

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.3.209174>
УДК 550.4:546.11:546.8:553.98:551.14

М.І. ПАВЛЮК, І.М. НАУМКО

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна,
E-mail: igggk@mail.lviv.ua, naumko@ukr.net

ФУНДАМЕНТАЛЬНА ПРАЦЯ З ПРОБЛЕМ ДЕГАЗАЦІЇ ЗЕМЛІ

**Рец. на кн.: В.М. Шестопапов, А.Е. Лукин, В.А. Згонник,
А.Н. Макаренко, Н.В. Ларин, А.С. Богуславський**

ОЧЕРКИ ДЕГАЗАЦИИ ЗЕМЛИ.

Киев, 2018. 632 с.

У фундаментальній монографії, яка привернула увагу наукової геологічної спільноти відразу після опублікування, систематизовано, проаналізовано і переосмислено величезний фактичний матеріал з проблем дегазації Землі. За даними літературних джерел і особистими дослідженнями авторів обговорюється низка аспектів глибинної дегазації планети і доводиться, що нафтидогенез і нафтогазоутворення належать до її найважливіших проявів. Наголошується на ролі плюмтектонічної концепції і теорії тектоніки плит у воднево-вуглеводневій дегазації, як визначальній складовій загальнодегазаційних процесів. Описуються різноманітні поверхнево-приповерхневі прояви дегазації й аналізуються уявлення про стан дренажної системи мантієво-корової дегазації. Розглядаються структури сучасної активізації в Україні та роль труб дегазації у вертикальному водообміні в гідрогеологічних системах. Акцентується на впливові глибинної дегазації на еволюцію біосфери і на небезпечних екологічних наслідках дегазації та можливих шляхах їхнього подолання. Видання стане настільною книгою для усіх, кого цікавлять сучасні здобутки у галузі наук про Землю: фахівців геолого-геофізичного і геоекологічного профілів, працівників-управлінців з використання природних ресурсів і вирішення екологічних проблем, студентів, що вивчають науки про Землю, любителів природи.

Ключові слова: дегазація; глибинний флюїд; плюм; водень; вуглець; вуглеводні; петрогенез; рудогенез; нафтидогенез; мантія; земна кора; біосфера; Земля.

На сучасному етапі розвитку наук про Землю серед найважливіших фундаментальних і прикладних проблем є процеси дегазації (дефлюїдизації) Землі, які безпосередньо визначають особливості перебігу мантієвого і корового петрогенезу, ендо- та екзогенного рудоутворення і нафтидогенезу. Їхні комплексні дослідження дають змогу реконструювати еволюцію і динаміку геолого-геофізичних, геохімічних і термобаричних параметрів при формуванні мантієвих і підкорових порід та грануліт-базитової, граніт-гнейсової та осадово-вулканогенної верств земної кори і, відповідно, родовищ корисних копалин різноманітних генетичних типів, а отже, у підсумку відтворити флюїдний режим великого та єдиного геолого-геохімічного процесу «тектономагмоседиментометаморфорудонафтоутворення» (за І. Чебаненком).

За такого підходу розглянемо наукове видання «Очерки дегазации Земли» («Нариси дегазації Землі» — тут і далі переклад наш) (автори: В.М. Шестопапов, О.Ю. Лукін, В.О. Згонник, О.М. Макаренко, Н.В. Ларін, О.С. Богуславський).

За такого підходу розглянемо наукове видання «Очерки дегазации Земли» («Нариси дегазації Землі» — тут і далі переклад наш) (автори: В.М. Шестопапов, О.Ю. Лукін, В.О. Згонник, О.М. Макаренко, Н.В. Ларін, О.С. Богуславський).

