

УДК [546.79 + 550.35]: 57.071.74

Неручев С.Г.

## ЭПОХИ РАДИОАКТИВНОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

*Рассмотрена проблема воздействия урана и повысившейся радиоактивности на органический мир в геологическом прошлом Земли. Показано положение эпох радиоактивности в геологических циклах, их периодичность и связь с другими геологическими и космическими явлениями.*

**Ключевые слова:** уран, радиоактивность среды, эволюция органического мира.

Представление о том, что радиоактивность на поверхности Земли и в гидросфере и, соответственно, в биосфере в геологическом прошлом была такой же, как в современную эпоху ничем не аргументировано. Оно воспринимается как положение, отвечающее «здравому смыслу» и потому не нуждающееся в особых доказательствах. Возникновение аномально высокой радиоактивности в отдельных районах Земли вызывается, как полагают, только испытанием или применением в военных целях ядерного оружия (Хиросима, Нагасаки), или случайными авариями на атомных электростанциях (Чернобыль), то есть деятельностью человека.

Однако не всё так просто. Даже в настоящее время вследствие многих естественных причин концентрация урана в различных зонах Земли, как в почвах, так и водах бассейнов колеблется, местами превышая нормальный низкий фон в 5 - 15 раз, а в районах выхода на поверхность урановых руд – даже в тысячи и десятки тысяч раз.

Еще большие концентрации радиоактивных элементов могли возникать на поверхности Земли в далеком геологическом прошлом в связи с существованием значительно большей массы постепенно распадающихся радиоактивных элементов, активным проявлением тектоно-магматической деятельности, оживлением рифтовых разломов и других процессов.

Впервые предположение о значительно повысившейся концентрации урана в океане сделал в 1956 г. М.Н. Альтгаузен. Ф. Косци в 1957 г. предположил возможность повышения концентрации урана в океане в течение последних 200 тыс. лет.

Изучая глобальные эпохи интенсивного накопления планктоногенного органического вещества всегда содержащего высокие концентрации урана, в 1974 г. я показал впервые, что они характеризовались значительным повышением содержания урана в морях и на поверхности Земли и сопровождалась интенсивными изменениями фауны и флоры, что вполне соответствует современным представлениям радиобиологии о значительном

воздействии повышенной радиоактивности на генетический аппарат и наследственность организмов.

В том же 1974 г. Г.Н. Матюшин сделал вполне обоснованное предположение о важной роли ионизирующей радиации на процесс антропогенеза.

Преобладающая часть отложений от древних архейских и протерозойских до современных характеризуется сравнительно незначительным накоплением рассеянного органического вещества – от 0,1 – 0,2 %  $C_{орг}$  в отложениях протерозоя до 1,1% в неогеновых и современных, в среднем 0,51%.

Содержание урана в них также невысокое, от 1 –  $3 \cdot 10^{-4}$  % в протерозое до 4 –  $5 \cdot 10^{-4}$ % в неогеновых и современных, в среднем  $2,6 \cdot 10^{-4}$  %.

На фоне накопления преобладающего объема отложений с кларковыми концентрациями органического вещества и урана от архея до голоцена периодически накапливались весьма специфические осадки, в которых концентрация планктоногенного органического вещества (ОВ) нередко возрастала до 20 – 50% (в среднем 6 %), а урана – до  $2-3 \cdot 10^{-2}$ % (в среднем  $8 \cdot 10^{-3}$ %).

Стало быть, в эти сравнительно кратковременные эпохи (до 1 – 3 млн. лет) накопление планктоногенного ОВ возрастало в среднем в 11 раз, а урана – в 23 раза, а максимально даже в 115 раз.

В зависимости от достигнутой стадии катагенеза это так называемые битуминозные, горючие, черные углеродистые или графитовые сланцы. Внешне значительно отличающиеся, эти осадочные или осадочно-метаморфические образования в генетическом отношении представляют собой единую группу осадков. Они значительно обогащены планктоногенным ОВ, ураном и рядом других сопровождающих элементов, в основном фосфором, рядом тяжелых металлов, редкоземельными элементами и во многих случаях даже платиноидами – иридием и осмием.

По обогащённости фитопланктонным ОВ, особенно остатками одноклеточных сине-зеленых водорослей (цианобактерий), а также по набору и концентрации ряда химических элементов они существенно отличаются от всех других типов как осадочных, так и вулканогенных пород.

В определенные эпохи они формировались синхронно в самых различных зонах Земли – в эпиконтинентальных морях, в океанах, в озерах на поверхности континентов. Все они характеризуются повышенной окремелостью. Образованию их предшествовала интенсивная вулканическая и гидротермальная деятельность, которая продолжалась и во

время их накопления; нередко проявлялась во время их отложения и высокая сейсмическая активность, приводившая к развитию крупных оползней, сопровождавшихся складчато-глыбовой деформацией осадков.

Оказалось, что эти обогащенные планктоногенным ОВ и ураном осадки характеризуются полным, или почти полным отсутствием бентосной фауны, или ее значительным обеднением, независимо от того существовало или нет сероводородное заражение придонных вод; резким обеднением видового состава фитопланктона до 1 – 2 наиболее примитивных форм; обеднением состава зоопланктона; обеднением или значительной сменой видового состава nektonных и планктонных животных, и даже обеднением и сменой видового состава спор и пыльцы наземной растительности, поступавших в морской бассейн с прилегавшей к нему суши.

Синхронные их образованию континентальные отложения представлены обычно почти лишенными органических остатков красноцветными, большей частью терригенными породами, иногда сопровождавшимися накоплением гипса, каменной или калийной соли. Во многих случаях накопление этих континентальных отложений, как и их морских аналогов, сопровождалось интенсивной вулканической деятельностью. В континентальных условиях, как и в морских, в эти эпохи во многих районах осуществлялось интенсивное накопление урана.

Хотя фауна континентальных отложений изучена довольно слабо, в ряде объектов все же устанавливаются ее синхронные изменения, приводящие к резкому видовому обеднению, как и в морских осадках, обогащённых ОВ и ураном.

Следовательно, для объяснения значительных синхронных изменений фауны и флоры в морских бассейнах и на континентах в эти эпохи может приниматься в расчет только общая причина глобального порядка, по нашему мнению, повышенная радиоактивность на поверхности Земли, обусловленная поступлением избыточных масс урана, как в гидросферу, так и на поверхность континентов.

В соответствии с наиболее распространенной точкой зрения основная масса урана, растворенного в водах морей и океанов, поступает за счет размыва и выветривания горных пород суши совместно с речным стоком, при незначительном влиянии глубинных источников.

Однако, как известно, поступление урана с речным стоком обуславливает в современных морях и океане низкую его концентрацию в воде (около  $3 \cdot 10^{-7}$ ) и накопление в осадках низких кларковых концентраций урана, как происходило, вероятно, и в прошлые

геологические эпохи, характеризовавшиеся накоплением низких кларковых концентраций урана и ОВ.

В современную эпоху лишь при размыве и выветривании урановых руд в водах некоторых небольших континентальных бассейнов концентрация растворенного урана может значительно повышаться, и тогда в них происходит накопление осадков, обогащенных ураном и ОВ, как, например, в оз. Иссык-Куль. Концентрация растворенного урана в нем в 10 раз выше, чем в океане. Обогащение осадков ОВ и ураном в нём происходит вследствие высокой биопродуктивности харовых водорослей, которые активно накапливают уран – на три порядка выше, чем его содержание в воде.

Повышенная радиоактивность воды и еще более высокая в накапливающих уран осадках, обогащенных ОВ, обусловила интенсивную изменчивость харовых водорослей и других организмов оз. Иссык-Куль.

Это как бы небольшая локальная природная модель процессов интенсивного накопления урана и ОВ в осадках древних эпох, осадки которых глобально характеризуются аномально высокой концентрацией урана и ОВ.

Глобальные эпохи интенсивного накопления урана и планктоногенного ОВ в осадках вызывались, видимо, значительно более интенсивным, чем в современную эпоху, поступлением урана в воды морей и океана из глубинных источников. В эти эпохи в осадках накапливались астрономические массы урана. Например, в верхнепермских осадках формации Фосфория Скалистых гор накопилось количество урана, которое при нормальной его концентрации в воде могло бы содержаться в 5 объемах Мирового океана (Г.П. Бушинский, 1969). А если учесть и другие районы, где в эту эпоху в осадках также интенсивно накапливался уран, то окажется, что в позднепермскую эпоху fossilizировалось количество урана, которое могло бы содержаться не менее, чем в 10 объемах Мирового океана. Речным стоком растворенного урана этого не объяснить.

Аналогичная картина характерна также для позднеюрской радиоактивной эпохи. В отложениях баженовской свиты Западной Сибири накопилось количество урана, эквивалентное половине объема Мирового океана; а с учетом распространения аналогичных осадков в других районах мира – эквивалентное нескольким объемам Мирового океана.

