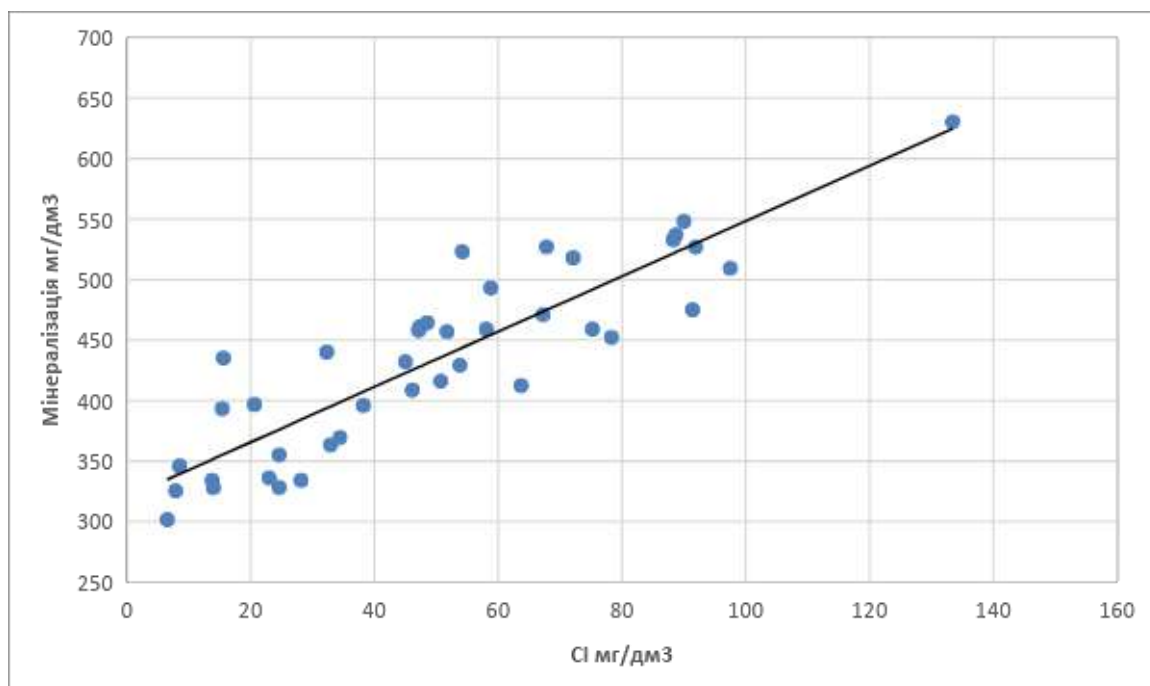


Рис. 4.4. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації хлоридів (Cl) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км вище, 2008 - 2018 рр.

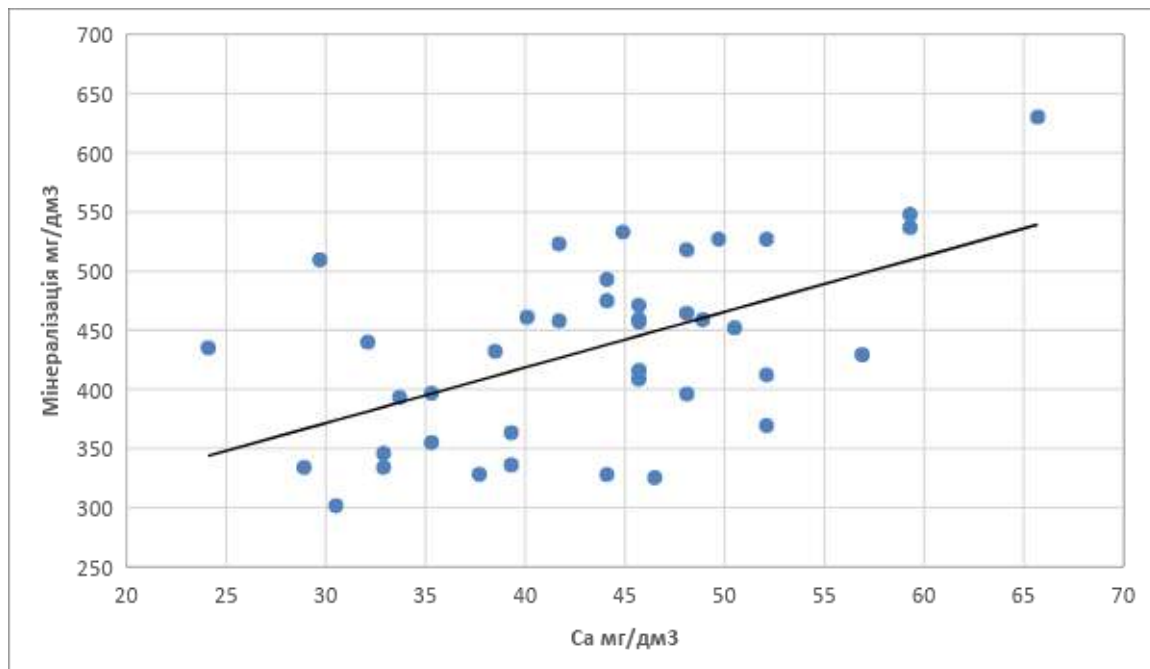


Рис. 4.5. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації кальцію (Ca) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км вище, 2008 - 2018 рр.

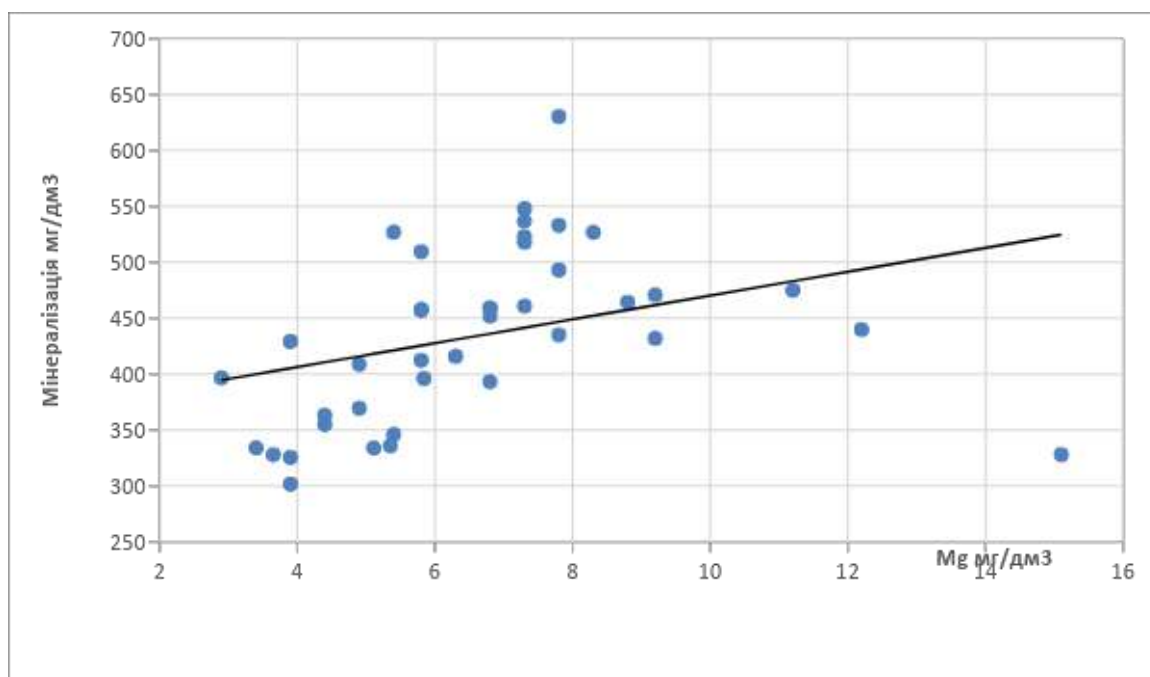


Рис. 4.6. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації магнію (Mg) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км вище, 2008 - 2018 рр.

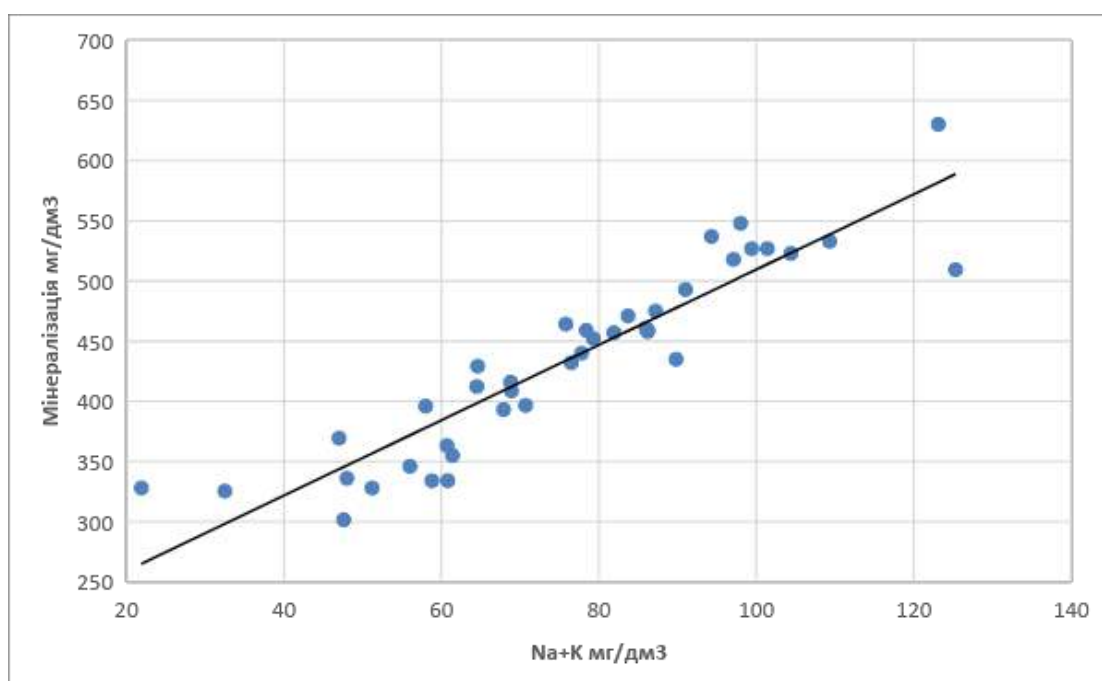


Рис. 4.7. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації натрію і калію (Na+K) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км вище, 2008 -2018 рр.

Таблиця 4.1.

**Залежність мінералізації води від концентрацій головних іонів для
р. Прут – м. Коломия, 0,5 км вище, 2008 -2018 рр.**

головний іон	М	Сі	коефіцієнт кореляції
HCO ₃	434,55	232,08	0,75
SO ₄	434,55	26,19	0,54
Cl	434,55	50,18	0,89
Ca	434,55	43,42	0,56
Mg	434,55	6,64	0,34
Na+K	434,55	76,04	0,92

За отриманими графіками та *таблицею 4.1* можемо спостерігати, що найбільша концентрація у воді на цьому створі натрію і калію, а найменша концентрація магнію, оскільки коефіцієнт кореляції дорівнює 0,34, то зв'язку майже немає. Між іншими головними іонами зв'язок спостерігається досить хороший.

Для порівняння я дослідила та розрахувала також залежність мінералізації води від концентрацій головних іонів для р. Прут – м. Коломия, на нижньому створі, що знаходиться на 0,5 км нижче від міста.

Отже, для початку також розглянемо залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати.

