## Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Географічний факультет

**Аксьом Сергій Дмитрович**

*УДК 556.114:(551.448:546.226)](477)*

**Оцінка впливу сульфатного карсту**

**на хімічний склад природних вод**

**(на прикладі південної частини**

**Західно-Української лісостепової провінції)**

спеціальність 11.00.07 - гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія

**автореферат**

дисертація на здобуття наукового ступеня

кандидата географічних наук

Київ – 2002

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі гідрології та гідрохімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка

**Науковий керівник**: доктор географічних наук,

професор ***Хільчевський Валентин Кирилович***

завідувач кафедри гідрології та гідрохімії географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка

**Офіційні опоненти**: доктор географічних наук,

професор ***Мольчак Ярослав Олександрович***

завідувач кафедри екології і безпеки життєдіяльності

Луцького державного технічного університету,

кандидат географічних наук,

***Яцюк Михайло Васильович***

начальник відділу перспективного розвитку і використання вод­них ресурсів Держводгоспу України

**Провідна установа**: Одеський державний екологічний університет Міністерства освіти і науки України

Захист відбудеться “ ***31*** “ ***травня 2002*** р. о ***1400*** годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22 Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 03022, м.Київ-22, вул.Васильківська, 90, географічний факультет.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 01033, м.Київ, вул.Володимир­ська, 64.

Автореферат розісланий “ ***17*** “ ***квітня 2002*** р.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вчений секретар  спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22  кандидат географічних наук | msotw9_temp0 | В.В.Гребінь |

**Загальна характеристика роботи**

***Актуальність теми***. Комплексний розвиток народного господарства вимагає всебічного вивчення та врахування місцевих природних умов. Особливо це відноситься до вивчення карсту - процесу, який істотно впливає на ландшафтні особливості території, її рельєф, стік, підземні та поверхневі води, водний та хімічний стік тощо. Карстові процеси та форми, що виникають при цьому, справляють істотний вплив на господарську діяльність людини - водопостачання, будівництво, освоєння сільськогосподарських угідь. В Україні карстовими процесами охоплено понад 35% території. Зокрема, у західних областях карстом в сульфатних та карбонатних породах силурійського, девонського, верхньокрейдового і неогенового віку охоплено близько 28000 км2 площі.

Завдяки хорошій розчинності та високій швидкості розчинення, сульфати домінують у природних водах районів розвитку гіпсового карсту. Гідрохімічні дослідження карстових та суміжних водоносних горизонтів висвітлюють особливості водопровідних шляхів та поведінку природних вод у системі. Оцінка розчинюючої здатності вод, що ґрунтується на представницьких гідрохімічних даних, обов’язкова для перевірки спелеогенетичних концепцій, моделювання та прогнозу розвитку карсту. Найважливішою є визначення сучасної швидкості розчинення гіпсів.

Швидкість розчинення гіпсів, визначена з рівняння балансу мас, дає лише інтегровані, осереднені для всього басейну значення, чого недостатньо для детального аналізу внаслідок великої просторової та часової нерівномірності інтенсивності розчинення у карстових системах. З цієї точки зору особливу цінність мають результати польових експериментів з натурного моделювання розчинення гіпсів, що були проведені в регіонах Західної України протягом ряду років. Одержані результати характеризують різні умови розвитку карсту, різні компоненти потоку, різні умови взаємодії води з породами, що уможливлює регіональні узагальнення та виконання оцінки впливу карсту на стік хімічних речовин з водами верхньої частини басейну Дністра.

Робота виконана на кафедрі гідрології та гідрохімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка. У роботі використані дані, одержані в результаті проведення досліджень у рамках науково-дослідних тем Інституту геологічних наук НАН України і Дослідного підприємства ІГН, а також програм Наукової Ради НАН України з проб­леми "Гідрогеологія і інженерна геологія" та Комісії по гідрогеології карсту і спелеогенезу Міжнародного спелеологічного Союзу.

***Мета та задачі досліджень*.** У задачі досліджень входило: узагальнення та систематизація існуючої інформації щодо умов взаємодії і методів термодинамічних розрахунків системи "вода – сульфатні породи"; розробка та удосконалення комплексу експериментальних натурних методів вивчення інтенсивності карстового процесу в сульфатних породах; розробка комп'ютерної програми розрахунку індексу сульфатної насиченості природних вод; створення комп’ютерної бази гідрохімічної та еколого-карстологічної інформації; натурне моделювання розчинення сульфатних порід у різних умовах взаємодії системи "вода-порода"; оцінка впливу карсту на водний та хімічний стік річок верхньої частини басейну р.Дністер.

***Наукова новизна роботи***.

* Удосконалений та адаптований стосовно умов розвитку сульфатного карсту Західної України комплекс натурних досліджень інтенсивності розвитку карсту в сульфатних породах, що складається з модифікованого в “сульфатному” варіанті методу стандартних зразків та розрахунку індексу сульфатної насиченості природних вод на основі дослідження їх хімічного складу.
* Встановлені закономірності та величина інтенсивності розчинення сульфатних порід у різних умовах взаємодії води з породою.
* Створена автоматизована комп’ютерна геоінформаційна база "Гіпсовий карст Західної України", що містить фактографічну та картографічну інформацію. Комп’ютерна база, завдяки використанню сучасних ГІС-технологій, дозволяє швидко й ефективно аналізувати гідрохімічну, карстологічну, гідролого-гідрогеологічну і гідроекологічну інформацію та будувати карти, що наочно відбивають результати цього аналізу.
* Оцінений вплив сульфатного карсту на водний стік та стік хімічних речовин річок верхньої частини басейну Дністра.

***Практичне значення одержаних результатів***. Розроблена комплексна методика оцінки інтенсивності розвитку карсту в сульфатних породах, яка відрізняється від існуючих швидкістю та достовірністю отримання даних польових спостережень і обробки їх результатів, низькою вартістю робіт. Завдяки цим перевагам методика може бути застосована для наукових досліджень та для оперативного вирішення широкого кола завдань гідроекології та техногенної безпеки: прогнозування зон розвитку потенційно екологічно небезпечних сучасних карстових процесів, вибору ділянок природно-господарського та оптимізації наукового моніторингу, розробки природоохоронних заходів тощо.

Матеріали досліджень по темі дисертації та розроблена методика використані при організації та проведенні регіонального моніторингу природного середовища (Львівська експедиція ВГО "Північукргеологія"), у здійсненні оперативного контролю за зміною гідрогеологічних умов і розробці заходів протикарстового захисту при експлуатації Язівського сірчаного родовища (ВНДіПІСірка, Яворівськое ВО "Сірка"), в обґрунтуванні геофільтраційної математичної моделі Яворівського родовища (Київська тематична експедиція КГУ "Укргеологія"), у режимних дослідженнях інтенсивності сульфатного карсту, які проводилися університетом Альмерії (Іспанія), у розробці проекту Європейського Співтовариства з оцінки провальної небезпеки районів гіпсового карсту, а також в 11 звітах по госпдоговірній тематиці ДП ІГН НАН України.

