ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

В.А.КРАСИЛОВ
Биолого-почвенный институт
ДВНЦ АН СССР

КОСМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И МЕГАЭВОЛЮЦИЯ

Смены фаун и флор в геологической летописи отмечены резким изменением численности видов на определенных стратиграфических рубежах. Изменения количественных соотношений в биогеоценозах имеют далеко идущие эволюционные последствия и, в свою очередь, обусловлены климатическими циклами. Последние определяются космическими факторами, изменениями ротационного режима Земли, которые ответственны также за инверсии магнитного поля и тектогенез, в свою очередь влияющий на климат и выступающий в роли дополнительного фактора эволюции.

С действием космических факторов связывают как отдельные эпизоды видообразования или исчезновения видов, так и глобальные смены фаун и флор. Последние нередко считают результатом постепенного и разновременного в разных группах обновления видового состава. Между тем, данные палеонтологии свидетельствуют о резком изменении всей биоты на определенных стратиграфических рубежах. Палеонтолог, ведущий фаунистические или флористические исследования, ощущает это наиболее остро, так как область его компетенции чаще всего ограничена теми же рубежами. Например, специалист по юрской флоре может без особых усилий переключиться на флору мела или триаса: основные группы растений окажутся знакомыми. Однако, если в его руки попадет коллекция из перми или палеогена, ему придется осваивать совершенно новые разделы

систематики. Палеонтологу, изучающему одну группу животных или растений, такие внезапные скачки менее заметны, но и здесь, как правило, существуют стратиграфические рубежи, на которых состав группы кардинально изменяется, или она вымирает, или становится настолько редкой, что заниматься ею специально уже не имеет смысла.

Что же происходит на этих рубежах? Можно ответить, что происходит вымирание одних групп организмов и появление других, но это будет не совсем точно, так как эпизоды вымирания в разных группах не всегда совпадают во времени (хотя, например, нилссоний, аммониты и динозавры вымерли одновременно), нередко значительно растянуты, а появления почти никогда не приурочены к стратиграфическим границам. По-видимому, основное событие здесь - это р е з к о е и з м е н е н и е ч и с л е н н о с т и и в с т р е ч а е м о с т и в и д о в . Все остальное можно рассматривать как его последствия.

Когда мы говорим о сохранении общего характера биоты в течение длительных промежутков времени, то мы имеем в виду не только таксономический состав, но и определенные количественные соотношения. Например, в любой мезозойской флоре Сибири доминировали чекановскиевые и гинкговые, а в более южных районах - хвойные и беннеттитовые. Большие размеры популяций доминирующих видов связаны с их образом жизни, особенностями репродукции. Иными словами они приспособлены к положению доминантов и могут существовать лишь в качестве таковых. Так в позднем мелу и палеоцене были широко распространены леса из хвойных деревьев семейства таксодиевых - секвойи, метасеквойи и болотного кипариса. Сейчас эти деревья сохранились на сравнительно небольших территориях, но там, где они растут, они по-прежнему играют роль доминантов. Сокращение численности быстро ведет к упадку доминирующих видов и, соответственно, к изменению структуры биоценозов.

Для второстепенных видов с иной популяционной структурой сокращение численности может и не иметь столь пагубных последствий. Однако и здесь уменьшение популяций и их разобщение приводит к эволюционным сдвигам за счет дрейфа генов. С другой стороны, деградация доминантов и появление свобод-

ных экологических ниш предопределяет увеличение численности преадаптированных видов. Здесь более интенсивный обмен генами, гибридизация, закрепление аллополиплоидов и хромосомных мутантов, образование неовидов из небольших колоний основателей и другие формы диверсификации /34/ могут рассматриваться как эпифеномены увеличения численности. Складываются новые доминирующие группы.

Таким образом, изменение общего облика биоты вследствие смены доминирующих групп на основных стратиграфических рубежах представляет собой цепь взаимосвязанных эволюционных событий, в которой первым звеном служит изменение численности. А поскольку численность - экологическая характеристика вида, то ее изменения можно связать с действием тех или иных экологических факторов. Эти факторы весьма разнообразны, но мы можем исключить из обсуждения те из них, которые в конечном счете ведут к подвижному равновесию (например, в системах хищник - жертва или паразит - хозяин) или слишком кратковременны по своему действию (эпидемии, радиация). Хотя крупные перестройки биоты происходят быстро по сравнению с периодами относительной стабильности, но все же они растянуты на миллионы лет. Конкурентное исключение также не может быть принято в качестве ведущего фактора, так как оно не объясняет одновременного изменения морских и наземных сообществ. Кроме того, заполнение экологических ниш новой доминирующей группой, как правило, происходит значительно позднее вымирания прежних доминантов (история замещения динозавров млекопитающими хорошо иллюстрирует это положение). Остаются такие факторы глобального значения, как тектогенез, изменения магнитного и гравитационного полей, климата и газового состава атмосферы.