В другие, преобладающие по времени эпохи, когда в осадках накапливались кларковые концентрации урана и ОВ, содержание растворённого урана в водах морей и Мирового океана, видимо, не превышало современного низкого уровня.

Что касается сравнительно кратковременных эпох интенсивного накопления урана и ОВ, то объяснить их проявление можно только с учетом активного поступления урана из глубинных источников.

Поступление урана из глубинных источников в ряде морей и океанов фиксируется и в настоящее время. Значительная концентрация урана установлена в гидротермальных металлоносных осадках Красного моря. Повышенная концентрация урана в осадках фиксируется в центральной части рифтовой зоны Индийского океана и в пределах Средне-Атлантического хребта. О глубинном источнике урана свидетельствуют не только его повышенные концентрации, приуроченные к разломам, но и изотопный состав, характеризующийся повышенным, по сравнению с океанской водой, отношением  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ .

Поступление ряда металлов, в том числе и U из глубинных источников в свете новых данных оценивается в настоящее время гораздо более масштабным, чем ранее. Общий вынос вулканического материала определяется в  $1,2 - 1,5 \cdot 10^{10}$  т в год, а общий объем гидротерм – в  $1,6 \cdot 10^{11}$  м<sup>3</sup>. Предположения о том, что растворенный в водах морей и океана уран накапливается в осадках вследствие восстановления его до нерастворимой 4-х валентной формы (В.М. Гольдшмит, 1954) или вследствие его сорбции на органическом веществе осадков [Батулин, 1975], не подтвердились.

Исследования радиобиологов, как в природной среде, так и в лабораторных экспериментах, подтверждают предположение В.И. Вернадского (1934) о накоплении урана живым веществом организмов и объясняют давно установленную прямую зависимость между концентрацией органического вещества и урана в осадках и осадочных породах.

Прижизненное накопление урана организмами происходит как при кларковой, так и при значительно повышенной концентрации урана в воде.

Различные виды микроорганизмов характеризуются коэффициентами накопления урана от десятков и сотен до 35000<sup>1</sup>.

Коэффициенты накопления U различными видами фитопланктона колеблются от 30 – 60 до 600 – 1600, составляя большей частью 200 – 500. Некоторые виды одноклеточных морских и пресноводных водорослей характеризуются коэффициентами накопления от 800 до 3900. У различных видов донных водорослей коэффициенты накопления колеблются от

---

<sup>1</sup> Коэффициент накопления представляет собой отношение концентрации урана в организме (на сухую массу) к концентрации его в воде.

35 – 40 до 200 – 420. Коэффициенты накопления  $\cup$  в раковинах моллюсков составляют от 24 – 33 до 130 -190.

У рыб коэффициент накопления  $\cup$  колеблется от 8 – 12 до 20.

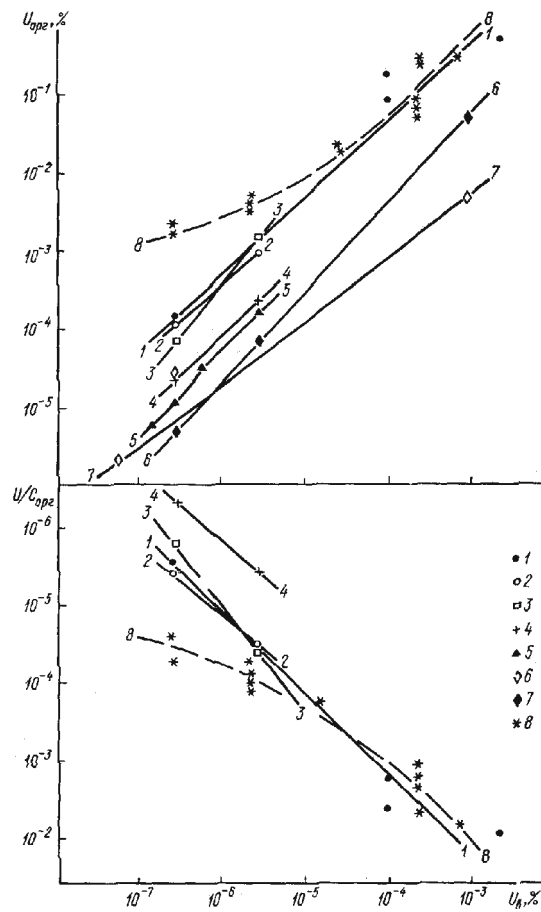
Кораллы характеризуются коэффициентами накопления  $\cup$  от 490 до 1600.

Как видим, все виды организмов накапливают растворенный в воде уран, повышая его концентрацию по отношению к водной среде в десятки, сотни и тысячи раз. При этом очень важно, что величина коэффициентов накопления определяется видовой принадлежностью организмов и остается постоянной при различной, даже значительно повышенной концентрации урана в воде. Вследствие этого при нормальной низкой концентрации  $\cup$  в воде ( $3 \cdot 10^{-7}\%$ ) в осадках за счет отмершего органического вещества накапливаются кларковые концентрации урана, а в бассейнах с повышенной концентрацией растворенного урана – аномально высокие, что и характерно для установленных нами эпох интенсивного накопления планктоногенного ОВ и урана, проявившихся при значительном повышении концентрации  $\cup$  как в гидросфере, так и на поверхности континентов.

На рис. 1. представлены осреднённые данные по биохимическому накоплению урана различными водными организмами в зависимости от концентрации урана в воде. Между концентрацией урана в воде и накоплением его в организмах проявляется прямая зависимость. Возрастание концентрации урана в воде на три порядка обуславливает такое же – на три порядка – возрастание концентрации урана в организмах. Соответственно росту концентрации  $\cup$  в организмах столь же интенсивно – на три порядка – возрастает отношение  $\cup/C_{\text{орг}}$ , которое является основной характеристикой обогащённости ОВ ураном как в современных, так и в древних осадках.

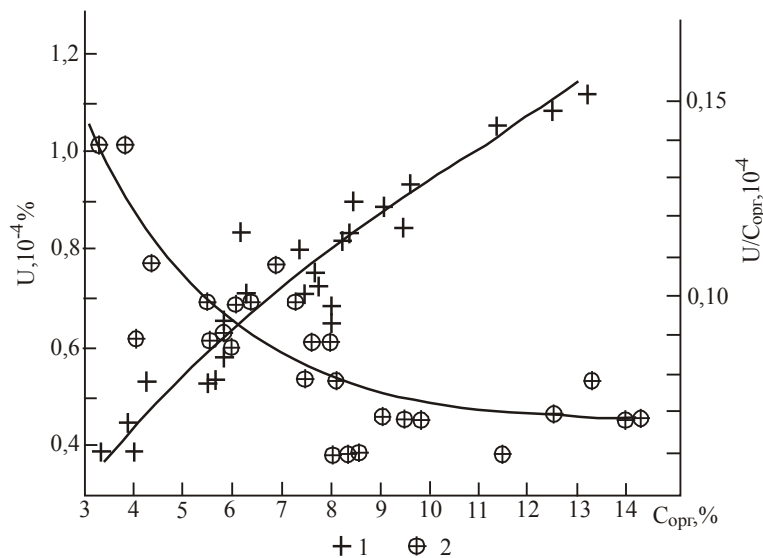
При одинаковой концентрации урана в воде наиболее активно его накапливают микроорганизмы, фитопланктон; на заметно более низком уровне происходит накопление урана зоопланктоном, еще на более низком – моллюсками и, наконец, на самом низком – рыбами.

Именно биохимический механизм накопления урана живыми организмами и определяет установленную прямую зависимость между концентрацией  $C_{\text{орг}}$  и урана в осаждающейся на дно бассейна органоминеральной взвеси (рис. 2), в осадках и в осадочных породах как с кларковой, так и значительно повышенной концентрацией урана и ОВ (рис. 3, 4).



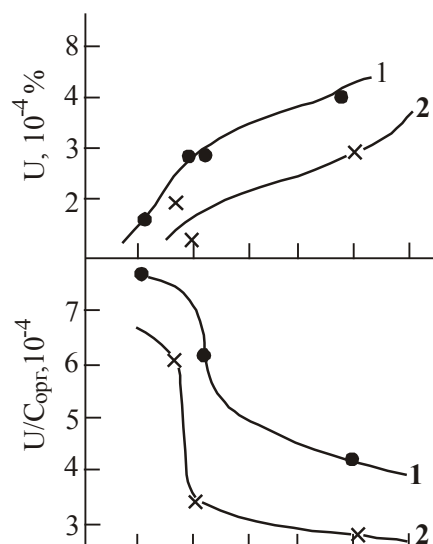
**Рис. 1. Накопление урана водными организмами в зависимости от его концентрации в воде**

1 - фитопланктон; 2 - диатомовые водоросли; 3 - донные водоросли; 4 - зоопланктон; 5 - раковины моллюсков; 6 - тело рыб; 7 - скелет рыб; 8 - микроорганизмы. Содержание урана:  $U_{орг}$  - в организмах,  $U_в$  - в воде.



