

ЕКОЛОГІЯ

УДК 577.4

В. М. Бровдій, О. О. Гаца, Є. Ю. Пащенко

Національний педагогічний університет
імені М. П. Драгоманова
вул. Пирогова, 9, Київ, 01601
Рада по вивченню продуктивних сил
України НАН України
бул. Шевченка, 60, Київ, 01032
Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України
бул. Чоколівський, 13, Київ, 03186

ЗАКОН ДИФУЗІЇ І ЙОГО РОЛЬ В ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ЗЕМНОЇ КОРИ

Дифузія, екологія, закон природи

Під дифузією (від лат. Diffusion - розтікання) - розуміють процеси поширення речовини в будь-якому середовищі у напрямку зменшення її концентрації. Це явище обумовлене тепловим рухом іонів, атомів та молекул, а також більших часток. Дифундувати можуть як розчинені у речовині сторонні частки, так і частки самої речовини (самодифузія). Якщо у системі підтримується нерівномірний розподіл температури або на систему діють зовнішні сили, наприклад електричний струм, то відбувається відповідно, термодифузія, електродифузія, внаслідок яких встановлюється нерівномірний розподіл концентрації речовини. Для одновірної дифузії в ідеальних розчинах за відсутності зовнішніх сил спостерігається прояв закону Фіка, згідно якого вектор щільності потоку часток при дифузії пропорційний та протилежний у напрямку градієнта їх концентрації. Коефіцієнт пропорційності у цьому законі зветься коефіцієнтом дифузії (визначається D та виражається в м²/г). Дифузія має важливе практичне значення, адже нею в значній мірі визначається швидкість багатьох фізико-хімічних процесів (адсорбції, десорбції, розчинення, кристалізації тощо).

Крім того, дифузія використовується в багатьох виробничих процесах, особливо масштабно в порошковій металургії.

З точки зору фізика дифузія - це, по суті, здатність часток одних тіл проходити в проміжки між іншими. Це явище полягає також в прагненні молекул одного і того ж тіла збільшити відстань між собою. Немає сумніву в тому, що якщо би не було інших сил, які утримують та прив'язують молекули одна до одної, то не було б і нашої планети Земля, і самого життя на ній. Матеріальний світ «розплився» би і ми не могли б його бачити у тому вигляді, до якого звикли. Одні тіла володіють більшою здатністю проникати одне в одне, інші, навпаки, дифундують надто повільно.

Отже, в дифузії ми спостерігаємо одне з особливо важливих проявів властивостей матерії, з якими пов'язано приголомшуюче розмаїття природи, яка нас оточує.

Не тільки біолог, який працює в галузі колоїдної плазми, але й геохімік щоразу зустрічається з такими особливими явищами розсіювання та накопичення речовин як дифузія.

При вивченні земної оболонки Землі геохімік-теоретик повинен пам'ятати, що в природі існують такі розведені розчини та суміші, з якими ніколи не доводиться мати справу хіміку-

експериментатору в лабораторії. Існують такі розріджені гази, в яких одна молекула розміщена лише в ім³. В таких розчинах та газах навіть точніші і тонкі методи не тільки хімічного, але і електроскопічного аналізу нездатні виявити слідів речовини. Для нього потрібні значно тонші методи, ніж спектральний аналіз, наприклад, електроскопи, які здатні уловити розсіяні в природі атоми радіоактивної речовини.

Для геохіміка методи виміру, які вироблені загальною хімією, теж не є ефективними. Адже, наприклад, сірчаноокислий барій, який в хімічному аналізі вважається сіллю і розчиняється у воді, в умовах земної кори є звичайною складовою частиною природних розчинів. Він протягом десятка тисяч років викристалізовується з них у вигляді великих кристалів бариту розміром до одного метра. Виникає питання, чи може геохімік відтворити цей процес в лабораторії?

Сірчисте залізо, одна частина якого, за визначеннями ряду вчених розчиняється тільки в 200000 частинах води, часто зустрічається мінералогу у вигляді крупних кристалів та сполучень мінералу піриту. Він є продуктом, що утворюється за участю водних розчинів. Деякі елементи, такі як золото або уран, розсіяні по всій земній поверхні, але в таких безмежно малих кількостях, що навіть точними методами аналізу їх важко виявити.

Очевидно, що розсіювання, дифузійність земної речовини є одним з найхарактерніших явищ хімічних процесів, які здійснюються на планеті Земля. І чим більше удосконалюються методи наукового дослідження, тим зрозумілішим стає процес розсіювання в породах земної кори найрізноманітніших хімічних елементів та їх сполук.

Саме ця обставина спонукала В.І. Вернадського характеризувати мікроскопічні суміші як продукти дифузійного процесу [1].

Явища дифузії, або розсіювання хімічних елементів, можна спостерігати в будь-якому середовищі. В атмосфері їх можна спостерігати в рівномірному розподілі газів, в досить широкому перенесенні величезних запасів вугільної кислоти, яка викидається вулканами, чи виробляється промисловістю. Швидко поширюється також і кисень, який у величезних кількостях продукується в результаті диханням лісів, морських водоростей шляхом дисоціації вод світового океану. Миттєво розноситься та піднімається у найвищі прошарки атмосфери гелій, який повільно накопичується в земній корі при розпаді радіоактивних речовин. Не менш інтенсивні і важливі явища дифузії в морських басейнах, де здійснюється постійна циркуляція води, солей та розчинених газів.