Цитування: Павлюк М.І., Наумко І.М. Фундаментальна праця з проблем дегазації Землі. *Геологічний журнал*. 2020. № 3 (372). С. 65—70. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.3.209174>

Citation: Pavlyuk M.I., Naumko I.M. Fundamental work on the problems of degassing of the Earth. *Geological Journal* (Ukraine), No. 3 (372), pp. 65-70. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.3.209174>

кий. Київ, 2018. 632 с.), яке привернуло увагу широкого загалу відразу після опублікування.

Видання містить, крім «Вступу» та «Замість післямови», десять фундаментальних розділів: «Глибинна дегазація Землі — провідний чинник фазової диференціації літосфери», «Консидиментаційні процеси глибинної дегазації Землі та їх роль у формуванні басейнів породоутворення», «Дегазація Землі, нафтидогенез і нафтогазоносність», «Воднева дегазація Землі», «Поверхневі і приповерхневі прояви дегазації», «Дренажна система дегазації (верхня мантія–кора)», «Зони сучасної активізації в Україні», «Деякі гідрогеологічні наслідки дегазації», «Дегазація Землі як фактор макроеволюції», «Деякі екологічні наслідки дегазації Землі».

У «Вступі» автори розглядають фундаментальні напрями вчення про дегазацію Землі, окреслені працями видатних вчених минулого й сьогодення, внесок яких у вирішення проблеми виявився, на їхню думку, найзначніший. Вони зазначають, що з деяких аспектів дегазації уявлення авторського колективу не ідентичні, однак наголошують, що «...это естественно, учитывая всю сложность и малодоступность рассматриваемой проблемы для непосредственных исследований» (с. 28).

У першому розділі «Глибинна дегазація Землі — провідний чинник фазової диференціації літосфери», насамперед обговорюються питання про закономірності перебігу процесів глибинної дегазації Землі з наголосом на плюмтектонічній концепції. Акцентується на важливому співвідношенні плюмтектонічної концепції і теорії тектоніки плит, виходячи з очевидного факту, що корені тектонічних і магматичних процесів досягають ядра Землі і навіть межі зовнішнього і внутрішнього ядра (за В. Хаїним). Автори вважають, що на різних етапах еволюції плюми, як гігантські відщеплення речовини та енергії від зовнішнього ядра Землі у вигляді висхідних потоків суперглибинних флюїдів, близьких до так званої неідеальної плазми, в яких переважають гази і леткі компоненти широкого кола елементів, можуть контролювати як магматизм і гідротермальний рудогенез, так і нафтидогенез (труби «гарячої» чи «холодної» дегазації, в розумінні П. Кропоткіна; первинної відновленої чи вторинної окисленої дегазації, в розумінні М. Се-

мененка). У якості індикаторів особливого режиму процесів глибинної дегазації Землі виділено пригожиніти — принципово новий генетичний тип природних мінеральних утворень, збагачених темнокольоровою пелітоморфною полімінеральною речовиною, ареали поширення яких повністю співпадають з областями прояву плюмтектоніки. Як приклад пригожиніту описано геракліти — специфічні на вигляд і за будовою та речовинним складом шлакоподібні включення у морських вапняках, мергелях і глинах міоцену південно-західного Криму як продукти експлозивного карбонатитового вулканізму, пов'язаного з сукупністю проникних каналів дериватів Чорноморського суперплюма. У контексті функціонування наскрізьформаційних флюїдопровідних систем як основних каналів глибинної дегазації Землі в літосфері розглядаються літолого-епігенетичні критерії виділення і картування труб дегазації, роль яких у локалізації відкритої тріщинуватості і вторинних колекторів є винятково важливою. Викладено підходи до розуміння труб дегазації як зон діапїризму, зокрема соляного. У підсумку наведено низку міркувань про провідну роль термохімічних плюмів у глибинній дегазації Землі.

