УДК 556.3:551.435.82

***В. В. Сухов**, ст. викладач,*
***В. Г. Суярко**, д. г-м. н, професор,*
***О. В. Чуєнко**, зав. лаб.,*
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ПРО ОСОБЛИВОСТІ СУФОЗІЇ КАРБОНАТНИХ ПОРІД

Розглянуто особливості суфозії карбонатних порід. На прикладі відкладень мергельно-крейдяної товщі верхньої крейди південного крила Святогірської брахіантикліналі продемонстровано, що суфозія є наслідком фізичної (механічної) діяльності інфільтраційних вод з формуванням поверхневого і підземного твердого стоку.

З'ясовано, що суфозійні процеси у мергельно-крейдяній товщі не лише призводять до денудації карбонатних порід, а й збільшують інтенсивність водообміну в них. Експериментально доведено, що розвиток суфозії обумовлюється динамікою інфільтраційних вод у різні сезони року, у зв'язку з чим найінтенсивніший розвиток цього процесу відбувається навесні та восени і залежить від характеру рельєфу як одного з основних природних чинників, що регулюють спрямованість суфозії.

Суфозійні процеси розвиваються на фоні сучасної тектонічної активізації Петрівсько-Кремінського розламу, з якою пов'язана не тільки дезінтеграція карбонатних порід у гірському масиві, а й сучасне здіймання території. Висхідний розвиток рельєфу супроводжується зростанням потенціалу денудаційних процесів і, відповідно, збільшенням їх впливу на земну поверхню.

На етапі розвитку суфозії, що характеризується подрібненням карбонатних часток до розмірів суспензії, у системі «порода-вода» спостерігається перехід фізичних (суфозійних) процесів у хімічні (карстові), що повністю відповідає одному з основних законів природи про перехід кількісних змін у якісні.

***Ключові слова**: суфозія, карбонатні породи, інфільтраційні води, твердий стік, денудація, геодинамічний водний потік, рельєф.*

***В. В. Сухов, В. Г. Суярко, А. В. Чуенко. ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СУФФОЗИИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД.** Рассмотрены особенности суффозии карбонатных пород. На примере обнажений мергельно-меловой толщи верхнего мела южного крыла Святогорськой брахиантиклинали показано, что суффозия является результатом физической (механической) деятельности инфильтрационных вод с формированием поверхностного и подземного твердого стока.*

Выявлено, что суффозионные процессы в мергельно-меловой толще не только приводят к денудации карбонатных пород, но и увеличивают интенсивность водообмена в них. Экспериментально доказано, что развитие суффозии обуславливается динамикой инфильтрационных вод в различные сезоны года, в связи с чем наиболее интенсивное развитие этого процесса происходит весной и осенью и зависит от характера рельефа как одного из основных природных факторов, регулирующих направленность суффозии.

Суффозионные процессы развиваются на фоне современной тектонической активизации Петровско-Кременского разлома, с которой связана не только дезинтеграция карбонатных пород в горном массиве, но и современный подъем территории. Восходящее развитие рельефа сопровождается возрастанием потенциала денудационных процессов и, соответственно, увеличением их влияния на земную поверхность.

На этапе развития суффозии, характеризующимся дроблением карбонатных частиц до размеров коллоидов в системе «порода-вода», наблюдается переход физических (суффозионных) процессов в химические (карстовые), что полностью отвечает одному из основных законов природы о переходе количественных изменений в качественные.

***Ключевые слова**: суффозия, карбонатные породы, инфильтрационные воды, твердый сток, денудация, геодинамический водный поток, рельеф.*

Постановка проблеми та її актуальність. Суфозія – один з найпоширеніших геодинамічних явищ у карбонатних породах, яке активно досліджується на протязі багатьох десятиліть. Проте чіткого наукового визначення процесу суфозії не існує й досі, хоча воно має не лише теоретичне, а й велике практичне значення для вирішення багатьох інженерно-геологічних та будівельних задач. Останнім часом вирішення проблеми суфозійної загрози гостро постало у зв'язку з природною витривалістю промислових (АЕС, заводи, фабрики, залізниці, автомобільні шляхи та ін.), житлових та історично-архітектурних об'єктів, збудованих на карбонатних основах. Особливо важливим є дослідження суфозійних процесів з метою прогнозування розвитку та запобігання негативних впливів суфозії на різні будівельні споруди. Усе це робить дослідження суфозії карбонатних порід дуже актуальним.

