

20. Иванова Л.В. Нефтяные кислоты и их производные. Получение и применение. Л.В. Иванова, В.Н. Кошелев, Н.А. Сокова, Е.А. Буров, О.В. Примерова // Труды РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. – М.: 2013. – №1 – С. 68-80.
21. Лурье М.А. К вопросу о происхождении нефти. Гетерокомпоненты, изотопия углерода и серы нефтей как генетические показатели / М.А. Лурье, Ф.К. Шмидт. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013. – 209 с.
22. Саранчук В. І. Хімія і фізика горючих копалин / В.І. Саранчук, М.О. Ілляшов, В.В. Ошовський, В.С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. – 600 с.
23. Черних В.П. Органічна хімія / [В.П. Черних, Б.С. Зіменковський, І.С. Гриценко]; за заг. ред. В.П. Черних. – 2-ге вид., випр. і доп. – Х: Видавництво НФаУ «Оригінал», 2008. – 752 с.
24. Раупов И.Р. Разработка мобильного устройства для измерения оптических свойств нефти при решении геолого-промысловых задач / И.Р. Раупов, Н.К. Кондрашева, Р.Н. Бурханов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2014. – № 3. – С. 17-32. Режим доступа: http://ogbus.ru/issues/3_2014/ogbus_3_2014_p17-32_RaupovIR_ru.pdf

УДК 556.3:551.435.82

В. В. Сухов, к. геол. н., ст. викладач,
В. Г. Суярко, д. г-м. н, професор,
О. В. Чуєнко, зав. лаб.,

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ПРО ЗВ'ЯЗОК СУЧАСНИХ ГЕОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КАРБОНАТНИХ ПОРОДАХ З ТЕКТОНІЧНОЮ АКТИВІЗАЦІЄЮ ПЕТРІВСЬКО- КРЕМІНСЬКОГО РОЗЛому

Розглянуто зв'язок сучасних геодинамічних процесів у карбонатних породах з тектонічною активізацією Петрівсько-Кремінського розлому. Наголошено, що глибинні розломи регіону є каналами висхідного руху потоків тепломасоперенесення. Розвантаження вод глибокого формування та ендегенних флюїдів у зоні Петрівсько-Кремінського та інших розломів є наслідком тепломасоперенесення, що відбувається через рухи літосферних блоків Донецької складчастої споруди.

Сучасний напружений динамічний стан геологічної системи проявляється у постійному здійсненні висячого крила Святогірської брахіантикліналі зі швидкістю 1,3-2,5 мм/рік. Землетруси з глибиною вогнища ~10 км пов'язані з періодичною релаксацією геодинамічних напруг у архей-протерозойському комплексі фундаменту по древньому геологічно закритому субмеридіональному розлому, що перетинається у межах Святогірської структури з Петрівсько-Кремінським розломом. Новітньо-сучасна тектонічна активізація останнього проявляється і у формуванні гіпогенних гідрогеохімічних аномалій, що супроводжується гідрогеохімічною інверсією. Підземні води тут мають лужну реакцію (рН до 8,2), підвищену температуру (19-27 °С) в інтервалі 0-300 м та високі вмісти гіпогенних мікроелементів, серед яких особливе місце займає двооксид вуглецю.

Присутність CO₂ збільшує агресивність підземних вод щодо карбонатних порід, наслідком чого є такий хімічний геодинамічний процес, як карст. Окрім того, аномальні фізико-хімічні властивості підземних вод обумовлюють і суфозійні процеси у мергельно-крейдяній товщі порід. З цими геодинамічними процесами пов'язані геологічні ризики для будівель та споруд Святогірського монастиря.

Ключові слова: розлом, геодинамічні процеси, флюїдодинамічна система, тепломасоперенесення, гідрогеохімічні аномалії, тектонічна активізація, брахіантикліналь, карбонатні породи, суфозія, карст.