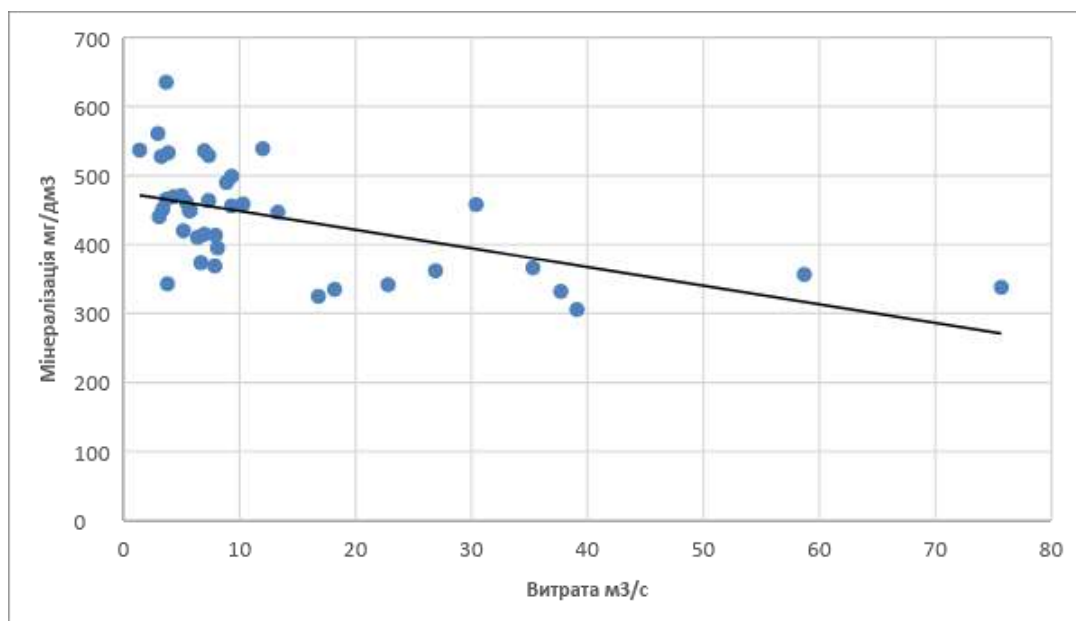


Рис.4.8. Залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Прут – м. Коломия, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

Коефіцієнт кореляції вимірювань в нижньому створі ідентичний тому, що у верхньому створі, $r = 0,64$. Тобто, місто Коломия майже не впливає на зміну мінералізації води у річці Прут.

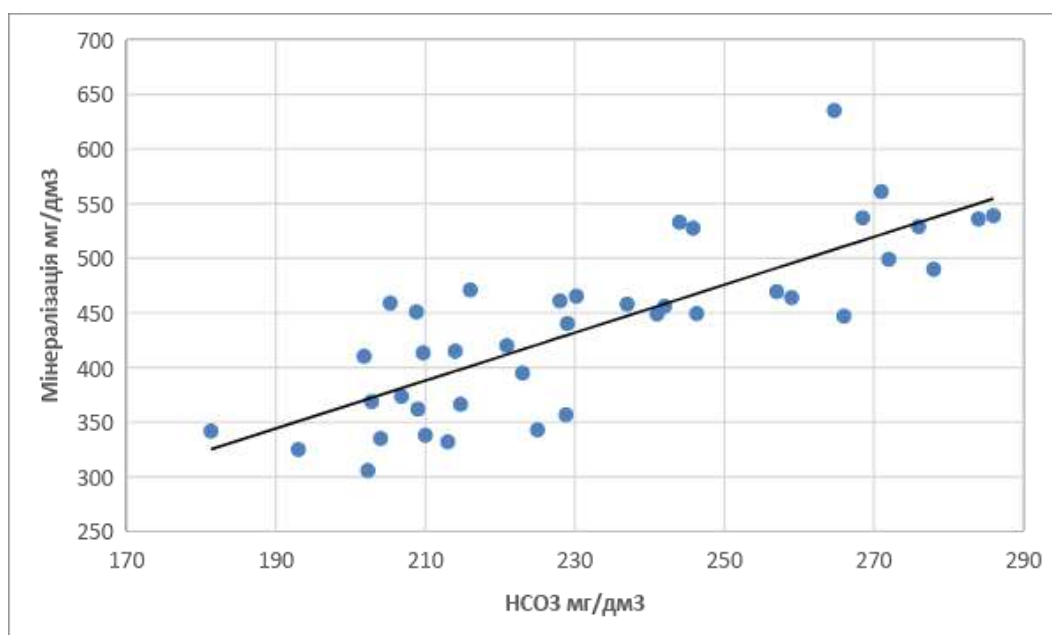


Рис. 4.9. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації гідрокарбонатів (HCO_3) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км нижче, 2008 - 2018 рр.

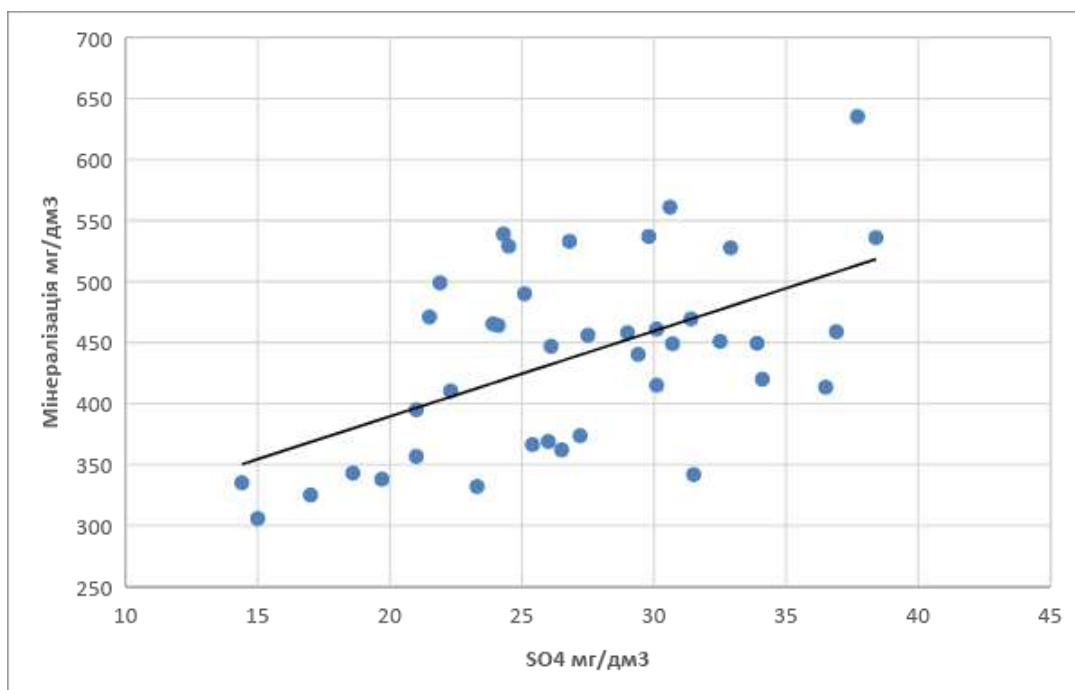


Рис. 4.10. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації сульфатів (SO_4) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

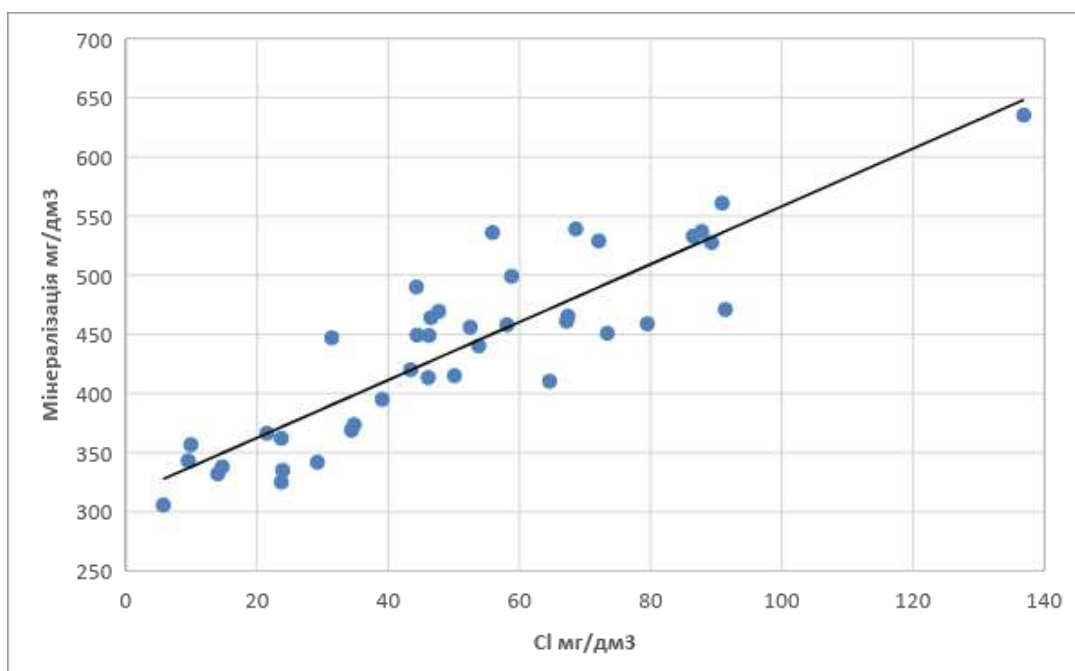


Рис. 4.11. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації хлоридів (Cl) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

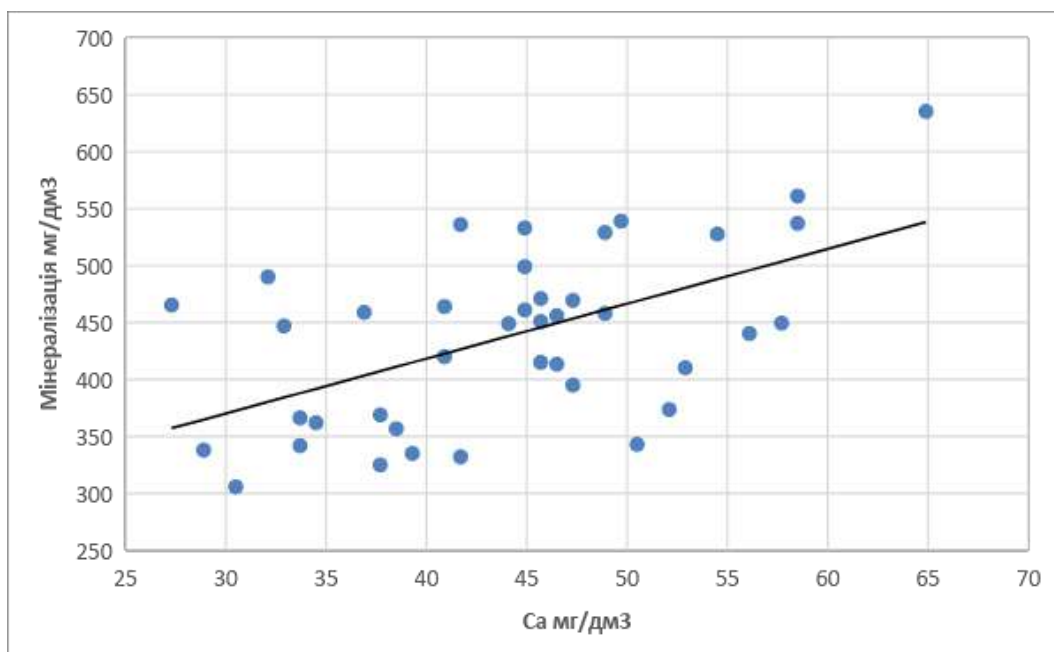


Рис. 4.12. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації кальцію (Ca) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км нижче, 2008 - 2018 рр.

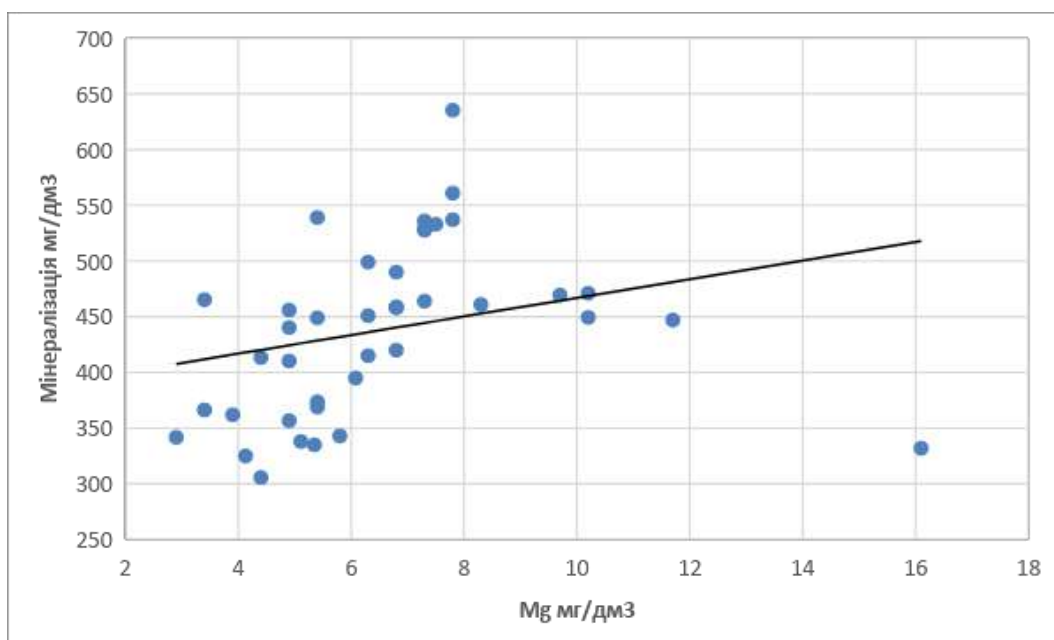


Рис. 4.13. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації магнію (Mg) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км нижче, 2008 - 2018 рр.