***Особистий внесок автора***. Дослідження входили складовою частиною до багаторічної різнопланової програми вивчення карсту і печер заходу України. Автор брав участь у всіх експедиційних дослідженнях, матеріали яких використані в роботі. Автору в цих роботах належить огляд і аналіз матеріалів по гідрології, гідрогеології та гідрохімії сульфатного карсту. Автор брав участь у розробці комплексної методики досліджень інтенсивності розчинення гіпсів, розробці методики інтерпретації хімічного складу природних вод, розробці автоматизованої комп’ютерної геоінформаційної бази даних, виконував аналіз впливу карсту на водний та іонний стік річок верхньої частини басейну Дністра. При вирішенні науково-методичних задач автор спирався на наукові концепції та ідеї В.М.Дублянського, А.Б.Клімчука, Ю.І.Шутова, В.М.Андрійчука та ін.

***Апробація основних положень дисертації***: Результати досліджень по темі дисертації доповідалися на III-му (Алушта, 1982) і V-му (Київ, 1987) Всесоюзних карстово-спелеологічних нарадах, Всесоюзній науково-технічній нараді “Методика вивчення печер" (Перм, 1985), I-му Всесоюзному з'їзді гідрогеологів, інженерів-геологів та геокріологів (Київ, 1988), 10-му Міжнародному спелеологічному конгресі (Будапешт, 1989), Всеукраїнській науковій конференції “Ландшафт як інтегруюча концепція ХХІ сторіччя” (Київ, 1999), І Всеукраїнській науковій конференції “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” (Київ, 2001).

***Публікації***: За темою дисертації автором опубліковано 16 праць (1 препринт, 7 статей, з яких 4 – у виданнях, рекомендованих ВАК України, 8 тез доповідей).

***Структура і обсяг роботи***. Дисертація складається з вступу, п’яти розділів і висновків, викладених на 183 сторінках. Робота містить 42 рисунки та 37 таблиць, список літератури з 157 найменувань.

Автор щиро вдячний за багаторічне творче співробітництво колегам - геологам, гідрогеологам, карстологам, спелеологам, а також усім тим, хто наданням фактичним матеріалів, своїми порадами і критичними зауваженнями сприяв виконанню цієї праці. Велику подяку автор висловлює А.Б.Клімчуку за багаторічну плідну співпрацю та допомогу.

**Зміст роботи**

У ***вступі*** охарактеризований стан проблеми, мета та задачі роботи.

В ***першому розділі***висвітлюється історія та сучасний стан вивчення проблеми.

Дослідженню процесів розчинення та рів­новаги в системі "тверда речовина – розчин" присвячений ряд досліджень та публікацій. Різнобічні наукові та прикладні аспекти цієї проблеми знайшли відображення в працях А.М.Кузнєцова, Г.Г.Сквор­цова, Д.П.Про­чухана, В.Г.Науменко, А.Е.Орадовської та інших, які виконали ряд експериментальних (лабораторних та натурних) досліджень швидкості розчинення сульфатних порід, впливу форми та розмірів шляхів фільтрації на швидкість розчинення гіпсу, довжини шляху насичення вод сульфатом кальцію, впливу тиску та температури на розчинність гіпсу тощо. У зв'язку з вивченням карсту ці проблеми висвітлювалися в ряді детальних оглядів, серед яких варто відзначити роботи Ф.Ф.Лаптєва, Д.С.Со­колова, А.А.Туришева, В.П.Звєрєва, К.А.Горбунової, А.Б.Клімчука та інших. Значні узагальнюючі роботи останнього часу виконані зарубіжними вченими В.Б.Вайтом, Д.Фордом, П.Вільямсом, Ж.Хорді.

Ряд вчених (Т.Віглі, А.Г.Кочарян, А.Л.Лебедєв, А.В.Лєхов та інші) розглядали термодинамічні аспекти рівноваги системи “порода – вода” та запропонували різноманітні номограми для розрахунку ступеню насиченості природних вод сульфатом та карбонатом кальцію.

Важливим кроком у дослідженні кардинальних проблем генезису та еволюції карстових форм і виконанні конкретних гідролого-екологічних оцінок є вивчення інтенсивності розчинення порід, яке визначається розрахунковими гідролого-гідрохімічними методами (оцінка іонного стоку, карстової денудації тощо), що дає інтегральну для всієї водоносної системи характеристику процесів розчинення. Значно більш актуальною є диференціальна характеристика процесу розчинення по різних елементах водоносної системи, складових підземного стоку, обстановках взаємодії води з породою тощо. Для одержання такої характеристики І.Гамсом розроблений метод стандартних зразків, який у "сульфатному" варіанті був модифікований групою під керівництвом А.Б.Клімчука в Інституті геологічних наук НАН України і використаний у багаторічних режимних дослідженнях активності гіпсового карсту в західних областях України.

Обґрунтуванню комплексної методики натурного моделювання інтенсивності розчинення сульфатних порід присвячений ***другий розділ*** роботи.

Підземні води являють собою складну фізико-хімічну систему, що знаходиться в тісному взаємозв'язку та рівновазі з іншими фазами земної кори. Одним з основних процесів, що визначають та регулюють формування хімічного складу природних вод, вилуговування водорозчинних порід та мінералоутворення, є взаємодія природних вод з гірськими породами, тому оцінка рівноваги в системі "порода-вода", напрямку та ступеню її відхилення від стану рівноваги є найважливішою складовою карстологічних досліджень. Така оцінка дозволяє одержати інформацію про еволюцію вод у карстовій системі від початкового ("вхідного") до кінцевого ("ви­хідного") стану, про напрямок та інтенсивність процесів розчинення / кристалізації в конкретних елементах системи. Ця інформація особливо важлива для вирішення завдань геодинаміки карсту, виявлення умов та ступеню техногенної активізації карстового процесу.

Наявність чи відсутність рівноваги в системі "порода-вода" встановлюється шляхом розрахунку добутку активностей іонів, що знаходяться у розчині та цікавлять нас, і порівняння його з термодинамічною константою рівноваги реакції розчинення солі. Ступінь відхилення розчину від стану рівноваги, тобто ступінь його агресивності (недонасичення) чи перенасичення по відношенню до будь-якого мінералу виражається індексом насичення (***Si*** - Saturation іndex, ***Sig*** – для гіпсу) - безрозмірним показником, запропонованим Лангмюйром. Для розчину, що знаходиться у рівновазі, індекс насичення має значення 0, для агресивних вод має негативні значення, для перенасичених вод - позитивні.

Важливим параметром, що бере участь у розрахунках процесу розчинення, є термодинамічна константа рівноваги, яка визначає стан в системі "порода-вода". Наведені в літературі величини константи рівноваги реакції розчинення гіпсу значною мірою відрізняються між собою; різні також і температурні залежності. Константи зазвичай наведені для температури 293,15 оК (25 ˚С), тоді як природні води карстових районів найчастіше мають температуру 5‑15 ˚С. Існуючі розбіжності в цьому ілюструє графік (рис.1).

Очевидна розбіжність величин констант рівноваги реакцій розчинення гіпсу й ангідриту є однією з основних причин невизначеності оцінок ступеню насиченості природних вод по відношенню до сульфатних мінералів. Фактично, численні розрахунки та оцінки, виконані для різних районів гіпсового карсту колишнього СРСР, є неспівставними і потребують перегляду. Практична важливість проблеми потребує удосконалення методики, уточнення та уніфікації розрахункових схем та вихідних термодинамічних параметрів, створення комп'ютерних програм для масових розрахунків.