Анализируя эти факторы, мы опираемся на совпадение зафиксированных геологической летописью следов их действия с теми или иными эволюционными эпизодами. При этом необходимо соблюдение следующих условий:

1) Наличие объективных геологических свидетельств действия данного фактора. Тектогенез, инверсии магнитного поля и климат отвечают этому условию. Некоторые особенности жизненных форм вымерших растений и животных как будто указывают

на изменение силы тяжести /5/, но они пока не могут быть признаны объективными свидетельствами. Приблизительно так же обстоит дело и с изменением газового состава атмосферы в течение последних 500 миллионов лет. Предполагаемая корреляция между вымираниями и скоростью метаболизма (которая могла бы указывать на ведущую роль изменения содержания кислорода) не вполне достоверна /44/. Устойчивость газового состава атмосферы обеспечивается рядом гомеостатических механизмов /51/ и может быть нарушена, вероятно, лишь вследствие значительных изменений климата /37/.

2) Глубокое воздействие данного фактора на органический мир. Таким воздействием безусловно обладают климат, сила тяжести и состав атмосферы. Биологическое значение инверсий магнитного поля не вполне ясно. Во всяком случае от гипотезы прямого летального воздействия космической радиации во время инверсий пришлось отказаться /39/. С тектогенезом связаны морские трансгрессии и регрессии, возникновение новых биотопов и миграционных путей (или их уничтожение). Во всех случаях прямое воздействие тектогенеза оказывается более или менее локальным. Более важным для органической эволюции может быть косвенное воздействие тектогенеза за счет его влияния на климат. Отметим, что лишь климатический фактор вполне отвечает обоим условиям.

В другой работе /8/ я пытался показать, что изменения климата (и в первую очередь температурных условий) отражаются на емкости экосистем, воздействуя одновременно на видовое разнообразие, длину пищевых цепей, уровень специализации, размеры популяций, скорость распространения мутаций, репродуктивные механизмы и т.д. Они не только обусловливают вымирания и миграции, но и предопределяют направленность эволюционного процесса. Прямая зависимость между климатическими циклами и этапами эволюции организмов теоретически вполне оправдана. Посмотрим, подтверждается ли она геологической летописью.

Источниками наиболее надежной информации о палеоклиматах служат палеоботаника и изотопная палеотермометрия. Наибольшее количество палеотермометрических данных приходится на юру и мел, поэтому целесообразно начать с этих периодов

Обедненные морские сообщества рэта свидетельствуют о похолодании. Однако в рэте еще широко распространена теплолюбивая растительность с Lepidopteris (вероятно, мангры). Их исчезновение в начале лейаса, очевидно, связано с более значительным падением температур. О похолодании свидетельствует экспансия чекановский (в раннем лейасе Западной Европы, на востоке Азии и др.), камптоптеридных папоротников типа Thaumatopteris с узкими перышками глубоко рассеченных листьев, а также некоторые данные изотопной палеотермометрии /36/.

Юрские эпохи отвечают климатическим циклам с оптимумами в первой половине тоара (по данным палеотермометрии и палеоботаники /18/) и конце байоса (судя по увеличению разнообразия Coniopteris, Dicksonia, Lootsia и других циатеевых папоротников), похолоданиями в конце тоара-аалене и в бате /22/.

Для поздней юры и мела автор реконструировал клисерии (смены растительности, обусловленные изменениями климата), используя обширные палеоботанические данные по позднеюрской - раннемеловой флоре Буреинского бассейна, раннемеловой Приморья, позднемеловой - палеогеновой Сахалина и Зее-Буреинской впадины /9/. По клисериям Приморья и Буреинского бассейна устанавливается потепление в течение поздней юры. Термический оптимум приходится на волжский ярус - берриас. Затем следует похолодание в валанжине и, еще более значительное, между валанжином и барремом, по-видимому, связанное с готеривским тектогенезом. Далее климат становится более теплым вплоть до апта. В альбе начинается похолодание, которое кульминирует в сеномане.