У другому розділі «Консидиментаційні процеси глибинної дегазації Землі та їх роль у формуванні басейнів породоутворення» оцінено внесок «первинної» ендегенної речовини у седиментаційний фонд, розглянуто чорносланцеві формації — індикатор фаз дегазації Землі, зокрема акцентовано на їхньому евксинському типі як мегапастках не лише вуглеводневих газів, але й гелію, причому як радіогенного, так і мантійного (тобто збагаченого ^3He). Показано, що евксиніти — основний генетичний тип чорних сланців, з якими пов'язані родовища «сланцевого» газу. Наявність дисперсних самородно-металевих частинок у різновікових чорносланцевих формаціях України (менілітові сланці Карпатського регіону, верхньопротерозойські–нижньопалеозойські відклади Волино-Поділля, майкопська серія Азово-Чорноморського регіону, теригенно-чорносланцева формація Дніпровсько-Донецької западини і Переддобрудзького прогину тощо) розглядається як трасери (супер)глибинних флюїдів.

У третьому розділі «Дегазація Землі, нафтидогенез і нафтогазоносність» розглянуто про-

цеси нафтидогенезу і нафтогазоносності як одні з найважливіших проявів дегазації Землі. При цьому проаналізовано вплив просторово-часових варіацій процесів глибинної дегазації на нафтогазогеологічне районування і вивчено зв'язок вуглеводневої дегазації та фазово-геохімічної зональності нафтидоагромадження. Виявлено зв'язок районування нафтогазоносних територій за фазовим складом скупчень вуглеводнів з глибинними геодинамічними чинниками, що дало змогу обґрунтувати такі поняття, як «головна зона бітумоагромадження» чи давня «зона морського газогідратоагромадження» (у доповнення до «головної зони нафтоагромадження» і «головної зони газонагромадження»). Показано провідну роль глибинної дегазації Землі при формуванні нафтогазоносності кристалічних масивів, а також у фазово-геохімічній диференціації нафтидів. У контексті загальних закономірностей дегазаційних процесів щодо висхідного тепломасоперенесення, зумовленого процесами глибинної дегазації Землі, оцінено проблему прямих пошуків нафти і газу, основу яких має складати фіксування геохімічних і геофізичних аномалій, зумовлених покладом, а не пасткою, і виявлення істинної аномалії типу «поклад вуглеводнів» та системний підхід до їхньої інтерпретації і розроблення на цій основі послідовності прямопошукових робіт.

У четвертому розділі «Воднева дегазація Землі» наголошується, що «водневе дихання» є частковим випадком «газового дихання» Землі і, відповідно, воднева дегазація є продовженням не просто вуглеводневої, а воднево-вуглеводневої дегазація є складовою загальнодегазаційних процесів та глобальним і великомасштабним явищем. Аналізуються причини недостатньої вивченості водню і випадки знахідок природного водню у різноманітних геологічних умовах. Вказується, що спроби оцінити сумарний потік геологічного водню ще не увінчалися успіхом. Тому, крім опосередкованих міркувань та матеріалів аналізу різних матеріальних наслідків дегазації, важливо отримати прямі підтвердження сучасної активної водневої дегазації, прикладами якої є Кольський півострів, кімберлітові трубки Сибіру, Криворізький басейн тощо, а також видобуток майже чистого водню в Малі. З матеріалів роз-

ділу впливає нагальна потреба посилення дослідних робіт з цієї проблематики.