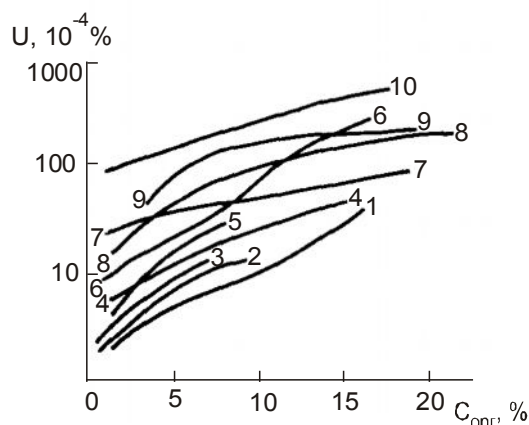
**Рис. 2. Зависимость концентрации урана и отношения  $U/C_{орг}$  от содержания органического вещества в океанической взвеси, по [Батулин, 1975]**

1 - концентрация урана; 2 - отношение  $U/C_{орг}$ .



**Рис. 3.** Зависимость содержания урана и отношения  $U/C_{орг}$  от концентрации  $C_{орг}$  в отложениях с кларковым содержанием  $OB$  и  $U$

*1 - 2 – осадки: 1 – древние, 2 – современные.*



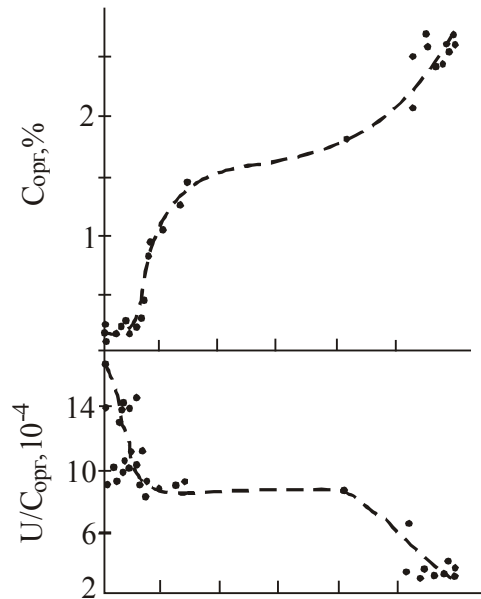
**Рис. 4.** Зависимость содержания урана от концентрации  $C_{орг}$  в отложениях, обогащенных планктоногенным сапропелевым  $OB$  (по [Смыслов, 1974] с дополнениями и изменениями)

*1 - 9 - отложения: 1 - верхнедевонские, 2 - нижнекембрийские, 3 - эоценовые, 4 - верхнеюрские, 5 - верхнерифейские, 6 - ордовикские, 7 - верхнедевонские (чаттанугские), 8 - палеогеновые, 9 - кембрийские; 10 - сланцы Сент-Ипполит.*

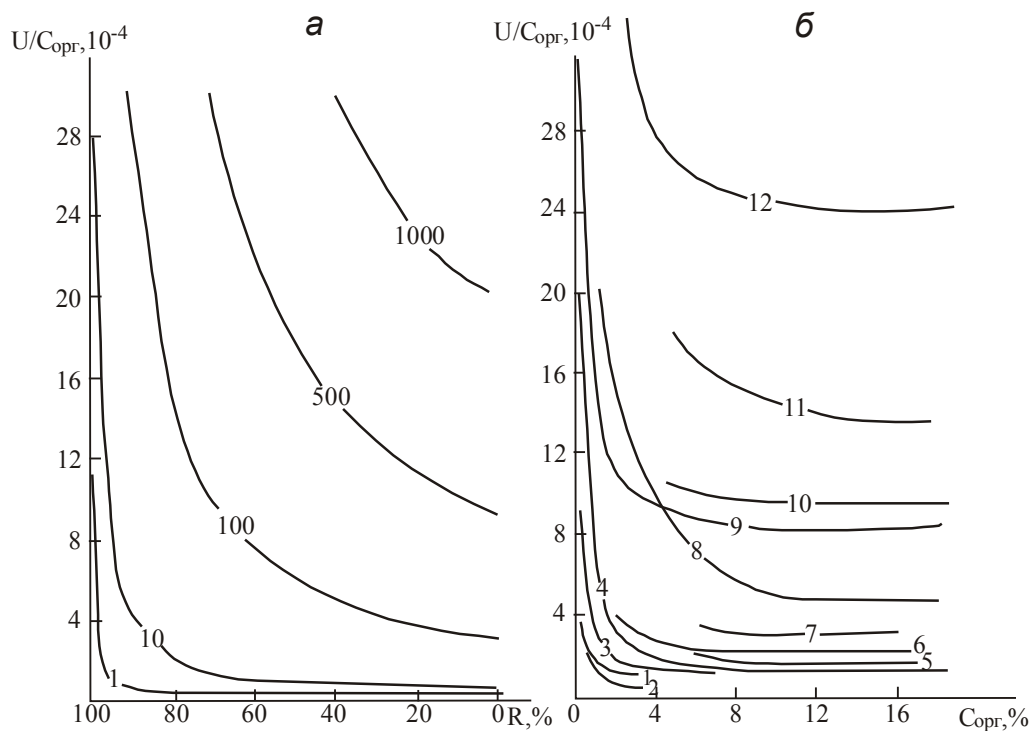
Вместе с тем на этих же рисунках, а также на рис. 5, хорошо видно, что снижение концентрации  $C_{орг}$  вследствие прогрессирующего окисления  $OB$  приводит к остаточному накоплению урана в окисляющемся  $OB$  и повышению отношения  $U/C_{орг}$ .

То же самое, только на значительно более высоком уровне характерно и для осадков эпох интенсивного накопления планктоногенного  $OB$  и урана. При концентрации  $C_{орг}$  до 20% (рис. 4, рис. 6б). При концентрации  $C_{орг}$  до 20% концентрация  $U$  возрастает до  $900 \cdot 10^{-4}\%$ , а величина отношения  $U/C_{орг}$  – от 2 – 3 до 24 -  $30 \cdot 10^{-4}$ , возрастая при снижении концентрации  $C_{орг}$  вследствие уменьшения массы окисляющегося  $OB$ .





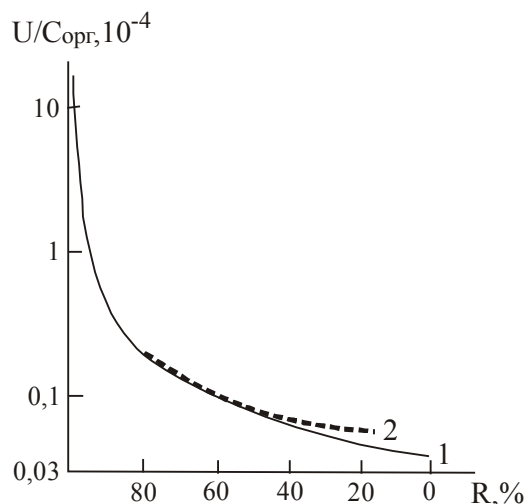
**Рис. 5. Зависимость концентрации  $C_{\text{орг}}$ , отношений  $U/C_{\text{орг}}$ , от окислительно-восстановительного потенциала (Eh) для осадков континентального склона и ложа Атлантического и Тихого океанов (по [Батурин, 1975]).**



**Рис. 6. Расчетные (а) и фактические (б) отношения  $U/C_{\text{орг}}$  для бассейнов с различной концентрацией урана в воде**

а) 1 – концентрация  $U$  в воде современного океана -  $3 \cdot 10^{-3}\%$ . Расчетное превышение нормальной концентрации  $U$  в водах палеобассейнов – 10 - 1000; б) 1 - 12 - осадки: 1 - современные морские, 2 - юрские, 3 - доманиковские, 4 - кумские, 5 - верхнеюрские (волжские), 6 - верхнеюрские (баженовские), 7 - рифейские, 8 - чаттанугские, 9 - ордовикские, 10 - олигоценые, 11 - кембрийские; 12 - сланцы Сент-Ипполит.

Нами разработан количественный метод определения окислительных потерь ОВ на стадиях седиментогенеза и диагенеза. Рис. 7 иллюстрирует хорошее соответствие между расчетными и экспериментальными данными, что позволяет по расчетным и эмпирическим величинам отношения  $U/C_{орг}$  приблизительно оценивать концентрацию растворенного урана в водах палеобассейнов.