Позднемеловые-палеогеновые клисерии Сахалина и Буреинского Цагаяна указывают на потепление в течение турона-кампана, постепенное ухудшение температурного режима в маастрихте и резкое похолодание в датском веке - начале палеоцена, после чего следует новая амелиорация климата.

В каждом случае мы рассматривали крупные тафофлоры, принадлежащие различным климатическим зонам, которые условно можно обозначить как субтропическую (Приморье в раннем мелу, Сахалин в позднем мелу) и умеренную (Буреинский бас-

—сейн в юре-раннем мелу, Зее-Буреинская впадина в конце мела). Параллелизм соответствующих клисерий показывает, что мы имеем дело с общими, а не локальными изменениями климата.

Эта реконструкция в значительной мере подтверждается данными изотопной палеотермометрии. Высокие значения позднеюрских палеотемператур получены для различных районов Русской платформы, Западной Европы, Гренландии и Новой Зеландии /I/. Позднеюрский климатический оптимум захватывает и берриас. В неокоме наблюдается похолодание: в Закавказье от 27-27.2°С в валанжине до I9-20°С в готериве /29/, в Западной Сибири от I7-20°С в валанжине до I0-I3°С в готериве /I/. Некоторое потепление в начале апта и значительное похолодание в позднем альбе (до I2-I3°) установлены по различным группам ископаемых беспозвоночных Закавказья /29/.

Альбское похолодание, по-видимому, имело исключительно важное значение как для морских, так и для наземных экосистем. В это время резко уменьшается роль цикадофитов, гинкговых и чекановскиевых, во многих захоронениях, расположенных на различных широтах, впервые появляются цветковые растения. С этими событиями обычно связывают границу "мезофита" и "кайнофита". Однако мезозойские группы голосеменных (чекановскиевые, нилссонии, беннеттиты) полностью вымирают лишь к концу мела. Основными доминантами позднемеловой эпохи остаются хвойные. Покрытосеменные здесь уже довольно разнообразны, но экологически, очевидно, играют подчиненную роль в большинстве растительных формаций. Поэтому, при всей важности позднеальбских событий, их нельзя признать завершением "мезофита".

В позднем мелу по данным изотопной палеотермометрии для Западной Европы климатический оптимум приходится на коньяк-сантон. Здесь наблюдается некоторое расхождение с палеоботаническими данными. Не исключено, что жонкьерская флора Сахалина, отвечающая климатическому оптимуму, имеет не кампанский, а несколько более древний возраст. На такую возможность указывают последние результаты изучения сахалинских иноцерамов /16/. С другой стороны, коньяк-сантонский оптимум не подтверждается палеотермометрическими данными по Русской платформе и Сибири. О падении температур в конце мела свиде-

тельствуют особенности датской морской фауны /17,24/. Резкий характер мелового вымирания, возможно, связан с тем, что температурный максимум действительно приходится на кампанский век, т.е. непосредственно предшествует маастрихт-датскому похолоданию.

Мы видим, что каждой эпохе юрского и мелового периодов отвечает крупный климатический цикл с оптимумом, приходящимся не на середину, а на вторую половину эпохи (ранний тоар, поздний байос, апт, кампан). Рубежам между эпохами предшествует похолодание (в рэте, тоарс-аалене, бате, альбе, маастрихте). Климатический минимум падает на стратоэкотон ("переходные слои") или начало следующей эпохи - геттанг, келловей, сеноман, датский ярус (стратоэкотон чаще включают в верхнее из стратиграфических подразделений, между которыми он расположен).

По-видимому, такая связь между изменениями климата и стратиграфическими рубежами не случайна. Во время климатического оптимума усиливается диверсификация и специализация, гомогенизация генетической структуры популяций. Похолодание сначала ведет лишь к частичному обеднению биоценозов, но, превысив предел их устойчивости, оно вызывает резкую перестройку, сопровождаемую массовыми вымираниями и распространением новых адаптивных типов.

Ситуация на рубеже юры и мела кажется аномальной. Похолодание в конце юры не выражено (лишь на севере Сибири отмечается похолодание, по-видимому, местного значения /19/), наоборот, климат становится теплее вплоть до берриаса. Можно предположить, что или направленность изменения климата определена неверно, или позднеюрские биоценозы реагировали на изменение температурных условий иначе, чем другие. Мне, однако, кажется более правдоподобным, что принимаемый в настоящее время рубеж юры и мела не отвечает естественному рубежу между системами. Положение берриаса остается спорным /4,19,52/. Необходимо, кроме того, обратить внимание на события, произошедшие между валанжином и барремом. Как показали В.Н.Верещагин /2/ и другие авторы, готеривский орогенез, нередко сопровождаемый перерывами в осадконакоплении,

сыграл большую роль в формировании геологической структуры Тихоокеанского кольца. Этим временем датируются наиболее древние осадки дна Тихого океана /35/, а также начальный этап образования краевых морей. Готеривский орогенез проявился не только в районе Пацифики, но и за его пределами (например, в Иране /46/). Не исключено, что именно он (точнее, связанное с ним похолодание) определяет естественную границу юры и мела.