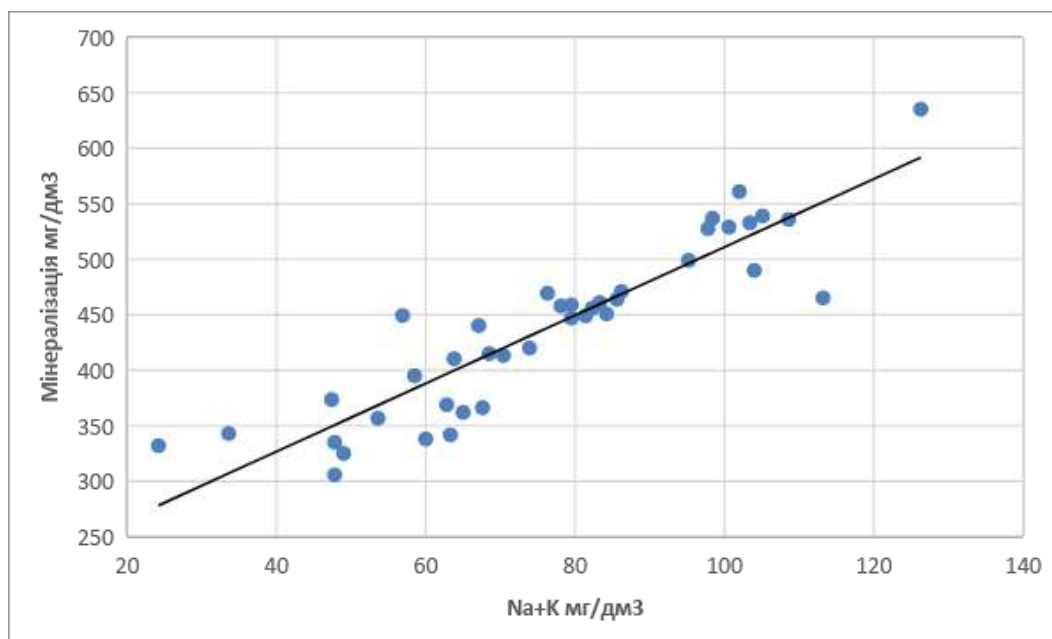


Рис. 4.14. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації натрію і калію (Na+K) для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

Таблиця 4.2.

Залежність мінералізації води від концентрацій головних іонів для р. Прут – м. Коломия, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

головний іон	M	Сі	коефіцієнт кореляції
HCO ₃	438,22	6,56	0,8
SO ₄	438,22	50,97	0,55
Cl	438,22	26,97	0,89
Ca	438,22	232,89	0,55
Mg	438,22	76,31	0,27
Na+K	438,22	44,14	0,91

Якщо порівняти ці дві таблички з верхнього і нижнього створу, то бачимо, що вони майже однакові по значеннях. Це також дає нам зрозуміти, що місто Коломия майже не впливає на мінералізацію води у річці.

4.3. Річка Чорний Черемош - смт. Верховина

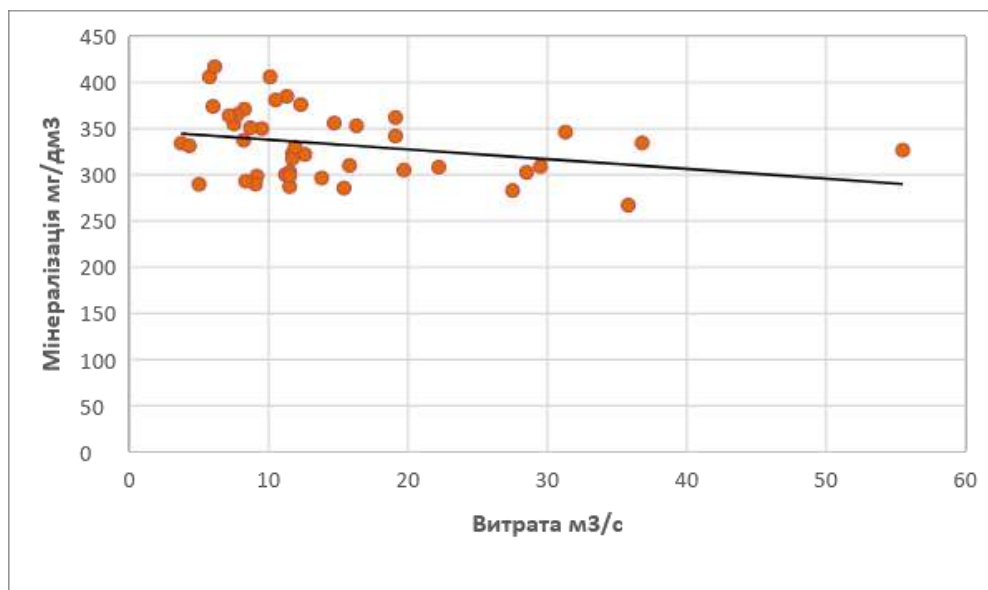


Рис.4.15. Залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 1,1 км вище, 2008 -2018 рр.

На графіку чітко видно, що мінералізація зменшується зі збільшенням витрати, що можемо бачити і на попередніх річках. Вирахуваний коефіцієнт кореляції $r = 0,49$. Це означає, що зв'язок між мінералізацією і витратою води на р. Чорний Черемош менший, ніж на р. Прут.

Розглянемо детальніше залежність загальної мінералізації від концентрацій головних іонів на графіках, як попередньо.

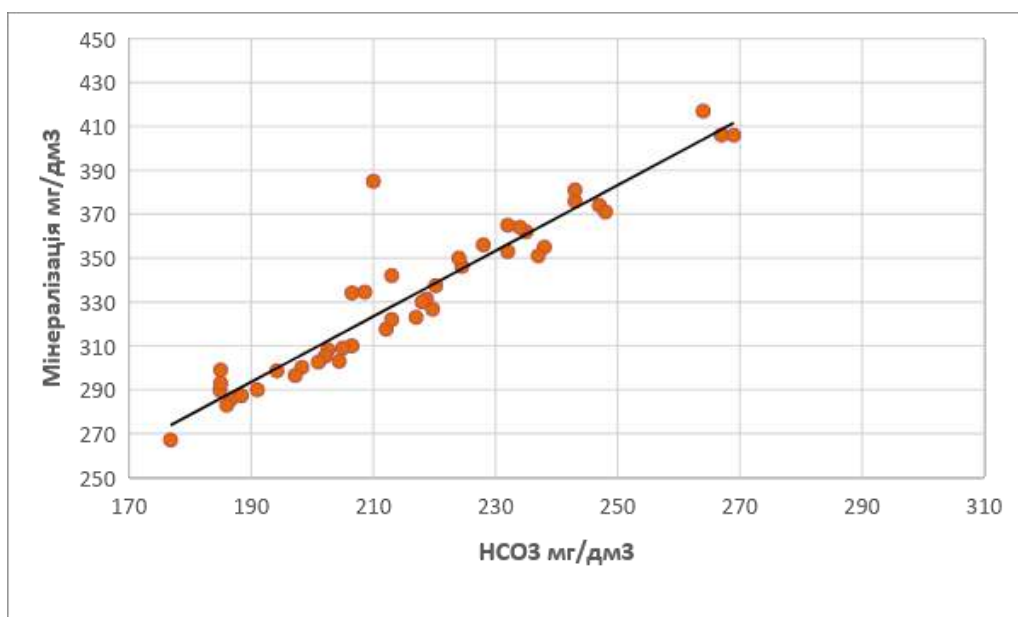


Рис. 4.16. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації гідрокарбонатів (HCO₃) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 1,1 км вище, 2008 -2018 рр.

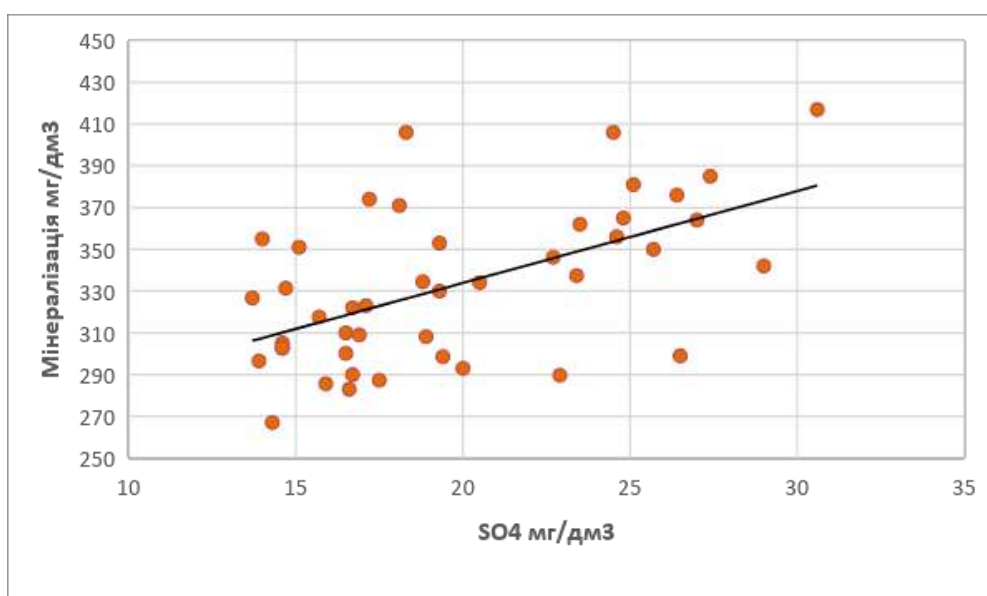


Рис. 4.17. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації сульфатів (SO₄) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 1,1 км вище, 2008 -2018 рр.

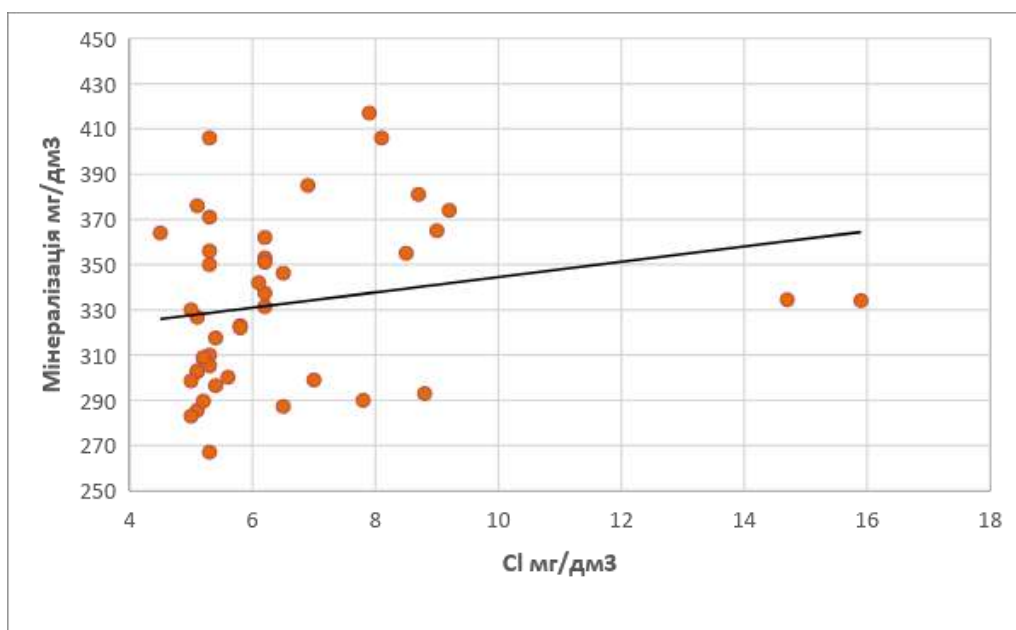


Рис. 4.18. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації хлоридів (Cl) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 1,1 км вище, 2008 -2018 рр.