Це спонукало автора виконати термодинамічні розрахунки для уточнення температурних залежностей констант рівноваги для гіпсу та ангідриту в інтервалі температур, звичайних для природних вод районів розвитку сульфатного карсту.

Завдяки проведеним розрахункам були одержані температурні залежності констант рівноваги та негативних логарифмів констант рівноваги (***K*** і ***pK***) для гіпсу та ангідриту при температурах від 0 до 50 ˚C. Для зручності використання одержані результати апроксимовані залежностями:

|  |  |
| --- | --- |
| для гіпсу: | ***K = (2,160 + 2,59 • 10-2 • t – 5,62 • 10-4 • t2)\*10-5;*** |
| ***pK = 4,667 - 5,197 • 10-3 • t + 1,133•10-4 • t2 ;*** |
| для ангідриту: | ***K = (6,057 - 0,102 • t + 3,621 • 10-4 • t2)\*10-5;*** |
| ***pK = 4,223 + 6,068 • 10-3 • t + 8,430 • 10-5 • t2,*** |

де ***t*** - температура (˚C).

Однієї з актуальних проблем вивчення карсту є кількісна оцінка його активності. Хоча карстовий процес і не зводиться виключно до розчинення порід, основним характеристичним показником його активності варто вважати усе ж інтенсивність розчинення порід як процесу головного і такого, що найбільшою мірою визначає всі інші наслідки.

Застосування методу стандартних зразків для вивчення процесу розчинення гіпсів значно більш перспективне, ніж для вапняків, завдяки вищій інтенсивності, динамічності і просторовій нерівномірності розчинення гіпсів. Це робить можливими і навіть необхідним короткоперіодичні виміри, що дозволяє реально вивчати динаміку процесу розчинення в залежності від зовнішніх чинників, що змінюються.

Проведені роботи були орієнтовані на вивчення відмінностей інтенсивності та динаміки розчинення сульфатних порід у залежності від умов впливу активного чинника. У зв'язку з цим зразки були стандартизовані за літолого-текстурни­ми особливостями; спостережні станції були організовані в типових обстановках взаємодії води з породою. Опробування природних вод виконувалося паралельно з іншими дослідженнями і було спрямоване на характеристику гідрохімічних особливостей водоносного горизонту.

Запропонована методика дослідження та натурного моделювання інтенсивності розчинення сульфатних порід була реалізована у ході дослідження сульфатного карсту Західних областей України протягом 1982-1993 років.

Інформація, накопичена щодо території Подільського Придністров'я - числова і символьна інформація: дані про свердловини, джерела, результати гідрохімічних дослід­жень та спостережень на станціях по вивченню інтенсивності розчинення та інші, а також різноманітний картографічний матеріал (векторні і растрові карти, схеми тощо), послужила основою для створення комп'ютерної геоінформаційної системи "*Гіпсовий карст Західної України*". Введені до бази дані координатно прив'язані до топографічної основи, що дозволяє із застосуванням ГІС-технологій швидко й ефективно аналізувати різнопланову гідрологічну, карстологічну, гідрогеологічну, гідрохімічну і гідроекологічну інформацію та будувати карти, що наочно відбивають результати цього аналізу.

У ***третьому розділі*** коротко охарактеризовані особливості природних умов району розвитку сульфатного карсту (фізико-географічні, кліматичні, геолого-тектонічні, гідрогеологічні, гідрологічні).

Ділянки досліджень знаходяться на території, розташованій на західних схилах Розточчя та у південній частині Подільської височини, що належать до Ростоцько-Опільської горбогірної, Західно-Подільської та Прут-Дністровської височинних областей Західно-Української лісостепової фізико-географічної провінції.

У формуванні клімату велику роль відіграють гідрографія, рельєф, ґрунтовий та рослинний покрив. Зокрема, значно впливають на клімат Карпати, що займають південно-західну частину України. Меншою мірою впливають розташовані східніше Прикарпаття і Волино-Подільська височина. На території досліджень за рік випадає понад 600 мм опадів. Максимум опадів фіксується в липні, іноді в червні (близько 100 мм}, мінімум (30-40 мм) спостерігається в грудні-січні. Розподіл опадів по території району протягом року неоднорідний за кількістю та інтенсивністю випадіння, що певним чином впливає на розвиток карстових процесів. Варто зауважити, що період проведення робіт характеризувався близькими до середніх річними сумами опадів.

Ділянки робіт розташовані у межах південно-західній околиці Східно-Європейсь­кої платформи, вздовж Передкарпатського прогину, в зоні розташування міоценових гіпсо-ангідритових відкладів. Відклади простягаються з північного заходу на південний схід більш ніж на 300 км смугою шириною від одиниць до 40-80 км, займаючи площу понад 20,000 км2.

Міоценова товща охоплює відклади баденського та сарматського віку. До нижньобаденських відкладів, крім гіпсу, відносяться карбонатні та піщанисті відклади потужністю 30-90 м. Гіпсо-ангідритові відклади мають потужність 10-40 м. Шар епігенетичних ратинських вапняків, що залягає над гіпсом, має потужність від 0,5 до 25 м. Гіпс і ратинські вапняки разом складають тираську формацію.

Вздовж кордону платформи міоценові гіпсо-ангідритові відклади залягають на розмитих крейдяних відкладах, представлених теригенними та карбонатними відкладами, переважно мергелями та пісковиками.

Міоценові відклади перекриваються пліоценовими та плейстоценовими пісками та суглинками, що у долинах річок замінюються на піщані відклади..

У гідрогеологічному відношенні регіон представляє собою південно-західну частину Волино-Подільського артезіанського басейну. Сарматські та косівські глини та мергелі складають верхній водотривкий шар. Нижня, піщаниста, частина косівських відкладів та тираські вапняки складають верхній, надгіпсовий, водоносний горизонт. Нижньобаденські піщано-карбонатні відклади, разом з верхньокрейдяними відкладами, формують нижній, підгіпсовий, регіонально розповсюджений напірний водоносний горизонт. "Підгіпсовим" цей горизонт можна назвати умовно, враховуючи його стратиграфічне положення. На площах відсутності гіпсів нижньобаденські відклади перекриваються верхньобаденськими чи безпосередньо четвертинними відкладами, створюючи єдиний водоносний комплекс.