Аналіз дослідження проблеми

Хоча явище суфозії розглядається у роботах багатьох дослідників, сутність цього процесу часто висвітлюється з різних, часом протилежних, позицій. Так, існує думка, що суфозія – результат вилуговування розчинної речовини гірських порід інфільтраційними водами [5,6,7,10]. Проте вилуговування гірських порід – природний хімічний процес розчинення та вимивання з них у системі «порода – вода» окремих компонентів [6]. А саме хімічною взаємодією між гірськими породами та природними водами визначається інший геодинамічний процес – карстоутворення [13,15,19,21]. У роботах інших дослідників зауважується, що суфозійні процеси є наслідком механічного руйнування гірських порід поверхневими і підземними водними потоками [11,14,15,19].

Через такі неузгодження у авторів й виникла необхідність у чіткому визначенні поняття суфозії. Процес охоплює поверхню та вивітрилі карбонатні породи поблизу неї, у яких формується

© Сухов В. В., Суярко В. Г., Чуєнко О. В., 2016

зона вільного водообміну. Рухаючись з великими швидкостями, фільтраційні потоки гравітаційних вод механічно руйнують гірські породи, серед яких карбонатні є одними з найвразливіших.

Інфільтраційні води в процесі взаємодії з карбонатними породами здійснюють на них фізичну дію, що проявляється у: 1) механічному руйнуванні гірських порід; 2) перенесенні різних за розмірами (аж до суспензій) твердих часток; 3) перевідкладенні продуктів руйнування. Ці процеси, що об'єднуються поняттям «твердий стік», як правило, відбуваються паралельно, призводячи до такого явища, як суфозія [3,4,15].

Процеси суфозії карбонатних порід в межах східної частини Дніпровсько-Донецької западини, де широко розвинуті мергельно-крейдяні породи верхньої крейди $(K_2 st-cp)$, тією чи іншою мірою описано у роботах А. Е. Бабинця (1961), В. Г. Космачова (1975), В. П. Лугового та ін. (1999), В. Г. Суярка і В. В. Сухова (2015) та деяких інших дослідників. Аналіз результаті цих досліджень дозволив схарактеризувати процеси карбонатної суфозії, чітке визначення якої наведене у дисертації В. В. Сухова «Гідрогеологічні особливості розвитку суфозії та карсту карбонатних порід на території Святогірського історично-архітектурного комплексу» (2016).

Мета статті

Твердий стік, що формується в процесі механічної (фізичної) дії інфільтраційних вод, є основним генетичним показником суфозії. Вони відіграють величезну роль у вільному перенесенні різних за величиною часток гірських порід. Окрім поверхневих, це особливо стосується карстових, тріщин них та ґрунтових вод. Суфозія з формуванням підземного твердого стоку найчастіше спостерігається у зоні аерації – самій верхній частині гідродинамічного розрізу, що знаходиться між земною поверхнею і дзеркалом ґрунтових вод, які живляться за рахунок атмосферних опадів і поверхневих водотоків. У цій приповерхневій гідрогеологічній зоні – зоні вільного водообміну – залягають і продукти вивітрювання гірських порід, які часто є основним матеріалом підземного твердого стоку. Наукове обґрунтування процесу суфозії як формуванню твердого (поверхневого і підземного) стоку і є основною метою статті.

Виклад основного матеріалу

В межах східної частини ДДЗ процеси формування твердого стоку здійснюються завдяки як поверхневим, так і підземним водам [1,2,19]. У регіоні механічне підземне перенесення значної за обсягами кількості мінеральної речовини візуально спостерігається в алювіальних руслових відкладах на схилах ярів та балок, що є ділянками розвантаження підземних інфільтраційних вод четвертинних і неоген-палеогенових комплексів [2,5]. Кайнозойські водоносні породи представлені пухкими відкладами (ґрунти, піски, супіски та ін.). Мінеральні частки в них є практично незв'язаними, а характер циркуляції вод часто має турбулентний характер чому сприяють високі коефіцієнти пористості водоуміщуючих порід. Цим, зокрема визначається і можливість виносу з них великої кількості мінеральної речовини [3]. За нашими спостереженнями, об'єми твердого підземного стоку різко зростають у періоди дощів (осінь) та розтавання снігу (весна). Одним з основних факторів формування твердого підземного стоку також є геоморфологічний. Спостерігається пряма залежність між різкістю форм рельєфу та інтенсивністю проявів цього процесу [18].