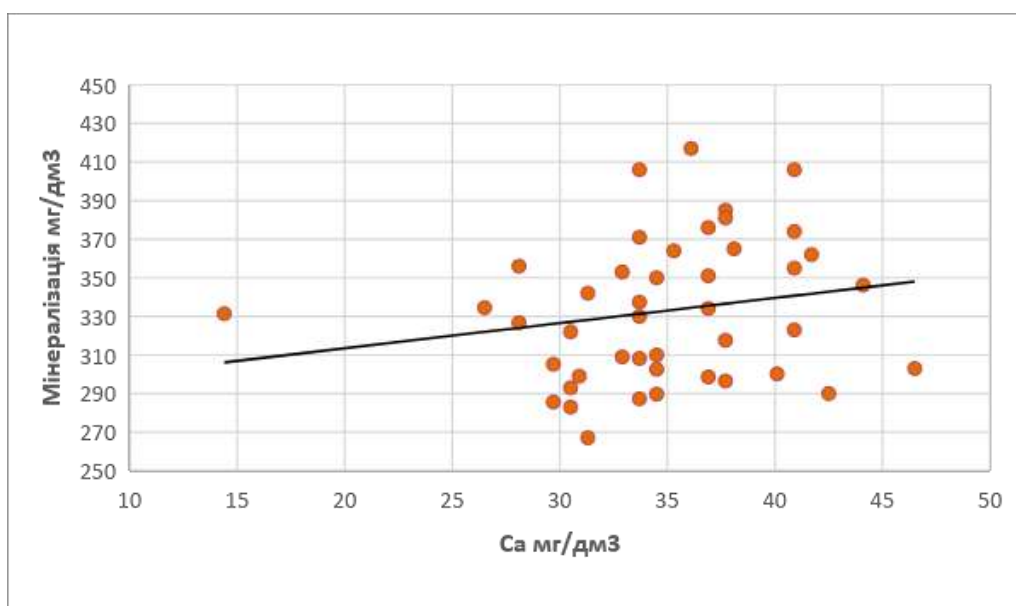


Рис. 4.19. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації кальцію (Ca) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 1,1 км вище, 2008 -2018 рр.

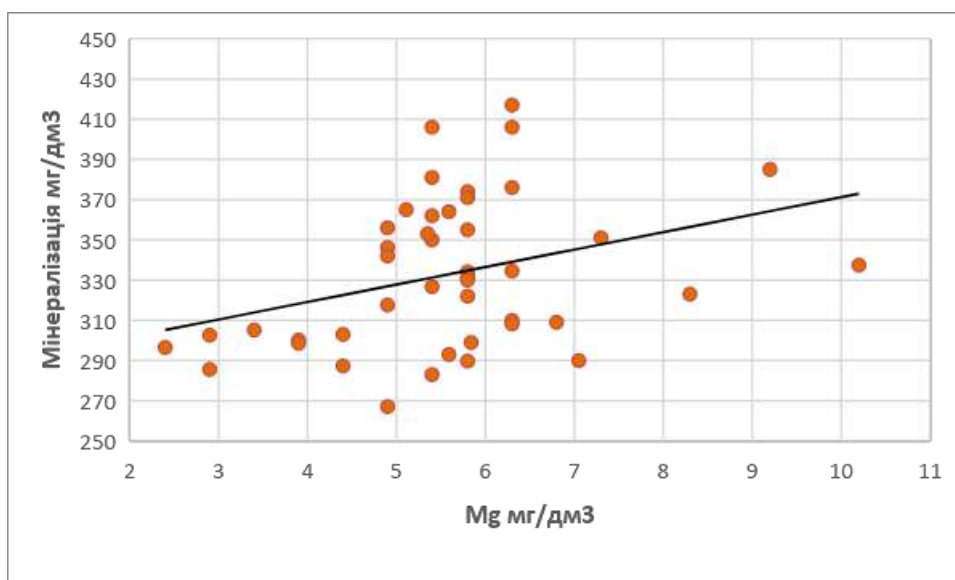


Рис. 4.20. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації магнію (Mg) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 1,1 км вище, 2008 -2018 рр.

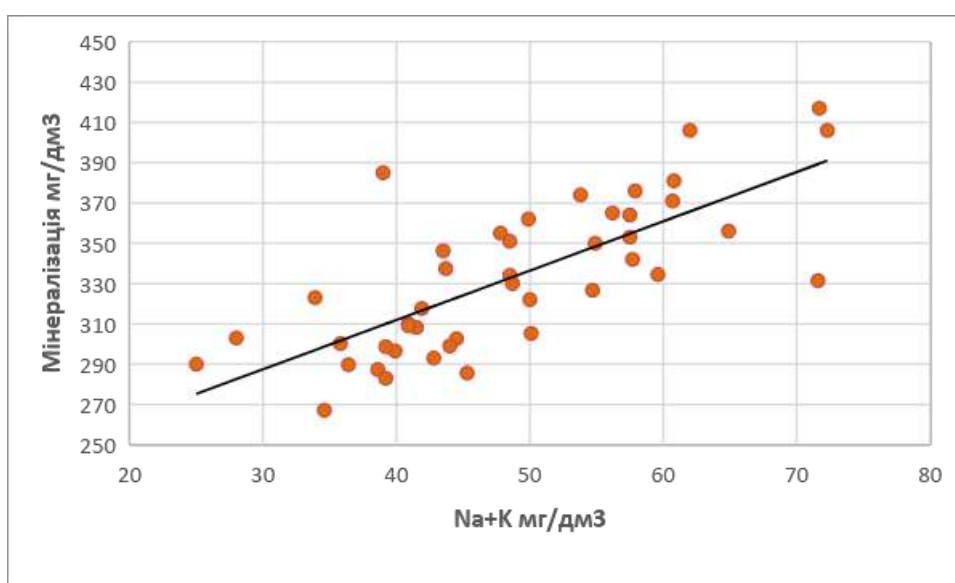


Рис. 4.21. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації натрію і калію (Na+K) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 1,1 км вище, 2008 -2018 рр.

Таблиця 4.3.

Залежність мінералізації води від концентрацій головних іонів для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 1,1 км вище, 2008 -2018 рр.

головний іон	М	Сі	коефіцієнт кореляції
HCO ₃	332,84	5,58	0,94
SO ₄	332,84	6,55	0,56
Cl	332,84	19,76	0,021
Ca	332,84	216,30	0,19
Mg	332,84	48,54	0,34
Na+K	332,84	34,86	0,75

За отриманими даними можемо спостерігати, що найбільше вода у цьому створі концентрована гідрокарбонатами, наступними є натрій і калій, сульфати і магній, а з хлором і кальцієм зв'язку немає.

Для порівняння я виконала такі ж розрахунки для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, на нижньому створі, що знаходиться на 0,5 км нижче від міста.

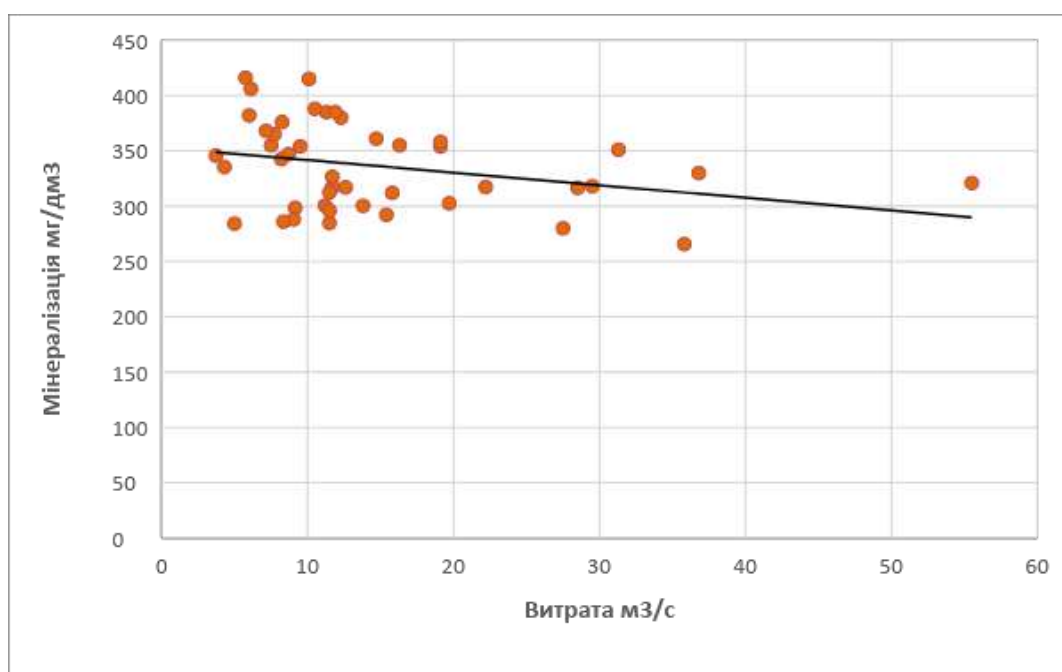


Рис.4.22. Залежність мінералізації води (суми іонів) від витрати р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

Коефіцієнт кореляції дорівнює 0,33, тобто зв'язок ще менший, ніж у верхньому створі.

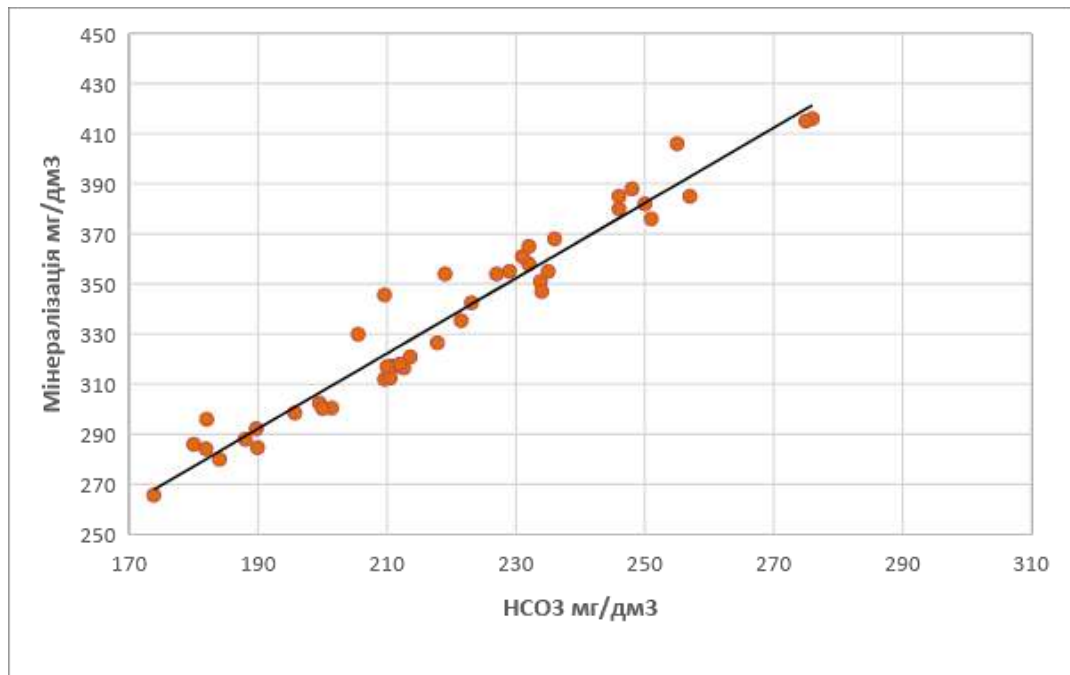


Рис. 4.23. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації гідрокарбонатів (HCO₃) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