**Рис. 7. Соотношение теоретической расчетной (1) и фактической (2) кривых относительного накопления  $U$  в окисляющемся органическом веществе  $R$  — окислительный расход ОВ, %.**

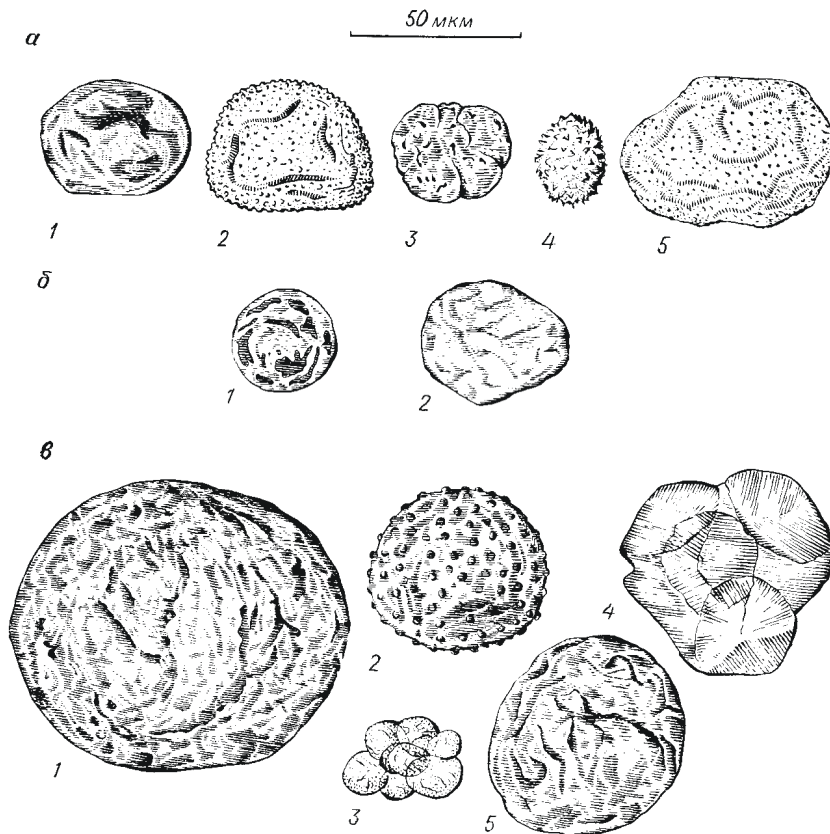
На рис. 6б кривые 1 (для современных осадков) и 2 (для юрских осадков) с кларковыми концентрациями  $U$  и ОВ и минимальными отношениями  $U/C_{орг}$  сходны с теоретической расчетной кривой на рис. 6а, характерной для бассейна с нормальной концентрацией урана в воде ( $3 \cdot 10^{-7}\%$ ). Для обогащенных ОВ и ураном отложений радиоактивных эпох кривые отношений  $U/C_{орг}$  соответствуют теоретическим расчетным, характерным для палеобассейнов, содержание  $U$  в водах которых было в 10 – 100 и даже в 500 – 1000 раз выше нормального.

На основании имеющихся материалов можно утверждать, что большая часть геологического времени, как и в современную эпоху, характеризовалась нормальной, низкой концентрацией урана в водах морей и океана, а в эпохи интенсивного накопления планктоногенного ОВ и урана повышалась в десятки, сотни и даже тысячи раз.

Проиллюстрируем несколькими примерами что происходило с фауной и флорой во время проявления эпох интенсивного накопления планктоногенного ОВ и повышенной радиоактивности среды.

На границе нижнего и среднего кембрия, когда уже существовали многочисленные и разнообразные планктонные водоросли, во время накопления радиоактивных осадков

осталось не более 1 – 2 видов мелких бесструктурных форм, но они то и обеспечивали огромную биопродуктивность (рис. 8). Бентосная фауна (брахиоподы), рис. 9, характеризуется вымиранием большей части ранее существовавших родов и возникновением одного нового. Почти все ранее существовавшие роды трилобитов вымирают, но возникает большое количество новых, в основном вскоре вымирающих по окончании эпохи радиоактивности.

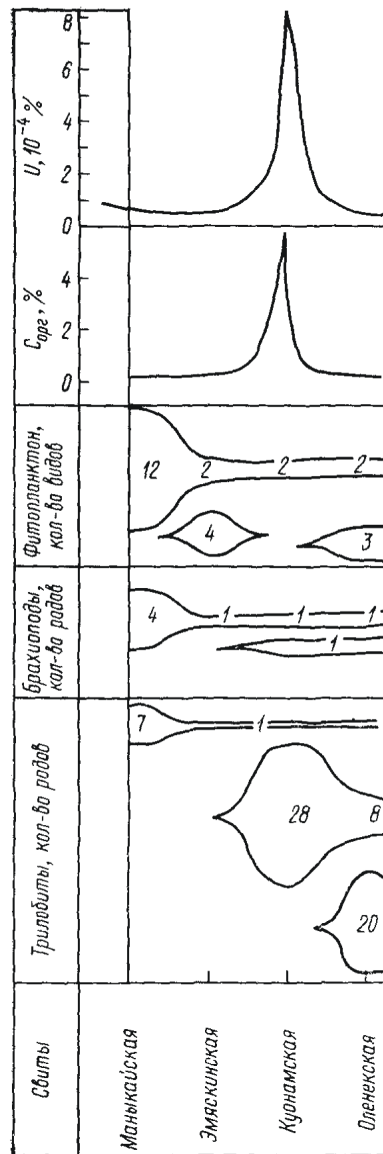


**Рис. 8. Микрофоссилии ранне-среднекембрийской радиоактивной эпохи (по [Тимофеев, 1966]).**

*а - средний кембрий (оленьская свита): 1 - Protosphaeridium acissp. n., 2 - Stictosphaeridium toriulosum sp. n., 3 - Gloeocapsomorpha sp., 4 - Archaeohystrichosphaeridium triviale Tim., 5 - Siiciosphaeridium pectinate sp. n.; б - куонамская свита: 1 - Protosphaeridium laccatum sp. n.; 2 - Stictosphaeridium sinapticuliferum sp. n.; в- пестроцветная свита нижнего кембрия: 1 - Trachysphaeridium laminaritum sp. n. 2 - Lophosphaeridium rarum Tim., 3 - Symptassosphaeridium subcoalitum Tim., 4 - Potyedrosphaeridium bullatum sp. n., 5- Stictosphaeridium sinapticuliferum sp. n.*

В познедевонскую радиоактивную эпоху (рис. 10) полностью исчезают губки, мшанки, криноидеи, кораллы. Ранее существовавшие брахиоподы вымирают, но при высокой радиоактивности среды появляются их новые виды, вскоре также вымирающие. Количество видов фораминифер резко сокращается; видовой состав фитопланктона также резко сокращается, но немногие оставшиеся радиорезистентные виды дают значительную

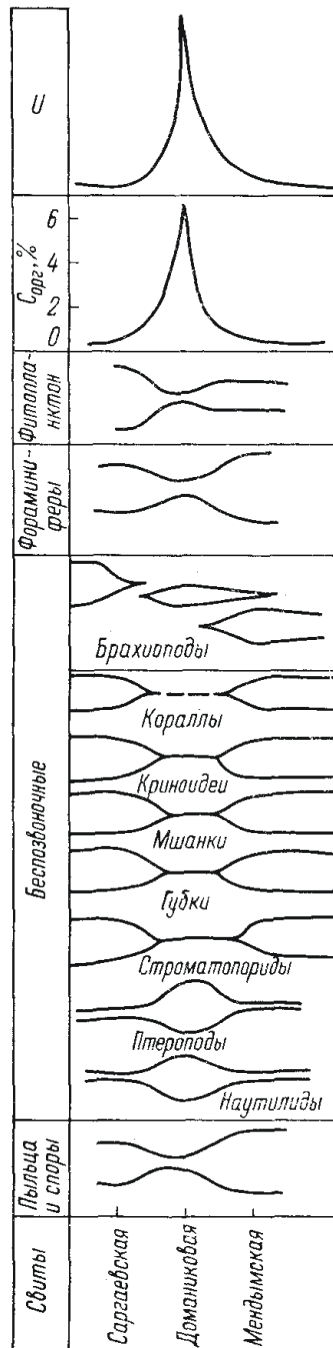
биопродукцию. На прилегающей суше резко сокращается видовой состав пыльцы и спор наземной растительности, так что последствия радиоактивной эпохи проявлялись не только в море, но и на суше.



