



“The dolomite problem”: progress and prospects

„Доломитният проблем“: постижения и перспективи

Athanas Chatalov
Атанас Чаталов

Sofia University “St. Kliment Ohridski”, 15 Tsar Osvoboditel Blvd., 1504 Sofia; E-mail: chatalov@gea.uni-sofia.bg

Abstract. The study of dolomite and dolomitization of carbonate rocks has gained great achievements during the past several decades. Nevertheless, the “dolomite problem” is still far from solved and many important questions remain open. Future research can be promoted by application of new sophisticated laboratory techniques, implementation of reliable numerical models, further experimental work, and more case studies.

Keywords: dolomitization, concepts, models, challenges.

Първото описание на доломитни скали е публикувано от de Dolomieu (1791), а първата обзорна статия върху произхода на седиментния доломит е дело на van Tuyl (1914). Оттогава научните публикации, посветени на изследване на доломитизацията, са достигнали огромен брой, включително няколко обобщителни труда (напр.: Warren, 2000; Machel, 2004; Gregg et al., 2015). Въпреки това и днес често в седиментоложката литература се разглежда т. нар. „доломитен проблем“, който има два главни аспекта: а) ограниченото образуване на доломит в съвременни обстановки за разлика от широкото му разпространение в древни карбонатни скали и б) неуспешните досега лабораторни опити за химично утаяване на минерала при нискотемпературни условия (25–60 °C).

Значим напредък по проблема с доломитизацията датира от 50-те години на ХХ век в резултат от изучаването на холоценски доломитни утайки (Персийски залив, Бахамски острови, Карибско море и Австралия), както и сондирането за нефт и газ в Северна Америка. През следващите десетилетия са отбелязани големи постижения в изследването на доломита и доломитизацията, които са свързани с прилагането на комплексна методика. Те включват: описание и интерпретация на доломитните микроструктури, създаване на класификационни схеми за доломитните скали, установяване на различни генетични типове доломити, изучаване на порестостта и доломитните резервоари, изясняване на термодинамичните условия на доломитообразуване и ограниченията на т. нар. масов баланс, изследване на доломитната прекристализация и дедоломитизацията, уточняване на факторите, контролиращи доломитната стехиометрия и катионна подредба, високотемпературен

лабораторен синтез на минерала при различни параметри, проследяване на връзката между доломитизацията и Pb-Zn орудявания, разглеждане на доломитизацията в секвентностратиграфска рамка и други.

Изследванията на съвременни отложения и древни скали спомагат за създаването на редица доломитизационни модели, част от които се основават изцяло на теоретични хипотези. Главните модели на доломитизация са построени на базата на термодинамични, кинетични и хидроложки критерии и могат да бъдат обособени както следва: 1) Sabkha model – синседиментационното (repencontemporaneous) доломитообразуване в приповърхностни условия е резултат от евапоритна концентрация на морска вода в периодично осушаваните зони на карбонатни приливно-отливни равнини в аридни райони (сабхи); 2) Reflux model – доломитизацията засяга предимно плиткоморски варовикови отложения и има постседиментационен (post-depositional) характер. Морската вода се отличава с хиперсоленост поради изпарение, като се просмуква през отдолулежащите седименти вследствие на повишената си плътност. Моделът най-често се използва за интерпретацията на доломитизирани карбонатни платформи; 3) Mixing-zone model – този дискуссионен модел се свежда до смесване на морски и метеорни води под земната повърхност, главно в прибрежни зони. Той може да обясни само локалното образуване на доломит, но не и доломитизацията на дебели платформени варовици; 4) Organogenic/Microbial model – разлагането на органично вещество посредством бактериална сулфатна редукция или метаногенеза е предпоставка за формиране на обикновено малки количества доломит в дълбокоморски, шелфо-