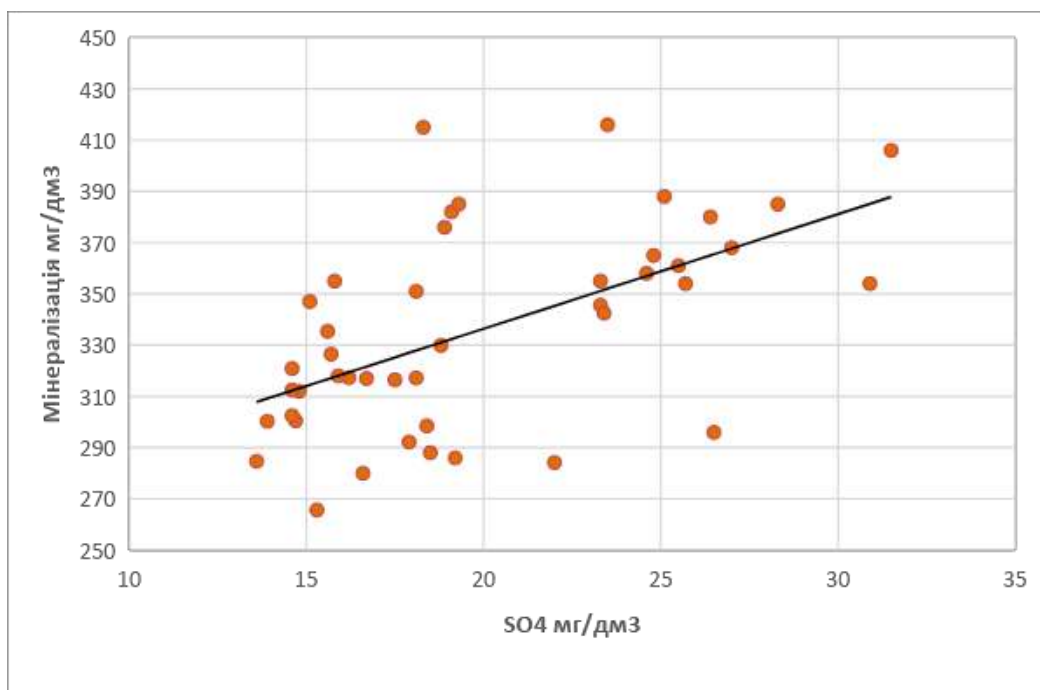


Рис. 4.24. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації сульфатів (SO₄) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

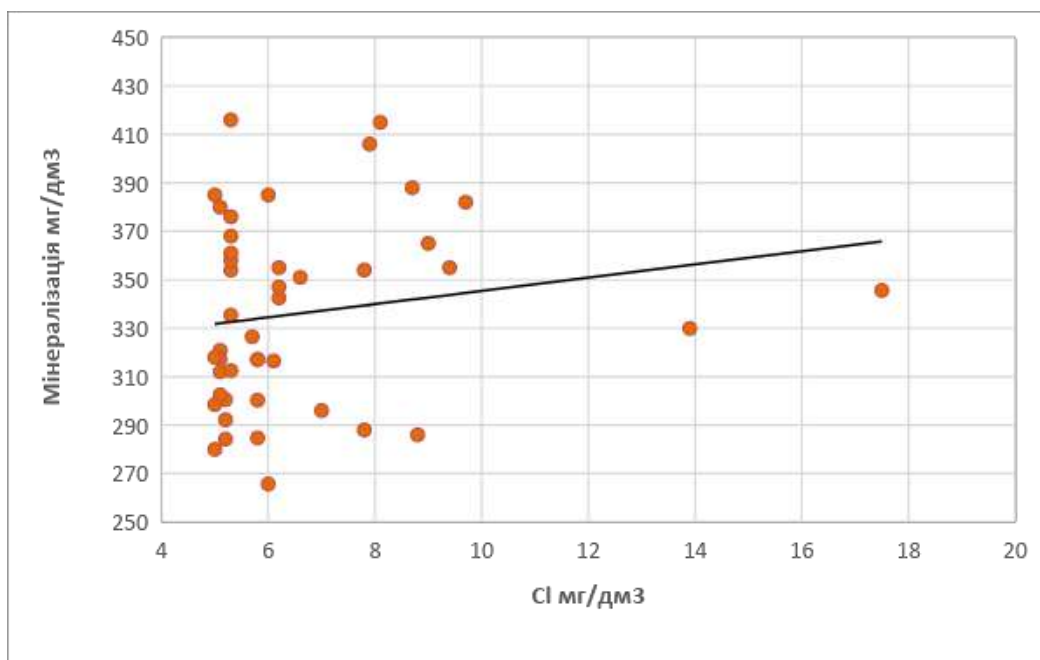


Рис. 4.25. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації хлоридів (Cl) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

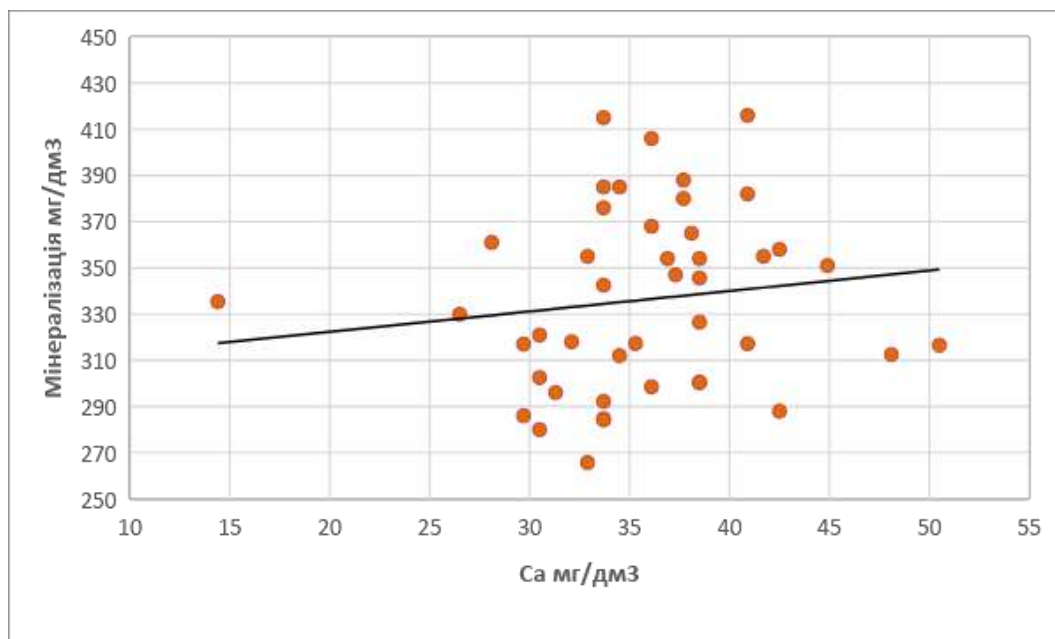


Рис. 4.26. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації кальцію (Ca) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

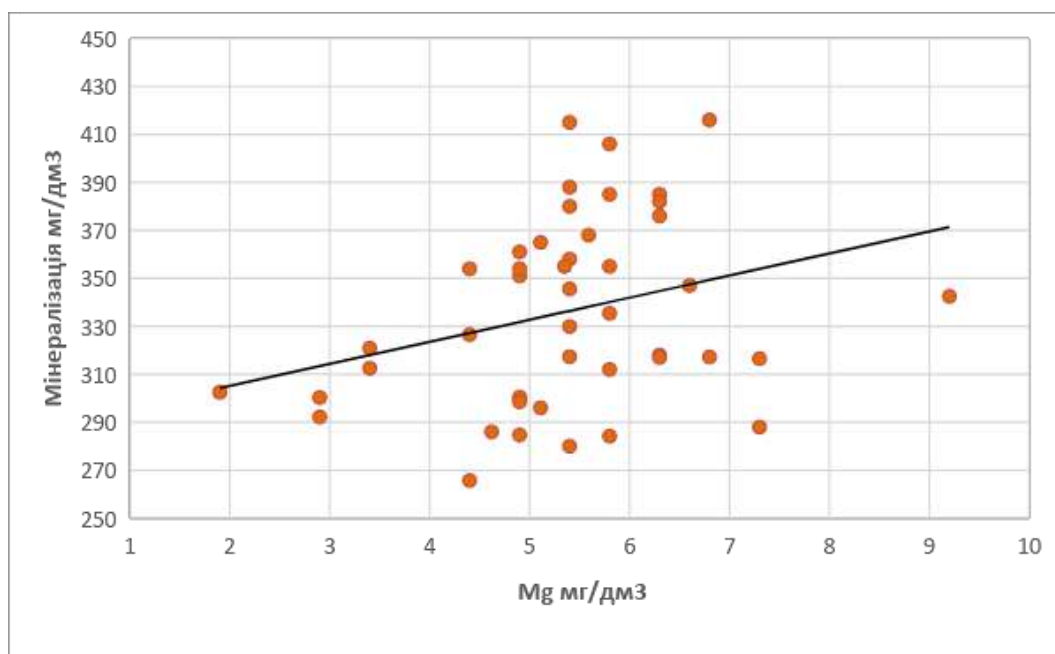


Рис. 4.27. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації магнію (Mg) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

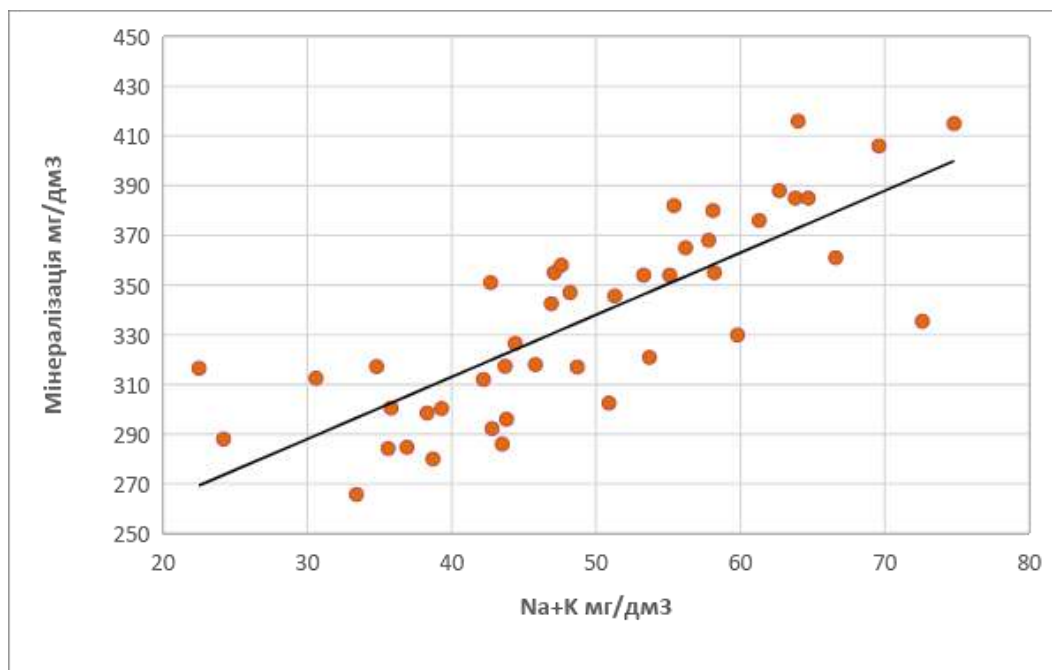


Рис. 4.28. Залежність мінералізації води (суми іонів) від концентрації натрію і калію (Na+K) для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 0,5 км нижче, 2008 -2018 рр.

Таблиця 4.4.

Залежність мінералізації води від концентрацій головних іонів для р. Чорний Черемош - смт. Верховина, 1,1 км нижче, 2008 -2018 рр.

головний іон	М	Сі	коефіцієнт кореляції
HCO ₃	336,16	5,37	0,97
SO ₄	336,16	6,62	0,56
Cl	336,16	19,95	0,17
Ca	336,16	219,25	0,13
Mg	336,16	49,26	0,3
Na+K	336,16	35,70	0,8

Якщо порівняти концентрації головних іонів у двох створах р. Чорний Черемош, то бачимо, що зв'язок між витратою і гідрокарбонатами, натрієм і калієм, хлором у нижньому створі більший, ніж у верхньому. З сульфатами

залишається таким самим, а з хлоридами, магнієм і кальцієм навпаки - більший у верхньому створі. Отже, Верховина певним чином впливає на мінералізацію води, але не дуже сильно.

Висновки

1. Мінералізація відображає зміст розчинених солей у воді. Головними іонами сольового складу річкових вод є HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ та K^+ . Близьким до нього є поняття "сума іонів Σi ", тобто арифметична сума кількостей всіх іонів у міліграмах чи грамах на дм³ (літр) досліджуваної води, концентрація яких перевищує 0,1 мг/дм³.

2. У гідрохімії серед чинників, які визначають формування хімічного складу природних вод, виділяють основні та другорядні, а також прямі та опосередковані. До основних належать чинники, що визначають склад вод, тобто сприяють формуванню вод конкретного гідрохімічного типу (хлоридного, сульфатного тощо). Другорядні – сприяють появі у воді компонентів, які надають певному типу води деяких особливостей, але тип води при цьому залишається незмінним. Прямі – це чинники, які безпосередньо впливають на склад води (грунти, гірські породи). Опосередкованими є чинники, що діють через інші (прямі) чинники. За впливом чинники, які визначають формування хімічного складу природних вод, поділяють на групи: 1) фізико-географічні (рельєф, клімат, вивітрювання, ґрунтовий покрив); 2) геологічні (в основному, склад гірських порід, а також тектонічна будова, гідрогеологічні умови); 3) фізико-хімічні (хімічні властивості елементів, кислотно-лужні та окисновідновні умови, змішування вод і катіонний обмін); 4) біологічні (життєдіяльність рослин і живих організмів); 5) антропогенні (штучні) – усі чинники, що пов'язані з діяльністю людини.