Роль гіпсових відкладів змінювалася протягом часу, від розділового водотривкого шару між двома горизонтами, до карстового водоносного горизонту з добре розвинутою проникністю. Сульфатна товща тираської свити, потужністю від 5 до 40 м, звичайно розглядається у регіональній гідрогеології як шар водотривких порід, що поділяє підгіпсовий та надгіпсовий водоносні горизонти (Д.І,Пересунько, П.В.Цюрюпа, І.І.Алексенко, В.І.Колтун., В.Ф.Полкунов, Т.К.Федорова, С.В.Кушнір та ін.). Більшість дослідників вказують на гідравлічний зв'язок між водоносними горизонтами міоценової товщі лише на ділянках відсутності в розрізі гіпсоангідритів, у так званих "вікнах". Лише декотрі автори (А.Є.Бабинець, І.І.Цапенко, А.М.Гайдін) згадують гіпсову товщу серед водовміщуючих. Деталь­ний аналіз цього питання показав, що характеристика гіпсів як регіонального водотриву і роздільного шару у цілому неправомірна. Тісний гідравлічний зв'язок під- і надгіпсового горизонтів є їх загальною характеристикою. Водотривкі властивості гіпсової товщі виявляються лише на локальних площах, загалом вона тією чи іншою мірою закарстована і характеризується тріщинно-каналовою водопроникністю. Площинна нерівномірність і складна структура закарстованості гіпсів визначає найважливіші особливості водообміну і ряд характерних гідродинамічних та гідрохімічних особливостей міоценового водоносного комплексу (МВК). На закарстованих площах, часто надто просторих, гіпсова товща характеризується в цілому високою, хоча і нерівномірною, тріщинно-каналовою проникністю, що забезпечує як вертикальний, так і латеральний водообмін через гіпси.

Гідрографічна мережа району досить густа. Тут налічується близько 200 річок та струмків. Найбільшою рікою території досліджень є р.Дністер.

Живлення водотоків району відбувається за рахунок атмосферних опадів та підземних вод. Серед останніх певна роль належить пластово-тріщинним карстовим водам.

На території району зафіксована значна кількість періодичних та постійнодіючих карстових джерел. Багато періодично діючих джерел розташовані на схилах річкових долин, балок та карстових суходолів і проявляються під час злив та декілька діб після них, а також під час активного сніготанення.

У ***четвертому розділі*** наведені результати натурного моделювання розчинення сульфатних порід в різних умовах взаємодії системи "вода-порода".

Породи, що карстуються, зазнають впливу атмосферних факторів як на земній поверхні, де вони розчиняються атмосферними опадами, так і під впливом конденсаційних вод у підземних порожнинах. З метою дослідження цих факторів був виконаний комплекс натурних спостережень на земній поверхні та у печерах.

Прямий вплив атмосферних опадів на гіпсові зразки вивчався на станціях “Київ” та “Мілевці”. На станції “Київ” стандартний зразок розташовувався безпосередньо під відкритим небом і на нього впливала навіть незначна кількість опадів; показник інтенсивності розчинення чутливо реагує на зміни кількості опадів. На станції “Мілевці” зразок розташовувався під покривом лісу і був захищений від прямого впливу опадів, результатом чого виявилася значно слабша реакція показника інтенсивності розчинення на сумарну кількість опадів.

Для практичного використання при проведенні карстологічних досліджень була виведена залежність товщини шару розчиненого гіпсу ***D*** (мкм) від кількості опадів ***W*** (мм), що випали за період експозиції стандартного зразка:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| по станції “Київ”: | ***D = 0,429 • W + 1,156,*** | ***R = 0,600***; |
| по станції “Мілевці”: | ***D = 0,065 • W – 0,779,*** | ***R = 0,718***. |

Екстраполяція отриманих закономірностей на ділянки, не охоплені натурними дослідженнями інтенсивності розчинення і забезпечені лише метеорологічними спостереженнями, дозволить оцінити інтенсивність поверхневого розчинення гіпсів для подальших гідролого-гідрохімічних і карстологічних розрахунків.

Для вивчення умов впливу конденсаційної вологи на породу були організовані спостереження на двох станціях у печері Безіменній (Хмельницька обл.) безпосередньо біля входу, та на двох – далеко у глибині печери Оптимістичної (Терно­пільська обл.).

За результатами спостереження за швидкістю розчинення стандартних зразків був виконаний розрахунок кількості конденсаційної вологи, необхідної для розчинення зареєстрованої втрати маси зразка. Для порівняння були використані результати досліджень у печерах на Кайманових островах з постійною температурою 25...26 ˚С і відносною вологістю 95...100%. За результатами розрахунків було виявлено, що в умовах печер західної України на поверхні стін конденсується щодобово близько 0,01-0,04 мм води проти 0,36-0,77 мм/добу – тропічних умовах. Карстові порожнини зазнають впливу конденсаційної корозії переваж­но у вхідних зонах печер, де атмосферні параметри зазнають добових коливань і тісно пов'язані з зовнішнім кліматом. У глибинних частинах печер зі стабільними мікрокліматичними характеристиками інтенсивність розчинення гіпсу значно менша.

Метаморфізм хімічного складу природних вод районів розвитку карсту відбувається як по вертикалі, так і по площі - при рухові вод від області живлення (зони поглинання) до зони розвантаження.

На вході карстова водоносна система одержує атмосферні опади - як безпосередньо в гіпсо-ангідритову товщу (у місцях виходу останньої на денну поверхню або в карстові провальні лійки), так і після проходження крізь товщу покривних відкладів. Для вивчення метаморфізму хімічного складу природних вод у розрізі був виконаний комплекс гідрохімічних досліджень в межах південної частини межиріччя річок Серет та Нічлава на півдні Тернопільської області, де закладені найбільші лабіринтові печери в гіпсах - Оптимістична й Озерна.

Опробуванням були охоплені поверхневі водотоки, джерела, що дренують відклади, які відслонюються по долинах річок та балок. Пункти опробування охоплювали також комплекс умов взаємодії системи "вода–порода": поглинання вод на вході в гіпсо-ангідритову товщу, капіж у печерах, умови водоносного горизонту з вільною поверхнею (підземні озера), розвантаження системи джерелами.

Поверхневі води (водотоки й озера) мають порівняно високу мінералізацію - у середньому (із 22 проб) 0,87 г/дм3. Сульфатна агресивність достатньо висока (***Sig*** = ‑1,279 при варіаціях від –2,012 до –0,857).

Води четвертинних відкладів характеризуються дуже строкатим хімічним скла­дом і значним діапазоном зміни мінералізації - від 0,53 до 1,48 г/дм3 при середніх (із 53 проб) значеннях 0,87 г/дм3. Ці води зберігають високу сульфатну агресивність, що змінюється в діапазоні –0,462...-3,247 при середніх значеннях 1,276.

Потрапляючи в товщу гіпсо-ангідритових відкладів неогену, води починають розчиняти сульфатні відклади із перших метрів руху. Хімічний склад їх змінюється, мінералізація зростає, агресивність істотно падає. Однак води довго (іноді - до виходу з гіпсової товщі) зберігають сульфатну агресивність.

Особливості формування хімічного складу вод і зміни їх агресивності у відкладах тираської світи - ратинських вапняках у північній частині ділянки досліджень, і гіпсо-ангідритах - у південній, залежать від характеру обводнення, а також умов транзиту вод у межах різних тектонічних блоків. На півночі території відклади тираської світи представлені ратинськими вапняками. Мінералізація вод 1,11…1,75 г/дм3. Значний вміст сульфатів (у середньому близько 0,52 г/дм3) свідчить про наявність у товщі ратинських вапняків включень гіпсу.

Мінералізація вод товщі гіпсо-ангідритів змінюється по площі від 1,25 до 2,69 г/дм3 при середніх (із 56 проб) значеннях 2,11 г/дм3. Сульфатна агресивність змінюється в межах –0,578…+0,137 при середніх значеннях ‑0,106. Мінімальним вмістом сульфатів 0,07…0,38 г/дм3 характеризуються води південно-західної, південної і центральної придолинних частин межиріччя Серет-Нічлава, де здійснюється переважно низхідний рух вод завдяки глибокому розчленовуванню масиву і наявності сприятливих умов для дренування неогенових відкладів.