З водної поверхні в глибину дифузує кисень, до якого назустріч з глибини піднімається сірководень, аміак та вугільна кислота - три найголовніші продукти розпаду органічної речовини на дні океанів, морів та озер. На певній глибині ці гази зустрічаються та вступають в хімічні сполучення один з одним, даючи початок сірчаній кислоті та її солям. На місці зустрічі важких газів глибокого царства з живильним киснем верхніх прошарків води розвивається свій особливий світ мікроорганізмів, причому глибина цього горизонту в океанах і морях визначає швидкість дифузії газів.

Але найширшим та найінтенсивнішим виявляються явища дифузії в твердих прошарках Землі. Тут в найдрібніших капілярах та в тріщинах, які прорізають породи, відбуваються повільні, але величезні за своїми результатами процеси перенесення речовини.

Донедавна існувала думка вчених на те, що явища дифузії не поширюються на тверді речовини. Але ряд нових фактів спростовує цей погляд. При високих тисках в атмосфері відбувається перекристалізація речовини, і в твердих мінеральних агрегатах при температурах, вищих від точки їх плавлення, мають місце найскладніші дифузійні хімічні процеси.

Різноманітні речовини просмоктують твердий мармур, роблячи його прозорішим, тверді агати та яшми фарбуються різними фарбами в найяскравіші тони. Навіть однорідний суцільний кристал можна зробити прониклим для окремих речовин. Дослідження довели, що в деяких кристалів можна шляхом повільних та обережних реакцій вилучити частину елементів та замінити їх іншими, не порушуючи його кристалічної будови.

Сьогодні встановлено, що чимало речовин пробивають собі шлях скрізь тверді тіла, подібно до того, як краплі ртуті під тиском проникають через дерев'яну дошку. Це проникнення занадто повільне, проте для геохімії, яка «вимірює» вік своїх процесів тисячами та мільйонами років, поняття про повільність процесу втрачає зміст.

Очевидно, що протягом тривалих періодів геологічної історії шляхом дифузії в газоподібному, рідкому та твердому середовищах нашої планети широко розсіюються молекули найрізноманітніших хімічних елементів.

Але які сили їх знову збирають, накопичують, і дають початок тим скупченням, які мінералог називає «родовищами» корисних копалин.

Причин здійснення цих процесів надто багато, але серед них однією з найважливіших є, знову таки, дифузія.

Коли кристал росте під впливом закладених в ньому сил земного тяжіння, він вилучає з оточуючого його розчину необхідну йому для цього речовину. Навколо кристала утворюється зона, яка бідніша за цю речовину, ніж інша маса розчину. Але сили дифузії прагнуть поповнити цю зону новим потоком речовини. Таким чином, навколо зростаючого кристала спостерігаються певні рухи та перенесення речовини. Отже, в основі цих процесів лежать сила тяжіння з одного боку і сила дифузії - з іншого. Хоча в природі подібна кристалізація відбувається не тільки у водних розчинах, що циркулюють по вільним тріщинам та «жилам» земної кори, не тільки у в'язких розплавлених масах в глибинних товщах земної кори. Вона може здійснюватися в більш або менш сформованій гірській породі та в осажденнях глини і піску.

Речовина, яка розсіяна в найдрібніших кількостях по всій породі, повільно стягується та прямує до окремих центрів кристалізації, що виникли усередині породи. Сили кристалічного зросту інколи настільки великі, що кристали стійко розсувають на всі боки неподатливу породу, що їх оточує. В інших випадках кристали охоплюють і утримують її усередині себе. Так ростуть, наприклад, величезні кристали гіпсу, в пісках Середньої Азії - кристали моріонів та флюориту. В цих кристалах майже половину ваги складають захоплені піщини кварцу. У в'язкій глині часто утворюються привабливі гіпсові «троянди», чи кристали сірчаного колчедану. У покладах вапняків під дією кремнієвих розчинів зростають величезні мигдалини кременю, які поступово розсувають досить стійкі осадкові породи. Звідусіль внаслідок дифузії до цих утворень надходять нові запаси кремнієвої кислоти. В широких масштабах зростають подібні утворення на дні океанів, на тих глибинах, де поступово накопичуються осадки з напіврідкого мулу, з якого шляхом тривалих та повільних хімічних процесів утворюється порода. Але утворення кремнієвих конкрецій відбувається і згодом, коли порода вже давно вийшла з глибин океанів та стала частиною материка.

Невловимі дрібні частки мінералів, які розкидані силою дифузії, знову починають з'єднуватися під впливом могутніх сил кристалізації та при сприянні не менш дивовижного явища дифузії. У таких спосіб знову відроджується, хоча і в дещо іншій формі, закономірність, яка стверджує, що всі скупчення важких елементів, запаси благородних металів в рудних «жилах» утворюються шляхом повільного вилужування оточуючих їх порід.

