

УДК-552.143.001(100)

В.Х. Геворкьян<sup>1</sup>

## НАЛОЖЕННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ЛИТОГЕНЕЗЕ И ИХ РОЛЬ В ОСАДКООБРАЗОВАНИИ

*В статье рассматривается новая концепция осадко- и рудообразования — наложенный литогенез. Основным фактором преобразования осадка является поступающее в земную кору эндогенное вещество. Потoki последнего сопоставимы и даже превышают терригенный снос с континентов. В трансформации и мобилизации гипогенных флюидов решающее значение имеет биос, осуществляющий процессы аномальной минерализации, диагенетические преобразования осадков и пород, стабилизацию геохимического режима океана и атмосферы. Наложенный литогенез является азональным, не связан с климатическими факторами, и астадиальным, так как проявляется на любой стадии существования осадочных пород, включая современные осадки. Приводятся примеры наложенного литогенеза.*

Осадочные образования, слагая верхнюю часть литосферы, более чем на 75% перекрывают поверхность суши и практически сплошным покровом — ложе морей и океанов. С ними связаны месторождения углей, нефти и газа, фосфоритов, марганца, бокситов, строительных материалов. Несмотря на детальную изученность отдельных типов пород, современных морских осадков и рудных скоплений, многие вопросы их фациально-генетической принадлежности, условий формирования и эволюции в геологической истории Земли остаются невыясненными. Отсутствуют единые представления об общих закономерностях осадочного породообразования, стадиях превращения осадков в осадочную породу, степени воздействия на осадки и породы гипогенных и гипергенных факторов, т.е. общих закономерностях литогенеза.

Это объясняется с одной стороны молодостью литологии, возникшей на основе стратиграфических исследований, заложенных в середине XIX века трудами В. Смита и Ж. Кювье, и сформировавшейся в самостоятельную отрасль геологических знаний в связи с использованием специфичной методологии и методов исследований только в первой четверти нынешнего столетия. С другой — имея перед собой весьма сложный и неоднозначный в генетическом отношении объект исследований, литологи столкнулись с необходимостью учета химических, механических, биологических, тектонических, вулканических, динамических и многих других явлений, приводящих к образованию осадочного покрова. Следовательно, осадочные образования являются многофакторной системой и требуют соответствующего системного подхода.

<sup>1</sup> © В.Х.Геворкьян.

<sup>2</sup> Институт геологических наук НАН Украины, Киев.

Поэтому вполне понятен интерес литологов к созданию общей теории литогенеза, которая должна являться “синтезом всех знаний, касающихся осадочного породообразования” [12] и включать данные исследований вещественного состава, формационного анализа, петрографии, текстурно-структурных особенностей, палеогеографии, тектоники, климатологии, биологии, гидрохимии, гидрологии и т.д. Обобщение этих данных имеет огромное значение в познании геологической истории Земли, позволяет установить пути и направленность осадочного процесса, выявить закономерности преобразования осадков, процессы мобилизации осадочного вещества в рудные скопления. Таким образом, геологически обоснованная теория литогенеза имеет не только научное, но и в большой мере прикладное значение.

Из таких крупных исследований в этой области следует отметить работы У.Х. Твенхофела, М.С. Швецова, Л.В. Пустовалова, В.К. Крумбейна, Б. Милнера, Л.Б. Рухина, Д.В. Наливкина, В.П. Казаринова. Однако наибольшее влияние на развитие теоретической литологии имела климатически-зональная теория литогенеза, разработанная Н.М.Страховым и изложенная в монографиях “Основы теории литогенеза” [13] и “Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли” [12].

В основу методологии данной концепции был положен принцип выделения типов литогенеза по их приуроченности к определенным климатическим зонам Земли, обусловленным наличием метеорных осадков и температурным режимом, которыми определяется интенсивность процессов химической и механической дезинтеграции коренных пород — источников осадочного материала — и условия его последующего накопления.

Н.М.Страховым выделено три климатозональных типа литогенеза: ведущим является гумидный; крайне локализованы ледовый и аридный; подчиненное значение имеет аazonальный — вулканогенно-осадочный. Климат является головным фактором, которым определяется все разнообразие процессов осадкообразования в континентальных и морских условиях, а также интенсивность и направленность диагенетических преобразований осадков.

В геолого-историческом аспекте восстановление древних обстановок осадкообразования и осадконакопления проводится Н.М. Страховым на основе разработанного им сравнительно-литологического метода путем сопоставления современных осадков и древних осадочных пород с учетом эволюции осадочного процесса за счет изменения и климатических обстановок, и состава пород областей питания. Несомненной заслугой Н.М. Страхова является доказательство того, что понимание особенностей древнего осадконакопления возможно только в результате тщательного анализа современного седиментогенеза и сопоставления древних и современных обстановок седиментации. Подчеркнем, что это положение не должно быть упрощено до принципа чистого актуализма. Современное осадкообразование происходит на наших глазах, и нет других способов, которые бы позволили дать оценку древних обстановок осадконакопления, как только путем сравне-

ния с современными, и только этот метод может быть положен в основу понимания процессов древнего литогенеза.

Приведенная Н.М.Страховым аргументация, четкое и логичное изложение материала, высокий авторитет автора как разностороннего и эрудированного литолога способствовали широкому распространению его идей, и теоретические представления о климатической зональности литогенеза в значительной мере стали традиционными. Это позволило ему сделать вывод: “в литологии пока отсутствует что-либо продуманное и цельное, что можно было бы противопоставить разработанному сравнительно-литологическому методу и что оправдывало бы себя на практике созданием детально разработанной и хорошо увязанной с фактами теории литогенеза” [14].

Однако одновременно школой сибирских литологов разрабатывался иной, вещественно-генетический подход к изучению осадочных образований, получивший не совсем удачное название литолого-формационного метода [9]. Как отмечает Ю.П. Казанский [8], в основу метода “положено комплексное изучение факторов седиментации с учетом ландшафтно-климатических, тектонических и других условий формирования осадков, определением масштабов изменения этих условий во времени”. Этот метод получил резко отрицательную оценку со стороны Н.М. Страхова и его школы [12], так как ставил под сомнение правомочность использования только одного климатического критерия для объяснения всех особенностей осадконакопления.