3. Загальна мінералізація є сумою компонентів мінеральних речовин, визначених за допомогою аналізів. Мінералізація виражається у вигляді суми іонів, всіх мінеральних компонентів або сухого залишку (кількість органічних речовин у сухому залишку звичайно не більше 10%). Сухий залишок отримують при випаровуванні певного об'єму води, висушуванні з подальшим гравіметричним визначенням. Головні іони за загальної мінералізації води понад 1,0 г/дм³ звичайно виражають у відсотках

чи грамах на кілограм ($г/кг$), менш ніж $1,0 г/дм^3$ – у міліграмах на $дм^3$ ($мг/дм^3$), оскільки за таких умов $1,0 дм^3$ води практично дорівнює $1,0 кг$.

4. Між витратою води рік Q і мінералізацією води M в багатьох випадках існує досить тісна кореляційна залежність $M=f(Q)$. В ідеальному випадку цей зв'язок відображає процес розбавлення і виражається гіперболічною кривою. Відхилення від цього типу зв'язку викликані особливостями формування хімічного складу води річок.

5. Дослідивши залежність на моїх пунктах спостережень р. Прут і р. Сірет, спостерігаємо зворотну залежність від витрати води. Найкраще апроксимується степеневим рівнянням, також в ході роботи визначені рівняння регресії та коефіцієнти кореляції.

6. Протягом досліджуваного періоду простежені багаторічні коливання мінералізації води. Для цього ми співставили графіки ходу мінералізації води (суми іонів) для річок Прут і Сірет, дані яких отримали з верхніх та нижніх контрольних створів. Загалом, сучасний період характеризується зменшенням мінералізації води. Для пояснення цього є два варіанти, це зміни водності або зменшення забрудненості річок в цей період.

7. Міста впливають на мінералізацію води, а саме скиди стічних вод каналізацій і забруднений поверхневий стік міст. На двох досліджуваних об'єктах мінералізація збільшується у нижніх створах, що підтверджує вплив міст на мінералізацію вод річок.

8. За дослідженнями залежності мінералізації води від концентрації головних іонів на декількох створах р. Прут і р. Чорний Черемош можемо зробити висновок, що у водах цієї місцевості переважає концентрація гідрокарбонатів, натрію і калію. Проте, у р. Прут концентрація хлоридів значно перевищує їх концентрацію у р. Чорний Черемош.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 102-165 с.
2. Вишневецький В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. – К.: Ніка-центр, 2003. – 46 с.
3. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / А. И. Денисова, В. М. Тимченко, Е. П. Нахшина и др. — К.: Наукова думка, 1989. – 23-24 с.
4. Гидрология: учебник для вузов / В.Н. Михайлов, С.Л. Добролюбов. – М.; Берлин : Директ-Медиа, 2017. – 65-66 с.
5. Гидрохимический словарь / А.А. Зенин, Н.В. Белоусова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 174 с.
6. Гидрохимия. Учебник / Никаноров А.М. Гидрометеиздат, Санкт-Петербург, 2001. – 244 с.
7. Гидрохимия / В.Д. Блинникова, Н.Л. Багнавец, А.Л. Кауфман, 2018. – 23-34.
8. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. 2019. № 2 (53). 104 с.
9. Гідрологія / Екологічна енциклопедія. — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2007. – 95-98 с.
10. Глушков В. Г. Вопросы теории и методы гидрологических исследований. — М.:, АН СССР, 1961. – 56 с.
11. Гончар О.М. Оцінка гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод басейну Дністра на території України. Автореферат дис... канд. геогр. наук: 11.00.07 - гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія. Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича. Чернівці. 2012. –13 с.
12. Горєв Л. М., Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. Гідрохімія України. — К.: Вища школа, 1995. — 46-49 с.

- 13.Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). / В.В. Гребінь - К.: Ніка-Центр, 2010.- 316 с.
- 14.Любушкіна С.Г. Общее землеведение : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. "География" / С.Г. Любушкіна, К.В. Пашканг, А.В. Чернов; Под ред. А.В. Чернова. - М. : Просвещение, 2004. - 288 с.
- 15.Михайлов В.Н., Добровольский А.Д. Гидрология. — 3. — Высшая школа, 2008. — 63 с.
- 16.Общая гидрология (воды суши) / Чеботарев А.И. – Гидрометеиздат, Ленинград, 1975. – 37-39 с.
- 17.Общая гидрология / Л.К. Давыдов, А.А. Дмитриева, Н.Г. Конкина; под ред. А.Д. Добровольского, М.И.Львовича. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – 18-22 с.
- 18.Основи гідрохімії : підручник / В.К. Хільчевський, В.І. Осадчий, С.М. Курило. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 28-38 с.
- 19.Оцінка та прогнозування якості природних вод: Підручник / С.І. Сніжко. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 83-84 с.
- 20.Пелешенко В. І. Загальна гідрохімія / В. І. Пелешенко, В. К. Хільчевський. – К. : Либідь, 1997. – 384 с.
- 21.Посохов Е.В., Родионова Л.М. О влиянии растительности на ионный состав природных вод // Современные проблемы региональной и прикладной гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 55-62 с.
- 22.Регіональна гідрохімія України: підручник / В.К. Хільчевський, Осадчий В.І., Курило С.М. – ВПЦ "Київський університет", 2019. – 312-314 с.
- 23.Соколов А.А. Гидрография СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1952. – 87 с.
- 24.Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). / В.В. Гребінь - К.: Ніка-Центр, 2010.- 316 с.

25. Фадеев В.В., Тарасов М.Н., Павелко В.Л., Тмикова А.Г. Применение некоторых типов уравнений для выражения связи между химическим составом и расходами воды рек. – с. 115-123.
26. Характеристика гідрохімічного режиму річок басейну Дністра / Хільчевський В.К., Гончар О.М. – 2011. – с. 128.
27. Хільчевський В.К. Нариси історії гідрохімії в Україні. Київ: ДІА, 2020. 66-76 с.
28. Ющенко Ю.С., Гринь Г.І., Масікевич Ю.Г. Загальна гідрологія. – Чернівці: Зелена Буковина, 2005. – 114-124 с.
29. Chemical and isotopic groundwater hydrology / Mazar E. – Marcel Dekker Inc, 2004., 147 с.
30. NATURAL WATER QUALITY IN STREAMS AND RIVERS. URL: https://echo2.epfl.ch/VICAIRE/mod_2/chapt_4/main.htm
31. Khilchevskiy V.K., Sherstyuk N.P., Zabokrytska M.R. Researchs of the chemical composition of surface water in Ukraine, 1920-2020 (review) // Journal of Geology, Geography and Geoecology 2020. – 20-28 с.

Додатки

Додаток А

Таблиця А.1.

**Результати визначень проб поверхневих вод р. Прут – м. Чернівці,
створ 3,5 км вище**

№	дата	Q	M
1	14.02.2008	50,4	
2	26.03.2008	67,8	417,1
3	10.04.2008	138	389,5
4	26.05.2008	111	
5	11.06.2008	56,4	422,5
6	06.10.2008	40,3	426,4
7	06.11.2008	28,2	
8	10.12.2008	41,4	
9	26.01.2009	35,1	383,5
10	19.02.2009	36	
11	05.03.2009	30,6	427,6
12	03.04.2009	123	367,8
13	22.05.2009	72,6	449
14	04.06.2009	91,2	
15	16.07.2009	73,8	426,1
16	13.08.2009	38,5	
17	17.09.2009	42,5	486,3
18	19.11.2009	84,4	459,3
19	25.12.2009	66	

20	27.01.2010	62,8	476,2
21	19.02.2010	78,9	452,9
22	19.03.2010	54,4	
23	15.04.2010	125	385,8
24	14.05.2010	63,8	400,4
25	17.06.2010	95,2	
26	23.07.2010	126	370,4
27	26.08.2010	76	
28	24.09.2010	104	333,7
29	15.10.2010	67,6	
30	24.11.2010	58	433,8
31	08.12.2010	62,8	
32	21.01.2011	74,8	453,6
33	17.02.2011	43,6	510,3
34	10.06.2011	76	
35	21.04.2011	90,4	356,3
36	26.05.2011	61,6	379,1
37	10.06.2011	36,5	
38	27.07.2011	55,6	378,2
39	15.09.2011	28,8	
40	14.10.2011	24	
41	10.11.2011	18	415,2
42	16.12.2011	26,4	
43	24.01.2012	15,2	420,7

44	17.02.2012	6,72	451,3
45	23.03.2012	91,6	
46	13.04.2012	57,2	347,7
47	23.05.2012	52	
48	14.06.2012	116	325,8
49	18.07.2012	25,6	
50	22.08.2012	15,8	400,9
51	13.09.2012	11,6	
52	12.10.2012	18,8	459
53	15.11.2012	18	450,5
54	14.12.2012	11	
55	18.01.2013	23,2	453
56	15.02.2013	22,4	452
57	14.03.2013	111	
58	16.04.2013	101	394
59	17.05.2013	52	
60	14.06.2013	78,4	424
61	11.07.2013	34,7	
62	08.08.2013	22	458
63	30.09.2013	44,6	
64	09.09.2013	28	441
65	24.10.2013	29,6	409,4
66	11.11.2013	25,6	
67	09.12.2013	17,6	494

68	16.01.2014	19,4	418
69	24.02.2014	89,9	403
70	20.03.2014	47	
71	25.04.2014	96	459,9
72	29.05.2014	71,4	440
73	13.06.2014	45	
74	30.07.2014	0,55	367
75	18.08.2014	32,3	434
76	16.10.2014	28,3	
77	21.11.2014	21,3	465,3
78	05.12.2014	19,5	
79	23.01.2015	73,5	411
80	20.02.2015	22,2	446
81	13.03.2015	36	
82	17.04.2015	115	
83	22.05.2015	32,4	388
84	19.06.2015	71,4	
85	10.07.2015	30	425
86	17.08.2015	18	
87	30.09.2015	23,4	517
88	23.10.2015	26,4	
89	18.11.2015	20	499
90	04.12.2015	30,6	450
91	21.01.2016	18,8	478,5

92	18.02.2016	92	461
93	24.03.2016	29,5	
94	14.04.2016	90	413
95	24.05.2016	42,6	
96	15.06.2016	48,8	451
97	05.07.2016	45	
98	27.08.2016	35,4	470
99	15.09.2016	10,7	452
100	07.10.2016	15,2	476
101	11.11.2016	73	
102	09.12.2016	36,2	
103	20.01.2017	22,6	509
104	09.02.2017	18,6	479
105	16.03.2017	78,9	
106	07.04.2017	61,6	358
107	02.05.2017	86,3	350
108	26.06.2017	71,1	
109	13.07.2017	24,2	364
110	17.08.2017	14,9	
111	21.09.2017	15,6	440
112	19.10.2017	14,9	442
113	16.11.2017	44,5	
114	08.12.2017	29	
115	18.01.2018	22,3	469

116	22.02.2018	28,6	388
117	15.03.2018	321	
118	19.04.2018	110	340
119	31.05.2018	33,8	366
120	22.06.2018	76	
121	19.07.2018	73	378
122	16.08.2018	58	369
123	20.09.2018	46,3	
124	18.10.2018	28,6	452
125	15.11.2018	27,2	
126	06.12.2018	41,3	

Таблиця А.2.