**Рис. 9. Зависимость количества родов (видов) фауны и флоры от интенсивности накопления урана на границе раннего и среднего кембрия**

В позднеюрскую эпоху (рис. 11) началу накопления осадков с повышенной радиоактивностью соответствует вымирание большей части видов ранее существовавших аммонитов, но и они вымирают при проявлении очередного более сильного максимума уранонакопления. Одновременно вымирают и существовавшие до этого времени виды фораминифер. Вместе с тем в конце радиоактивной эпохи в условиях высокой радиоактивности среды возникают и вскоре вымирают многие новые мутантные формы аммонитов и фораминифер. Последний самый мощный пик уранонакопления проявляется на

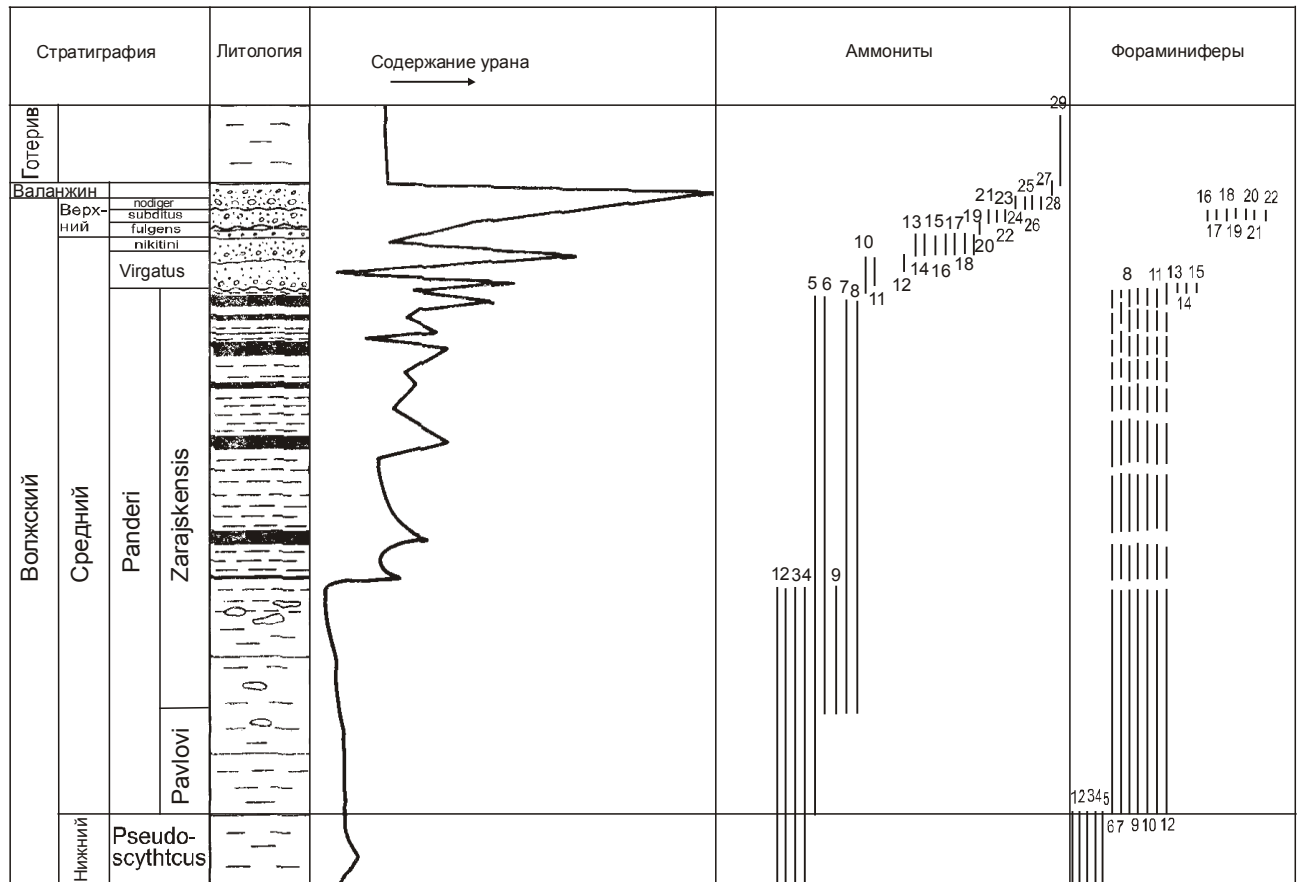
границе поздней юры и раннего мела. Все существовавшие до этого виды аммонитов вымирают. Окончанию радиоактивной эпохи соответствует появление первого мелового вида аммонитов.



**Рис. 10. Зависимость смены фауны и флоры в позднедевонскую эпоху на Русской платформе от интенсивности накопления урана**

В молодых плейстоценовых и голоценовых осадках также установлены три хронологических уровня, характеризующихся накоплением повышенных концентраций

урана и планктоногенного ОВ, правда, не сравнимых с более древними радиоактивными эпохами ни по продолжительности во времени, ни по интенсивности уранонакопления.



**Рис. 11. Зависимость смены фауны и фораминифер в верхнеюрских отложениях лектостратотипа у сел. Городище от интенсивности накопления урана**

Уранонакоплению на границе ресс-вюрма и вюрма (около 40 – 45 тыс. лет назад) соответствует появление палеоантропов с проявлением и даже преобладанием признаков *Homo sapiens*, а на границе вюрма и голоцена (около 10 тыс. лет назад) – окончание эпохи палеолита, оставившего в пещерах широкоизвестные шедевры изобразительного искусства, и начало мезолита, характеризующегося грубыми и неуклюжими каменными орудиями и падением ранее существовавшего реалистического искусства до самого примитивного уровня.

Началу интенсивного накопления планктоногенного ОВ и урана в голоцене (около 7 тыс. лет назад) соответствует гибель первых поселений городского типа (Чатал-Гуюк, Хаджирал, Мерсин) и перерыв в культуре в течение 1000 – 1500 лет в Палестине, на Кипре, в Египте и Турции.

Таким образом, проявление эпох ураноаккумуляции и повышенной радиоактивности среды следует учитывать не только при изучении развития фауны и флоры в истории Земли, но и в связи с проблемами антропогенеза и древней истории человечества.

В связи со значительными колебаниями уровня радиоактивности среды на поверхности Земли даже в современную эпоху, обусловленную, в основном, выходом на поверхность ураново-рудных зон, значительное влияние на изменчивость организмов в зонах повышенной радиоактивности наблюдается даже в настоящее время.

Н.И. Вавилов еще в 1928 г. сообщил, что им «выявлен факт капитальной важности, именно географическая локализация видообразовательного процесса». На поверхности Земли существуют своеобразные «горячие точки», где в силу каких-то причин и сейчас продолжается интенсивное видообразование. Привлечение нами материалов по размещению на поверхности Земли ураново-рудных зон показало, что центры интенсивного видообразования приурочены именно к этим зонам, выделенным Н.П. Лавёровым. Выявленные Н.И. Вавиловым центры видообразования характерны большим разнообразием форм, совпадением ареалов первичного формообразования для многих видов и даже родов растений (рис. 12), преобладанием форм, характеризующихся доминантными генами.


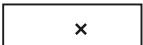


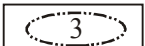



Исследованиями Г.М. Матюшина [1982] убедительно показано, что зона антропогенеза, простирающаяся в восточной части Африки от ее южной оконечности до Красного моря на севере, приурочена к системе глубинных рифтовых разломов, характеризующихся интенсивной вулканической и гидротермальной деятельностью и образованием многочисленных урановых месторождений, обусловивших высокую радиоактивность среды обитания.

У облучавшихся антропоидов здесь происходили крупные мутации, приводившие к изменению наследственных признаков, в результате чего появились новые разновидности австралопитеков, человека умелого (*Homo habilis*) и более поздних форм человека.

О проявлении в этой зоне антропогенеза интенсивного мутационного процесса свидетельствуют также и материалы по изучению растительности. К её южной и северной зоне, приурочены два центра интенсивного видообразования растений, характеризующихся исключительным своеобразием и генетическим разнообразием растений.



Очаги и центры видообразования по Н.И. Вавилову:

	- очаги (1928 г.)		- Микрогенцентры узкоэндемичных видов по П.М. Жуковскому (1969 г.)
	- очаги (1935 г.)		- Флористическое Капское царство и Мадреанское подцарство по А.Л. Тахтаджяну (1978 г.)
	- центры: Капский, Бразильский, Боготанский (1929, 1940 г.г.)		- центры (1935 г.)
	- центры (1935 г.)		- Урановорудные зоны и месторождения по Н.П. Лаверову и др. (1983, 1986 г.г.), Ю.М. Шувалову (1980 г.), И.С. Оношко (1989 г.)

**Рис. 12. Карта происхождения культурных растений и урановорудных зон**

Подведём некоторые итоги.

Проявление эпох интенсивного уранонакопления, продолжительность которых во времени составляла от одного до нескольких миллионов лет, сопровождалась значительным воздействием уранового отравления и ионизирующей радиации на весь комплекс организмов во многих крупных регионах биосферы, а, возможно, и во всей биосфере.