Наиболее последовательная критика представлений Н.М. Страхова изложена Ю.П. Казанским [8]. Он отмечает, что выделяя три зональных типа литогенеза, Н.М. Страхов “связал их только с одним из признаков климата — балансом и состоянием воды на поверхности континента. Анализ многочисленных публикаций Н.М. Страхова, в которых обосновывается правомерность выделения типов литогенеза по климату, свидетельствует о том, что автор классификации недостаточно четко сохраняет принцип климатического районирования. Так, сравнение климатической карты Х. Бейли, составленной по балансу влажности, и схемы современных типов литогенеза Н.М. Страхова обнаруживает, что область существования гумидного литогенеза захватывает районы с семиаридным, субгумидным, гумидным и пергумидным климатами, а область аридного литогенеза — аридного, семиаридного и субгумидного климатов. Крайне неопределенна характеристика гумидного литогенеза, так как он включает такие контрастные области, как тундра, леса умеренного климата, лесостепь, тропические леса др.” Ю.П. Казанский полагает, что необходимо пересмотреть представления Н.М. Страхова “о так называемых породах и минералах-индикаторах, по которым принято выделять типы литогенеза”.

Обширный материал, полученный в морских геологических экспедициях, однозначно указывает, что совершенно неоправданным является перенесение климатической зональности на современное осадконакопление открытых морских океанических бассейнов. На это обратил внимание У.Х. Твенхофел: “по морским осадкам не так легко судить о существовавших климатах, как по осадкам континентальным” [16]. Н.В. Логвиненко



конкретизировал это положение, отметив, что "...выделение зон различного типа литогенеза правомерно для суши, водоемов суши и не во всех случаях возможно для окраинных морей и океанов. Характер распределения осадков на дне океана определяется источниками питания, обломочным и другим материалом, положением относительно материков, глубинами (циркумконтинентальный и батиметрический контроль), биологическими и гидрологическими процессами" [11].

Детальное изучение донных отложений практически всех районов Мирового океана показало, что в них не представляется возможным выделить минералы-индикаторы климатической зональности даже для современных условий. Более того, экстраполяция климато-зональных построений в соответствии со сравнительно-литологическим методом на конкретные геологические объекты может привести к ошибочным представлениям. Так, кремнистые породы мезо-кайнозойских отложений юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы по Н.М. Страхову должны быть связаны с биогенной садкой  $\text{SiO}_2$  в холодных водоемах. Палеобиологические данные свидетельствуют, что в меловую эпоху здесь существовал климат, близкий к тропическому, и осадконакопление происходило в тепловодном морском бассейне. Поэтому мы полностью присоединяемся к мнению В.П. Казаринова [9]: "Кремнистые породы формируются не потому, что в море вдруг по неизвестным причинам пышно расцветают диатомовые и другие "кремневые" организмы. Наоборот, последние начинают доминировать потому, что в море появляется избыточная  $\text{SiO}_2$ , приводящая к образованию кремнистых пород. Среда определяет характер биоценозов, а не они определяют среду, хотя, несомненно, оказывают на нее влияние". Отметим, что поступление  $\text{SiO}_2$  в морской бассейн определялось не только наличием мощных кор выветривания с одной стороны, но и поставками глубинного  $\text{SiO}_2$  вулканических поясов.

Такое положение с конкретным анализом климато-зональной теории литогенеза позволило Ю.П.Казанскому [8] сделать "решительный шаг в пересмотре седиментологических идей". Он с новых позиций рассмотрел особенности этапа седиментогенеза как части полного цикла осадочного породообразования, что позволило создать систему седиментологических построений, основанную на генеральном разделении континентального и морского осадконакопления на автохтонное — преимущественно по вещественному составу, и аллохтонное — по генетическому признаку. Предложенная Ю.П.Казанским концепция связи автохтонного осадкообразования с ландшафтными зонами континентов, отражающими не только такие показатели климата, как аридность, гумидность или нивальность, но и характер почвенно-растительного покрова, особенности склоновых процессов и других элементов природно-территориальных комплексов, является более корректной и более полно отвечает современным данным.

Безусловно, идея климатической зональности литогенеза сыграла определенную положительную роль в развитии литогенетических представлений, однако такая типизация литогенезов страдает излишней генерализацией и не охватывает всего комплекса процессов осадкообразования, а в некоторых

аспектах страдает ортодоксальностью и во многих случаях не отвечает реальной ситуации современного осадкообразования. Экстраполяция таких данных в историко-геологическом аспекте в далекое прошлое даст совершенно неверное представление об особенностях осадко- и пороодообразования в минувшие геологические эпохи. Как показывают современные исследования, эта классификация применима только для условий континентального осадкообразования, и то в достаточно ограниченном объеме.

Более перспективным является литолого-формационный метод, учитывающий фациально-ландшафтные, климатические условия осадкообразования, рельеф и др. параметры территорий осадкообразования и осадконакопления на основании накопленного опыта фациального и формационного анализа как современных, так и древних континентальных и морских осадочных толщ. Именно такой подход позволяет более полно раскрыть особенности дальнейшего существования осадков и осадочных пород.

Кроме трех типов зонального литогенеза, Н.М. Страхов выделяет азональный вулканогенно-осадочный литогенез, который представлен осадочными образованиями, сложеными продуктами вулканической деятельности: выбросами твердых компонентов, газов, воды и водных растворов. Он полагает, что вулканизм поставляет примерно  $1,2-1,5 \text{ км}^3$  вещества в год, включая гидротермы; крайне ограничена деятельность подводного вулканизма, формации которого представлены исключительно сульфидными проявлениями. Что касается вулканогенных газов и растворов, то “вынос эксгаляций составлял немногие проценты от твердых фаз и поэтому ими можно в данном случае пренебречь” [13]. “Доля эндогенного вещества в океаническом осадкообразовании крайне незначительна и не превышает  $1,5 \pm 0,7$  или  $1,7 \pm 0,8\%$ ” [15].