ви и перитайдълни утайки (в приповърхностни условия до плитко погребване). Тук се отнасят и синседиментационни доломити от континентални и крайбрежни езера, които се включват от някои автори в самостоятелен модел (Coogong model); 5) Hydrothermal dolomitization – движението на хидротермални флуиди по разломни и пукнатинни зони на всякакви дълбочини под повърхността може да предизвика различна по мащаб доломитизация на околните варовикови скали; 6) Compaction model – флуидният поток се контролира от настъпило уплътнение и дехидратация на съседни глинести седименти, като доломитизацията има най-често ограничен обхват; 7) Thermal convection model – пространствени вариации в температурата водят до промени в плътността на порвите води и ефективна термална конвекция. Една разновидност на модела (Kohout convection) постулира доломитизация на големи обеми варовици при наличието на добра проницаемост в тях; 8) Topography driven model – този хипотетичен модел се отнася до топографски издигнати седиментни басейни, които са подложени на дълготрайно въздействие от страна на метеорни води. Неговата приложимост е твърде спорна поради проблематичния източник на Mg и липсата на убедително доказан природен аналог; 9) Tectonic (squeezee) model – флуидната система се характеризира с отделяне на порови води под влиянието на тектонски натиск. Моделът намира конкретно приложение при акреционни призми в субдукционните зони. Последните четири модела са свързани с доломитизация от модифицирани морски води на средни до големи дълбочини на погребване и се различават главно по своя хидроложки механизъм; 10) Seawater dolomitization – тук се отнасят фактически няколко хибридни модели, според които постседиментационна доломитизация (включително на дебели платформени отложения) се осъществява на плитски до средни дълбочини под повърхността при различен хидрогеоложки режим. Общото между тях се свежда до постигнатия консенсус, че морската вода е единственият изобилен природен флуид, който е богат на Mg. В седиментоложката литература са предложени и други хибридни модели, например Geomicrobiological sabkha model и Geomicrobiological mixing model (Petrash et al., 2017).

Пред бъдещите изследвания по „доломитния проблем“ стоят неизяснени редица традиционни и нововъзникнали въпроси, като например: конкретната роля на кинетичните фактори, които контролират доломитизацията (особено при нискотемпературни условия); детайлните характеристики на прехода от високомагнезиален калцит към доломит; причините за образуване на т. нар. полифазови доломити; пределните дълбочини под

повърхността за протичане на къснодиагенетична доломитизация; каква част от постседиментационните доломити в геоложкия летопис са променени синседиментационни доломити и други. Три главни задачи, очертаващи се пред популярния напоследък, но и силно полемизиран органогенен модел, включват: прецизиране на критериите за доказване на микробиален произход на доломита; изследване на механизмите на микробиално влияние върху доломитизацията и изучаване на връзката между доломитообразуването и определени групи микроорганизми. Същевременно продължава дългогодишната дискусия относно значението и взаимодействието на отделните глобални фактори (плейттектоника, климат, евстатично морско ниво, геохимия на океанската вода и CO₂ в атмосферата), обуславящи стратиграфското разпределение на доломита през Фанерозоя, както и специфичните условия на доломитообразуване през Докамбрия. Всички тези предизвикателства предполагат ревизиране на някои от съществуващите и евентуално създаване на нови модели на доломитизация. Перспективите за решаване на посочените проблеми са свързани с изследване на повече геоложки обекти, широко приложение на цифровото моделиране, по-нататъшни опити за нискотемпературен доломитен синтез, а така също използване на усъвършенствани и съвсем нови лабораторни методи, като например анализ на Mg и Ca изотопи, двойна C-O (clumped) изотопна термометрия, ICP-MS с лазерна аблация, микрорентгенова и лазерноиндуцирана флуоресценция, масспектрометрия с вторични йони, атомно-силова микроскопия, компютърна томография и синхротронна рентгенова дифрактометрия.

Литература References

- de Dolomieu, D. G. 1791. Sur un de pierres très peu effervescentes avec les acides phosphorescentes par la collision. – *J. Phys.*, 39, 3–10.
- Gregg, J. M., D. L. Bish, S. E. Kaczmarek, H. G. Machel. 2015. Mineralogy, nucleation and growth of dolomite in the laboratory and sedimentary environment: a review. – *Sedimentology*, 62, 1749–1769.
- Machel, H. G. 2004. Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal. – In: Braithwaite, C. J. R., G. Rizzi, G. Darke (Eds.). *The Geometry and Petrogenesis of Dolomite Hydrocarbon Reservoirs*. Geol. Soc. London, Spec. Publ. 235, 6–63.
- Petrash, D., O. Bialik, T. Bontognali, C. Vasconcelos, J. Roberts, J. McKenzie, K. Konhauser. 2017. Microbially catalyzed dolomite formation: from near-surface to burial. – *Earth Sci. Rev.*, 171, 558–582.
- van Tuyl, P. M. 1914. The origin of dolomite. – *Iowa Geol. Survey Ann. Rep.*, 25, 251–422.
- Warren, J. 2000. Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations. – *Earth Sci. Rev.*, 52, 1–81.