Найважливішим показником формування твердого стоку є його модуль, який визначається на основі даних моніторингу[11]:

$$M_{тс} = \frac{Q_{тс}}{F}$$, де:

$M_{тс}$ – модуль твердого стоку, *т/рік·км*^{2}; $Q_{тс}$ – річний твердий сток, *т*; F – площа водозбору, *км*. Слід зазначити, що модуль твердого стоку найпростіше розраховується для водоносних горизонтів, що розвантажуються у річкову мережу [7].

Показником фізичної (механічної) роботи підземних вод є просторово-часовий розподіл та динамка твердого стоку. Його вивчення дає змогу кількісно охарактеризувати інтенсивність такого важливого геологічного процесу, як механічна ерозія. Модуль твердого підземного стоку характеризується різними значеннями в залежності від клімату, геоморфологічних факторів, особливостей геологічної будови, проявів сучасної тектоніки, літології та гідрогеології території досліджень [16]. Одним з основних природних факторів, що впливають на інтенсивність формування твердого стоку є геологічне вивітрювання гірських порід [15].

Явище твердого стоку, наприклад, неодноразово спостерігалося в умовах виходів крейдяних порід на правому березі р. Сіверський Донець. Це стосується і району Святогірського монастиря, де ґрунтові води та води тріщинуватої товщі верхньої крейди, розвантажуючись на береговому схилі, постійно приносять частки порід, серед яких – різні за розмірами шматочки крейди та кварцові піщинки [12,17,19].

Як відомо, водопровідність порід у річкових долинах значно збільшується у порівнянні з вододільними площами [21]. З величин, записаних у вигляді значень опорів, можна визначити відомий критерій Бочевера (B_c): $B_c = \frac{T_g \cdot x_0}{T_0 \cdot x_g}$, який

характеризує водонасиченість порід [20], яка прямо стосується формування твердого стоку і може бути розрахована за існуючими формулами [1,4]. У кожному конкретному випадку це дозволяє розробити ефективні заходи із запобігання руйнівного впливу суфозії на будівлі та споруди [18].

Фізична діяльність підземних вод з утворенням твердого стоку в регіоні найчастіше проявляється на ділянках розвитку мезозойських відкладів, які приурочені до зон тектонічних розломів. Це явище є характерним для мергельно-крейдяної товщі нижньої крейди в руслі р. Сіверський Донець. Різні за розмірами фрагменти гірських порід, які не встигають розчинитися, виносяться турбулентними потоками підземних вод (у тому числі і з осередків карстоутворення) у вигляді механічних часток різних розмірів. Таким чином, на фоні карстоутворення тут може спостерігатися і явище суфозії, хоча вони й мають різну генетичну природу.

Суфозія може спричиняти просідання вищезалягаючої товщі порід. Це зазвичай призводить до утворення на поверхні замкнених низовин (мікрозападин, блюдець, воронок), які у породах нижньої крейди характеризується діаметром від 0,5-1,0 м до 10,0-15,0 м і глибиною від 5,0-10,0 см до 50-100 см [5]. Такі суфозійні (фільтраційні) форми нагадують карстові, але нічого спільного з карстом не мають [17].

Прояви суфозії великих масштабів з формуванням поверхневих депресій великого діаметру (до 100 м) відомі в регіоні на терасах обох берегів Сіверського Донця [5]. Утворення таких геоморфологічних форм може бути пов'язане, зокрема, з підвищеною інфільтрацією атмосферних опадів внаслідок недостатньої дренованості площі водозбору [12]. При цьому суфозійний винос речовини можна розглядати виключно як один з видів фільтраційного руйнування порід та заповнення пор, тріщин і порожнин у щільних теригенних товщах пісковиків (кольматація) [11]. Проте цей процес має значно ширше розповсюдження, проявляючись також і у пухких відкладах (піски, леси, суглинки та ін.), які у вигляді покривних товщ розвинуті практично на усій території східної частини ДДЗ [2,5,19].