Для других периодов данных пока мало, но они не противоречат найденной выше закономерности. Известно, что первая кардинальная перестройка морских биоценозов, положившая начало палеозою, совпадает с кембрийским оледенением, которое многие считают крупнейшим из всех фанерозойских оледенений /45/. Так называемый намюрский скачок, обозначивший нижнюю границу верхнего палеозоя в Евразии и границу между миссисипием и пенсильванием в Северной Америке, по-видимому, связан со значительным похолоданием /13/ и началом позднепалеозойского оледенения Гондваны. В начале перми устанавливается похолодание. Температурный оптимум этого периода падает на кунгурский и уфимский века, затем, в казанском веке климат становится более холодным /23/. Смену морских сообществ и фаций на границе слоев с Claraia и Paratriolites, прослеживаемую на большом расстоянии, связывают с изменением климата /48/. В кайнозое два климатических оптимума - эоценовый - раннеолигоценовый и среднемиоценовый - намеченные палеоботаниками для Северной Америки, Западной Европы и Японии, подтверждаются данными по морским беспозвоночным /30/. Хотя детали еще во многом неясны, все же вполне отчетливо вырисовываются крупные асимметричные климатические циклы, отвечающие палеогену и неогену и аналогичные ранне- и позднемеловому циклам. Ледниковые отложения в высоких широтах известны уже в миоцене, однако значительное похолодание в глобальном масштабе началось лишь в позднем плиоцене /45/ и кульминировало в начале нового четвертичного цикла.

Не вызывает сомнений, что крупные климатические циклы были осложнены флюктуациями более высоких порядков. Многие палеоклиматические данные относятся к отдельным интервалам, отвечающим этим относительно кратковременным флюктуациям,

Если по ним пытаются судить о климате всей эпохи, то результаты получаются весьма противоречивыми. Напомню в этой связи о признаках среднеэоценового похолодания, описанных рядом авторов.

Клисерии, которыми мы располагаем, в большинстве случаев недостаточно детальны, чтобы судить о стратиграфических границах, подчиненных эпохам. Однако отдельные исследования /38/ показывают, что границы ярусов и зон имеют климатогенную природу. Как известно, климатостратиграфический принцип уже давно используется в четвертичной геологии. По Е.В.Шанцеру /26/ "практически глобальное значение вошедших уже в практику климатостратиграфических подразделений четвертичной системы доказано с полной убедительностью всей историей четвертичной геологии и находит все новые и новые подтверждения, в частности при изучении морского и океанического дна".

Таким образом, глубокое воздействие климатических циклов на эволюцию органического мира полностью подтверждается геологической летописью. Между тем, многие исследователи отмечают совпадение эволюционных событий с эпизодами тектогенеза или геомагнитными инверсиями. В том, что такое совпадение действительно имеет место, сомневаться не приходится (вымирания отдельных видов фораминифер часто коррелируются с геомагнитными инверсиями; массовые вымирания в конце палеозоя и мезозоя также совпадают с периодами наибольшей нестабильности магнитного поля). Но не следует упускать из виду синхронные этим событиям изменения климата, которые, вероятно, и были наиболее действенным фактором, тогда как сопутствующие им инверсии и тектогенез (а также, возможно, изменения газового состава атмосферы) играли вспомогательную или в эволюционном смысле почти нейтральную роль. Во всяком случае логично допустить причинную связь между этими явлениями.

В объяснении климатических циклов соперничают две концепции - астрономическая и геологическая. Астрономическая гипотеза гляциальных циклов предложенная Миланковичем, выдержала проверку /14,33/. Крупнейшие циклы в 280 миллионов лет, приблизительно отвечающие геологическим эрам, по мне-

нию Лунгерсгаузена /12/, Стейнера /47/ и некоторых других исследователей, связаны с изменением положения Солнечной системы по отношению к центру Галактики. С другой стороны, все больше подтверждений получает планетарный характер фаз тектонической активности, которые по расчетам Брукса /32/ и других авторов, должны вызвать значительные изменения климата. Обе концепции располагают убедительными доказательствами и компромисс между ними достижим при допущении, что периодичность тектогенеза обусловлена теми же астрономическими факторами, что и периодичность климатических изменений.