**Результати визначень проб поверхневих вод р. Прут – м. Чернівці,
створ 3км нижче**

№	дата	Q	M
1	14.02.2008	50,4	
2	26.03.2008	67,8	416,1
3	10.04.2008	138	393,2
4	26.05.2008	111	
5	11.06.2008	56,4	451,6
6	06.10.2008	40,3	403,2
7	06.11.2008	28,2	
8	26.01.2009	35,1	501,7

9	19.02.2009	36	
10	05.03.2009	30,6	437,1
11	03.04.2009	123	373,7
12	22.05.2009	72,6	469,7
13	04.06.2009	91,2	
14	16.07.2009	73,8	417,6
15	13.08.2009	38,5	
16	17.09.2009	42,5	469,4
17	19.11.2009	84,4	464,1
18	25.12.2009	66	
19	27.01.2010	62,8	511
20	19.02.2010	78,9	474,5
21	19.03.2010	54,4	
22	15.04.2010	125	394,8
23	14.05.2010	63,8	418,1
24	17.06.2010	95,2	
25	23.07.2010	126	379,6
26	26.08.2010	76	
27	24.09.2010	104	348,3
28	15.10.2010	67,6	
29	24.11.2010	58	439,4
30	08.12.2010	62,8	
31	21.01.2011	74,8	471,2
32	17.02.2011	43,6	540,4

33	16.03.2011	76	
34	21.04.2011	90,4	362,8
35	26.05.2011	61,1	389,8
36	10.06.2011	36,5	
37	27.07.2011	55,6	386,4
38	15.09.2011	28,8	
39	14.10.2011	24	
40	10.11.2011	18	394,9
41	16.12.2011	26,4	
42	24.01.2012	15,2	457,6
43	17.02.2012	6,72	465,7
44	23.03.2012	91,6	
45	13.04.2012	57,2	356,3
46	23.05.2012	52	
47	14.06.2012	116	333,2
48	18.07.2012	25,6	
49	13.09.2012	11,6	
50	12.10.2012	18,8	480,8
51	15.11.2012	18	452,8
52	14.12.2012	11	
53	18.01.2013	23,2	476
54	15.02.2013	22,4	478
55	14.03.2013	111	
56	16.04.2013	101	416

57	17.05.2013	52	
58	14.06.2013	78,4	484
59	11.07.2013	34,7	
60	08.08.2013	22	438
61	09.09.2013	28	441
62	24.10.2013	29,6	398,4
63	11.11.2013	25,6	
64	09.12.2013	17,6	499
65	16.01.2014	19,4	442
66	24.02.2014	89,9	428
67	20.03.2014	47	
68	25.04.2014	96	466,6
69	29.05.2014	71,4	448
70	13.06.2014	45	
71	30.07.2014	0,55	376,4
72	18.08.2014	58	431
73	16.10.2014	28,3	
74	21.11.2014	21,3	544,3
75	05.12.2014	19,5	
76	23.01.2015	73,5	405,9
77	20.02.2015	22,2	462
78	13.03.2015	36	
79	17.04.2015	115	
80	22.05.2015	32,4	432

81	19.06.2015	71,4	
82	10.07.2015	30	484
83	17.08.2015	18	
84	30.09.2015	23,4	519
85	23.10.2015	26,4	
86	18.11.2015	20	504
87	04.12.2015	30,6	445
88	21.01.2016	18,8	485,1
89	18.02.2016	92	444
90	24.03.2016	29,5	
91	14.04.2016	90	410
92	24.05.2016	42,6	
93	15.06.2016	48,8	459
94	05.07.2016	45	
95	27.08.2016	35,4	474
96	15.09.2016	10,7	438
97	07.10.2016	15,2	478
98	11.11.2016	73	
99	09.12.2016	36,2	
100	20.01.2017	22,6	511
101	09.02.2017	18,6	490
102	10.03.2017	78,9	
103	07.04.2017	61,6	367
104	02.06.2017	86,3	350

105	26.06.2017	71,1	
106	13.07.2017	24,2	385
107	17.08.2017	14,9	
108	21.09.2017	15,6	434
109	19.10.2017	14,9	434
110	16.11.2017	44,5	
111	08.12.2017	29	
112	18.01.2018	22,3	486
113	22.02.2018	28,6	400
114	15.03.2018	321	
115	19.04.2018	110	347
116	31.05.2018	33,8	369
117	22.06.2018	76	
118	19.07.2018	73	385
119	16.08.2018	58	372
120	20.09.2018	46,3	
121	18.10.2018	28,6	456
122	15.11.2018	27,2	
123	06.12.2018	41,3	

Додаток Б

Таблиця Б.1.

Результати визначень проб поверхневих вод р.Сірет – м.
Сторожинець, створ 0,5 км вище

№	дата	Q	M
1	14.02.2008	10,9	
2	10.04.2008	18,3	353,2
3	11.06.2008	3,78	323,2
4	06.10.2008	11,4	352,2
5	10.12.2008	4	320,5
6	19.02.2009	7	304,7
7	09.04.2009	13,1	312,8
8	04.06.2009	15	315,8
9	16.07.2009	5,4	351,3
10	25.12.2009	1,09	383,7
11	19.03.2010	3,3	334,5
12	17.06.2010	5,06	310,1
13	26.08.2010	6	398,4
14	15.10.2010	0,6	414,4
15	08.12.2010	0,44	417,4
16	16.12.2010	0,52	394,6
17	16.02.2011	1,95	368
18	21.04.2011	11,2	306,8
19	10.06.2011	2,52	331

20	14.10.2011	1,95	333,9
21	10.11.2011	1,95	329,4
22	16.12.2011	1,95	338,4
23	24.01.2012	1,76	330
24	23.05.2012	2,67	322,2
25	14.06.2012	15,2	296,4
26	13.09.2012	0,73	310,4
27	12.10.2012	1,25	399,2
28	15.11.2012	1,47	411,4
29	15.02.2013	2,35	396
30	16.04.2013	19,7	404
31	14.06.2013	6,44	423
32	11.07.2013	2,97	389
33	09.09.2013	1,79	398
34	09.12.2013	1,51	365
35	24.02.2014	9,46	424
36	20.03.2014	4,58	389
37	29.05.2014	4,58	383
38	18.08.2014	1,28	298
39	16.10.2014	1,15	63,3
40	05.12.2014	1,05	375
41	20.02.2015	0,5	389
42	13.03.2015	2,88	400
43	22.05.2015	2,46	403

44	10.07.2015	1,42	441
45	17.08.2015	1,1	410
46	23.10.2015	1,76	422
47	18.02.2016	1,76	64,1
48	24.03.2016	1,25	421
49	15.06.2016	2,82	407
50	27.08.2016	0,88	399
51	11.11.2016	2,46	414
52	19.12.2016	4,26	422
53	09.02.2017	1,86	370
54	16.03.2017	16,8	458
55	26.06.2017	8,58	344
56	17.08.2017	1	357
57	19.10.2017	1,05	376
58	08.12.2017	2,41	384
59	18.01.2018	2,08	363
60	15.03.2018	66,6	325
61	22.06.2018	8,14	295
62	19.07.2018	9,46	299
63	18.10.2018	1,7	366
64	06.12.2018	2,65	367

Таблиця Б.2.

**Результати визначень проб поверхневих вод р.Сірет – м. Сторожинець, створ
0,5 км нижче**

№	дата	Q	M
1	14.02.2008	10,9	376
2	10.04.2008	18,3	363,2
3	11.06.2008	3,78	339
4	06.10.2008	11,4	380,8
5	10.12.2008	4	337,3
6	19.02.2009	7	314,8
7	09.04.2009	13,1	314
8	04.06.2009	15	319,3
9	16.07.2009	5,4	346,4
10	25.12.2009	1,09	396,4
11	19.02.2010	3,3	342
12	17.06.2010	5,06	312,6
13	26.08.2010	6	402,7
14	15.10.2010	0,6	406,8
15	08.12.2010	0,44	420,3
16	16.12.2010	0,52	404,9
17	16.02.2011	1,95	381,1
18	21.04.2011	11,2	306,3
19	10.06.2011	2,52	324,9
20	14.10.2011	1,95	338,7

21	10.11.2011	1,95	333,8
22	16.12.2011	1,95	338,3
23	24.01.2012	1,76	329,5
24	23.05.2012	2,67	319,6
25	14.06.2012	15,2	311,7
26	13.09.2012	0,73	332,1
27	12.10.2012	1,25	392,8
28	15.11.2012	1,47	413,6
29	15.02.2013	2,35	365
30	16.04.2013	19,7	398
31	14.06.2013	6,44	428
32	11.07.2013	2,97	383
33	09.09.2013	1,79	395
34	09.12.2013	1,51	378
35	24.02.2014	9,46	428
36	20.03.2014	4,58	378
37	29.05.2014	4,58	377
38	18.08.2014	1,28	344
39	16.10.2014	1,15	344
40	05.12.2014	1,05	379,4
41	20.02.2015	0,5	398
42	13.03.2015	2,88	405
43	22.05.2015	2,46	417
44	10.07.2015	1,42	452

45	17.08.2015	1,1	412
46	23.10.2015	1,76	431
47	18.02.2016	1,76	402
48	24.03.2016	1,25	430
49	15.06.2016	2,82	413
50	27.08.2016	0,88	400
51	11.11.2016	2,46	410
52	09.12.2016	4,26	421
53	09.02.2017	1,86	362
54	16.03.2017	16,8	467
55	26.06.2017	8,58	360
56	17.08.2017	1	367
57	19.10.2017	1,05	387
58	08.12.2017	2,41	390
59	18.01.2018	2,08	364
60	15.03.2018	66,6	327
61	22.06.2018	8,14	292
62	19.07.2018	9,46	292
63	18.10.2018	1,7	368
64	06.12.2018	2,65	369

Додаток В

Таблиця В.1.

Результати визначень проб поверхневих вод р.Прут – м. Коломия, створ 0,5 км вище

№	дата	Q	M	Mg	Cl	SO4	HCO3	Na+K	Ca
1	26.03.2008	35,3	396,7	2,9	20,6	27,2	240	70,7	35,3
2	26.06.2008	58,7	346	5,4	8,5	18,3	225,8	56	32,9
3	02.10.2008	5,76	393,2	6,8	15,4	23,5	245,9	67,9	33,7
4	10.12.2008	5,16	432,1	9,2	45	35,9	227	76,5	38,5
5	19.02.2009	4,32	464,2	8,8	48,5	32,3	250,7	75,8	48,1
6	09.04.2009	39,1	301,6	3,9	6,5	14,1	199	47,6	30,5
7	13.08.2009	3,78	325,4	3,9	7,9	15,8	218,8	32,5	46,5
8	19.03.2010	3,24	526,9	8,3	91,9	34,7	240,5	99,4	52,1
9	17.06.2010	6,66	369,4	4,9	34,4	27,2	203,9	47	52,1
10	15.10.2010	3,06	429,2	3,9	53,8	29,4	220,6	64,6	56,9
11	08.12.2010	7,86	363,2	4,4	32,9	26	200	60,7	39,3
12	10.06.2011	7,92	408,7	4,9	46,1	33,6	209,7	68,9	45,7
13	14.10.2011	6,38	412,3	5,8	63,7	22,3	204,8	64,5	52,1
14	16.12.2011	10,3	452,1	6,8	78,3	34,9	202,3	79,3	50,5
15	23.03.2012	22,8	334,1	3,4	28,1	30,6	178,3	60,8	32,9
16	22.08.2012	3,36	459,01	6,8	75,2	33,5	211,8	86,2	45,7
17	12.10.2012	3,67	509,4	5,8	97,5	23,9	227,3	125,3	29,7
18	14.12.2012	3,67	630,3	7,8	133,4	35,8	264,6	123,1	65,7
19	09.09.2013	5,66	458	5,8	47,1	32,6	244	86,2	41,7
20	09.12.2013	1,38	537	7,3	88,7	28	259	94,3	59,3
21	20.03.2014	5,42	471	9,2	67,2	31,9	234	83,7	45,7
22	29.05.2014	30,4	459	6,8	58,1	23,7	240	78,4	48,9
23	05.09.2014	9,31	457	5,8	51,7	27,5	244	81,9	45,7
24	05.12.2014	2,96	548	7,3	90	28,7	265	98	59,3
25	13.03.2015	7,34	518	7,3	72,1	22,4	270	97,1	48,1
26	10.07.2015	6,96	523	7,3	54,2	37,3	278	104,4	41,7
27	23.10.2015	12	527	5,4	67,8	23,2	280	101,4	49,7
28	04.12.2015	9,31	493	7,8	58,8	21,9	269	91	44,1
29	24.03.2016	7,34	461	7,3	47,4	24,1	256	86	40,1
30	15.06.2016	13,3	440	12,2	32,3	26,1	260	77,8	32,1
31	15.09.2016	3,84	533	7,8	88,3	27,7	255	109,3	44,9
32	11.11.2016	26,9	355	4,4	24,6	26,5	203	61,4	35,3
33	16.03.2017	8,88	435	7,8	15,6	25,1	273	89,8	24,1
34	02.06.2017	18,2	336	5,35	23	13,6	207	48	39,3
35	21.09.2017	4,99	475	11,2	91,4	20,7	220	87,2	44,1
36	08.12.2017	6,96	416	6,3	50,7	27,3	217	68,8	45,7

37	15.03.2018	75,7	334	5,11	13,8	19,7	208	58,8	28,9
38	22.06.2018	16,8	328	3,65	24,6	17	194	51,2	37,7
39	20.09.2018	8,1	396	5,84	38,2	20,2	226	58	48,1
40	06.12.2018	37,7	328	15,1	14	23,3	210	21,9	44,1

Таблиця В.2.