Суфозія може відбуватися у глибині масиву гірських порід і без виносу їх часток на земну поверхню. Це так звана «підземна суфозія». Процес часто проходить за умов, що пухкі відклади, які зазнають суфозійного впливу (піски, суглинки, леси), підстилаються закарстованими породами [5]. Таке явище спостерігається на тих схилах р. Сіверський Донець, де кайнозойські відклади, що представлені пісками, супісками, суглинками та лесоподібними осадами залягають на мергельно-крейдяній товщі нижньої крейди, у якій відбуваються карстові процеси. Так, за нашими спостереженнями, великі карстово-суфозійні поховані воронки є як у районі Святогірського монастиря і с. Богородичне, що знаходиться у 800-1200 м вище за течією, так і на крейдяній горі Кремінець на південній околиці м. Ізюм. Тут четвертинні ґрунти, піски, супіски та суглинки у яких відбуваються процеси суфозії, також підстилаються закарстованими мергельно-крейдяними відкладами [5,12,19].

Заповнення похованих карстових порожнин продуктами суфозії у часі може бути дуже інтенсивним. Внаслідок взаємодії двох генетично різних геодинамічних процесів, формуються депресивні екзогенні геологічні структури, що заповнені підземними водами. Сенс явища полягає у зміні форми, структури і складу порід під дією, головним чином, факторів геологічного вивітрювання з подальшим пристосуванням їх до нових термодинамічних умов під впливом інфільтраційних та підземних вод. При цьому подрібнення гірських порід (а разом з ними і речовини будівельних конструкцій) аж до пилуватих часток різко збільшує загальну поверхню дотику їх з водою, що у свою чергу може пришвидшувати процеси хімічного вивітрювання [3,15].

Інфільтрація атмосферних опадів у четвертинні ґрунти та тріщинувату зону мергельно-крейдяної товщі верхньої крейди призводить до різких змін у масиві карбонатних порід. Це є основним фактором їх геологічного вивітрювання, яке зумовлює дезінтеграцію цієї товщі у верхній її частині, забезпечуючи формування тріщинного горизонту підземних вод [4,5].

Суфозія може бути інтенсивною лише за умови структурної неоднорідності водоносних порід, яка оцінюється відповідним коефіцієнтом ($K_н$) [15]:

$$K_н=d_{60}/d_{10}, \text{ де}$$

$K_н$ – коефіцієнт неоднорідності порід;

d_{60} – діаметр часток у породі (ґрунті), кількість яких складає ~60%;

d_{10} – діаметр часток, сумарний вміст яких складає ~10%.

На території досліджень така неоднорідність відкладів обумовлюється наявністю як крейдяного елювія так і четвертинних піщано-глинистих ґрунтів, для яких $K_н>4$.

Утворюючи зону вільного водообміну товщиною до 3,0-10,0 м, ґрунти і вивітрилі карбонатні породи характеризуються високою вірогідністю розвитку тут інтенсивних процесів суфозії. Водні потоки, що циркулюють з великими швидкостями (до 10,0-15,0 м/с) є головною енергетичною складовою суфозійних процесів. Вони, на нашу думку, і призвели до того, що за рахунок

руйнування крейдових порід з наступним винесенням часток різних розмірів, відбулося своєрідне «розущільнення» основи будівлі Миколаївської церкви Святогірського монастиря та східців, що ведуть до неї. Це не лише обумовило появу різних за масштабами деформацій у самій «крейдяній брилі», а й незначне руйнування «крейдяної» церкви [19].

Суфозійні процеси у мергельно-крейдяній товщі верхньої крейди є не лише причиною її поверхневої денудації, а й основним сучасним фактором збільшення тріщинуватості і порожнинності порід [22], що, у свою чергу, сприяє інтенсивному водообміну і, як наслідок, – активнішій взаємодії між інфільтраційними водами та гірськими породами. При цьому як швидкості циркуляції, так і хімічний склад вод значно змінюються. Останнє вказує на факт реакцій хімічного обміну між інфільтраційними водами та карбонатними породами.

Розвиток суфозії карбонатних порід у різні періоди року (весною, літом, восени та зимою), з урахуванням даних метеостанції м. Святогірська, визначається кількістю атмосферних опадів та ступенем їхньої інфільтрації у тріщинуваті вивітрилі породи верхньої крейди, і, як наслідок – об'ємом винесеної потоками інфільтраційних вод мінеральної речовини, що ілюструється графіком сезонної динаміки цього геодинамічного процесу (рис. 1).

Рельєф – один з основних природних факторів, що впливає на характер та спрямованість різних геодинамічних процесів, включно із суфозією. Геоморфологічними особливостями визначаються швидкості фільтраційних водних потоків, що обумовлюють інтенсивність фізичного руйнування гірських порід у зоні вивітрювання [14,15].