У п'ятому розділі «Поверхневі і приповерхневі прояви дегазації» обговорено шляхи, якими здійснюється вихід летких компонентів до поверхні Землі. Наголошується на зовнішніх чинниках дегазації, насамперед на винятковій ролі вібраційно-хвильових процесів у формуванні глобальної тріщинної структури земної кори. При цьому кліматичні зміни головно визначаються космічними чинниками, імпульсний періодичний вплив яких, що пов'язаний з періодичністю руху Землі і навколишніх космічних об'єктів, визначає загалом імпульсний (пульсаційний) характер дегазації. Здійснено огляд поверхнево-приповерхневих структур дегазації на суші і морських акваторіях, в межах яких вона вже на поверхні Землі проявляється у западинних і підзападинних трубах, підзападинних трубоподібних структурах, лінійних тріщинних і западинних системах, бар'єрах і нестаціонарних імпульсних процесах (вибухових явищах), воронках газових викидів в умовах вічної мерзлоти, йордкасті, донних западинах, палеотрубах, а також в інших флюїдопровідних каналах, таких як виходи вуглеводнів на поверхню, грязьові вулкани, вулкани, сейсмічні канали дегазації, техногенні кратери як провідники глибинної дегазації, поверхневі теплові прояви дегазації, сліди дегазації на поверхні інших планет, їхніх супутників, ядер комет тощо. Факти реального існування елементарних дегазаційних каналів розглянуто на прикладі палеотруб дегазації. Проведено типізацію поверхнево-приповерхневих проявів дегазації Землі, які мають глобальний характер і виявляються як безпосередніми спостереженнями, так і здебільшого поверхневими формами рельєфу, що фіксують зосереджену дегазацію. Також виділено макродегазацію, зокрема приховану дегазацію (кімберлітові трубки, діпіри), та мікродегазацію (розсіяну).

У шостому розділі «Дренажна система дегазації (верхня мантія–кора)» питання дренажної системи мантіїно-корової дегазації розглядається на підставі даних про сучасну тектонічну, теплову і магматичну активізацію (за геофізичними, геологічними, гідрогеологічними та іншими матеріалами). Чітко показано, що саме перебіг явищ дегазації на межі «верхня мантія—кора» формує геолого-гідрогеоло-

гічні наслідки дегазації в земній корі. Встановлено особливу інформативність зв'язку між геодинамічною активністю геологічної структури та її флюїдонасиченістю. В зв'язку з цим показано, що систему дегазації розподілено нерівномірно по території, її найвища активність загалом характерна для молодих структур альпійської активізації, однак і в межах давніх структур знайдено території сучасної активізації, які тут також характеризуються зміною в часі, що має пульсаційний різноамплітудний характер (з переважанням дегазації відновлених газів). Відносно застійний гідродинамічний режим систем підземних вод змінюється періодично більш динамічним пульсаційним режимом на більших глибинах, зумовленим активізацією висхідних флюїдів, мантіїно-коровою дегазацією під впливом ендегенних процесів.

У сьомому розділі «Зони сучасної активізації в Україні» основні геологічні структури України розглянуто у контексті визначення територій, перспективних на виявлення сучасних дегазаційних процесів; насамперед це стосується сучасної активізації в Дніпровсько-Донецькій западині, Донбасі, Українському щиті, Волино-Подільській плиті, Українських Карпатах. Цікавою на даному етапі є пропозиція авторів щодо використання ізотопного складу гелію для можливого виявлення зон сучасної активізації, які можуть фіксуватися глибиною активізацією і конвективним висхідним рухом (проникненням) флюїдів по розломах. Наведено конкретні ознаки сучасної концентрованої дегазації в западинах у межах рівнинних територій, зокрема, Дніпровсько-Донецької западини, Причорноморської западини, північної і центральної частин Українського щита та його схилів.

У восьмому розділі «Деякі гідрогеологічні наслідки дегазації» обговорено особливості взаємозв'язку приповерхневих водоносних горизонтів з урахуванням впливу дегазаційних труб у природних умовах та при експлуатації підземних вод (за даними модельного експерименту у межах території басейну ріки Трубіж (лівий приплив Дніпра). В результаті засвідчено, що як при природних умовах, так і тим більше при експлуатації підземних вод підзападинні канали є концентрованими шляхами аномальної субвертикальної фільтрації. Це

підтверджено авторським чорнобильським досвідом оцінки міграції речовин через западини. Адже отримані дані свідчать про посилення відносної періодичної активності гідродинамічних та інших процесів у зоні так званого утрудненого водообміну під впливом глибинної дегазації і виявлення у цій зоні областей внутрішніх (зокрема ювенільних) і зовнішніх глибинних висхідних потоків, пов'язаних з окисненням висхідних відновлених газів і утворенням води, вуглекислого газу та ін.