**Результати визначень проб поверхневих вод р.Прут – м. Коломия, створ 0,5 км
нижче**

№	дата	Q	M	Mg	Cl	SO4	HCO3	Na+K	Ca
1	26.03.2008	35,3	366,3	3,4	21,5	25,4	214,7	67,6	33,7
2	26.06.2008	58,7	356,7	4,9	9,9	21	228,8	53,6	38,5
3	02.10.2008	5,76	449,4	10,2	44,4	33,9	246,3	56,9	57,7
4	10.12.2008	5,16	420	6,8	43,4	34,1	220,9	73,9	40,9
5	19.02.2009	4,32	469,4	9,7	47,7	31,4	257	76,3	47,3
6	09.04.2009	39,1	305,7	4,4	5,7	15	202,3	47,8	30,5
7	13.08.2009	3,78	343	5,8	9,5	18,6	225	33,6	50,5
8	19.03.2010	3,24	527,6	7,3	89,3	32,9	245,8	97,8	54,5
9	17.06.2010	6,66	373,6	5,4	34,8	27,2	206,8	47,4	52,1
10	15.10.2010	3,06	440,3	4,9	53,8	29,4	229	67,1	56,1
11	08.12.2010	7,86	368,9	5,4	34,4	26	202,8	62,8	37,7
12	10.06.2011	7,92	413,4	4,4	46,1	36,5	209,7	70,4	46,5
13	14.10.2011	6,38	410,3	4,9	64,6	22,3	201,8	63,8	52,9
14	16.12.2011	10,3	458,9	6,8	79,5	36,9	205,3	79,5	36,9
15	23.03.2012	22,8	341,8	2,9	29,2	31,5	181,3	63,3	33,7
16	22.08.2012	3,36	450,9	6,3	73,4	32,5	208,8	84,2	45,7
17	12.10.2012	3,67	465,3	3,4	67,4	23,9	230,2	113,2	27,3
18	14.12.2012	3,67	635,3	7,8	136,9	37,7	264,7	126,3	64,9
19	09.09.2013	5,66	449	5,4	46,2	30,7	241	81,4	44,1
20	09.12.2013	1,38	537	7,8	87,8	29,8	268,5	98,4	58,5
21	20.03.2014	5,42	461	8,3	67,2	30,1	228	83,3	44,9
22	29.05.2014	30,4	458	6,8	58,1	29	237	78,1	48,9
23	05.09.2014	9,31	456	4,9	52,5	27,5	242	82,3	46,5
24	05.12.2014	2,96	561	7,8	90,9	30,6	271	102	58,5
25	13.03.2015	7,34	529	7,3	72,1	24,5	276	100,6	48,9
26	10.07.2015	6,96	536	7,3	55,9	38,4	284	108,6	41,7
27	23.10.2015	12	539	5,4	68,6	24,3	286	105,1	49,7
28	04.12.2015	9,31	499	6,3	58,8	21,9	272	95,2	44,9
29	24.03.2016	7,34	464	7,3	46,5	24,1	259	85,6	40,9
30	15.06.2016	13,3	447	11,7	31,4	26,1	266	79,5	32,9
31	15.09.2016	3,84	533	7,5	86,5	26,8	244	103,4	44,9
32	11.11.2016	26,9	362	3,9	23,7	26,5	209	65	34,5
33	16.03.2017	8,88	490	6,8	44,3	25,1	278	104	32,1
34	02.06.2017	18,2	335	5,35	23,9	14,4	204	47,8	39,3
35	21.09.2017	4,99	471	10,2	91,4	21,5	216	86,2	45,7
36	08.12.2017	6,96	415	6,3	50,1	30,1	214	68,5	45,7
37	15.03.2018	75,7	338	5,11	14,7	19,7	210	60	28,9
38	22.06.2018	16,8	325	4,13	23,7	17	193	49	37,7
39	20.09.2018	8,1	395	6,08	39,1	21	223	58,5	47,3
40	06.12.2018	37,7	332	16,1	14	23,3	213	24,2	41,7

Додаток Г

Таблиця Г.1.

Результати визначень проб поверхневих вод р.Чорний Черемош – смт. Верховина, створ 1,1 км вище

№	дата	Q	M	Mg	Cl	SO4	HCO3	Na+K	Ca
1	26.03.2008	31,3	346,2	4,9	6,5	22,7	224,5	43,5	44,1
2	26.06.2008	55,5	326,7	5,4	5,1	13,7	219,7	54,7	28,1
3	06.10.2008	15,8	310	6,3	5,3	16,5	206,5	40,9	34,5
4	10.12.2008	22,2	308,2	6,3	5,2	18,9	202,6	41,5	33,7
5	20.02.2009	11,7	323	8,3	5,8	17,1	217	33,9	40,9
6	09.04.2009	36,8	334,5	6,3	14,7	18,8	208,6	59,6	26,5
7	13.08.2009	3,72	334,1	5,8	15,9	20,5	206,5	48,5	36,9
8	25.12.2009	11,2	300,2	3,9	5,6	16,5	198,3	35,8	40,1
9	31.03.2010	19,7	305,2	3,4	5,3	14,6	202,1	50,1	29,7
10	17.06.2010	28,5	302,6	2,9	5,1	14,6	201	44,5	34,5
11	15.10.2010	11,7	317,6	4,9	5,4	15,7	212,1	41,9	37,7
12	08.12.2010	13,8	296,5	2,4	5,4	13,9	197,2	39,9	37,7
13	17.02.2011	11,5	303	4,4	5,1	14,6	204,4	28	46,5
14	23.05.2011	15,4	285,6	2,9	5,1	15,9	186,7	45,3	29,7
15	14.10.2011	9,15	298,6	3,9	5	19,4	194,2	39,2	36,9
16	22.12.2011	11,5	287,3	4,4	6,5	17,5	188,4	38,6	33,7
17	23.03.2012	35,8	267,1	4,9	5,3	14,3	176,8	34,6	31,3
18	22.08.2012	5	289,7	5,8	5,2	22,9	184,9	36,4	34,5
19	12.10.2012	4,3	331,4	5,8	6,2	14,7	218,7	71,6	14,4
20	15.11.2012	8,2	337,4	10,2	6,2	23,4	220,2	43,7	33,7
21	14.03.2013	29,5	309	6,8	5,2	16,9	205	40,9	32,9
22	14.06.2013	27,5	283	5,4	5	16,6	186	39,2	30,5
23	30.09.2013	12,6	322	5,8	5,8	16,7	213	50	30,5
24	09.12.2013	7,5	355	5,8	8,5	14	238	47,8	40,9
25	20.03.2014	11,3	385	9,2	6,9	27,4	210	39	37,7
26	29.05.2014	19,1	342	4,9	6,1	29	213	57,7	31,3
27	05.09.2014	9,5	350	5,4	5,3	25,7	224	54,9	34,5
28	05.12.2014	6	374	5,8	9,2	17,2	247	53,8	40,9
29	13.03.2015	5,75	406	6,3	5,3	24,5	267	62	40,9
30	19.06.2015	19,1	362	5,4	6,2	23,5	235	49,9	41,7
31	23.10.2015	12,3	376	6,3	5,1	26,4	243	57,9	36,9
32	04.12.2015	10,1	406	5,4	8,1	18,3	269	72,3	33,7
33	24.03.2016	8,25	371	5,8	5,3	18,1	248	60,7	33,7
34	15.06.2016	11,9	330	5,8	5	19,3	218	48,7	33,7
35	15.09.2016	6,12	417	6,3	7,9	30,6	264	71,7	36,1
36	11.11.2016	14,7	356	4,9	5,3	24,6	228	64,9	28,1
37	16.03.2017	10,5	381	5,4	8,7	25,1	243	60,8	37,7
38	02.06.2017	16,3	353	5,35	6,2	19,3	232	57,5	32,9
39	19.10.2017	7,72	365	5,11	9	24,8	232	56,2	38,1
40	08.12.2017	8,7	351	7,3	6,2	15,1	237	48,5	36,9
41	22.02.2018	9,05	290	7,05	7,8	16,7	191	25	42,5
42	31.05.2018	8,35	293	5,59	8,8	20	185	42,8	30,5

43	19.07.2018	11,5	299	5,84	7	26,5	185	44	30,9
44	15.11.2018	7,16	364	5,59	4,5	27	234	57,5	35,3

Таблиця Г.2.

Результати визначень проб поверхневих вод р.Чорний Черемош – смт.

Верховина, створ 0,5 км нижче

№	дата	Q	M	Mg	Cl	SO4	HCO3	Na+K	Ca
1	26.03.2008	31,3	351	4,9	6,6	18,1	233,8	42,7	44,9
2	26.06.2008	55,5	320,9	3,4	5,1	14,6	213,6	53,7	30,5
3	06.10.2008	15,8	312	5,8	5,1	14,8	209,6	42,2	34,5
4	10.12.2008	22,2	317,3	5,4	5,1	16,2	211,6	43,7	35,3
5	20.02.2009	11,7	317,2	6,8	5,8	18,1	210,8	34,8	40,9
6	09.04.2009	36,8	329,9	5,4	13,9	18,8	205,5	59,8	26,5
7	13.08.2009	3,72	345,6	5,4	17,5	23,3	209,6	51,3	38,5
8	25.12.2009	11,2	300,5	4,9	5,2	14,7	201,4	35,8	38,5
9	31.03.2010	19,7	302,5	1,9	5,1	14,6	199,5	50,9	30,5
10	17.06.2010	28,5	316,5	7,3	6,1	17,5	212,6	22,5	50,5
11	15.10.2010	11,7	326,5	4,4	5,7	15,7	217,8	44,4	38,5
12	08.12.2010	13,8	300,3	2,9	5,8	13,9	200	39,3	38,5
13	17.02.2011	11,5	312,5	3,4	5,3	14,6	210,5	30,6	48,1
14	23.05.2011	15,4	292,2	2,9	5,2	17,9	189,7	42,8	33,7
15	14.10.2011	9,15	298,5	4,9	5	18,4	195,7	38,3	36,1
16	22.12.2011	11,5	284,7	4,9	5,8	13,6	189,9	36,9	33,7
17	23.03.2012	35,8	265,7	4,4	6	15,3	173,8	33,4	32,9
18	22.08.2012	5	284,2	5,8	5,2	22	181,9	35,6	33,7
19	12.10.2012	4,3	335,4	5,8	5,3	15,6	221,5	72,6	14,4
20	15.11.2012	8,2	342,5	9,2	6,2	23,4	223,1	46,9	33,7
21	14.03.2013	29,5	318	6,3	5	15,9	212	45,8	32,1
22	14.06.2013	27,5	280	5,4	5	16,6	184	38,7	30,5
23	30.09.2012	12,6	317	6,3	5,8	16,7	210	48,7	29,7
24	09.12.2013	7,5	355	5,8	9,4	15,8	235	47,1	41,7
25	20.03.2014	11,3	385	6,3	6	28,3	246	63,8	34,5
26	29.05.2014	19,1	354	4,9	7,8	30,9	219	53,3	38,5
27	05.09.2014	9,5	354	4,4	5,3	25,7	227	55,1	36,9
28	05.12.2014	6	382	6,3	9,7	19,1	250	55,4	40,9
29	13.03.2015	5,75	416	6,8	5,3	23,5	276	64	40,9
30	19.06.2015	19,1	358	5,4	5,3	24,6	232	47,6	42,5
31	23.10.2015	12,3	380	5,4	5,1	26,4	246	58,1	37,7
32	04.12.2015	10,1	415	5,4	8,1	18,3	275	74,8	33,7
33	24.03.2016	8,25	376	6,3	5,3	18,9	251	61,3	33,7
34	15.06.2016	11,9	385	5,8	5	19,3	257	64,7	33,7
35	15.09.2016	6,12	406	5,8	7,9	31,5	255	69,6	36,1
36	11.11.2016	14,7	361	4,9	5,3	25,5	231	66,6	28,1
37	16.03.2017	10,5	388	5,4	8,7	25,1	248	62,7	37,7
38	02.06.2017	16,3	355	5,35	6,2	23,3	229	58,2	32,9
39	19.10.2017	7,72	365	5,11	9	24,8	232	56,2	38,1
40	08.12.2017	8,7	347	6,6	6,2	15,1	234	48,2	37,3

41	22.02.2018	9,05	288	7,3	7,8	18,5	188	24,2	42,5
42	31.05.2018	8,35	286	4,62	8,8	19,2	180	43,5	29,7
43	19.07.2018	11,5	296	5,11	7	26,5	182	43,8	31,3
44	15.11.2018	7,16	368	5,59	5,3	27	236	57,8	36,1