

ИЗОТОПНАЯ КАНАЛОМИКА ХЕМОАВТОТРОФОВ КАК ПРЕДИКТОР-РЕГУЛЯТОР ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТАЛЛОВ И ФАКТОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Градов О.В.

Институт Энергетических Проблем Химической Физики
им. В.Л. Тальрозе, Российской Академии Наук (ИНЭПХФ РАН)
119334, г. Москва, Ленинский пр., д. 38, кор. 2
gradov@chph.ras.ru; gradov@center.chph.ras.ru

Практически общеизвестна роль хемоавтотрофов / литотрофов в формировании месторождений и выветривании, однако результаты этой биогеохимической активности и массопереноса, опосредуемого хемоавтотрофами, кардинально различны в зависимости от ионного состава среды, солевых эффектов проводимости и диаграмм Пурбе соответствующих условий указанной активности, а также ряда иных физико-химических характеристик, часто не рассматривающихся как факторы воздействия (для упрощения моделей). Биогеохимические представления раннего периода, на которых базировались модели и кинетические подходы к анализу подобных процессов, являются, по большинству критериев, феноменологическими и «эмпирическими», но не раскрывают суть процессов, происходящих на границе среды, процессируемой микроорганизмами, и поверхности хемоавтотрофов как активных агентов, процессирующих данную среду. Между тем, с точки зрения биохимической физики (и, в частности, биологической кинетики), механизмы, реализующиеся на границе раздела фаз или в её диффузионной окрестности, являются определяющими в таких случаях, так как ввод вещества в «микрореакторные» компартменты биологического происхождения и агрегация при биоминерализации, как правило, происходят опосредовано поверхностью биомембраны. Из специфичности хемоавтотрофов к химически-различным средам можно коррелятивно заключить, что свойства мембраны у них также различны и, как минимум, не противоречат условиям их нахождения в природной минеральной среде. Очевидно, что это прямо связано с механизмами действия мембраны в этой среде. Любые механизмы, определяющие мембранную активность в неорганической среде, по определению, должны являться механизмами взаимодействия этой среды с мембраной, следовательно – механизмами взаимодействия структурных единиц, обеспечивающих трафик неорганических ионов сквозь мембрану (трансмембранный перенос). Такими структурными единицами являются ионные каналы клетки, точнее их совокупность – т.н. каналом [1], что обеспечивает баланс переноса и специфику в кинетике мембранных процессов. Популяции ионных каналов очень

чувствительны не только к окружающей среде, но и к сопряженным с электрофизиологической функцией набором параметров мембран [2]; изменение комплексной параметрики канала хемоавтотрофов приводит, с другой стороны, к изменению эффективности процессов вблизи их поверхности и, как следствие, изменению эффективности биогеохимического процессинга среды. Отдельные условия могут не только десенситизировать каналы [3], но и привести к угнетению или гибели популяций клеток хемотрофов, что, естественно, приведет к обнулению эффективности биогеохимического процессинга среды в силу нулевой эффективности ионных каналов.

Известны ионные каналы, взаимодействующие с большинством элементов и взаимодействующих с мембраной агентов в орогенезе, минералогенезе, метаморфизме (и химической тафономии, которой определяется сохранности индикативных образцов в стратиграфии / приближенной биоморфологически-опосредованной датировке). Как примеры можно привести структуры канала, взаимодействующие (по разному и селективно, хотя и не всегда абсолютно) с: Fe [4], Mg [5], Zn [6,7], Gd [8], La [9], Cs [10], гидросульфатом [11], не говоря об общеизвестных кальциевых, калиевых, натриевых, хлорных каналах и возможности их не абсолютной селективной регуляции отличными от номинальных ионами, соответствующими рядам заместителей и функциям селективности. Учитывая эволюционно ранний характер и простую физико-химическую реализацию ионоселективных каналов и функций селективности, соответственно, возможно считать, что на достаточно ранних стадиях (например, соответствующих генезису и условиям происхождения джеспеллитов) могли работать каналы автотрофов, включая не сохранившихся «проблемных» (shadow life) [12,13]. Учитывая возможности изотопного фракционирования – как углерода [14], так и неорганических элементов, металлов (предметы компетенции металломики или элементомики [15], соответственно), в ходе биогеохимической деятельности «планетарной микробиоты», можно гарантировать участие канала и мембраны литотрофов в биологическом фракционировании изотопов в ходе формирования месторождений и выветривания (предметом мембраномики [16] для данных случаев должна являться совокупность мембран популяции, взаимодействующей посредством ионных каналов и реализующей с их помощью как фильтрующую, сорбционную и биокаталитическую функцию, так и коммуникационную / координирующую массоперенос в гомогенной по некоторому параметру среде или области среды).