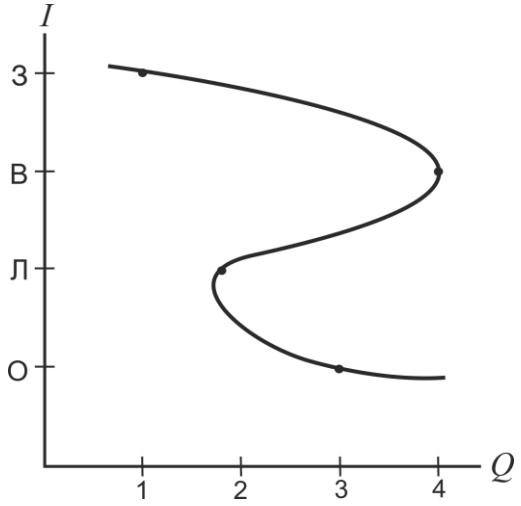

Рис. 1. Сезонна динаміка розвитку суфозійних процесів у карбонатних породах на території Святогірського монастиря.

Умовні позначення: I – сезонне інфільтраційне живлення ґрунтів та зони вивітрювання порід верхньої крейди у різні пори року (З – зима, В – весна, Л – літо, О – осінь); Q – умовний об'єм сезонного твердого стоку

Суфозійні процеси розвиваються на території досліджень на фоні періодичної тектонічної активізації Петрівсько-Кремінського розлому, осьова лінія якого слугує руслом Сіверського Донця [19]. Це пов'язано не лише з дезінтеграцією порід у масиві але й зі здійманням Святогірської брахіантикліналі у сучасний період внаслідок тектонічної активності [5,19]. Висхідний розвиток рельєфу у геоморфології зазвичай асоціюється із опуклими схилами, які переважають у рельєфі, що добре видно на верхньокрейдових відслоненнях на правому березі ріки. Це обумовлюється зростанням тут потенціалу денудаційних процесів.

Про інтенсивні суфозійні процеси в межах Святогірського монастиря свідчать схили, що позбавлені рослинності та ґрунтового покрову, свіжі донні врізи поверхневих потоків та пов'язані з ними невеликі конуси винесення у місцях виположення біля руслової частини р. Сіверський Донець [5].

Серед форм рельєфу, що утворилися завдяки суфозії, на території досліджень виділяються дві основн: яри та вимоїни (воронки). Зовнішній їх вигляд та присутність або повна відсутність рослинності на схилах свідчать про те, що ці суфозійні утворення, характеризуючись різним ступенем активності, знаходяться на різних стадіях розвитку. Якщо яри є сучасними геодинамічними формами, то вимоїни – переважно старішими утвореннями [5,19].

Розвитку процесів суфозії карбонатних порід мергельного-крейдяної товщі сприяє тонкий (до 0,3-0,5 м) шар четвертинних ґрунтів та піщано-глинистих відкладів на верхній (субгоризонтальній) частині брили. Тому суфозійна діяльність поверхневих, а у зоні вивітрювання – і підземних вод прослідковується повсюдно. Особливо це стосується яроподібних долин. У процесах суфозії тут здебільшого перевищує не бокова (площева) ерозія, а глибинний розмив, якій забезпечується руйнуванням і переносом матеріалу карбонатних порід по окремих напрямках, які визначаються поглибленими формами рельєфу.

Дослідження цих потоків під час дощових злив та весняних повенів на денній поверхні верхньокрейдового відслонення в районі Святогірського монастиря («крейдяної брили») дозволило встановити, що максимальний розвиток струменева ерозія має саме на цій ділянці. Потоки води, руйнуючи та розмиваючи карбонатні породи, виносять з них не лише суспензійні пилуваті глинисті частки діаметром менше 0,005 мм та крейдяну дресву розмірами від 1,0 до 10,0 мм, а й дрібну (до 25,0 мм), середню (до 50,0 мм) і крупну (до 100,0 мм) щебінку. Інколи з такими потоками переміщуються вниз по схилу і набагато більші за розмірами уламки породи. Усі ці продукти руйнування активно накопичуються у тектонічних тріщинах і різних поглибленнях, більша частина з яких є раніше утвореними суфозійними формами.