В. В. Сухов, В. Г. Суярко, А. В. Чуєнко. ПРО СВЯЗЬ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ С ТЕКТОНИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИЕЙ ПЕТРОВСКОГО-КРЕМЕНСКОГО РАЗЛОМА. Рассмотрена связь современных геодинамических процессов в карбонатных породах с тектонической активизацией Петровско-Кременского разлома. Отмечено, что глубинные разломы региона являются каналами восходящего движения потоков тепломасопереноса. Разгрузка вод глубокого формирования и эндегенных флюидов в зоне Петровско-Кременского и других разломов является следствием тепломасопереноса, происходящего из-за движения литосферных блоков Донецкого складчатого сооружения.

Современное напряженное динамическое состояние геологической системы проявляется в постоянном подъеме висячего крыла Святогорской брахиантиклинали со скоростью 1,3-2,5 мм/год. Землетрясения с глубиной очага ~10 км связаны с периодической релаксацией геодинамических напряжений в архей-протерозойском комплексе фундамента по древнему геологически закрытому субмеридиональному разлому, который пересекается в пределах Святогорской структуры с Петровско-Кременским разломом. Современная тектоническая активизация последнего проявляется и в формировании гипогенных гидрогеохимических аномалий, сопровождается гидрогеохимической инверсией. Подземные воды здесь имеют щелочную реакцию (рН до 8,2), повышенную температуру (19-27 °С) в интервале 0-300 м и высокие примеси гипогенных микроэлементов, среди которых особое место занимает двуокись углерода.

Присутствие CO₂ увеличивает агрессивность подземных вод к карбонатным породам, следствием чего является таковой химический геодинамический процесс, как карст. Кроме того, аномальные физико-химические свойства подземных вод обуславливают и суффозионные процессы в мергельно-меловой толще пород. С этими геодинамическими процессами связаны геологические риски для зданий и сооружений Святогорского монастыря.

Ключевые слова: разлом, геодинамические процессы, флюидодинамическая система, тепломасоперенос, гидрогеохимические аномалии, тектоническая активизация, брахиантиклинали, карбонатные породы, суффузия, карст.

Актуальність. Сучасні геодинамічні процеси, що відбуваються у карбонатних породах – суфозія і карст, є, відповідно, наслідком їх механічного та хімічного руйнування. Енергетичною

основою цих процесів виступає тектонічна активізація зон глибинних розломів. На території досліджень суфозійно-карстові явища у мергельно-крейдяних породах верхньої крейди відбуваються внаслідок активізації Петрівсько-Кремінського розлому. При цьому, з одного боку, породи у зоні розлому зазнають механічної (фізичної) руйнації, а з іншого – за рахунок агресивних підземних вод та газів між компонентами системи «порода–вода» відбувається хімічна взаємодія, що проявляється у катіонному обміні, сорбції, окислювально-відновних та інших реакціях. Ці процеси, що є складовими загального тепломасоперенесення у земній корі, пов'язані з тектонічними напруженнями у земній корі. Залежать від рівня тектонічної активності розломів. Через це аналіз впливу сучасної тектонічної активності Петрівсько-Кремінського розлому на геодинамічні процеси у карбонатних породах є актуальною науковою проблемою.

Аналіз попередніх досліджень. Сучасну схему глибинних розломів регіону, серед яких і Петрівсько-Кремінський, було запропоновано В. І. Скаржинським (1973). Згодом, у 1975 р., цю схему було дещо вдосконалено [10]. Тектонічна активізація регіону, що відбувалася на мезозойському етапі геологічного розвитку, досить детально проаналізована В. Конашовим (1983). У 1986 р. було складено карту сучасних тектонічних рухів земної кори, що дозволило визначити абсолютні показники геодинамічних посувів різних геологічних структур включно зі Святогірською брахіантиклінальною [23]. Неотектонічним рухам в регіоні, глибинним джерелам геодинамічної енергії, а також обґрунтуванню точки зору по те, що басейн р. Сіверський Донець є геодинамічною системою, яка відбиває процеси великих глибин, присвячено роботи В. Г. Білоконя [1,2,3]. Флюїдний режим існуючих в регіоні зон розломів також розглядався у роботах [19,20,21], у яких закладено теоретичне підґрунтя дослідженням геодинамічних процесів у системі «карбонатні породи – підземні води». Результати спеціальних досліджень суфозії та карсту у мергельно-крейдяній товщі верхньої крейди було опубліковано В. В. Суховим (2012, 2015) та В. Г. Суярком і В. В. Суховим (2015). Зокрема, було запропоновано концептуальну синергетичну геолого-гідрогеологічну модель розвитку суфозії та карсту у карбонатних породах та території Святогірського монастиря яка враховує як екзогенні, так і ендегенні фактори розвитку геодинамічних процесів [22]. Це є серйозною основою для прогнозування і дослідження розвитку суфозійно-карстових явищ у зонах тектонічно активізованих розломів.