Таким образом, изучая процессы современного осадкообразования, осадконакопления и весь цикл формирования осадочных пород, Н.М. Страхов исходил из анализа главным образом только одного потока вещества, связанного с экзогенными процессами разрушения коренных источников, образования терригенных компонентов, их транспортировкой и переотложением.

Резко понижая значение вулканогенного фактора и поствулканических явлений в процессах седиментогенеза и рудообразования, Н.М. Страхов делает два очень важных вывода:

1. “Рудный процесс в гумидном и аридном литогенезе на историческом этапе тесно прижат к континентальным площадям, заходя в некоторой степени на них. Центральные части морей становятся безрудными. Даже вокруг очагов подводного вулканизма руды Fe, Mn, Cu, Pb, Zn ограничиваются полем интенсивного развития туфового материала, почти непосредственно прилегая к вулканическим очагам” [13].

2. “Глубокие и удаленные от берега части моря безрудны” [14]. “В формировании океанических Fe-Mn руд процессы редуцирования Fe и Mn и подтока их снизу вверх роли не играют” [14].

Эта исходная позиция о поставках глубинного вещества и, особенно, представления о рудообразовании, требуют существенной корректировки.

Морскими геологическими работами установлено, что количество подводных вулканических очагов значительно превышает число их наземных аналогов, которых по данным В.И. Влодавца насчитывается 850. Практически все подводные горы и гайоты являются разной степени активности подводными вулканами, количество которых только в Тихом океане превышает 10 000, в Северной Атлантике — более 1500. Общая оценка их деятельности даже приблизительно не известна. Учитывая данные по вулканической активности за последние 20 лет в Исландском, Азорском и Ян-Майенском регионах, можно полагать, что только в северной Атлантике ежегодно изливается около  $5 \text{ км}^3$  базальта. P.G. Wyllie [20] и J. Elder [19] показали, что в год из верхней мантии к поверхности поступает до  $12 \text{ км}^3$  магматического материала (без учета газовой-жидкостной составляющей).

Из приведенных цифр следует вывод, что в процессах формирования современного осадочного покрова вулканическая деятельность, поствулканические явления и потоки глубинного вещества имеют гораздо большее значение, что подтверждается геоисторическим анализом. И это косвенно вынужден был признать Н.М. Страхов, выделяя еще один поток глубинного вещества Земли — “газовое дыхание” планеты. Необходимость такой формы поставки глубинного вещества обосновывается тем, что в ходе выветривания вода,  $\text{CO}_2$ , кислород воздуха должны были бы исчерпаться в ходе литогенеза за время существования Земли. Восстановление потерь указанных компонентов происходит по следующей схеме: контрпроцессы, порождающие воду,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ : 1) вулканизм; 2) контактовый метаморфизм: осадочные породы, насыщенные водой, под действием температуры теряют воду, карбонаты превращаются в силикаты, выделяя  $\text{CO}_2$ , — “газовое дыхание” Земли. Он является основным: поддерживая массу гидросферы и  $\text{CO}_2$ , этот процесс возвращает воду и  $\text{CO}_2$ , расходуемые при выветривании; 3) жизнедеятельность организмов в основном поддерживает массы  $\text{O}_2$ . Ювенильные воды и газы имеют подчиненное значение. “За последние  $2-2,5 \times 10^9$  лет именно глубинный метаморфизм стал главным поставщиком запасов  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$  на поверхности планеты, вулканические процессы стали лишь второстепенным фактором. Газовое дыхание Земли целиком метаморфогенное” [12].

Не исключая в целом возможности пополнения атмосферы и гидросферы указанными компонентами за счет метаморфогенных процессов, следует учитывать их энергетическую обеспеченность, которая, как правило, упускается многими литологами. На основании термодинамических расчетов, Дж. Ферхуген [17] показал, что глубинный региональный метаморфизм протекает только при эндотермических реакциях и требует огромных энергетических затрат, составляющих 523 Дж, или 125 калорий на 1 грамм вещества, что на два порядка выше существующих потоков глубинного тепла. Следует отметить, что метаморфогенная концепция не обоснована механизмом перехода карбонатов в силикаты. Д.С. Коржинский [10] отмечает, что осуществление такого явления с образованием волластонита возможно при огромных энергетических затратах — 19,9 ккал/моль при комнатной температуре в присутствии свободного  $\text{SiO}_2$ . Это ставит под сомнение возможность глубинного метаморфизма карбонатных толщ платфор-



менных областей, в пределах которых преобладают отложения такого типа. Кроме того, кислород, углекислота и вода являются активными реакционно-способными компонентами, и весьма сомнительно, чтобы они в “чистом” виде поступали из глубин Земли в атмосферу и гидросферу.

Термин “газовое дыхание планеты” был впервые предложен В.И. Вернадским для характеристики потока эндогенных газов, которые в ходе эволюции осадкообразования были связаны биосом в труднорастворимые соединения: кальцит, доломит, гипс, апатиты и др. Именно в аспекте необратимой эволюции процессов литогенеза и адекватном выводе из кругооборота целого ряда компонентов поверхностных оболочек Земли, можно дать количественную оценку потока глубинного вещества на основании балансовых расчетов содержаний подвижных элементов гидросферы и атмосферы, между которыми в настоящее время сложилось определенное динамическое равновесие.

В первую очередь это относится к диоксиду углерода, который играет решающую роль в процессах выветривания, в обменных реакциях между водной средой и атмосферой, формировании биологической оболочки Земли, участвуя в кругообороте углерода, и выступает как один из геохимических стабилизаторов температурного режима планеты. Как показали выполненные нами расчеты, при современных темпах связывания его только в виде карбонатов, весь резерв атмосферного и океанического  $\text{CO}_2$  будет исчерпан за 2000–4000 лет даже при условии его пополнения за счет метаморфогенных, вулканических, других естественных процессов и антропогенной деятельности. В то же время А.П.Виноградов [1] указывает, что “время жизни  $\text{CO}_2$  в атмосфере невелико и обусловлено деятельностью биоса в последние 2,5–3,5 млрд лет. Полное время пребывания  $\text{CO}_2$  в атмосфере около 5 лет, фотосинтезирующие растения оборачивают примерно весь кислород атмосферы в 2000–3000 лет;  $\text{CO}_2$  в океане (при современном его содержании) — в 350–500 лет, а вся вода океана проходит через фотосинтезирующие растения в течение нескольких миллионов лет”.