Інтенсивний розвиток підземної ерозії (суфозії) забезпечується в основному, екзогенними, і меншою мірою – літогенними тріщинами. Тектонічна тріщинуватість «крейдяної брили» за нашими спостереженнями майже не впливає на суфозійні явища. Як відкриті, так і заповнені уламковим матеріалом тріщини є головними каналами фільтрації підземних вод. Про сучасну активність процесу підземної ерозії свідчать суфозійні канали, які виявлено автором в процесі обстеження порід верхньокрейдової карбонатної товщі. На це вказують і сліди затікання насиченого гумусом матеріалу ґрунтів у тріщини, що можна спостерігати у багатьох субвертикальних суфозійних каналах крутого мергельно-крейдяного відслонення [19].

Геоморфологічним проявом сучасної суфозії на території досліджень є морфологічно молоді чашеподібні форми, у днищах яких інколи виявляються і водовідвідні канали. Ерозійна енергія рельєфу залежить від глибини базису ерозії (яка сягає на території досліджень 100-120 м) та форми схилу. Крутіший схил забезпечує не лише об'ємний твердий стік, а й зростання його енергетичної сили [5].

Південні схили відрізняються від північних інтенсивнішим розвитком суфозійних процесів [5]. Тому північна експозиція відслонення крейдяної брили сприяє, на нашу думку, зменшенню енергетики руйнівних суфозійних процесів.

Слід зазначити, що підземні води у зоні інфільтрації можуть знаходитися у рідинній (вода), газоподібній (пара) і твердій (лід) фазах. Переходи з одного стану у інший обумовлені коливаннями температур, що у природних умовах спостерігається при змінах пори року. Такі зміни супроводжуються подрібненням карбонатних порід на фрагментарні частки різної величини, які в процесі міграції у водяних потоках можуть зменшуватися аж до розмірів суспензій (до $n \cdot 10^{-4}$ см). Останні ж можуть приймати участь і у хімічних реакціях у системі «карбонатна порода – вода», що обумовлюють розвиток карсту.

Все це свідчить про те, що найпотужнішою природною силою, яка здійснює всеосяжні хімічні і фізичні перетворення у приповерхневій частині літосфери є вода, що циркулює у різних колекторах.

Висновки

1. Суфозія є геодинамічним наслідком фізичної діяльності природних (поверхневих і підземних) вод, яка супроводжується механічним руйнуванням гірських порід та мінералів з формуванням твердого стоку.

2. Найважливішим показником формування твердого стоку є його модуль, який розраховується на основі даних моніторингу і характеризується різними значеннями в залежності від клімату, геоморфології, особливостей геологічної будови, сучасної тектоніки, літології та гідрогеології території дослідження.

3. Суфозійні процеси у мергельно-крейдяній товщі верхньої крейди є не лише причиною її поверхневої денудації, а й основним сучасним фактором збільшення тріщинуватості і порожнинності карбонатних порід. Це, у свою чергу, сприяє збільшенню інтенсивності водообміну і як наслідок – активізації взаємодії між інфільтраційними водами та гірськими породами, що обумовлює пришвидшення їх механічного руйнування.

4. Розвиток суфозії у верхньокрейдових карбонатних породах підпорядковується динаміці інфільтраційних вод у різні сезони року. Через це найінтенсивніші суфозійні процеси спостерігаються у весняний та осінній періоди.

5. Рельєф є одним з основних природних факторів, що впливає на характер та спрямованість суфозійних процесів. Саме геоморфологічними особливостями визначаються швидкості фільтраційних водних потоків, що обумовлюють масштаби фізичного руйнування гірських порід у зоні

вивітрювання. Ерозійна енергія рельєфу залежить від глибини базису ерозії та форми схилів. Крутіші схили забезпечують зростання енергетичної сили суфозійних процесів.

6. На певному етапі розвитку карбонатної суфозії у системі «порода – вода» спостерігається перехід кількісних змін, пов'язаних з подрібненням мінеральних часток (аж до суспензій), у якісні – суто фізичних (суфозійних) процесів у хімічні (карстові), що цілком відповідає одному з основних законів природи про перехід кількісних змін у якісні.