Мета та задачі дослідження. Метою досліджень є встановлення природних геологічних зв'язків між геодинамічними процесами у мергельно-крейдяній товщі верхньої крейди та активізацією Петрівсько-Кремінського розлому. Задачею досліджень є вдосконалення уявлень про вплив сучасних тектонічних напружень та проявів висхідного тепломасоперенесення на розвиток суфозії та карсту.

Викладення основного матеріалу. В. Г. Білоконь (1984), розглядаючи басейн Сіверського Донця як геодинамічну систему, що відбиває процеси великих глибин, пов'язував її з глибинними розломами, які формують русло ріки. На території досліджень аномалії геодинамічної енергії пояснюються ним дегазацією мантії, внаслідок якої отримали розвиток два процеси, що розвиваються паралельно: а) генерація пружної енергії коливальних та складчастих рухів літосферної поверхні та б) виокремлення з мантії флюїдів, які разом з водами глибинного генезису стали джерелом насичення осадових порід ендегенними хімічними елементами та сполуками [2,3]. Серед цих сполук, як засвідчили результати ізотопних досліджень, чільне місце посідає двооксид вуглецю.

Глибинні розломи регіону є каналами руху потоків тепломасоперенесення (включно з водами глибокого формування та ендегенними флюїдами) до верхніх шарів літосфери [11]. Результати повторного нівелювання свідчать про те, що сучасні тектонічні рухи у регіоні відбуваються періодично, переважно успадковуючи мезозойський тектонічний план [1]. При цьому слід враховувати той факт, що складчасті зони кристалічного докембрійського фундаменту разом з розломами є тими довгоживучими структурами земної кори, які протягом довгої історії геологічного розвитку регіону перерозподіляли тектонічну енергію у осадовій товщі [9]. Висхідне розвантаження вод глибокого формування та ендегенних флюїдів, що мають місце у зоні Петрівсько-Кремінського [15] та інших розломів, є наслідком інтенсивних процесів тепломасоперенесення, що відбуваються внаслідок рухів літосферних блоків Донецької складчастої споруди [3].

Оскільки напрямок русла Сіверського Донця в межах території України у плані чітко корелюється із зонами глибинних розломів (Петрівсько-Кремінського, Північодонецького та ін.), а також із довгоживучими структурами кристалічного фундаменту (зокрема, білгородської та старооскільської серій докембрійської залізородної формації). Саме його русло може бути потужною флюїдодинамічною системою. Ендегенне тепломасоперенесення у цій системі, що знаходиться у хиткому квазірівноваженому стані, відбува-

ється постійно, інтенсифікуючись навіть за найменших проявів тектонічної активізації [3,21].

Про сучасний напружений динамічний стан геологічної системи свідчать різні факти. Так, ерозійний рівень річки Сіверський Донець, що відрізняється контрастністю, вірогідно енергетично підтримується сучасними рухами земної поверхні [3]. Згідно з даними повторного нівелювання по всьому руслу річки відбувається постійне здіймання поверхні Землі з максимальними швидкостями від 8,0-10,0 мм/рік (на склепінні Воронезької антикліналі) до 3,4-5,6 мм/рік (на склепіннях Головної та Північної антикліналей Донбасу) [1]. В межах Святогірської брахіантикліналі, яка просторово співпадає з її середньою течією, річкові береги здіймаються з різною швидкістю: висяче крило брахіантикліналі (правий берег) – зі швидкістю 1,3-2,5 мм/рік, а лежаче (лівий берег) – зі швидкістю 0,6-1,0 мм/рік [1,23]. Ця різниця у інтенсивності неотектонічних рухів відображена і у рельєфі. Правий берег річки є крутим, уривчастим. У районі Святогірського монастиря він на 80-90 м перевищує рівнинний лівий берег.