Предлагается использование для целей синхронного измерения активности канала прокариот и результатов их биогеохимической и изотопно-фракционирующей деятельности техник МС-патч-кламп [17,18], изотопных методов локальной фиксации потенциала [19,20].

Литература:

1. Publicover S.J., Barratt C.L. // J. Physiol. 2012, 590(11):2553-2554.
2. Labriola J.M. et al. // JBC. 2013, 288(16):11294-11303.
3. Velisetty P., Chakrapani S. // JBC. 2012, 287(22):18467-18477.
4. Behera R.K. et al. // PNAS USA, 2014, 111(22):7925-7930.
5. Payandeh J. et al. // Bioch. Bioph. Acta, 2013, 1828(11):2778-2792.
6. Inoue K. et al. // Curr. M. Chem., 2015, 22(10):1248-1257.
7. Baron A. et al. // JBC. 2001, 276(38):35361-35367.
8. Elinder F., Arhem P. // Biophys. J. 1994, 67(1):71-83.
9. Lewis B.D., Spalding E.P. // J. Membr. Biol. 1998, 162(1):81-90.
10. Quigley E.P. // J. Membr. Biol., 2000, 174(3):207-212.
11. Czyzewski B.K., Wang D.N. // Nature. 2012, 483(7390):494-497.
12. Ranganathan R. // PNAS USA, 1994, 91(9):3484-3486.
13. Pohorille A. et al. // Astrobiology, 2005, 5(1):1-17.
14. Galimov E.M. The Biological Fractionation of Isotopes // Academic Press Inc., 1985, 282 p.
15. Li Y. F. et al. // Pure & Appl. Chem., 2008, 80(12):2577-2594.
16. Shimanouchi T. et al. // Membr., 2009, 34(6):342-350.
17. Gradov O., Gradova M. // Adv. Biochem., 2015, 3, 66-71.
18. Градов О.В. // Цитология, 2015, 57(9):625-626
19. Pankratov S. // Adv. Biochem., 2015, 3, 96-112.
20. Pankratov S. // J. Biom. Tech., 2015., № 2.

ISOTOPE CHANNELOMICS OF CHEMOAUTOTROPHS AS THE PREDICTOR AND REGULATOR OF THE METAL DEPOSIT FORMATION AND THE WEATHERING FACTOR

Gradov O.V.

V.L. Tal'rose Institute for Energy Problems of Chemical Physics,
Russian Academy of Sciences, 119334, Leninsky Prospect, 38/2,
Moscow, Russia

gradov@chph.ras.ru; gradov@center.chph.ras.ru

Chemoautotrophic and lithotrophic microorganisms are known to participate in the deposit formation and the rock weathering, but the results of such chemoautotroph-mediated biogeochemical activity and mass transfer strongly differ depending on the ionic composition of the medium, the salt conductivity effects and the Pourbaix diagrams of their medium, as well as on some other physico-chemical parameters which are often not considered as the active external factors for the sake of simplicity.

The early biogeochemical considerations underlying the models and kinetic approaches to the analysis of such processes are mostly phenomenological and empirical and do not disclose the essence of the processes occurring at the boundary between the medium processed by the microorganisms and their active surface. Meanwhile, from the standpoint of biochemical physics, and especially biological kinetics, the mechanisms realizing at the interface or in its diffusion vicinity are decisive in such processes as the reagent input into the microreactor-like biological compartments and aggregation upon biomineralization, which are usually biomembrane-mediated. Specificity of chemoautotrophic microorganisms to the chemically different media indicates the difference in their membrane properties within the natural mineral medium. Any mechanisms determining the membrane activity in the inorganic medium are in fact the mechanisms of interaction between the biomembranes and the external medium, i.e. the mechanisms of the structural unit operation providing the transmembrane ion transport. Such structural units are represented by the cell ion channels or rather their complex known as channelome, providing the ion balance and the specificity of the membrane process kinetics. There are well known ion channels interacting with most of the chemical elements / agents which can be potentially involved in orogeny, mineralogenesis, metamorphism and the weathering processes as well as in the chemical taphonomy. The simplicity of the physico-chemical principles of designing the ion channel functional analogs and the early evolutionary emergence of the primary ion channels allows to propose that at the very early stages (e.g. at the time of the origin of jaspillites) the channelomes of chemoautotrophic organisms could operate, including those of the extinct representatives of the 'shadow life'. The possibility of the isotope fractionation in microbial communities within the biogeochemical activity of the planetary microbiota ensures the participation of the channelome and membranome of the lithotrophs in the biological isotope fractionation during the deposit formation and weathering processes.