У дев'ятому розділі «Дегазація Землі як фактор макроеволюції» аналізуються актуальні питання макроеволюційної ролі глобальних уранових аномалій у процесі макроеволюції біосфери, дегазації Землі і природного хімічного мутагенезу, біоценозів океанських гідротермально-ексгалаційних вогнищ як моделей труб дегазації, зв'язку труб дегазації — осередків хімічного мутагенезу з центрами походження культурних рослин, природи древніх центрів походження тварин і рослин.

У десятому розділі «Деякі екологічні наслідки дегазації Землі» акцентовано на негативних екологічних наслідках дегазації, головно для сучасного (і найближчого майбутнього) етапу геологічної історії. Найнебезпечніший чинник — вулканічну діяльність, особливо виверження супервулканів, розглянуто на прикладі супервулканів у межах Йеллоустонського національного парку (США) і Флегрейських полів (Італія). Не менш небезпечними уявляються як канали власне водневої дегазації, так і дегазаційні процеси, пов'язані з міграцією інших газів: вуглекислих (оксид і діоксид вуглецю), сірчистих (сірководень), сульфатних кислот, пари ртуті, перегрітої пари води, метану тощо. До небезпек такого самого порядку віднесено бомбардування Землі крупними астероїдами і метеоритами. Обговорено сейсмогеологічні аспекти аварії на Чорнобильській АЕС та питання ізоляції радіоактивних відходів у надрах.

У межах Чорнобильської зони відчуження (північний схил Українського щита) виділено ділянки для проведення пошуково-розвідувальних робіт з метою визначення місця ізоляції радіоактивних відходів. У підсумку показано, що процеси глибинної дегазації Землі є одним з важливих чинників еволюції біосфери планети.

На завершення у розділі «Замість післямови» у віршованій формі наведено оду водню. Нам залишається доєднатися до цих вдалих слів, наголосивши, що наявні нині дані свідчать, що зародження термохімічних плюмів ініціюється струменями відновлених газів, у складі яких саме водень, маючи виняткову дифузійну здатність і високу теплоємність порівняно з іншими елементами, забезпечує механізм «пропалювання» мантії з процесами плавлення і формування магматичних систем та виділення великої кількості енергії при землетрусах і разом із вуглецем у складі С–Н-фазій контролює скупчення вуглеводнів (за М. Добрецовим, В. Ларіним, Ф. Летніковим, О. Маракушевим, І. Рябчиковим, М. Семененком та ін.).

Отож, у підсумку, в монографії на основі аналізу опублікованих джерел і особистих численних досліджень авторів обговорюється низка аспектів глибинної дегазації Землі, що включають наскрізьформаційні флюїдопровідні системи, літолого-епігенетичні критерії виділення труб дегазації, міркування на користь існування плюмової дегазації, аналіз трасерів (супер)глибинних флюїдів як індикаторів фаз глибинної дегазації, роль процесів дегазації у формуванні басейнів породоутворення. Показано, що нафтидогенез і нафтогазоутворення належать до найважливіших проявів глибинної дегазації. Схарактеризовано прямі підтвердження сучасної водневої дегазації. Описано різноманітні поверхнево-приповерхневі прояви дегазації на суші і на морі в спокійному і вибуховому режимах та деякі чинники їхнього пульсаційного функціонування. Проаналізовано уявлення про стан дренажної системи мантіїно-корової дегазації. Розглянуто структури сучасної активізації в Україні як першочергові об'єкти для вивчення дегазації. Виконано модельний аналіз впливу труб дегазації на вертикальний водообмін в гідрогеологічних системах. Розглянуто вплив глибинної дегазації на макроеволюцію біосфери. Подано інформацію про деякі небезпечні екологічні наслідки дегазації і можливі шляхи їхнього подолання в майбутньому з користю для людства.