Ступінь обводненості гіпсів і характер руху підземних вод у межах гіпсової товщі розрізняються в різних тектонічних блоках. Це знаходить висвітлення в розходженнях хімічного складу і сульфатної агресивності вод суміжних, але різновисотних завдяки зміщенню по тектонічних порушеннях, блоків. Джерела, що дренують у балці Білячка відносно піднятий блок малообводненої печери Оптимістичної, характеризуються нижчими мінералізацією води та вмістом у ній сульфату кальцію і підвищеними значеннями сульфатної агресивності порівняно з джерелами, що дренують у тій же балці опущений блок більш обводненої печери Озерної.

Локальне зниження мінералізації вод гіпсо-ангідритової товщі з підвищенням сульфатної агресивності відбувається в зонах поглинання поверхневого стоку, а також на ділянках порушення суцільності глинистих надгіпсових відкладів у зонах розвитку провальних процесів і в прибортових частинах масиву за рахунок над­ходження маломінералізованих поверхневих вод і вод четвертинних відкладів.

Води верхньокрейдових відкладів переважно гідрокарбонатно-сульфатні кальцієво-магнієві з мінералізацією 0,50…1,53 г/дм3, що свідчить про надходження високомінералізованих сульфатних кальцієвих вод з залягаючих вище горизонтів.

Води девонських відкладів, мають переважно гідрокарбонатно-сульфатний (місцями чисто карбонатний) кальцієвий або кальцієво-магнієвий склад і мінералізацію біля 0,51…1,70 г/дм3. Локальне збільшення вмісту сульфатів у воді окремих джерел (до 0,80…1,00 г/дм3) свідчить про те, що води гіпсо-ангідритових відкладів досягають значних глибин, де розбавляються більш прісними водами.

У гіпсах Придністровської Подолії дуже поширеною ситуацією взаємодії води з породою є локалізована інфільтрація води з вище розташованих порід, що проявляється у вигляді капежу різної інтенсивності. З ділянками осередкової інфільтрації пов'язане формування вертикальних низхідних каналів, що пронизують гіпсову товщу (камінів). У весняний період, в умовах активного надходження талих вод, мінералізація знижується до 0,51…0,94 г/дм3 при середньому значенні 0,76 г/дм3. У сухий літньо-осінньо-зимовий період мінералізація води досягає 1,09…2,43 г/дм3 при середній 1,97 г/дм3.

Дуже поширеною і найбільш важливими умовами взаємодії води з породою є безпосередній постійний контакт води з гіпсовою товщею (водоносний горизонт). У гіпсових печерах Західної України він розвинутий у нижній частині товщі. Безпосередньо цей горизонт можна спостерігати у вигляді озер у печерах.

Результати спостережень свідчать про значну площинну і вертикальну диференціацію хімічного складу вод та показників інтенсивності розчинення у водах різних печерних блоків, при різній інтенсивності водообміну.

У воді печерних озер зареєстрована вертикальна стратифікація хімічного складу. Вміст сульфатів змінюється від 0,8 г/дм3 на глибині < 5 см до 1,0 г/дм3 на глибині 10-15 см та 1,4 - г/дм3 на глибині > 15 см. Зменшується сульфатна агресивність вод та показник інтенсивності розчинення гіпсу (від 6,6 до 1,3 мг/добу/см2).

Чітко виражених тенденцій у сезонній мінливості хімічного складу підземних вод і показника інтенсивності розчинення на цих станціях не відзначено, однак найбільших сезонних змін зазнають води на глибині 10-15 см; приповерхневі і придонні води зазнають менш активних коливань.

Води джерел, що дренують гіпсо-ангідритові відклади блоку печери Озерна, характеризуються мінералізацією до 2,24 г/дм3, вміст сульфатів у водах змінюється від 1,02 до 1,67 г/дм3, індекс насичення змінюється від -0,152 до +0,137.

Води джерел, що дренують блок печери Оптимістична, характеризуються середньою мінералізацією 1,69 г/дм3, вміст сульфатів у водах змінюється від 0,36 до 1,18 г/дм3, індекс насичення змінюється в межах -0,603…-0,025.

Для всіх джерел домінуючим аніоном є сульфат-іон, вміст гідрокарбонат-іонів значно нижчий. Особливо чітко це спостерігається у джерелах, що дренують блок печери Озерної – вміст сульфат-іонів тут у 4-10, а в окремих пробах і більше, разів перевищує вміст гідрокарбонат-іонів при високій загальній мінералізації – до 2,00-2,75 г/дм3.

Річний хід хімічного складу води джерел, що дренують блоки різних печер, свідчить про особливості їх живлення.

Режим хімічного складу джерел, що дренують блок печери Озерної, свідчить про утрудненість його живлення за рахунок надходження атмосферних опадів.

Режим джерел з блоку печери Оптимістичної схожий - простежується зниження вмісту основних іонів при весняному сніготаненні і підвищення його в більш сухий літній період. Ці коливання свідчать про досить високу чутливість вод відкладів до кількості атмосферних опадів. Блок печери Оптимістичної характеризується активнішим водообміном і, як наслідок, води тут менш мінералізовані.

Для вивчення інтенсивності розчинення гіпсових порід в умовах напірного водоносного горизонту у Львівській області були організовані стаціонари на ділянках техногенної зміни природних умов: Миколаївській та Язівській.

Миколаївський стаціонар відповідає умовам напірного водоносного горизонту в гіпсо-ангідритових відкладах зі стабілізованою після періоду різкого техногенного впли­ву й активізації карсту в 1960-1980 рр. гідродинамічною і гідрохімічною обстановкою.

Найменшою мінералізацією (1,16 г/дм3)і, відповідно, найбільшою сульфатною агресивністю (***Sig*** = -0,336) характеризуються води четвер­тинних відкладів, живлення яких здійснюється переважно за рахунок атмосферних опадів, і частково - за рахунок підтоку напірних вод з горизонтів, що залягають нижче.

Води надгіпсових пісковиків та вапняків характеризуються вищою мінералі­зацією (1,46 г/дм3) і меншою сульфатною агресивністю (***Sig*** = ‑0,211).

Для вод гіпсо-ангідритових відкладів характерна максимальна мінералізація (1,59 г/дм3) при мінімальній сульфатній агресивності (***Sig*** = ‑0,125). Води горизонту, так само як і залягаючих вище, сульфатного кальцієвого типу.

Деяке зниження вмісту іонів кальцію і сульфатів і, отже, мінералізації вод, відбувається у весняно-літній період, що обумовлене переважним живленням горизонтів за рахунок атмосферних опадів. У осінньо-зимовий період відбувається підвищення солевмісту вод із зменшенням їх агресивності. Показник інтенсивності розчинення зазнає синхронних змін.