Все это в целом создает крайне неустойчивую геологическую систему, однако, существует вполне обоснованное мнение, что состав атмосферы и океана существенно не менялся, по крайней мере, за последние 350 млн лет. По представлениям Ю.П. Казанского “количество растворенного в морской воде  $\text{CO}_2$  древних морских бассейнов было того же порядка, что и в современном океане” [8]. Отметим, что порядок величины не означает строго стабильного содержания  $\text{CO}_2$  во времени. Даже в современных условиях отмечаются количественные вариации  $\text{CO}_2$  за относительно короткий промежуток времени, которые не всегда поддаются четкому объяснению.

Очевидно, что пополнение углеродного резерва должно осуществляться за счет других постоянно действующих источников, которыми являются процессы дегазации нижних горизонтов земной коры и верхней мантии, т.е. эндогенные процессы, формирующие ювенильные воды и газы (в том числе вулканические и поствулканические явления). Это выражается в потоках глубинного вещества в виде “газового дыхания”, которое происходит практически по всей поверхности планеты. Но наиболее явно они

проявляются в тектонически активных регионах и приурочены к подводным горам и поднятиям, блоковым хребтам Мирового океана, разломным зонам континентов и океанического ложа.

О масштабности и разнообразии процессов дегазации говорит комплекс газовой компоненты, которая включает  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$ , благородные газы и др. Наряду с газами с продуктами дегазации поступает и жидкая фаза, несущая многие растворенные элементы. Наиболее глубинным компонентом эндогенных газов по мнению Н.П. Семененко является метан, который образуется уже во внешнем ядре Земли, мигрируя вплоть до ее поверхности. Именно  $\text{CH}_4$  есть главное звено в цепи кругооборота углерода Земли. Объемы метана, пути трансформации позволяют рассматривать его в качестве основного источника пополнения углекислотного резерва атмосферы и гидросферы. Диоксид углерода образуется значительно выше в зоне кислородного каркаса верхней мантии. Необходимо отметить, что не только метан, но и углеводороды в целом являются одним из продуктов дифференциации земной коры.

Трансформация метана и переход его в наиболее усвояемую многими живыми организмами форму  $\text{CO}_2$  может идти двумя путями: химическим и биохимическим. Как указывал В.В. Руби, химическое окисление метана и его разложение на  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  происходит даже при малых содержаниях кислорода в морской воде. Непосредственными измерениями установлено, что абиссальные воды Атлантического океана на глубинах 4–5 км как правило обогащены кислородом, количество которого в пределах котловин Лабрадорской, Ангольской, Сьерра-Леоне, Сом и др. достигает значений 5 мл/литр. Учитывая это, не исключено, что процесс химического окисления метана возможен, однако он требует определенных энергетических затрат, особенно при низких температурах глубинных вод.

Исходя из этого, гораздо более предпочтительно биохемогенное преобразование метана специализированными метанооксиляющими бактериями, использующими газ в своих трофических цепях и за счет этого обеспечивающих энергетику процесса [3]. Однако, существование такого специфического бактериального сообщества возможно при определенных количественных параметрах интенсивности потоков глубинных метаносодержащих газов и, как следствие, участие метана в пополнении углекислотного резерва гидросферы и атмосферы.

Интенсивность поставки метана в водную толщу может быть оценена по темпам разгрузки газогидратных залежей, в частности, Черного моря. Предварительно укажем, что здесь в газогидратных залежах по самым скромным подсчетам сконцентрировано более 60 трлн  $\text{м}^3$  метана, или  $60^9$  т условного топлива. В арктическом секторе Америки в пределах нефтегазовых месторождений Прадхо-бей и Купарук-ривер подсчитанные запасы газогидратного метана составляют 1500 трлн  $\text{м}^3$  [5]. Геологические запасы метана в газогидратных скоплениях Мирового океана оцениваются в 121–1000 трлн  $\text{м}^3$ , что во много раз превышает все известные запасы горючих полезных ископаемых.



Существование газогидратов определяется довольно жесткими горно-геологическими параметрами: высокими давлениями и низкими температурами. Поэтому газогидратные залежи находятся в метастабильном состоянии, и любое изменение указанных параметров, в том числе и нарушение сплошности залежи, приводят к ее “таянию” и газовыделению свободного метана. Такие газовыделения широко развиты и зафиксированы во многих районах океанических и морских бассейнов, однако инструментальная оценка потоков метана проведена только в пределах обширных полей Зеленка и Золотые пески с сотнями газовыделяющих структур в западной части Черного моря. Годовой дебит источников по замерам в 6 точках на Золотых песках и 10 — Зеленки в сумме составил 87,5 млн м<sup>3</sup>. В составе газов преобладает метан 92–96%; присутствуют: диоксид углерода — 0,10–0,39%; кислород — 0,32–1,66%; азот — 3,93–5,16% [7].

По данным Е.Ф. Шнюкова, в настоящее время в Черном море выявлено более 300 полей и отдельных газовыделяющих структур главным образом в пределах шельфа до глубин 200–300 м, за исключением экономической зоны Турции. Потоки газа, как правило, рассеиваются в водной толще, не доходя до поверхности. Это позволяет предполагать не менее широкое развитие указанного явления и на больших глубинах. Так, гигантский газовый факел размером в поперечнике 16 миль был обнаружен ПЛБ “Бентос — 300” в районе южной части Евпаторийского каньона. Огромные потоки метана как продукта таяния газогидратных залежей выявлены практически на всей площади Мирового океана. Так, например, в Тихом океане обнаружены факелы, проходящие через толщу воды в 2,5 км и более от дна, диаметром в 25 км.

Отметим, что газовое дыхание проявляется не только на дне океана, но и на континентах. В частности, потоки метана отмечены над нефтегазонасными структурами ДДВ; они сопровождаются целым рядом аномальных явлений биологического, физического и геологического порядков.