Хоча дифузійні процеси в земній корі підтримують не тільки явища кристалізації. Дії тих самих сил ми спостерігаємо і в середині колоїдних розчинів, досить поширене в земній корі. Ці маси складаються з найдрібніших хаотично розташованих часток глини. Але природа прагне надавати їм знову стійкішу будову і вони повільно перегруповуються, злипаються. Отже, шляхом безперервної роботи та перенесення речовин, дифузія вносить упорядкування в колоїдні маси.

Ці процеси потребують інколи величезних проміжків часу. Повинні пройти тривалі геологічні епохи, поки неупорядкована колоїдальна маса глини перетвориться в закономірний, хімічно однорідний мінерал - каолінит.

В середовищі колоїдів та інших прихованих кристалічних утворень привертає увагу ще одне явище. Іноді в напівпрозорій масі деяких мінералів можна спостерігати фантастичні окреслення гілочок, квітів, рослин. Подібні дивні форми, що зветься дендритами, вже давно привернули увагу вчених. З початку XVII століття їх описували як тасмнічі рослини, що розвиваються усередині каміння, як сліди "соків землі, що кам'яніють", чи як продукти землетрусів [2].

Щоб пояснити цю «ігру природи», достатньо штучно її відтворити. Опустіть на желатин краплю будь-якої сильно підфарбованої солі, і через деякий час ви побачите гіллясті форми дендритів як наслідок дифузії солі та виникнення центру кристалізації.

Аналогічні явища зустрічаються і в природі. Хто не знає красивих смугастих агатів та халцедонів найрізноманітніших кольорів із складними, іноді фантастичними малюнками? Вони утворюються в порожнинах порід, що вимиваються, в середовищі напіврідкої колоїдальної кремнієвої кислоти. Експериментальним шляхом можливо відтворити їх утворення до найдрібніших деталей.

Закон дифузії розглядається нами в межах планети Земля, але він носить всесвітній характер і проявляє себе (теоретично) на всіх планетах Сонячної системи. Випромінювання Сонцем світла і навіть конкуренція гравітаційних сил в космосі є теж певною формою проявленням цього універсального закону, який сформульований нами вперше, як дискусійний.

Висновки

Природі притаманне явище дифузії, яке широко проявляється в геологічних процесах земної кори, утворенні мінералів, формуванні кристалів, розподілі газів в навколишньому середовищі, поширенні хімічних елементів та їх сполук у морських басейнах тощо.

Дифузійність є одним з найхарактерніших явищ хімічних процесів, які здійснюються на планеті Земля та у Всесвіті і розглядаються як універсальний закон Природи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вернадський В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. - М.: Наука, 1987. - 330 с.
2. Философский энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия, 1983. - 838 с.

Brovdiy V.M., Gaca O.O., Paschenko E.Yu.

GEOPHYSICAL LAW OF DIFFUSION AND HIS ROLE IN THE GEOLOGICAL PROCESSES OF THE EARTH'S CRUST

The Nature possesses such phenomenon as diffusion which widely displays in geological processes of the earth crust and in the formation of minerals and crystals, in the distribution of gases in the surroundings, in the enlarging of chemical element and their's combinations in the marine areas etc.

The diffusion is characterized by law and is considered as universal law of the Nature.

Надійшла 29.11.2007 р.

УДК: 574.3:633.(477.41)

А. П. Мегалінська, Н. Р. Дев'єр

Національний педагогічний університет
імені М.П. Драгоманова,
вул. Пирогова, 9, м. Київ, 01601
Національний аграрний університет,
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ

ВИРОЩУВАННЯ ДЕЯКИХ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН НА ТЕРИТОРІЯХ, ЗАБРУДНЕНИХ РАДІОАКТИВНИМ ЦЕЗІЄМ

Радіонукліди, ^{137}Cs , лікарські рослини, коефіцієнт накопичення, цитостатична активність, мітогенна активність, інгібітор проліферації, цитостатик.

Після аварії на ЧАЕС значні території України були забруднені довгоживучими радіонуклідами. Серед цих радіонуклідів найнебезпечнішими з точки зору дозоутворення є ^{137}Cs [1]. У зв'язку з цим актуальною є проблема використання забруднених територій та вирощеної на них рослинної продукції.

Українське Полісся традиційно було джерелом лікарських рослин [3]. Оскільки лікарські рослини в раціоні людини складають незначну частку, то норми на вміст радіонуклідів у лікарських рослинах є досить високими і становлять 200 Бк/кг [2]. Ця величина значно перевищує відповідні норми для рослин харчового призначення.

Накопичення радіонуклідів в сировині лікарських рослин може змінювати їх фізіологічну активність (цитостатичну, активність ферментів, фітогормонів, лектинів) [3]. Тому метою дослідження було вивчення можливості вирощування деяких лікарських рослин на території, вилученій з використання з причин високого радіоактивного забруднення, а також визначення цитостатичної активності забрудненої сировини цих рослин.