Весьма характерной для этих эпох является экстремальная биопродуктивность ряда простейших, в основном, сине-зелёных водорослей (цианобактерий), что и было причиной накопления в осадках огромных масс планктоногенного ОВ, а совместно с ним фосфора, урана и других тяжелых металлов. Проявление такой реакции – значительного увеличения биопродуктивности у некоторых радиорезистентных микроорганизмов при многократном



возрастании концентрации урана в среде обитания – установлено и при проведение экспериментальных исследований.

За счет этого из вод бассейнов переходили в осадки совместно с отмиравшим планктоном огромные массы урана, что максимально за несколько миллионов лет приводило к очищению гидросферы и поверхности Земли от избытка урана.

Известно, что планктон и в современную эпоху действует подобно насосу, который «перекачивает» заражающие среду искусственные радионуклиды в более глубокие слои моря и в донные осадки. Как уже указывалось нами ранее, аномально высокая биопродуктивность фитопланктона в эти эпохи сопровождалась крайне бедным видовым составом организмов, в основном, простейших сине-зелёных водорослей.

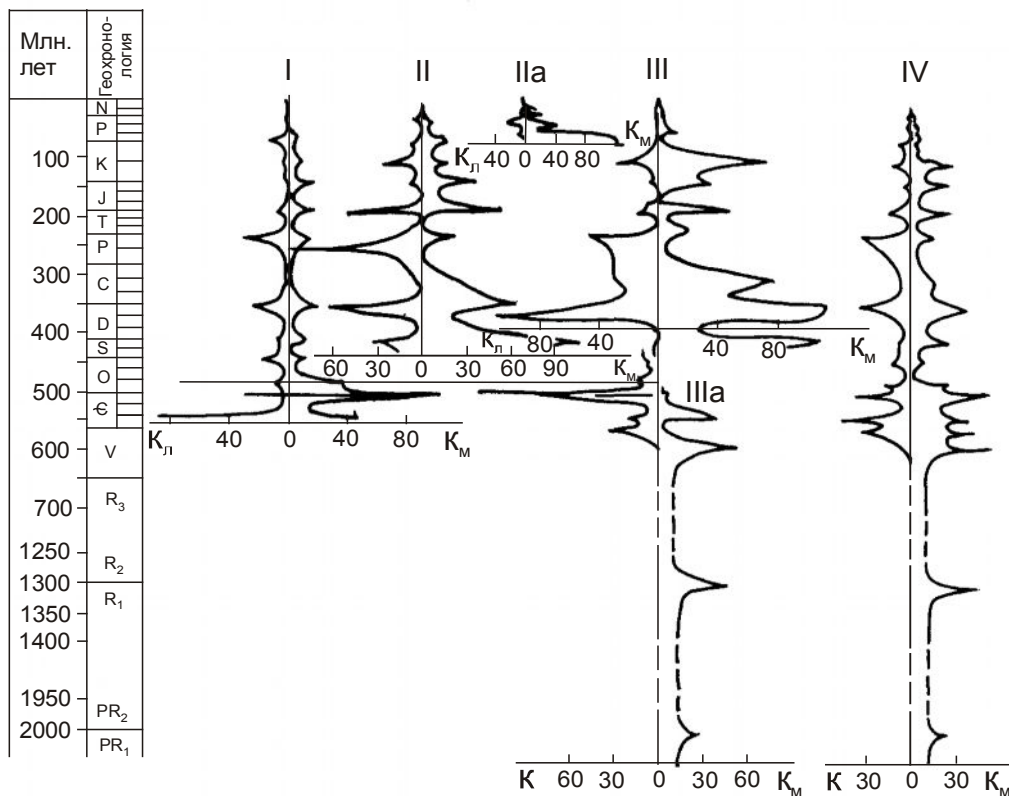
Все эпохи уранонакопления и повышенной радиоактивности среды характеризовались значительным обеднением всего комплекса животных, особенно бентосных, временным исчезновением или даже вымиранием наиболее радиочувствительных организмов.

В соответствии с основным законом радиогенетики (о линейной зависимости частоты мутаций от дозы облучения) в эпохи уранонакопления значительно возросла изменчивость организмов, проявлявшаяся как в вымирании ранее существовавших, так и в появлении новых видов.

Об этом свидетельствуют не только результаты изучения ряда конкретных эпох уранонакопления, но и обобщение всех накопленных палеобиологических данных, полученных за всю историю этих исследований, проводившихся, разумеется, без влияния на них каких-либо идеологических установок. Для выявления основных закономерностей изменений фауны и флоры нами было предложено использование двух количественных показателей: коэффициента интенсивности видообразования, определяемого для любого стратиграфического уровня как отношение количества новых таксонов к количеству, транзитных таксонов проходящих данный стратиграфический уровень без изменений; и коэффициента интенсивности вымирания таксонов, определяемого как отношение количества вымерших таксонов к их количеству, проходящему данный стратиграфический уровень без изменений.

Используя эти характеристики и обобщая весь имеющийся мировой материал, мы получили весьма компактное представление об основных закономерностях изменения интенсивности видообразования и вымирания организмов (рис. 13). В соответствии с этими построениями совершенно ясно, что процесс эволюции органического мира был крайне неравномерным, эпохи медленной и постепенной эволюции чередовались с эпохами

интенсивных изменений органического мира, которые характеризовались как интенсивным вымиранием ранее существовавших, так и возникновением новых видов фауны и флоры. При этом эпохи интенсивных изменений совпадают во времени с эпохами интенсивного накопления урана и планктоногенного органического вещества. Таким образом, именно эпохи интенсивного уранонакопления и повышенной радиоактивности среды по всей сумме палеобиологических данных характеризовались значительным усилением, а промежутки между ними – затуханием интенсивности видообразования и вымирания организмов.



**Рис. 13. Изменение интенсивности видообразования и вымирания организмов в ходе геологической истории**

*I - беспозвоночные; II - позвоночные; IIa - млекопитающие; III - растительность; IIIa - фитопланктон; IV - растительные и животные организмы в целом.*

Следует отметить еще целый ряд весьма важных явлений, характерных для эпох уранонакопления и повышенной радиоактивности среды. Именно в эти эпохи неоднократно появлялись принципиально новые типы животных и растений. Например, в отложениях радиоактивной эпохи раннего ордовика появились первые позвоночные животные – бесчелюстные панцирные рыбы *Ostracodermi*. Первые наземные четвероногие животные *Lchtyostega* впервые обнаружены в отложениях радиоактивной эпохи на границе позднего девона и карбона. Появление первых рептилий датируется пенсильванием, в течение которого интенсивно накапливались обогащенные ураном осадки. В следующую

радиоактивную эпоху на границе поздней перми и триаса появились первые в истории Земли летающие животные – птерозавры.

Вторая закончившаяся более удачно попытка наземных организмов летать связана с появлением первых птиц и опять же во время проявления очередной радиоактивной эпохи на границе поздней юры и мела.

Наконец третья успешная попытка наземных, на этот раз млекопитающих животных, - летучих мышей осуществить полет произошла в эоценовую радиоактивную эпоху.

Таким образом, по крайней мере три раза в истории Земли разные группы организмов во время проявления радиоактивных эпох испытывали довольно сходные мутации передних конечностей, обуславливавшие для них возможности летать.

Другая типичная форма мутаций, проявлявшаяся в виде значительной редукции конечностей, обусловила возникновение у разных групп рептилий и млекопитающих «возвратных» - рыбообразных плавающих и змеевидных ползающих форм. В конце позднепермской радиоактивной эпохи появились первые ихтиозавры. В конце позднеюрской радиоактивной эпохи в отложениях раннего мела появились змеи – самая молодая, однако не самая высокоорганизованная группа рептилий, характеризующаяся деградацией очень важных органов – редукцией конечностей, редукцией или утратой одного легкого, отсутствием наружного уха и барабанной перепонки и т.д.

В средне- поздне- эоценовую радиоактивную эпоху за счет исходных наземных млекопитающих при редукции конечностей и некоторых других изменениях строения тела появились древние киты, которые не могли жить на суше, а только в воде.

Во многие радиоактивные эпохи проявлялись мутации не только рассмотренных выше типов, но и совершенно «невероятные», приводившие к возникновению организмов полностью абсурдного строения, с признаками, которые делали их существование очень трудным, почти невозможным, и они вскоре вымирали.

Однако при воздействии повышенной радиоактивности в течение продолжительного времени (до нескольких миллионов лет) среди значительного количества мутаций на фоне множества бесполезных и даже вредных проявлялись все-таки и полезные, способствовавшие возникновению новых видов и даже новых типов строения организмов, могущих осваивать незанятые экологические ниши. Значительное увеличение количества мутаций, в том числе и крупных, в эпохи повышенной радиоактивности среды, обуславливало усиление видообразования, а соответственно и усиление естественного отбора, способствовавшего выживанию наиболее приспособленных организмов.