Таким образом, “газовое дыхание” проявляется не только в виде продуктов разложения газогидратов. Газовые эманации сопровождают вулканические и поствулканические явления, грязевой вулканизм, гидротермальную деятельность; “дышат”, главным образом метаном, месторождения горючих полезных ископаемых. К глубинным потокам следует добавить потоки вещества к поверхности Земли, возникающие в литосфере за счет катагенеза и метаморфизма. Хотя их энергетика менее значительна по сравнению с глубинными процессами, происходящими в основании земной коры и в верхней мантии, тем не менее, они способны вносить свой вклад в протекание литогенеза в верхних слоях осадочной оболочки. Все эти явления в состоянии полностью и даже с избытком перекрыть дефицит атмосферного и гидросферного углерода.

Потоки глубинного вещества поступают в верхние горизонты литосферы в виде флюидов — жидкостно-газовых смесей, причем жидкая фаза, как правило, представляет собой высокоминерализованные растворы, несущие весьма разнообразный комплекс рудных и биологически активных элементов. О количественной стороне такого потока рудного эндогенного

материала можно судить по деятельности одного из газо-гидротермальных источников группы подводных гор Марианских островов. Здесь, по данным Г.М. Гавриленко, А.П. Горшкова, К.А. Скрипко [2], в водную толщу в сутки поступает не менее 13 т Fe, около 3 т Zn, 2 т Cu и 0,2 т Ni. Концентрация железа в глубинном теплоносителе в среднем составляет 100 мг/литр, а концентрации SiO<sub>2</sub> в виде H<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> варьируют в пределах 400–1700 мг/литр.

Естественно, что указанный выше объем вещества, поступающего в океанические воды в течение длительного периода, должен был существенно повлиять на гидрохимический режим океана и не мог остаться “незамеченным” со стороны биоса. Эта “пленка жизни” (по определению В.И. Вернадского), чутко реагирующая на любые изменения в составе океанических вод, является своеобразным фильтром, через который “прокачиваются” продукты разгрузки глубинных флюидов. В этом проявляется мощная буферная деятельность биоса, его регулирующая и стабилизирующая роль в круговороте вещества в природе.

Однако иную позицию занимает Н.М. Страхов: он не признавал идей В.И. Вернадского о решающей роли биоса в жизни Земли, в том числе и осадкообразовании. Показательно, что в книге “Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли” нет ни одной ссылки на В.И. Вернадского. Климатически-зональная теория литогенеза Н.М. Страхова фактически полностью отрицает роль биогеохимических процессов в осадкообразовании и осадко-накоплении.

Критикуя эту концепцию, возникшую на основании изучения современных морских осадков Н.И. Андрусовым, Г.А. Надсоном, Я.В. Самойловым, Н.М. Страхов пишет: “Я.В. Самойлов продолжал пропагандировать мысль о возникновении осадочных концентраций элементов в осадочных породах путем прямого экстрагирования этих элементов из морской воды специфическими группами организмов... Сейчас мы знаем, что эта идея — плод крайнего увлечения биогеохимией; она не реализована до сих пор, и мало надежды на ее реализацию вообще... Присоединение к биогеохимической концепции стало носить признаки применения шаблона — с неизбежной при этом вульгаризацией представлений” [14]. Н.М. Страхов полагает, что развитие ее достигло апогея, когда к ней присоединился в 20-х годах В.И. Вернадский. Отметим, что на роль биохимических процессов в осадкообразовании и концентрировании рудных компонентов биосом В.И. Вернадский указывал задолго до создания цельной концепции еще в начале века после открытия В.С. Виноградским способности бактерий осаждать железо.

Практически Н.М. Страхов свел все процессы современного и древнего осадкообразования к физико-химическим явлениям под влиянием климатических условий как на суше, так и в открытых морских и океанических бассейнах. Все, что не укладывалось в эти представления, категорически отбрасывалось и представлялось как умозрительные или умозрительно-дедуктивные концепции, полностью отрицалась роль биоса в мобилизации рудного вещества, недооценивалась роль вулканогенных процессов и поствулканических явлений в формировании рудных скоплений: “Хотя подавляющая часть элементов земной коры в зоне гипергенеза при разнообразных

миграциях и проходит в большей или меньшей своей части через тело организмов, весь процесс рудообразования целиком определяется геологическими и геохимическими факторами... Практически бесперспективны... любые разновидности биогенных теорий” [14].

Однако фактические данные свидетельствуют об обратном. Ю.П. Казанский [8] показал, что даже на стадии выветривания различным организмам присуща исключительно большая роль в разрушении коренных пород. На основании экспериментальных данных установлено, что при биохимическом выветривании вынос элементов в 1,5–2 раза выше, чем при гидролизе и выше, чем в присутствии “мертвого” органического вещества, к которому он относит гуминовые и фульвокислоты, собственно гумины — остатки органического вещества, сохранившиеся после щелочного экстрагирования гуминовых кислот. Отметим, что в почвах количество бактериальной флоры достигает значений  $1-3 \times 10^9$  на 1 гр. почвы.

Очевидно, что меньшая роль в преобразовании морских осадков принадлежит донным организмам, в том числе и бактериальной флоре, количество которой по имеющимся нашим данным может достигать значений  $3 \times 10^6 - 1 \times 10^9$  в  $1 \text{ см}^3$  осадка в диапазоне глубин отбора проб от 100 до 5000 м., вплоть до формирования на дне бактериальных матов толщиной до 10–15 см.

Еще более жесткую позицию занимает Н.М. Страхов в отношении концепции участия автотрофных бактерий в процессах рудогенеза [13]. По этой же причине было, по-видимому, проигнорировано учение В.И. Вернадского о “живом веществе”. Роль бактериальной микрофлоры в целом в литогенезе по Н.М. Страхову ограничивается лишь осуществляемой ею дезинтеграцией органического вещества на стадии, предшествующей диагенезу.