В том, что это допущение оправдано, убеждает в первую очередь, изучение планетарной системы трещин, ориентировка которой связана с ротационным режимом Земли /3,25,27/. Рифты и срединно-океанические хребты также являются элементами этой системы. Ротационно-инерционные силы в качестве тектогенетического фактора служат альтернативой не вполне достоверному механизму конвекционных течений /15,40/. Гипотеза плитовой тектоники была первоначально предложена для симметричных образований типа Атлантического океана. Ее экстраполяция на асимметричную структуру Пацифики потребовала введения дополнительных факторов. Особенно трудной оказалась интерпретация островных дуг и краевых морей. Здесь нет необходимости в подробном обсуждении этой проблемы, ей посвящен ряд обзорных работ /42,43/. Наиболее популярна сейчас диапировая гипотеза /41/, согласно которой плавление погружающейся океанической плиты вызывает локальное расширение, дробление края континента и отодвигание от него островной дуги. Однако эта гипотеза не объясняет, почему диапировое расширение наблюдается лишь на западной границе Пацифики, тогда как погружение плиты на востоке не имеет тех же последствий. Кроме того, вне поля зрения диапировой гипотезы остается немаловажный феномен миграции геотектонической активности, которая по обе стороны Пацифики направлена на восток. По мнению автора /7/, миграция геосинклинального режима объясняется западным дрифтом азиатской и американской плит и их прохождением над неподвижными "горячими зонами" глубинных разломов. При этом на тильной стороне дрейфующей плиты в силу инерции возникают цепи островов, постепенно, благодаря

трансформным сдвигам, приобретающие дугообразную форму. Таким образом, асимметрия Пацифики оказывается следствием ротационной инерции /31/. Примечательно, что Р.Ван Беммелен, развивающий концепцию гравитационной тектоники, также прибегает к силам Кариолиса для объяснения дисперсии сиаля в Западной Пацифике и его скопления в восточной /50/.

Если ротационно-инерционные силы определяют основные черты мегаструктуры литосферы, то изменения параметров вращения Земли должны вызвать тектонические перестройки глобального значения, в свою очередь, вероятно, воздействующие на ротационный режим по принципу обратной связи. Сейчас имеются данные, подтверждающие скачкообразное изменение скорости вращения Земли на некоторых рубежах, отмеченных также повышенной тектонической активностью (Кропоткин, Трапезников, 1963; Runcorn, 1967) Изменения ротационного режима, разумеется, затрагивают не только внешние оболочки, но и ядро, и таким образом могут служить источником возмущений магнитного поля.

Мы приходим к выводу, что тектонические, геомагнитные и климатические циклы контролируются ротационным режимом Земли. Они оказывают одновременное и комплексное воздействие на органический мир, определяя ход мегаэволюционных процессов. Решающая роль здесь принадлежит климату, на который влияют не только космические факторы, но и параллельно развивающийся тектогенез. Дополнительным фактором может быть изменение содержания кислорода и углекислого газа в атмосфере, связанное как с климатическими, так и с тектоническими (или метаморфическими /20/) циклами.

Такие ученые, как П.П.Сушкин /21/, Дж.Умбгрове /53/, Б.Л.Личков /10/, Г.Ф.Лунгерсгаузен /12/, Е.М.Яблоков-Хнзарян /28/, Е.И.Лукин /11/, Дж.Валентайн /48/, У.Фрерихс /37/ и другие, уловили основные черты этой сложной системы с многочисленными прямыми и обратными связями. Что же касается конкретных деталей, то они и сейчас во многом неясны. Не вызывает сомнений, однако, что воздействие космических и геологических факторов на эволюцию было гораздо более глубоким, чем это допускалось классическим дарвинизмом /6/.