В чому ж у підсумку вбачаються достоїнства наукового видання «Нариси дегазації Землі»?

Насамперед, в тому, що авторами систематизовано, проаналізовано і науково переосмислено величезний фактичний матеріал з проблеми дегазації планети Земля, як отриманий особисто, так і розосереджений у численних монографіях, статтях, матеріалах конференцій, Інтернет-ресурсах тощо. Незважаючи на певну фрагментарність його викладу (що якраз і підпадає під дефініцію «Нариси»), він об'єднаний основною ідеєю — всебічним розглядом та обговоренням процесів дегазації в геологічній історії Землі як планети. Книга легко читається і сприймається завдяки чудовій ілюстрованості 235 рисунками, зокрема і в кольоровому виконанні, 12 таблицями. Вдалим для опрацювання й інтерпретації наведених даних вважаємо те, що список посилань на джерела додається до кожного розділу.

Наголосимо на вчасності виходу наукового видання «Нариси дегазації Землі» у світ, адже екологічні проблеми сьогодення у світі пов'язані не лише з техногенним впливом людини як найбільшої геологічної сили (за влучним висловом геніального вченого-енциклопедиста, академіка Володимира Вернадського — Великого Кобзара природознавства (Е. Соботович, В. Долін, 2012)), але й безпосередньо посилюються глибинними процесами як земного, так і космічного порядку. Видання творчо розвиває наукові ідеї видатних вчених минулого й сьогодення, робить гідний внесок у фундаментальну науку про дегазіцію Землі для повнішого розуміння пройдедшого, теперішнього і прийдешнього нашої голубої планети, біосфери та людства. Це й визначає непересічну цінність книги для усіх, хто цікавиться сучасними здобутками у галузі наук про Землю, та насамперед для фахівців геолого-геофізичного і екологічного профілів, працівників, які виконують управлінські функції з використання природних ресурсів і вирішення екологічних проблем, студентів, що вивчають науки про Землю.

Надійшла в редакцію 15.05.2020

Прийнята 02.08.2020

Myroslav Pavlyuk, Ihor Naumko

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of the NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine,
E-mail: igggk@mail.lviv.ua, naumko@ukr.net

FUNDAMENTAL WORK ON THE PROBLEMS OF DEGASSING OF THE EARTH

Book Review: Shestopalov V.M., Lukin A.E., Zgonnik V.A., Makarenko A.N., Larin N.V., Boguslavsky A.S.

ESSAYS ON EARTH DEGASSING

Kyiv, 2018. 632 p.

Huge factual material on Earth degassing problems is systematized, analyzed and rethought in the fundamental monograph, which attracted the attention of the scientific geological community immediately after publication. Based on literature sources and personal research of the authors, a number of aspects of deep degassing of the planet are discussed. It is demonstrated that naftidogenesis and oil and gas formation are among its most important manifestations. Emphasis is placed on the role of plume-tectonic concept and the theory of plate tectonics in the hydrogen-hydrocarbon degassing as a determining component of general degassing processes. Various surface and near-surface manifestations of degassing are described and ideas about the state of the mantle-crust degassing drainage system are analyzed. The structures of modern activation in Ukraine and the role of degassing pipes in vertical water exchange in hydrogeological systems are considered. Attention is focused on the influence of deep degassing on the evolution of the biosphere as well as on the dangerous environmental consequences of degassing and possible ways to overcome them. The book will be a major reference source for all who are interested in modern achievements in the field of Earth sciences: specialists of geological, geophysical and geoecological profiles, managers in the use of natural resources and environmental problems, students studying Earth sciences, and nature lovers.

Keywords: degassing; deep-seated fluid; plum; hydrogen; carbon; hydrocarbons; petrogenesis; orogenesis; naphthidogenesis; mantle; Earth's crust; biosphere; Earth.