Згідно із сейсмічним районуванням, територія досліджень відповідає (у балах шкали MSK-64) ізосейті землетрусів у 4 бали, що вказує на відносно спокійний сейсмічний режим. Проте, у безпосередній близькості від Святогірської брахіантикліналі (50-70 км) у недавньому історичному минулому зареєстровано два землетруси потужністю до 4 балів (рис. 1). У 1913 р. один з них відбувся в межах Краснооскольського купола, а інший у 1937 р. – на Артемівській антикліналі [14]. Відлуння їх так або інакше відчувалося і у Святогірському монастирі, про що свідчать архівні дані.

Землетруси характеризувалися невеликою (~10 км) глибиною вогнища, що співпадає з глибиною залягання тут кристалічного фундаменту (рис. 1). На нашу думку, обидва вони пов'язані з постійною генерацією геодинамічних напруг у архей-протерозойському комплексі фундаменту, періодична релаксація яких відбувається по древньому, геологічно закритому субмерідиональному розлому, що перетинається у межах Святогірської брахіантикліналі з Петрівсько-Кремінським розломом. Останнє вказує на велику вірогідність нового землетрусу з осередком в межах Святогірської брахіантикліналі. Тому цей факт слід розглядати як існування реальної сейсмічної небезпеки для історично-архітектурного комплексу Святогірського монастиря і, особливо, для стародавньої Миколаївської крейдяної церкви.

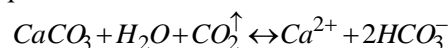
Підтвердженням новітньої і сучасної тектонічної активізації зони Петрівсько-Кремінського розлому є формування на Святогірській структу-

рі гіпогенних гідрогеохімічних аномалій, що супроводжуються і гідрогеохімічною інверсією [20]. Так, по свердловинах, пробурених у крейдяній товщі брахіантикліналі, температура напірних підземних вод хлоридного натрієвого та сульфатно-хлоридного натрієвого складу з мінералізацією 10-20 г/дм³ або гідрокарбонатного натрієвого складу з мінералізацією до 1-2 г/дм³ в інтервалі глибин 0-300 м за нашими даними становила 19-21°C (св. А-10268, 1725р, 1728р), а за даними інших авторів досягала 27°C при фоновому значенні 10-12°C [19,21]. Показник лужності таких вод (рН) часто перевищує значення 7,8-8,2. Серед мікроелементів, що мають глибинний генезис [19,21], які у аномально-підвищених концентраціях в напірних підземних водах південного крила Святогірської структури зустрічаються (до, мг/дм³): літій (0,035), рубідій (0,008), цезій (0,016), ртуть (0,003), бор (1,0-3,0), арсен (0,03), а також бром (10,0), бор (6,0), йод (4,0), цинк (9,5), нікель (0,01), а серед газів тут високим вмістом характеризуються СО₂ (до 86,0), Rn (до 15,5) та He (до 0,001).

Важливим показником глибинності процесів тепломасоперенесення є присутність у флюїдах таких газів як гелій, аргон, радон і двооксид вуглецю. Останній активно надходить у води глибинних розломів Дніпровсько-Донецького палеорифту [21].

В породах Святогірської брахіантикліналі спостерігається просторове співпадання різних природних аномалій – неотектонічних, гідрогеотермічних, гідрогеохімічних. Це може свідчити про корово-мантіяну конвекцію, яка посилюється з тектонічною активізацією і затухаючи у періоди відносної геодинамічної стабілізації, продовжується у регіоні безперервно. Вона обумовлює виникнення та функціонування тут метастабільних осередків тепломасоперенесення, у зонах яких відбувається формування карбонатного ендокарсту за рахунок двооксиду вуглецю.