Идеи участия автотрофных бактерий в литогенезе и педогенезе были поддержаны и экспериментально подтверждены исследованиями Б.В. Перфильева, В.О. Калининко, Б.Л. Исаченко, Н.Г. Холодного, Б.Б. Польшова, Д.Р. Габе и др. Была выявлена способность окислять и осаждать железо (марганец) гетеротрофами и миксотрофами. Однако эти идеи были подвергнуты Н.М. Страховым жесточайшей критике.

На основе изучения железорудных месторождений южного Урала, которые рассматривались в качестве эталона осадочных руд, сформировавшихся в мелководном бассейне, Н.М. Страхов [13] приходит к выводу: “участие железобактерий в рудоотложении было случайным, ничтожным и не имело сколько-нибудь заметного значения”. “Выпадение железа из растворов представляло в решающей основной массе чисто химический окислительный и коллоидно-химический процесс”. Поэтому “...практически бесперспективны в смысле направления поисков любые разновидности биогенных теорий...”. В качестве исходной позиции принимается положение, что во всех случаях для Fe-Al-Mn триады должна быть “обогащенность материнских пород данными рудными компонентами” [14]. “Поэтому — рудная триада формируется только в условиях гумидного литогенеза. В аридном нет накопления этой триады и не может быть по их химическим



свойствам. В современных условиях формирование Fe–Al–Mn триады обусловлено геохимическими особенностями, в первую очередь под влиянием различных климатических обстановок в континентальных условиях. Аналогичное явление имеет место в прошлом, когда выделяются “железорудные эпохи” [14].

Что же касается вулканогенно-осадочного происхождения рудной триады, то Н.М. Страхов полагает, что он первый “заговорил об акклиматическом вулканогенно-осадочном генезисе ряда железомарганцевых руд и кремнистых пород, а также сульфидов железа, с которыми ассоциируют сульфиды свинца, цинка, меди, накапливающиеся в больших количествах. Они формируются за счет вещества, выносимого из глубин Земли и занимают подчиненное значение” [13].

Г.А. Заварзиным было показано, что автотрофные, или литотрофные (по Г.А. Заварзину) бактерии обладают способностью не только накапливать в своем теле рудное вещество в виде  $Fe_2O_3$ , но и создавать вокруг своей оболочки с внешней ее стороны такие физико-химические условия среды, которые вызывают осаждение на ней гроздевидных образований железа. Не отрицая роли физико-химических процессов в накоплении рудного вещества, Г.А. Заварзин полагает, что этот процесс может происходить и без бактерий, но только скорость его протекания в этом случае будет многократно меньше. Эту особенность формирования скоплений марганца в современных условиях отметил В.Ф. Чухров.

С этими же процессами, как мы считаем, были связаны и впервые обнаруженные нами еще в 1972 г. железомарганцевые конкреционно-корковые образования, приуроченные в одних случаях к разломам океанического ложа, в других — к тектонически ослабленным зонам, в пределах которых располагаются подводные горы и поднятия [3]. В последнем случае связь этих образований с гипогенной поставкой рудного вещества была вполне зримой и контролировалась не только приуроченностью их к поверхности скальных пород или осадка в виде железомарганцевых корок, но и скоростями такой минерализации, достигавшей 100 мм за 1 тыс. лет. Темп железомарганцевой минерализации определялся на основании возраста остатков кораллов, заключенных в железомарганцевую корку толщиной до 15 см. Кораллы находятся в основании корки в пятисантиметровом слое, не прерывают ее, т.е. являются замкнутой системой. Их возраст по углеродному методу варьирует в пределах  $840 \pm 60$  —  $1200 \pm 240$  лет [3].

Процесс накопления марганца был прерывистым, так как корки имеют слоистую структуру, выраженную чередованием прослоев собственно марганца, преимущественно железистого состава и тонкими слоями современных фораминифер. Текстура корки является монолитными сливным образованиями, которые можно отнести к метаморфическим стадиям преобразования исходного вещества. Никаких гидрохимических аномалий в пределах развития полей железомарганцевых корок обнаружено не было. В то же время в накоплении марганца имеют место и химические процессы. Так, отмечается сорбция его на органическом субстрате с формированием

тонких пленок и налетов преимущественно на зубах акул, однако скорость их образования составляет 0,005 мм/1000 лет [18].

Попытки объяснить механизм такой аномальной наложенной минерализации гидродинамическим фракционированием марганца и железа [15] или за счет гальмиролиза пород основного состава положительных результатов не дали и заставили нас обратиться к бактериальной гипотезе рудообразования. Причинами этого послужили: 1 — биоморфная (стромалито-подобная) микроструктура железомарганцевых образований (конкреций, корочек, корок); 2 — нахождение на их поверхности массовых скоплений чехликов бактерий, заполненных рудным веществом, что свойственно для железобактерий; 3 — выявление электронномикроскопическими исследованиями слепков рудных бактерий в виде “паучка” [4].

После обнаружения на дне океана на глубинах более 2500 м гидротермальных источников с температурой высокоминерализованных растворов более 200 °С, сопровождающихся железомарганцевыми постройками “черных курильщиков” и приуроченных к ним колоний микрофлоры, участие бактерий в сульфидном и железомарганцеворудном процессах перестало быть объектом сомнений и критики и в настоящее время является общепризнанным геологическим фактом. Последующими исследованиями на дне океана были обнаружены обширные рудные поля, включающие не только железомарганцевые, но и бактериогенные сульфидные руды, распространение которых связано с зонами аномально высокого теплового потока и гипогенной поставкой исходного рудного вещества. Обращают на себя внимание мощности таких рудных залежей, достигающие 90 м в районе хребта Хуан-де-Фука. Поля сульфидных и железомарганцевых руд были обнаружены в зоне разломов Кларифон-Клиппертон, в юго-западной части Тихого океана между островами Новая Гвинея, Соломоновы и Тонга.

А.П. Лисицын, описывая выходы гидротермальных вод последнего региона, отмечает высокую мутность воды вблизи источников из-за обилия в ней бактерий и осаждаемых ими микрокристаллитов рудных минералов, что однозначно свидетельствует в пользу того, что рудопроявления имеют бактериальную природу. Находки на их поверхности гидротермальной фауны гастропод позволяют сопоставить эти сульфидные руды с аналогичными рудами Южного Урала возрастом около 450 млн лет. В этих рудах также содержатся остатки фауны гидротермальных источников (очень сходных с современными), на основании чего А.П. Лисицын делает заключение: “...гидротермальные организмы существуют давно, как и система питания за счет хемосинтезирующих бактерий”.