Язівська ділянка відповідає умовам напірного водоносного горизонту в гіпсо-ангідритових відкладах з дуже інтенсивним водообміном. Активна гірничо-видобувна діяльність, що супроводжується водовідливом з кар’є­ру (до 112 тис.м3/добу), викликала порушення природного гідродинамічного та гідрохімічного режиму міоценового водоносного комплексу. Результати такого порушення різноманітні:

* зниження п’єзометричних рівнів напірного водоносного горизонту підгіпсових відкладів з формуванням депресійної лійки значних розмірів (на Язівському сірчаному родовищі напори знижені на 90м; зона впливу кар’єру, за результатами трасування підземних вод, розповсюджується у субширотному напрямку на відстань 5-7 км, у субмеридіональному - на 15-18 км);
* збільшення напірних градієнтів обумовлює значне зростання швидкостей руху підземних вод (за результатами експериментів з трасування підземних вод швидкості руху на Язівському сірчаному родовищі становили 1-1,9 км/добу);
* зміна напрямків руху підземних вод – у зоні впливу кар’єру, завдяки значному зниженню напорів, висхідний рух вод змінюється на низхідний;
* зміна хімічного складу природних вод та активізація карстового процесу.

На території Язівської ділянки розвинутий природно-історичний карст, виражений порожнинами (як відкритими, так і заповненими) висотою 5-7, іноді понад 10 м, у гіпсовій товщі, розкритими при проходці свердловин. Після початку водовідливу з кар'єру утворилася велика депресійна лійка, напори у водоносних горизонтах знизилися, що привело до підтоку маломінералізованих вод із четвертинних і літотамнієвих відкладів.

Вміст сульфатів у водах підгіпсового горизонту літотамнієвих пісків та пісковиків зростає: від 0,02 г/дм3 в області живлення до 0,15-0,3 г/дм3 у зоні транзиту і 0,5-0,7 г/дм3 - у зоні розташування кар’єру. Вміст кальцій-іонів у цьому напрямку також зростає.

Води гіпсо-ангідритових відкладів мають мінералізацію 1,7-2,6 г/дм3 (36 спостережень у свердловинах) за рахунок підвищення вмісту сульфат- і кальцій-іонів - від 0,09 до 1,21 та від 0,09 до 0,5 г/дм3 відповідно. Сульфатна агресивність вод змінюється в межах ‑0,20... +0,05. На виході із системи, в зумпфі Центрального кар'єру, розвантажуються води, насичені і перенасичені сульфатом кальцію (за результатами аналізу 42 проб індекс насичення ***Sig*** змінюється від ‑0,01 до +0,09 при середніх значеннях +0,05). Мінералізація вод коливається від 2,06 до 2,99 г/дм3.

Води надгіпсових вапняків ратинського горизонту мають живлення як латеральне, з боку височин Розточчя, де вони утворюють єдиний водоносний комплекс із підгіпсовими відкладами, так і за рахунок висхідного руху вод із гіпсових відкладів. Мінералізація води цього горизонту, так само як і вміст основних іонів, має дещо підвищені значення в порівнянні з такими для вод підгіпсового горизонту – 0,65-1,05 г/дм3. Вміст сульфат-іонів підвищується за рахунок локального надходження мінералізованих вод сульфатного кальцієвого складу із гіпсо-ангідритових відкладів.

Вміст іонів та інтенсивність розчинення гіпсових порід зазнають сезонних змін - зменшуються навесні та збільшуються в літньо-осінній період.

Спільний аналіз результатів наших досліджень та матеріалів попередніх робіт дозволив оцінити зміни в хімічному складі природних вод, що відбулися в ході техногенних змін гідродинамічного та гідрохімічного режиму на території Язівської та Миколаївської дослідних ділянок.

У природних умовах рух підземних вод напірного міоценового водоносного комплексу здійснювався латерально від області живлення до області розвантаження, розташованої у крайовій зоні Передкарпатського прогину. Вміст сульфатів коливався у межах 0,01-0,98 г/дм3 при середніх значеннях 0,58 г/дм3; загальна мінералізація змінювалась відповідно від 0,15 до 2,92 г/дм3 при середніх значеннях 1,58 г/дм3. Локальне підвищення вмісту сульфатів було наслідком перманентного розчинення гіпсів по зонах тектонічних порушень. Поодинокі аналізи води, відібраної у доексплуатаційний період, зафіксували води підвищеної мінералізації (до 7,5 г/дм3) хлоридного натрієвого складу, що свідчить про живлення водоносного горизонту підгіпсових відкладів за рахунок надходження глибинних високомінералізованих вод.

Рухаючись уверх і контактуючи з гіпсами, води набувають сульфатного кальцієвого складу, мінералізація їх значно зростає. Звертає на себе увагу різке (у декілька разів) перевищення показників інтенсивності розчинення, зафіксованих у водах гіпсової товщі на Язівській ділянці (середні значення *α* = -0,67 мг/добу/см2), порівняно з такими для Миколаївської ділянки (*α* = -0,14 мг/добу/см2) при близькому вмісті у водах сульфат- і кальцій-іонів та індексу сульфатного насичення). Пояснити це явище можна особливостями руху підземних вод на Язівській та Миколаївській ділянках. Експерименти по трасуванню природних вод, що були виконані на цих ділянках, виявили різке розходження у швидкостях руху. Різке підвищення швидкостей руху вод на Язівській ділянці, підтверджене результатами експериментів по трасуванню підземних вод (0,2-1,9 км/добу порівняно з 0,02-0,07 км/добу на Миколаївській ділянці) викликало не тільки розмив запов­нювача карстових порожнин, але і збільшення константи швидкості розчинення гіпсу, що, у свою чергу, обумовило активізацію процесу розчинення порід гіпсо-ангідритової товщі, чим пояснюється значне розходження показників інтенсивності розчинення, зафіксованих у водах гіпсової товщі на цих стаціонарах.

Зведений графік (рис. 2) відображає залежність швидкості розчинення гіпсу від хімічного складу та динамічного режиму природних вод у різних водоносних горизонтах та ситуаціях.

**П’ятий розділ** присвячений оцінці впливу карсту на водний стік та стік хімічних речовин верхньої частини басейну р.Дністер

За величиною стоку розчинених речовин можна оцінити інтенсивність хімічної та механічної ерозії в річковому басейні. У басейні Дністра хімічний склад природних вод, зокрема річкових, формується у різних ґрунтово-геологічних та кліматичних умовах. Це обумовлює як просторові, так і часові особливості формування іонного стоку з цієї території. Закарстовані вапняки та гіпси у басейнах лівих приток Дністра сприяють збагаченню природних вод сульфатами та, як наслідок, підвищенню мінералізації річкових вод.

Важливою проблемою є розрахунок частки підземного стоку, що проходить крізь закарстовану гіпсо-ангідритову товщу, призводячи до розчинення порід, наслідком чого є збільшення об’єму підземних порожнин та утворення провалів.

За розрахункову ділянку було прийнято частину басейну Дністра, обмежену водпостами Самбір та Жванець. Маючи складові частини балансу стоку сульфатів з території (об’єм річкового стоку та хімічний склад природних вод), можна розрахувати частку стоку сульфатів, що формується за рахунок розчинення гіпсів.