Присутність двооксиду вуглецю (СО₂) у підземних водах Святогірської брахіантикліналі сприяє значному збільшенню їх агресивності до основного карбонату кальцію (СаСО₃). Хімічна взаємодія між водою та кальцитом, внаслідок якої карбонатні мінерали вилуджуються та розчиняються, супроводжується переходом іонів Са²⁺ у розчин за схемою:



У умовах хімічної рівноваги в системі «порода – вода» необхідним фактором існування у підземних водах іонів НСО₃⁻ є присутність двооксиду вуглецю, що урівноважує систему [5,7,12]. При цьому карбонатні мінерали і породи є практично нерозчинними. У випадку надлишку

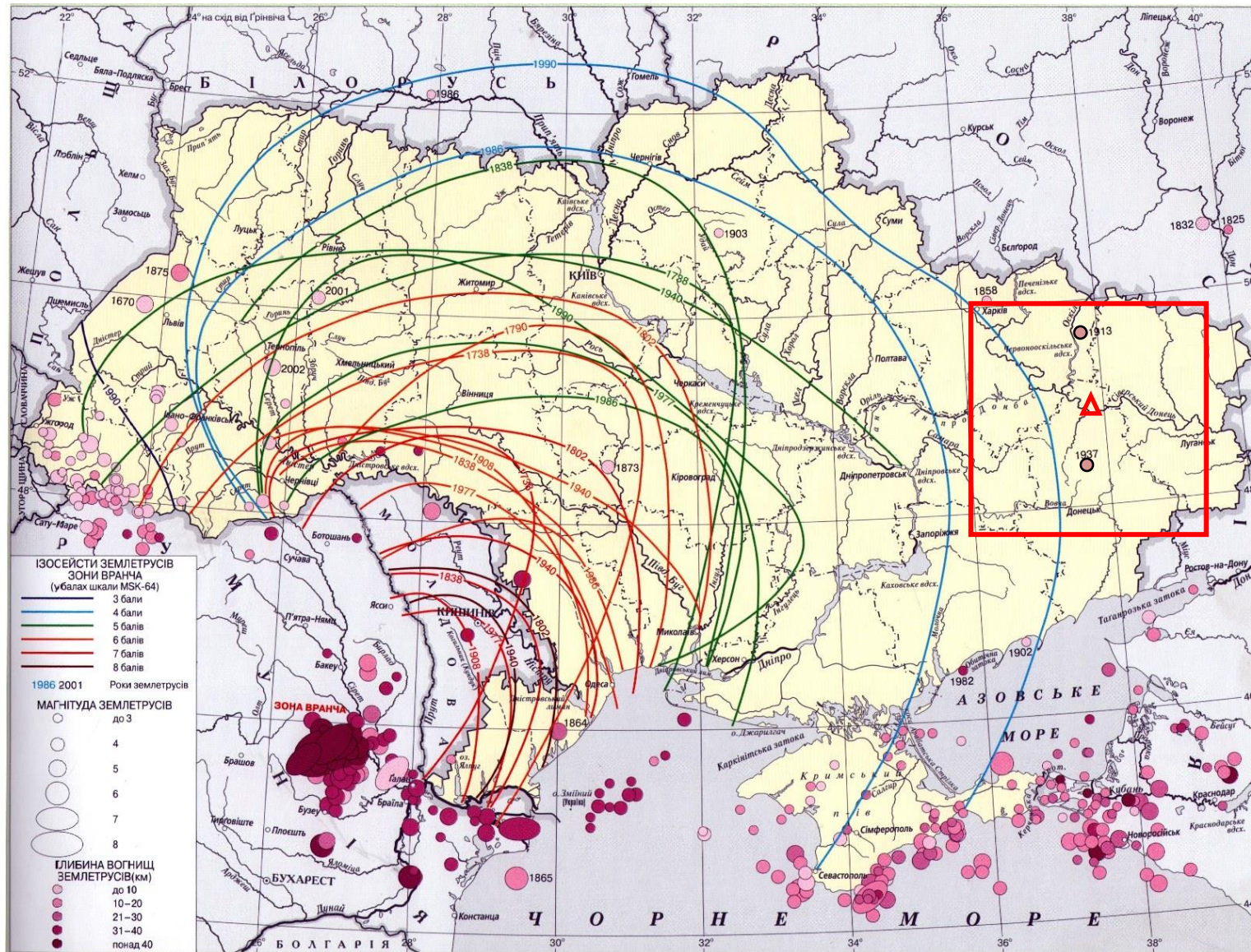


Рис. 1. Сейсмічне районування регіону з найближчими осередками землетрусів (м-б 1 : 5 000 000)

Умовні позначення: ● 1913 – осередки недавніх землетрусів з магнітудою 3 у регіоні та глибиною вогнищ до 10 км;

▲ – місце знаходження Святогірського монастиря; — ізосейси землетрусів зони Вранча

вільного CO_2 у водному розчині існуюча рівновага порушується, а його взаємодія з твердою фазою карбонату кальцію призводить до розчинення останнього. Зазначена вище реакція буде проходити зліва направо і продовжуватись до повної хімічної рівноваги у системі. Якщо ж концентрація CO_2 у воді буде меншою, ніж потрібно для рівноваги, то, навпаки, карбонат кальцію буде випадати з водного розчину в осад. Таким чином, та ж сама реакція проходитиме у зворотньому напрямку, триваючи до настання рівноваги у системі. З наведеної схеми видно, що саме та частина двооксиду вуглецю, яка перевищує її рівноважні концентрації, витрачається на хімічну реакцію з карбонатом кальцію, що й забезпечує введення його у розчин [5,16].