Основные концепции развития органического мира – теория революционных переворотов и неоднократной смены фауны и флоры в истории Земли Ж. Кювье (1812) и основанная на мелкой и постепенной изменчивости организмов и естественном отборе организмов, наиболее приспособленных к среде обитания, то есть медленной постепенной эволюции Ч. Дарвина (1860), были сформулированы задолго до открытия радиоактивных элементов и тем более задолго до установления интенсивного воздействия радиоактивности на генетический аппарат и наследственность организмов. Этот важный фактор несомненно должен учитываться при построении современной теории развития органического мира Земли. Эволюция органического мира, и это уже не может вызывать сомнения, происходила на фоне периодически проявлявшихся эпох повышенной радиоактивности среды обитания. Продолжительные во времени эпохи медленных и постепенных изменений органического мира при низкой радиоактивности среды чередовались с более короткими эпохами высокой радиоактивности, во время проявления которых значительно возрастала как интенсивность вымирания ранее существовавших, так и интенсивность образования многочисленных новых видов и даже новых типов строения организмов.

В эволюции органического мира периодически проявлявшиеся эпохи повышенной радиоактивности среды играли несомненно важную, революционную роль, что правильно показал для ряда таких эпох (поздняя пермь, поздняя юра, эоцен) Ж. Кювье еще 195 лет тому назад, хотя в то время, конечно, не мог дать правильного объяснения этим явлениям.

Что касается естественного отбора, обоснованного Ч. Дарвином, то он, конечно, ничего не творит, но также играет важную роль и действительно способствует сохранению и процветанию наиболее приспособленных к среде обитания организмов и вымиранию менее приспособленных форм. Однако роль постепенной мелкой изменчивости организмов, как главного фактора эволюции, Ч. Дарвином была явно переоценена. Никаких постепенных изменений и переходных форм от одного вида организма к другому виду никогда не было обнаружено. Процесс видообразования дискретен. Невозможно себе представить, например, как у обычного четвероногого животного постепенно и целенаправленно передние конечности превращались бы в крылья. Жизнеспособна была первичная четвероногая форма животного, жизнеспособной оказалась и конечная форма летающего животного (птерозавра, летучей мыши, птицы) с крыльями, образовавшимися в результате крупных мутаций. Никаких переходных форм между ними никто никогда не находил, да они и не могли бы физически существовать, так как не могли бы ни ходить по земле, ни летать. Невозможно также себе представить, например, чтобы в результате мелких и почему-то

целенаправленных изменений, к тому же не имеющих никакого приспособительного значения, у обычного млекопитающего животного с нормальной короткой шеей она бы постепенно удлинялась за счет увеличения количества позвонков и достигла бы такой длины, как у жирафа. Несомненно, что это результат крупной мутации.

Значительное повышение радиоактивности в эпохи уранонакопления вызывало интенсивную ответную реакцию организмов, проявляющуюся в усилении мутационного процесса, видообразования и вымирания наименее резистентных организмов. Побочное, но меньшее влияние на органический мир оказывали, конечно, и другие факторы, связанные с проявлением в эти эпохи активного вулканизма, изменениями уровня моря, климата и т.п.

Эпохи высокой радиоактивности и интенсивного накопления урана и планктоногенного ОВ в осадках установлены в архее и протерозое, но пока плохо изучены. В фанерозое они установлены нами на границе венда и кембрия, нижнего и среднего кембрия, позднего кембрия и ордовика; в ордовике в отложениях лландейского – низах карадокского ярусов, на границе ордовика и силура, силура и девона, в карбоне на границе миссисипия и пенсильвания; на границах карбона и перми, перми и триаса, в позднем триасе (карнийский – норийский ярусы); в юре на границе плинсбаха и тоара; на границе поздней юры и мела; в меловых отложениях в апт-альбское и сеноман-туронское время; на границе мела и палеоцена; в позднем эоцене – начале олигоцена и в среднем миоцене.

Таким образом, в фанерозое проявилось 17, а если считать аптское и сеноманское события самостоятельными, то 18 эпох высокой радиоактивности, характеризовавшихся интенсивными изменениями фауны и флоры.

Почти все они характеризуются проявлением интенсивных базальтовых излияний. В осадках этих эпох высокая концентрация урана сопровождается повышенными концентрациями P, S, V, Mo, Cu, Zn, Ni, Cr, Co, Ag, Au, редкоземельных элементов, а также платиноидов – Ir и Os.

Еще в 1976 – 1982 гг. нами была сделана попытка установить периодичность проявления эпох уранонакопления и повышенной радиоактивности среды, характеризующихся интенсивными изменениями органического мира.

В отличие от большинства исследователей за основные периоды фанерозойской истории нами были приняты не тектонические циклы, а звездный галактический год, длительность которого составляет около 220 млн. лет. К этому нас подтолкнуло то обстоятельство, что наиболее устойчивые и глобально распространенные осадки радиоактивных эпох (вендско–раннекембрийской, позднедевонско-раннекаменноугольной и

позднеюрской-раннемеловой) повторяются примерно через 220 млн. лет. В пределах этих галактических лет периодичность проявления радиоактивных эпох была установлена в 32 – 34 млн. лет.

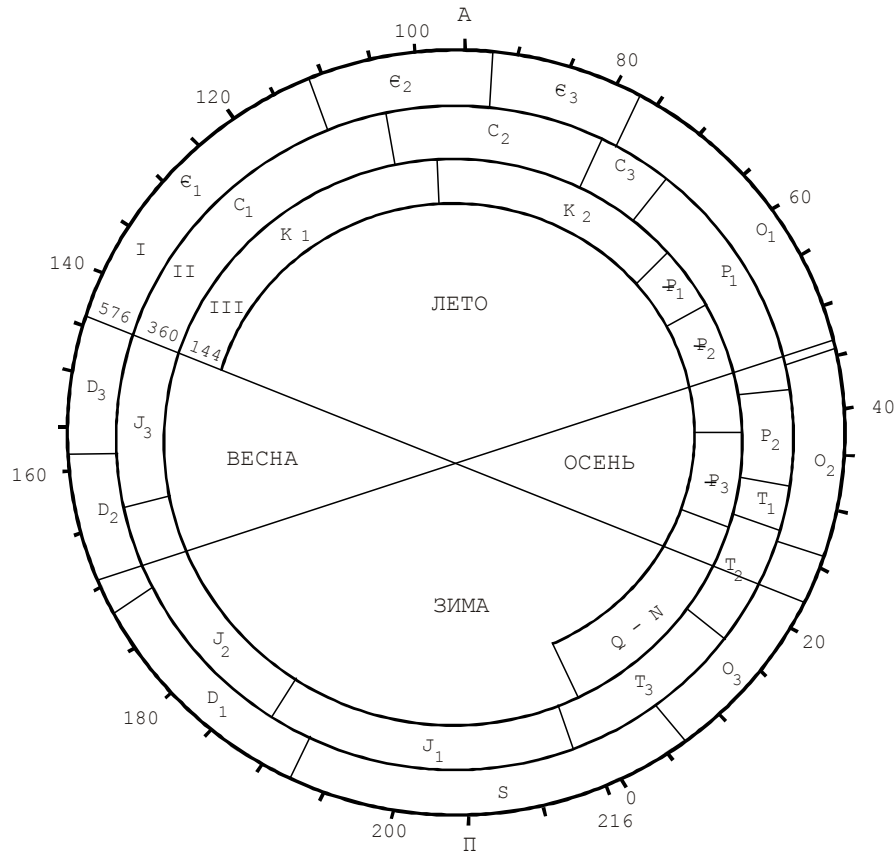
С учётом новых данных проблему периодичности проявления этих эпох сейчас можно рассмотреть более детально и обосновано. Выявленная нами, примерно, 30 млн. летняя периодичность подтвердилась как нашими дальнейшими исследованиями, так и результатами исследований ряда западных ученых. Так, периодичность континентальных базальтовых излияний определена М.Р. Рампино и Р.В. Стотерсом [1984] в  $32 \pm 1$  млн. лет, периодичность карбонатитовых интрузий – в  $34 \pm 2$  млн. лет, кимберлитовых интрузий – в  $35 \pm 1$  млн. лет, периодичность спрединга – в  $32 \pm 2$  млн. лет, падений уровня моря – в  $33 \pm 1$  млн. лет, в проявлении тектонических максимумов – в  $32 \pm 2$  млн. лет, в проявлении эпох массовых вымираний фауны – в 24 – 33 млн. лет, и даже в образовании импактных кратеров вследствие ударов в Землю астероидов – в  $32 \pm 2$  млн. лет.

Продолжительность галактического года рассчитана П.П. Паренаго [1952] в 212 млн. лет, хотя по его же данным могла бы быть определена в 214 млн. лет. По современным геохронологическим данным продолжительность галактического года (с начала карбона до конца юры) определена нами в 216 млн. лет ( $360 - 144 = 216$ ). Ю.А. Заколдаевым и А.А. Шпитальной [1991] она несколько позже определена в 217 млн. лет, т.е. практически такой же.