Щороку через верхній замикаючий переріз (водпост Самбір). Дністер вносить 33,5 тис.тонн розчиненого сульфату кальцію. Крім того, з атмосферними опадами на площу водозбору між водпостами Самбір та Жванець випадає 37,2 тис.тонн сульфату кальцію. Через нижній розрахунковий переріз (водпост Жва­нець) Дністер виносить 460 тис.тонн сульфату кальцію. Таким чином, із закарстованих сульфатних порід території водозбору, обмеженої водпостами Самбір та Жванець, щороку виноситься 390 тис.тон розчиненого сульфату кальцію, тобто за рахунок розчинення порід гіпсо-ангідритової товщі у басейні Дністра вище водпоста Жванець формується 85% стоку сульфатів кальцію. Враховуючи ту обставину, що розчинення гіпсів відбувається, переважно, по тріщинах гірських порід, можна вважати, що об’єм підземних порожнин щороку збільшується на 210 тис.м3.

Завдяки багаторічним польовим дослідженням, виконаним у найдовших гіпсових печерах світу (Оптимістична, Озерна, Попелюшка), досліджений хімічний склад підземних вод, приурочених безпосередньо до сульфатних порід. Встановлено, що у товщі гіпсо-ангідритових відкладів мінералізація підземних вод за рахунок розчинення сульфату кальцію збільшується пересічно на 1,56 г/дм3.

Таким чином, для переведення в розчинений стан зазначеної вище кількості сульфату кальцію, крізь товщу гіпсо-ангідритових відкладів повинно щороку проходити близько 2,5·108 м3 води, що відповідає 7,3 мм шару стоку, або близько 21% підземного стоку.

# Висновки

У роботі наведене узагальнення та здійснене нове вирішення задачі, що полягає в дослідженні впливу хімічного складу природних вод на розвиток сульфатного карсту південної частини Західно-Української лісостепової провінції.

Головні наукові та практичні результати роботи:

* Систематизована існуюча інформація щодо умов взаємодії і методів термодинамічних розрахунків системи "вода – сульфатні породи". Застосування єдиних уточнених значень константи рівноваги та уніфікованих методів розрахунку індексу сульфатного насичення дозволить коректно виконати порівняння агресивності природних вод різних карстових регіонів.
* Удосконалений та адаптований стосовно умов розвитку сульфатного карсту Західної України комплекс натурних досліджень та моделювання інтенсивності розвитку карсту в сульфатних породах, що складається з модифікованого в “сульфатному” варіанті методу стандартних зразків та алгоритму розрахунку індексу сульфатної насиченості природних вод на основі дослідження їх хімічного складу, дозволяє на єдиній методичній основі вивчати та порівнювати інтенсивність розчинення сульфатних порід.
* Створена комп’ютерна база гідрохімічної та карстологічної інформації "*Гіпсовий карст Західної України*" містить фактографічну та картографічну інформацію щодо гідрохімічних та карстологічних умов території розвитку сульфатного карсту Західної України. Застосування сучасних ГІС-технологій дозволяє швидко й ефективно аналізувати різнопланову карстологічну, гідролого-гідрохімічну та гідроекологічну інформацію та наочно відображати результати цього аналізу на електронних та паперових носіях.
* Розроблена комплексна методика дослідження інтенсивності розвитку карсту в сульфатних породах відрізняється від існуючих швидкістю та достовірністю отримання матеріалів польових спостережень і обробки їх результатів, можливістю розробки як коротко-, так і довготермінових прогнозів, низькою вартістю робіт. Завдяки цьому вона може бути застосована як для наукових досліджень, так і для оперативного вирішення широкого кола завдань геоекології та техногенної безпеки: прогнозування зон розвитку потенційно небезпечних сучасних геологічних процесів, вибору ділянок природно-господарського та оптимізації наукового моніторингу, розробки природоохоронних заходів, тощо.
* Встановлено, що інтенсивність розчинення гіпсів (0,65-1,15 мм/рік) у 30-70 разів перевищує таку у вапняків (0,010-0,035 мм/рік). Наявні результати польових спостережень відображають величезний діапазон інтенсивності розчинення, можливої у природних умовах.
* Відслонення гіпсів зазнають значного розчинення, що підтверджує думку про те, що в умовах достатнього зволоження поверхневі гіпсові відклади знищуються за сотні тисяч років.
* Конденсаційні води виконують значну ерозійну роботу лише в вирівнюючій мікрокліматичній зоні і лише в теплий період.
* В умовах зони аерації та безнапірного горизонту розчинення обмежене локальними провідними зонами та верхньою частиною горизонту підземних вод.
* Дуже висока інтенсивність розчинення гіпсів в умовах неглибокого напірного водоносного комплексу спостерігається лише на вході потоку агресивних природних вод у гіпси, швидко зменшуючись в процесі руху води товщею гіпсів, залишаючись, однак, відчутною. Завдяки величезній площі контакту води з породою загальне винесення розчиненого гіпсу з підземної водоносної системи досягає значних величин. Денудаційна діяльність води обумовлюється не лише агресивними властивостями води, але і гідродинамічними умовами ділянки – інтенсивність розчинення стандартних зразків значно зростає (при аналогічному складі природних вод) зі збільшенням інтенсивності водообміну.
* Виконані дослідження дозволили визначити, що за рахунок розчинення порід гіпсо-ангідритової товщі у басейні р.Дністер вище водпоста Жванець формується 85% річкового стоку сульфату кальцію, а об’єм порожнин у цьому районі щороку збільшується на 210 м3.

Застосування запропонованої комплексної методики польових карстологічних досліджень та наступної комп’ютерної обробки одержаних даних забезпечує одержання науково-технічного ефекту, який виражається у підвищенні достовірності і точності результатів досліджень та наступних прогнозів і оцінок. Економічний ефект у ряді випадків обумовлений скороченням обсягів трудомістких експериментальних досліджень.

**Публікації за темою дисертації:**

1. Изучение геолого-гидрогеологических условий и особенностей развития карста Приднестровской Подолии в связи с организацией карстологического стационара. /А.Б.Климчук, С.Д.Аксём, В.М.Шестопалов, Г.В.Лисиченко - Физ.география и геоморфология, 1985, вып.32. - с.27-33.
2. Аксём С.Д., Климчук А.Б. Изучение интенсивности и динамики растворения гипсов в пещерах запада Украины. - Пещеры: Межвуз. сб.научн.трудов. Пермь, Изд.Перм.ун-тета, 1988. с.75-85.
3. Режимное изучение активности гипсового карста западных областей Украины. /А.Б.Климчук, С.Д.Аксём, В.М.Шестопалов, Г.И.Рудько. //Препринт ИГН АН УССР.- Киев, 1989.- 55 с.
4. Dissolution of gipsum field observatoins. / A.Klimchouk, F.Cucchi, J.M.Calafora, S.Aksem, F.Finocchiaro, P.Forti. // Gypsum karst of the world. International Journal of Speleology. v.25,1996. – р.37-48.
5. Аксьом С.Д. Трасування підземних вод як засіб геоекологічного моніторингу. //Вісн. Укр. будинку економ. та наук.-техн. знань. – Київ, 1999. № 3. - с. 59-67.
6. Аксьом С.Д., Хільчевський В.К. Застосування ГІС-технологій при дослідженні сульфатного карсту західних областей України. //Картографія та вища школа. - Київ: 2000. - Вип.4. - с. 42-45.
7. Аксьом С.Д., Хільчевський В.К. Особливості хімічного складу природних вод районів розвитку сульфатного карсту західних областей України. //Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія - Київ, 2000. – т. 1. - с. 60-63.
8. Хільчевський В.К., Аксьом С.Д., Оцінка впливу гіпсового карсту на стік хімічних речовин у верхній частині басейну Дністра. //Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія - Київ, 2001. – т. 2. - с. 546-551.