Дослідження процесів взаємодії інфільтраційних і підземних тріщинних вод з верхньокрейдяними породами мергельно-крейдяної товщі у зоні розташування споруд Святогірського монастиря довели, що тут спостерігається не лише механічне руйнування карбонатних порід (суфозія), а й їх хімічне розчинення (карст). Головним чином це – епікарст, що розвинутий у поверхневій 10-20-метровій товщі карбонатних порід. Разом з тим, прояви хімічної взаємодії $CaCO_3$ та водяних розчинів спостерігаються і у підземних ходах, що є складовими будівельного монастирського комплексу і знаходяться на глибинах до 50-70 м. У керні геологічних і гідрогеологічних свердловин також видно наслідки вилуджування та розчинення мергельно-крейдових порід підземними водами на глибинах 50-100 м і більше (свердл. 1724, 1759, 1481 та ін.). Найчастіше це явище приурочене до субвертикальних зон тріщинуватості та окремих тріщин, які мають тектонічний генезис і візуально проявляється у вигляді кавернозності карбонатних порід з характерними для гіпокарсту новоутвореннями аморфного мінералу – арагоніту ($CaCO_3$). Жовтуваторожеві «напливи» його по стінках тріщин зустрічаються як самостійно, так і в асоціації з крейдяним порошком, що свідчить про вторинні по відношенню до карстових, процеси суфозії у тектонічних тріщинах. Арагоніт, що зазвичай відкладається у гарячих кальцієвих джерелах [10], у даному випадку вірогідно міг утворюватися на контакті карбонатних порід мергельно-крейдяної товщі з водами глибоких горизонтів, що насичені ендегенним двооксидом вуглецю. При цьому для забезпечення не лише хімічного розчинення кальциту, а й утворення арагоніту обсяги CO_2 повинні бути значними.

Середній вміст вільного CO_2 у підземних водах верхньокрейдяної товщі Святогірської брахіантикліналі коливається в межах 20-25 мг/дм³, хоча у багатьох випадках він сягає 40-60 мг/дм³ і

більше. В окремих висхідних джерелах та гідрогеологічних свердловинах, що дренують підземні води нижньої крейди на території та поблизу монастиря, вміст CO_2 сягає 77,2-91,5 мг/дм³.