Отсчет геологического времени по галактической орбите (рис. 14) производился нами от нулевого (современного момента), в котором Солнце находится в настоящее время недалеко от перигалактия.

Вся геологическая история фанерозоя расположилась на орбите Солнца сама по себе, не давая возможности для каких-либо других вариантов, образуя орбитальную геохронологическую шкалу (рис. 14). Начало кембрийского, каменноугольного и мелового периодов, с которых начинаются галактические годы, оказались на одной точке орбиты со стороны апогалактия.

В фанерозое выделяются три крупных периода. Два из них имеют продолжительность в 216 – 217 млн. лет, соответствующие времени обращения Солнца вокруг центра галактики. В третьем галактическом периоде до настоящего времени реализовано пока 144 млн. лет.



**Рис. 14. Орбитальная геохронологическая шкала с климатическими сезонами галактического года**

*Орбита дана по [Паренаго, 1952]. А – апогалактий, П – перигалактий. Датировки возраста границ периодов и эпох даны по [Харленд и др., 1985]. Оцифровка времени по орбите дана (в млн. лет) от современного момента для одного оборота Солнца. В предшествующих оборотах время определяется как  $n + 216$  и  $n + 216 \cdot 2$ . I, II, III – галактические годы фанерозоя.*

Как уже отмечалось ранее, начало первого галактического года на границе венда и кембрия соответствует проявлению радиоактивной эпохи, появлению первой скелетной фауны.

Конец первого – начало второго галактического года так же сопровождалось формированием радиоактивных осадков, интенсивными изменениями фауны и флоры, активизацией тектоники плит.

Конец второго – начало третьего галактического года на границе юры и мела сопровождалось накоплением радиоактивных обогащенных ОВ осадков, значительными изменениями фауны и флоры, проявлением интенсивных базальтовых излияний, активизаций тектоники плит и кроме того – максимумом в образовании импактных кратеров вследствие ударов астероидов.

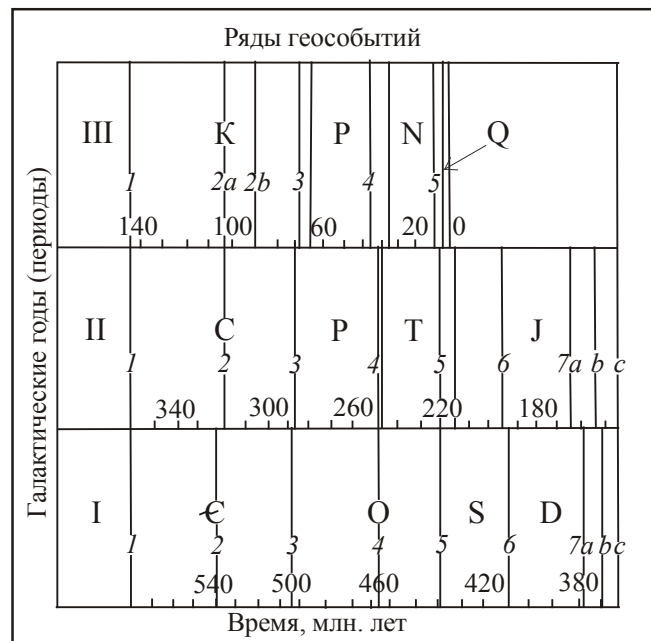
В течение первого галактического года произошло семь такого рода геобиособытий, последнее из них реализовалось проявлением трех быстроследующих одна за другой фаз

(рис. 15). Интервалы между этими событиями варьируют от 37 до 30 млн. лет, при средней периодичности в 33,3 млн. лет.

На фоне необратимой эволюции Земли и ее биосферы критические геобиособытия второго галактического года практически точно повторяют события первого года. Интервалы между ними колеблются от 40 до 28 млн. лет при средней периодичности в 32,3 млн. лет.

В третьем еще незавершенном галактическом году проявилось пять аналогичных геобиособытий, характеризовавшихся повышенной радиоактивностью среды. Интервалы между ними колеблются от 39 до 28 млн. лет при средней периодичности в 33,5 млн. лет.

Таким образом, периодическая система кризисных геобиособытий включает в себя большие периоды (галактические годы) с продолжительностью в 216 – 217 млн. лет и вертикальные ряды аналогичных событий в течение галактических лет со средней периодичностью около 33 млн. лет. Каждое критическое геобиособытие следующего галактического года происходит через 216 – 217 млн. лет после проявления его аналога в предшествовавшем галактическом году. Поражает удивительная правильность системы крупных геобиособытий, происходивших в течение почти 600 млн. лет фанерозойской истории Земли.



**Рис. 15. Периодическая система кризисных геобиособытий фанерозоя**

Возникает представление, что Земля и ее биосфера существуют и развиваются, подчиняясь строгой ритмичности, как очень сложная саморегулирующаяся космическая система. Влияние космоса подтверждается тем, что часть периодически проявлявшихся



кризисных геобиособытий характеризуется максимумом образования импактных кратеров вследствие ударов в Землю космических тел.

Но воздействие космоса в проявлении кризисных биологических событий, по нашему мнению, явно опосредованное. Периодически происходившие космические события активизировали геодинамику, спрединг литосферных плит, глубинный базальтовый магматизм в океанах и на континентах. Это сопровождалось интенсивным поступлением в биосферу избыточных масс урана и других тяжелых мутагенных металлов, а также избытка питательных веществ – фосфора, двуокиси углерода, азота и ряда микроэлементов вплоть до иридия и осмия.

В морях на обширных пространствах формировались ураноносные радиоактивные осадки; на континентах в озерных, речных и аллювиальных осадках формировались многочисленные скопления осадочного урана, глобально возростала радиоактивность среды.

Аномально повышенная радиоактивность среды обитания в морях и на континентах вызывала глобальную вспышку мутационного процесса, реализовавшегося в интенсивном вымирании ранее существовавших и возникновении новых видов фауны и флоры.

Более подробно эта проблема рассмотрена во втором издании книги автора «Уран и жизнь в истории Земли» (2007).

### Литература

*Rampino M. R., Stoters R. B.* Terrestrial mass extinction, cometary impacts, and the Sun's motion reprecipitated to the galactic plane //Nature, 1984, v. 308, p 607-616.

*Альтгаузен М. Н.* Причины возникновения эпохи накопления редких металлов и фосфора в морских осадках нижнего палеозоя. М., Госгеолгиздат, 1956, 16 с.

*Батурин Г. Н.* Уран в современном морском осадкообразовании. М., Атомиздат, 1975, 152 с.

*Вавилов Н. И.* Происхождение и география культурных растений. Л., 1987, 438 с.

*Ефимов А. А., Заколдаев Ю. А., Шпитальная А. А.* Астрономические обоснования абсолютной геохронологии //Проблемы исследования Вселенной. Вып. 10. М., Л., 1985, с. 185 – 201.

*Конторович А. Э., Полякова И. Д., Фомичев А. С.* Закономерности накопления органического вещества в древних осадочных толщах (на примере мезозойских отложений Сибири) //Литология и полезные ископаемые, 1971, № 6, с. 16-27.

*Конторович А.Э.* Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности. М., Недра, 1976, 249 с.

*Лавёров Н. П. и др.* Зарубежные месторождения урана. М., 1983, 320 с.

*Лавёров Н. П. и др.* Основы прогноза урановорудных провинций и районов. М., 1986, 204 с.

*Матюшин Г. Н.* О роли ионизирующей радиации в процессе антропогенеза //Космос и эволюция организмов. М., 1974, с. 276 - 290.

*Матюшин Г.Н.* У истоков человечества. М., Мысль, 1982, 144 с.

*Мечников И.И.* Этюды о природе человека. М., 1903, 1961, 290 с.

*Неручев С. Г.* Эпохи интенсивного накопления планктона в истории Земли и их причины. Л., Наука, 1974, с. 38 - 48.

*Паренаго П. П.* О гравитационном потенциале Галактики. 2. //Астрономический журнал, 1952, № 3, с. 245-287.

*Смыслов А. А.* Уран и торий в земной коре. Л., Недра, 1974, 231 с.

*Тимофеев Б.В.* Микропалеофитологическое исследование древних свит. М., - Л., Наука, 1966, 115 с.

*Тимофеев Б.В.* Микрофитофоссилии докембрия Украины. Л., Наука, 1973, 58 с.

*Харленд У. Б., Кокс А. В., Ллевеллин П. Г. и др.* Шкала геологического времени. М., Мир, 1985, 139 с.

*Шпитальная А. А., Заколдаев Ю. А., Ефимов А. А.* Проблема времени в геологии и звездной астрономии //Проблемы пространства и времени в современном естествознании. Вып. 15. СПб, 1991, с. 95 – 106.