Література

1. *Атлас Харківської області. – К.: ГУГК і К, 1993. – 46 с.*
2. *Бабинец А. Е. Подземные воды юго-запада Русской платформы [Текст] / А. Е. Бабинец. – Киев: Изд-во АН УССР, 1961. – 378 с.*
3. *Веригин Н. Н. Диффузия и массообмен при фильтрации жидкостей в пористых средах [Текст] / Н. Н. Веригин, Б. С. Шержуков / В кн.: Развитие исследований по теории фильтрации в СССР (1917-1967). – М. : Наука, 1969. – С. 237-313.*
4. *Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена [Текст] / В. М. Шестопалов, А. Б. Ситников, В. И. Ляльо и др. Отв. ред. В. М. Шестопалов. – Изд. ИГН АН УССР. – Киев: Наук. думка, 1988. – 272 с.*
5. *Гидрогеология СССР. – Т. VI, Донбасс. – М. : Недра. 1971. – 480 с.*
6. *Гірничий енциклопедичний словник, т. 2 / За ред. В.С. Білецького. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2002. – 632 с.*
7. *Демчишин М. Г. Інженерно-геологічні умови в долинах рівнинних рік [Текст] / М. Г. Демчишин, О. М. Анацький / У зб. «Будівельні конструкції». – К. : НДІБК, 2008. – Кн. 1, вип. 71. – С. 156-164.*
8. *Емельянова Е. Г. Основные закономерности оползневых процессов [Текст] / Е. Г. Емельянова. – М. : Недра. 1972. – 310 с.*
9. *Космачев В. Г. Древний карст в Изюмском районе [Текст] / В. Г. Космачев. Путеводитель экскурсий III съезда Географического общества УССР. – Х. : Облполиграфиздат, 1975. – С. 55-58.*
10. *Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология [Текст] / В. Д. Ломтадзе – Л.: Недра, 1978. – 496 с.*
11. *Лопатин Г. В. Эрозия и сток наносов [Текст] / Г. В. Лопатин // Природа. – №7. – 1950. – С. 19-28.*
12. *Луговой В. П. Особенности развития суффозионных явлений на территории с интенсивной техногенной нагрузкой [Текст] / В. П. Луговой, Ю. С. Остапенко, С. М. Журин, В. В. Сухов // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія». – 1999. – № 455. – С. 65-72.*
13. *Лущик А. В. Подземные воды карстовых платформенных областей юга Украины [Текст] / А. В. Лущик, В. И. Морозов, В. П. Милешин. – К. : Наук. думка. – 1981. – 200 с.*
14. *Лущик А.В. Формирование режима подземных вод в районах развития активных геодинамических процессов [Текст] / А. В. Лущик, Г. В. Лисиченко, Е. О. Яковлев. – К. : Наукова думка. – 1988. – 164 с.*
15. *Основы гидрогеологии. Геологическая деятельность и история воды в земных недрах [Текст] / Е. В. Пиннекер, Б. И. Писарский, С. Л. Шварцев и др. – Новосибирск: Наука, 1982. – 239 с.*
16. *Павлов А. Н. Геологический круговорот воды на Земле [Текст] / А. Н. Павлов. – М. : Мысль, 1974. – 448с.*
17. *Сухов В. В. Типизация сложных инженерно-геологических условий и источников геологической опасности для памятников истории и архитектуры [Текст] / В. В. Сухов // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія». – 2009. – №864. – С. 89-93.*
18. *Сухов В. В. Инженерно-геологические и гидрогеологические факторы влияния на стабильность историко-архитектурных памятников [Текст] / В. В. Сухов // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія». – 2012. – № 997. – С. 73-76.*
19. *Суярко В. Г. Концептуальна синергетична геолого-гідрогеологічна модель розвитку суфозії та карсту у карбонатних породах на території Святогірського монастиря [Текст] / В. Г. Суярко, В. В. Сухов // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія.». – 2015. – № 1157. – С. 63-68.*
20. *Чабан М. О. Критерии натурального подобия в гидрогеологии [Текст] / М. О. Чабан // Водные ресурсы. – 1981. – №1. – С. 64-76.*
21. *Шестопалов В. М. Оценка уязвимости подземных вод районов открытого карста (на примере массива Ай-Петри, Крым) [Текст]/ В. М. Шестопалов, А. Б. Климчук, С. В. Токарев, Г. Н. Амеличев // Спелеология и карстология. – 2009. – №2. – С. 11-29.*
22. *Энгельгарт В. Поровые водные растворы и катагенез пород [Текст] / В. Энгельгарт / В кн. Диагенез и катагенез осадочных образований. – М. : Мир, 1968. – С. 443-458.*