**Анотація**

Аксьом С.Д. Оцінка впливу сульфатного карсту на хімічний склад природних вод (на прикладі південної частини Західно-Української лісостепової провінції). Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.07 - гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія. Географічний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Київ, 2002 р.

Дисертація присвячена дослідженню впливу карсту в міоценових гіпсо-ангід­ри­то­вих відкладах на хімічний склад природних вод у Західному регіоні України.

Застосування єдиних уточнених значень константи рівноваги та уніфікованих методів розрахунку індексу сульфатного насичення дозволить виконати порівняння агресивності природних вод різних карстових регіонів

Удосконалений та адаптований стосовно умов розвитку сульфатного карсту Західної України комплекс натурних досліджень, аналітичних розрахунків термодинамічних параметрів та моделювання інтенсивності розвитку карсту в сульфатних породах дозволив на єдиній методичній основі вивчати та порівнювати інтенсивність розчинення гіпсо-ангідритових порід.

Встановлені закономірності та величина інтенсивності розчинення сульфатних порід у різних умовах взаємодії води з породою.

Створена комп’ютерна база гідрохімічної та карстологічної інформації "Гіпсовий карст Західної України" дозволила швидко й ефективно проаналізувати різнопланову карстологічну, гідролого-гідрохімічну та гідроекологічну інформацію та відобразити результати цього аналізу в роботі.

Оцінений вплив сульфатного карсту на водний стік та стік хімічних речовин річок верхньої частини басейну р.Дністер.

Застосування запропонованої комплексної методики польових карстологічних досліджень та комп’ютерної обробки одержаних даних дозволило одержати науково-технічний ефект, який був виражений у підвищенні достовірності і точності результатів досліджень та наступних прогнозів і оцінок. Економічний ефект обумовлений скороченням обсягів трудомістких експериментальних досліджень.

Ключові слова: сульфатний карст, формування природних вод, водний стік, хімічний стік, Дністер.

**Аннотация**

Аксём С.Д. Оценка влияния сульфатного карста на химический состав природных вод (на примере южной части Западно-Украинской лесостепной провинции). Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата географических наук по специальности 11.00.07 - гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия. Географический факультет Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. Киев, 2002 г.

Диссертация посвящена исследования влияния сульфатного карста в миоценовых гипсо-ангид­ри­то­вых отложениях химический состав природных вод в Западном регионе Украины.

Усовершенствован и адаптирован применительно к условиям развития сульфатного карста Западной Украины комплекс натурных исследований, моделирования интенсивности развития карста и аналитических расчетов термодинамических параметров в сульфатных породах разрешил на единой методической основе изучить и сравнить интенсивность растворения гипсо-ангидритовых пород.

Определены закономерности и величина интенсивности растворения сульфатных пород в разных условиях взаимодействия воды с породой. Установлено, что интенсивность растворения гипсов в 30-70 раз превышает таковую у известняков. Имеющиеся результаты полевых наблюдений отражают громадный диапазон интенсивности растворения, возможной в природных условиях.

Обнажения гипсов испытывают значительное растворение, что подтверждает тезис о том, что в условиях достаточного увлажнения поверхностные гипсовые отложения уничтожаются за сотни тысяч лет.

Конденсационные воды выполняют значительную эрозионную работу лишь в уравнивающей микроклиматической зоне и лишь в теплый период.

В условиях зоны аэрации и безнапорного горизонта растворение ограничено локальными проводящими зонами и верхней частью горизонта подземных вод.

Очень высокая интенсивность растворения гипсов в условиях неглубокого напорного водоносного комплекса наблюдается лишь на входе потока агрессивных природных вод в гипсы, быстро уменьшаясь в процессе движения воды по толще гипсов, оставаясь, однако, ощутимой. Благодаря большой площади контакта воды с породой, общий вынос растворенного гипса из подземной водоносной системы достигает значительных величин. Денудационная деятельность воды обуславливается не только агрессивными свойствами воды, но и гидродинамическими условиями участка – интенсивность растворения стандартных образцов значительно возрастает (при аналогичном составе природных вод) с увеличением интенсивности водообмену.

Создана компъютерная база гидрохимической и карстологической информации "Гипсовый карст Западной Украины", позволившая быстро и эффективно проанализиро­вать разноплановую карстологическую, гидролого-гидрохимическую и гидроэкологическую информацию и отобразить результаты этого анализа в работе.

Оценено влияние сульфатного карста на водный сток и сток химических веществ рек верхней части бассейна Днестра.

Использование предложенной комплексной методики полевых карстологических исследований и компъютерной обработки результатов позволило получить научно-тех­нический эффект, выразившийся в повышеннии достоверности и точности результатов исследований и последующих прогнозов и оценок. Экономический эффект обусловлен сокращением объемов трудоемких экспериментальных исследований.

Ключевые слова: сульфатный карст, формирование природных вод, водный сток, химический сток, Днестр.

**annotation**

Aksem S. The estimation of sulfate karst influence on natural water chemical composition (on the example of southern part of Western-Ukrainian forest-steppe province). Manuscript.

Thesis for a candidate’s degree of geographical sciences by speciality 11.00.07 – hydrology of land, water resources, hydrochemistry. Geographical department of the Kyiv National Taras Shevchenko University. Kyiv, 2002.

The topic of the thesis refers to investigation of the karst influence on natural water chemical composition in the gypsum-anhydride rocks (Middle Miocene) of the western areas of Ukraine.

Implementation of uniform improved constants for the mass transfer coefficient and unify methods of calculation of saturation sulfate index forms the background for comparison of natural water aggressiveness in different karst areas.

Improved and adopted for Western-Ukrainian areas conditions the set of field investigations, analytical calculation of thermodynamic parameters and modeling of karst development rate in sulfate rocks allowed investigate and compare gypsum-anhydride rocks solution rate on uniform basis.

The regularities and quantitive characteristics for gypsum-anhydride rocks solution rate in different conditions of water-rock interaction are determined.

Using compiled database “Gypsum karst of Western Ukraine” on hydrochemistry and karst the information as to karstology, hydrology, hydrochemistry, hydroecology were processed, analyzed and highlighted in the thesis.

The influence of sulfate karst on water and chemical surface run-off of tributaries in the upper part of Dniester-river was estimated.

Application of proposed complex technique of field karst investigation and processing data by computer code improves reliability and accuracy of prognoses, estimations and assessment. The economic saving was achieved due to shrinkage experimental works.

Key words: sulphat karst, groundwater formation, water drain, chemical drain, Dnestr.

Здано до друку 23.01.2002. Формат 60х90/16. Папір офсетний. Друк офсетний.

Умовн.друк.аркушів 1,7. Умовн.вид.аркушів 1,5. Тираж 100 прим. Зам.№

Надруковано в СП «Міжнародні технології друку „Інтертехнодрук”»

м.Київ, вул.О.Гончара, 30А, тел. 238-6420, 238-6451, E-mail: itd@ukrnet.net

## Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>