Приведенные данные о бактериогенном рудообразовании позволяют по-новому рассматривать процессы биогенного карбонатонакопления. Как отмечает В.О. Калинин, в отличие от железобактерий, специализированной группы кальциевых бактерий нет. Почти все обитающие в почве, морских и озерных грунтах, пресных и соленых водоемах бактерии способны осаждавать углекислый кальций из растворенных соединений, причем одни и те же бактерии при изменении условий окружающей среды способны переводить карбонатные осадки в растворимое состояние. Обе отмеченные

способности легко обнаруживаются в лабораторных экспериментах. Так, было установлено, что колонии бактерий, выращенные в морской воде, уже через два часа реагировали на изменение (в сторону повышения) содержания карбоната кальция в питательном субстрате, и уже второе поколение бактериальной флоры оказалось продуцентом метаболического кальцита.

Приведенные материалы позволяют констатировать один из вариантов круговорота углерода земной коры, осуществляемый с помощью автотрофных, в том числе и метанооксиляющих бактерий. Используя в своих трофических цепях кислород, они путем хемосинтеза воссоздают свою биомассу и в качестве продуктов метаболизации образуют  $\text{CO}_2$ , минерализующийся затем в стяжения и конкреции  $\text{CaCO}_3$ . Такого типа конкреционные карбонатные новообразования были встречены позже в морских осадках над нефтегазоносными и газогидратными залежами в Северном, Охотском, Черном и других морях как следствие “холодной” метановой дегазации. Таким образом, “холодная” дегазация земной коры несет в своей основе предпосылки для наложенного карбонатообразования, которые могут реализоваться в самих разнообразных природных обстановках.

Отметим, что вариант установленного нами карбонатообразования как производного жизнедеятельности метанооксиляющих бактерий — не единственный. К сказанному следует добавить, что органические остатки, поступающие на морское дно, не являются стерильными, несут в себе комплект гетеротрофных бактерий, обладающих практически мгновенной реакцией на изменение среды обитания. Они очень быстро реагируют на изменение гидрохимической обстановки в морской воде и даже без развития специфических форм, активно приспосабливаясь к новым условиям среды обитания, сами создают новую биогеохимическую обстановку.

Скопления бактериальной микрофлоры обнаруживаются во всех районах океана, где выявлены потоки глубинного вещества: подводные гидротермы, зоны разгрузки газогидратов, разломные зоны, блоковые и вулканические хребты, подводные горы и поднятия, подводные вулканы. Здесь установлены многочисленные виды бактерий, в том числе барофильные и термофильные, живущие при температуре до  $300^\circ\text{C}$ . Учитывая высокую скорость размножения бактерий, можно представить, каким мощным является этот биоэнергетический фактор в преобразовании минерального вещества, поставляемого в среду их обитания.

С учетом описанного выше бактериального варианта осаждения карбоната кальция, следует допустить, что образование копрогенных фосфоритов могло иметь двухступенчатый характер, когда сначала происходила бактериальная кальцификация их матрикса, а затем — метасоматоз в результате замещения ионов  $\text{CO}_3^{2-}$  ионами  $\text{PO}_4^{3-}$ , поскольку карбонатные фосфаты не осаждаются из водных растворов. Именно такая метасоматическая модель приводится Э.Т. Дегенсом [6] для обоснования образования карбонатпатитов. В случае фосфатизации костных остатков морских гидробионтов этот процесс мог происходить по уже готовому субстрату, по видимому, и химическим путем, хотя при этом не исключается участие бактерий.



Приведенные выше данные указывают на существование особого типа осадконакопления, минерализации и образования скоплений рудных компонентов, связанного с опосредованной через биос трансформацией потока эндогенного вещества, который по своим масштабам превосходит терригенный снос с континентов и во многих случаях играет решающую роль в осадкообразовании. Такой тип формирования осадочных образований мы называем наложенным литогенезом.

Процессы наложенного литогенеза свойственны самым разнообразным геологическим обстановкам, включающим в себя платформенные области, различные структурно-тектонические зоны океанического дна, в том числе срединноокеанические хребты, острова, подводные горы и т.д. Каждой из них присущ определенный эндогенный режим, одним из вариантов которого является гидротермальный процесс поставки глубинного вещества, сопровождающийся поступлением в верхние оболочки Земли тепловой энергии. Последнее обстоятельство имеет, по нашему мнению, решающее значение для диагенеза и постседиментационного минерало- и рудообразования.

Необходимо отметить, что наложенный литогенез, связанный с поставками глубинного вещества, охватывает всю осадочную толщу, вызывая в ней аномальные изменения структурно-текстурных особенностей и вещественного состава. В этом отношении представляет несомненный интерес вариант наложенного бокситообразования, которое было установлено нами в толще нижнемеловых отложений Причерноморья. Характер минерализации таких бокситопроявлений не позволял связать их с седиментацией или же диагенезом, а тем более с глубинными преобразованиями осадочной толщи, которые определяются действием температуры и давления и происходят на глубинах свыше 3000 м. Для этого у нижнемеловых отложений указанного региона не было соответствующих условий, т.к. глубины их залегания исчисляются первой сотней метров. Все это позволило рассматривать их как астадиальные образования, которые возникли вследствие воздействия на осадочную толщу процессов, связанных с подтоком глубинного вещества, в том числе и гидротерм.

В пользу такого заключения свидетельствует возрастной интервал формирования рудных скоплений радиоактивных минералов, обнаруженных в этих же отложениях. Возраст их, определенный уран-ториевым методом, показал, что накопление радиоактивных руд происходило в два этапа: 42–37 и 24–22 млн лет, что значительно моложе вмещающих их пород, время накопления которых относится к неоком-апту. С этим явлением связана и аутигенная цеолитовая минерализация вышележащих прибрежно-морских осадочных образований апта. Приведенные данные являются подтверждением наложенности процесса рудообразования на уже сформированную толщу осадочных пород и не могут быть объяснены диагенезом.