Литература

I. Берлин Г.С., и др. Геология и геофизика, № 3, 1970.
2. Верещагин В.Н. Сов. геол., № 8, 1962.
3. Воронов П.С., Незаметдинова С.С. Докл. АН СССР, 194, № 4, 1970.
4. Друщиц В.В. В Юбилейном геол. сб. 50 г. Великой Окт. Соц. революции. София, 1968.
5. Красилов В.А. Палеонтол. ж., № I, 1969.
6. Красилов В.А. В сб. Проблемы филогении и систематики, СО АН СССР, Владивосток, 1969.
7. Красилов В.А. Докл. АН СССР, 207, № 2, 1972.
8. Красилов В.А. Ж. общ. биол., 34, № 2, 1973.
9. Красилов В.А. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол. 48, № 4, 1973.
10. Личков Б.Л. В сб. "Чтения памяти Л.С.Берга, I-3", изд-во АН СССР, М.-Л., 1956.
II. Лукин Е.И. В сб. Проблемы эволюции, т.2,"Наука", Новосибирск, 1972.
I2. Лунгерсгаузен Г.Ф. В кн. Проблемы планетарной геологии. М., 1963.
I3. Мейен С.В. В сб. Итоги науки. Стратигр. и палеонтол., ВИНИТИ, М., 1972.
I4. Монин А.С. Вращение Земли и климат. Гидрометеоиздат, Л., 1972.
I5. Пейве А.В. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1961.
I6. Пергамент М.А. Докл. АН СССР, 209, № I, 1973.
I7. Розенкранц А. Труды 2I МГК. Изд-во ин.лит., М., 1963.
I8. Сакс В.Н. В сб. Проблемы палеозоогеогр. мезозоя Сибири. Труды ин-та геол. и геофиз., вып.III, 1972.
I9. Сакс В.Н., Нальняева Т.И. В сб. Мезозойские морские фауны Севера и ДВ СССР и их стратиграфическое значение. Труды ин-та геол. и геофиз., вып.48, 1968.
20. Сидоренко А.В., Розен О.М., Теняков В.А., Гиммельфарб Г.В. Сов. геология, № 5, 1973.
2I. Сушкин П.П. Природа, № 3-5, 1922.

22. Тейс Р.В., Найдин Д.П., Сакс В.Н. В сб. Мезозойские морские фауны Севера и ДВ СССР и их стратигр. значение. Труды ин-та геол. и геофиз., вып.48, 1968.
23. Устрицкий В.И. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 1972.
24. Фойгт Э. Труды 21 МГК, Изд-во ин. лит., М., 1968.
25. Шаблинская Н.В., Смирнов Л.С. Докл. АН СССР, 201, № 5, 1971.
26. Шанцер Е.В. В сб. Проблемы периодизации плейстоцена, Л., 1971.
27. Шульц С.С. Геотектоника, № 4, 1971.
28. Яблоков-Хнзорян С.М. Ж. общ.биол., 33, № 6, 1972.
29. Ясманов Н.А. Изв. АН СССР, сер. геол., № 7, 1973.
30. Addicot W.O. Science, 165, N 3893, 1969.
31. Bostrom R.C. Nature, 234, N 5331, 1971.
32. Brooks C.E. Climates through ages. London, 1949.
33. Budyko M.I. The future climate. EOS, v.53, N 10, 1972.
34. Dobzhansky Th. Science, 177, N 4050, 1972.
35. Dooglas R.G., Moullade M. Geol. Soc. Amer. Bull., 83, 1972.
36. Fabricius F., Friedrichsen H., Jackobshagen V. Geol. Rundschau, 9, N 2, 1970.
37. Frerichs W.E. J. Paleont., 46, 1971.
38. Hammen Th. van der. Ann. New York Acad. Sci., v.95, 1961.
39. Hays J.D. Geol. Soc. Amer. Bull., 82, 1971.
40. Kane M.F. Science, 175, N 4028, 1972.
41. Karig D.E. J. Geophys. Res., 76, N 11, 1971.
42. Mitchell A.H. J.Geol. 79, N 3, 1971.
43. Packham G.H., Falvey D.A. Tectonophysics, 11, 1971.
44. Schopf Th.J.M., Farmanfarmaian A., Gooch J.L. J.Paleont., 45, N 2, 1971.
45. Schwarzbach M. In Descr. Palaeoclimatology, New-York - London, 1961.
46. Seyed-Emami K., Bosorgina F., Eftekhar-nezhad J. N.Jb. Geol. Paläont., Mh., H.1, 1971.
47. Steiner J. J.Geol. Soc. Austr., 14, pt.1, 1967.
48. Taraz H. Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., 55, N 8, 1971.

49. Valentine J.M. J. Paleont., 43, N 4, 1969.
50. Van Bemmelen R.W. Tectonophysics, 18, 1973.
51. Van Valen L. Science, 171, 1971.
52. Wiedmann J. Ann. Inst. Geol. Hung. Publ., 54, 1970.
53. Umbgrove J.H.F. The pulse of the earth. The Hague , Martinus Nujhoff, 1947.