Такі, досить високі концентрації двооксиду вуглецю обумовлюють розвиток як гіпогенних (гіпокарст), так і гіпергенних (епікарст) процесів карстоутворення внаслідок вуглекислотного розчинення карбонатних порід.

Концентрації CO_2 у підземних водах регіону закономірно збільшуються згори донизу. Це вказує на те, що він має не лише атмосферне, а й глибинне походження [26]. Двооксид вуглецю є основним компонентом у складі газової фази глибинних флюїдів різного генезису – від вулканічних до гідротермальних та метаморфогенних [8,13]. Надходження CO_2 по зоні глибинного Петрівсько-Кремінського розлому і його апофізах не лише порушує рівновагу у системі «вода – порода», а й створює передумови для підтримки хімічної агресивності вод стосовно мергельно-крейдяних порід і, відповідно, подальшого карстоутворення.

Слід зазначити, що переважна кількість ендегенного вуглецю, що надходить до земної поверхні у вигляді CO_2 , так або інакше пов'язана з ендегенними джерелами [4,6,24]. Розвантаження його з великих глибин земної кори або навіть і з мантиї могло відбуватися в періоди тектонічної активізації глибинного Петрівсько-Кремінського розлому, у зоні якого знаходиться і територія дослідження.

Сучасна тектонічна активність регіону проявляється не лише у загальному зростанні Святогірської брахіантикліналі та землетрусах, а й у коливаннях рівня води у колодязях та зміні її сольового складу (з прісних на солоні). У зв'язку з цією активністю було розраховано геологічні ризики для будівель та споруд Святогірського комплексу [25].

Таким чином, експериментально встановлено вплив фізико-хімічних параметрів інфільтраційних, пластових та тріщинних вод на розчинність карбонатних порід, що дозволило науково обґрунтувати наявність карсту у мергельно-крейдяній товщі верхньої крейди в межах геологічної структури, на якій знаходяться будівлі та споруди Святогірського монастиря та розрахувати щодо них геологічні ризики.

Висновки.

1. Тектонічна активізація Петрівсько-Кремінського розлому у різні і, передусім, новітній та сучасний періоди альпійського тектогенезу є домінуючою енергетичною основою геодинамічних процесів, включно з сейсмічною активністю.

2. Визначено, що двооксид вуглецю як атмосферного, так і глибинного генезису, що присутній у підземних водах різних типів, є основним фактором розвитку карбонатного карсту на Святогірській брахіантикліналі.

3. В результаті ізотопного аналізу $\delta^{13}\text{C}$ та $\delta^{18}\text{O}$ в арагоніті і порошок крейди було встановлено, що перекристалізація крейди в арагоніт відбувалася за участі вод глибокого формування насичених ендегенним (метаморфогенним або мантіїним) CO_2 .