Таким образом, наложенный литогенез является аazonальным и астадиальным процессом и в каждом конкретном случае связан с особенностями геологического строения исследуемых территорий. Принципиальная позиция теории литогенеза Н.М. Страхова, выраженная его словами: “гидродинамический режим и палеогеография района, где происходит седиментация

рудного компонента, а также характер тектонического режима прилегающих частей водосборов являются первостепенными факторами, контролирующими эффективность рудного процесса” [13], не является в литогенетическом отношении всеобъемлющей. Очевидно, что указанные факторы играют определенную роль в осадконакоплении и дальнейшем превращении осадков в породы, но являются только частью более общих закономерностей развития осадочного покрова Земли.

Предлагаемая концепция, учитывающая накопившийся за последние годы фактический материал, в частности, морских исследований, расширяет возможности восстановления реальной геологической жизни слагающих осадочный покров минеральных компонентов, седиментационной ситуации и последующих вторичных изменений осадочного вещества.

1. *Виноградов А.П.* Введение в геохимию океана // М.: Наука, 1967.— 216 с.
2. *Гавриленко Г.М., Горшков А.П., Скрипко К.А.* Количественная оценка выноса рудных компонентов в процессе газогидротермальной деятельности полдводных вулканов. Тез. докл. 5-ой Всесоюзн. Школы морской геологии.— М., 1982.— Т. 3.— С. 164–166.
3. *Геворкьян В.Х.* Газогидраты — энергетическое сырье Украины XXI века. В кн.: Энергетична безпека Європи. Погляд у XXI століття. Київ, 2000.— С. 67–71.
4. *Геворкьян В.Х., Чугунный Ю.Г., А.Л.Сорокин, Г.И.Лука, А.И.Павлов.* Геологические аспекты биологической продуктивности океана. Мурманское книжное издательство. 1990.— 188 с.
5. *Геворкьян В.Х., Чугунный Ю.Г., Батурин Г.Н.* Фосфориты и фосфатизированные породы Атлантического и Индийского океанов. Киев: “Наукова думка”, 1990.— 188 с.
6. *Дегенс Э.Т.* Геохимия осадочных образований. М.: Мир, 1967.— 298 с.
7. *Димитров П.С., Дачев В.Ж., Николов Х.И., Прличев Д.Г.* Естественни газови извори в акваториата на Балчишкия залив // Океанология.— 1979.— № 4.— С. 43–49.
8. *Казанский Ю.П.* Седиментология. Новосибирск, Наука, 1976.— 272 с.
9. *Казаринов В.П.* Наши разногласия. Литология и полезные ископаемые.— № 5, 1965.— С. 87–96.
10. *Коржинский Д.С.* Преувеличение роли солнечной энергии в энергетике земной коры. Известия АН СССР.— Серия геологическая, №1, 1955.— С. 52–65.
11. *Логвиненко Н.В.* О некоторых теоретических и методических проблемах литологии. В кн.: “Проблемы литологии и геохимию осадочных пород и руд”.— М.: “Наука”, 1975.— С. 41–53.
12. *Страхов Н.М.* Основы теории литогенеза.— Т. 1–3. Изд. АН СССР 1961–1962. Т. 1.— 212 с; Т. 2.—574 с; Т. 3.— 545 с.
13. *Страхов Н.М.* Проблемы геохимии современного океанического литогенеза.— М.: Наука, 1976.— 299 с.
14. *Страхов Н.М.* Проблемы геохимии современного океанического литогенеза.— М.: Наука, 1976.— 299 с.
15. *Страхов Н.М.* Развитие литогенетических идей в России и СССР. 1971.— М. “Наука”.— 624 с.
16. *Страхов Н.М.* Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. Госгеолтехиздат.— М. 1963.— 536 с.
17. *Твенхофел У.Х.* Учение об образовании осадков. ОНТИ НКТП СССР.— М.-Л.— 1936.— 916 с.
18. *Ферхуген Дж.* Распределение температуры и тепловой поток при региональном метаморфизме.— В кн.: Физико-химические проблемы формирования горных пород и руд. Т. 1. М. Изд. АН СССР, 1961.— С. 17–23.

19. Ю.Чугунний Ю.Г., Ковалюх М.М. Результати радіовуглецевих досліджень залізо-марганцевих конкрецій Карібського моря і деякі питання циркуляції вод у Північній Атлантиці // Геол. Журнал. 1974.— Т. 4, в. 1.— С. 126-128.

20. Elder J. The bowels of the Earth.— London. Oxford University Press.— 1976.— 222 p.

21. Wyllie P.G. The dynamic Earth.— N.Y. 197.— 416 p.

У статті розглядається нова концепція осадо- та рудоутворення — накладений літогенез. Головним чинником перетворення осада є ендегенна речовина, що надходить у земну кору. Її потоки порівнянні і навіть перевищують теригенний знос з континентів. У трансформації та мобілізації гіпогенних флюїдів вирішальне значення має біос, що здійснює процеси аномальної мінералізації, діагенетичні перетворення осаdkів та порід, стабілізацію геохімічного режиму океану й атмосфери. Накладений літогенез є азональним, не пов'язаний з кліматичними факторами, і астадіальним, оскільки виявляється на будь-якій стадії існування осадових порід, включаючи сучасні осаdки. В роботі наводяться приклади накладеного літогенезу.

The author considers a principally new conception of sedimentogenesis and ore-form — juxta-lithogenesis. The main factor determining sediment transformation is influx of endogenous agent into the earth crust. The flows of it can be equal and even exceed terrigenous outwash from continents. The bios has decisive significance in the transformation and mobilization of hypogenic fluids; it carries out the processes of anomalous mineralization, diagenetic transformation of sediments and rocks, stabilization of geochemical regime of the ocean and atmosphere. Juxta lithogenesis is azonal and does not related to climatic factors. It is unstadial, because it manifests itself in any existence stage of sedimentary rocks, including recent deposits. Examples of juxta lithogenesis are given.