Література

1. Белоконь В. Г. Неотектонические движения в Донбассе и их связь со структурными элементами / В. Г. Белоконь. – В кн. Материалы по геологии Донецкого бассейна. – М. : Наука, 1968. – С. 11–15.
2. Белоконь В. Г. О глубинном источнике энергии углеобразования формации Донецкого бассейна / В. Г. Белоконь // Геологический журнал. – 1981. – Т. 41, № 6. – С. 88–99.
3. Белоконь В. Г. Бассейн р. Северский Донец как геодинамическая система, отражающая процессы больших глубин / В. Г. Белоконь // Геологический журнал. – 1984. – Т. 34. – Вып. 5. – С. 11–27.
4. Бескровный Н. С. Изотопный состав углерода природных газов Камчатки / Н. С. Бескровный, Е. И. Кудрявцева, В. А. Лобков // Геохимия. – 1975. – № 11. – С. 1660–1667.
5. Гаррелс Р. М. Растворы, минералы, равновесия / Р. М. Гаррелс, Ч. Л. Крайст. – М. : Мир, 1968. – 368 с.
6. Дегенс Э. Т. Биогеохимия устойчивых изотопов углерода / Э. Т. Дегенс. – В кн. : Органическая геохимия. – Л., 1974. – С. 207–226.
7. Калюжный В. А. Современное состояние проблемы «Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по включениям в минералах)» / В. А. Калюжный // В сб. «Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах)». – К. : Наукова думка, 1978. – С. 3–16.
8. Киссин И. Г. К геохимии углекислоты в глубоких зонах подземной гидросферы / И. Г. Киссин, С. И. Пахомов // Геохимия. – 1969. – № 4. – С. 460–471.
9. Конашов В. Г. Мезозойский этап тектогенеза в Донецком бассейне / В. Г. Конашов // Геологический журнал. – 1983. – № 3. – С. 96–102.
10. Лазаренко Е. К. Минералогия Донецкого бассейна / Е. К. Лазаренко, Б. С. Панов, В. И. Павлишин. – К. : Наукова думка, 1975. – Ч. II. – 502 с.
11. Луцик А. В. Формирование режима подземных вод в районах развития активных геодинамических процессов / А. В. Луцик, Г. В. Лисиченко, Е. О. Яковлев. – К. : Наукова думка. – 1988. – 164 с.
12. Мейсон Б. Основы геохимии / Б. Мейсон. – М. : Недра, 1971. – 312 с.
13. Набоко С. И. Металлоносность современных гидротерм в областях тектономагматической активизации / С. И. Набоко. – М. : Наука, 1980. – 199 с.
14. Національний атлас України. – К. : ДНВЦ «Картографія», 2009. – 440 с.
15. Скаржинский В. И. Эндогенная металлогения Донбасса / В. И. Скаржинский. – К. : Наукова думка, 1973. – 203 с.
16. Соколов Д. С. Основные условия развития карста / Д. С. Соколов. – М. : Госгеолтехиздат, 1962. – 321 с.
17. Сухов В. В. О результатах экспериментов по изучению влияния процессов замерзания и таяния капиллярных и трещинных вод на горные породы / В. В. Сухов // Материалы наук.-практ. конф. «Регион – 2012. Стратегія оптимального розвитку». – Харків, 2012. – С. 309–312.
18. Сухов В. В. Гідрогеологічні особливості карбонатного карсту / В. В. Сухов, В. Г. Суярко, О. О. Сердюкова // Science Rise. – 2015. – № 7/1(12). – С. 23–27.
19. Суярко А. В. Роль зон разгрузки глубинных вод в выяснении природы геотермических аномалий и рудной минерализации в Западном Донбассе / А. В. Суярко // II геол. конференция «Степановские чтения». – Артемовск, 1968. – С. 161–163.
20. Суярко В. Г. Особенности формирования вертикальной гидрогеохимической зональности в мезозойских структурах Донецкого прогиба / В. Г. Суярко // Геологический журнал. – 1984. – Т. 44, № 1. – С. 127–130.
21. Суярко В. Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена / В. Г. Суярко. – Харьков : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2006. – 225 с.
22. Суярко В. Г. Концептуальна синергетична геолого-гідрогеологічна модель розвитку суфозії та карсту у карбонатних породах на території Святогірського монастиря / В. Г. Суярко, В. В. Сухов // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія». – 2015. – № 1157. – С. 63–68.
23. Филькин В. А. Опыт составления карты современных движений земной коры по территории Донбасса / В. А. Филькин // Современные движения земной коры. – К. : Наукова думка, 1986. – С. 216–221.
24. Fournier F. Climatel erosion / F. Fournier. – Press Universitaires de France. – Paris, 1960. – 120 p.
25. Sukhov Valeriy. Forecast of potential natural risks for the historical and architectural sights of the Holy Mountains Lavra (Sviatohirsk Monastery) / Valeriy Sukhov // Young Scientist USA. – Vol. 4. – Lulu, USA. – 2015. – P. 126–130.
26. Wiebe R. The solubility of carbon dioxide in water at various temperature from 12 to 40° and at pressures to 500 atmospheres / R. Wiebe, V. L. Gaddy // Critical phenomena, J. Am. Chem. Soc., 62, 1940. – P. 815–817.