

НОВЫЕ ДАННЫЕ РЕНТГЕНОМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ КОСТЕЙ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ

Г. А. Бачинский, В. С. Мельников

(Институт зоологии АН УССР, Львовский государственный университет)

До недавнего времени не существовало единого мнения о минеральном составе неорганического компонента современных и ископаемых костей позвоночных животных, а также о характере фоссилизации захороненных костных остатков. Многие исследователи считали, что неорганический компонент свежих костей представлен фосфорнокислой известью, которая в процессе фоссилизации чаще всего замещается апатитом, но может замещаться также кальцитом, сидеритом, кремнеземом, лимонитом и другими минералами.

Результаты многочисленных термических, спектральных, химических анализов ископаемых костей наземных позвоночных, взятых из самых различных по происхождению неогеновых и антропогеновых отложений Украины, изучения их под микроскопом в иммерсионных жидкостях и в петрографических шлифах, определения объемного и удельного веса костной ткани показали, что неорганический компонент как свежих, так и ископаемых костей представлен минералом, близким к скрытокристаллической разновидности карбонатапатита, а нормальная фоссилизация костей заключается, во-первых, в постепенном удалении коллагена при сохранении первичной структуры кости, во-вторых, — в замещении гидроксильной группы костного минерала фтором (Бачинский, 1962, 1963, 1966).

Однако оставались неясными как более точная характеристика костного минерала, так и вопрос об изменениях, происходящих в нем в течение длительного геологического времени. Для выяснения этого мы провели рентгенометрическое изучение ряда образцов ископаемых костей наземных позвоночных антропогенового и неогенового возраста, взятых из местонахождений различных тафономических типов и фаций.

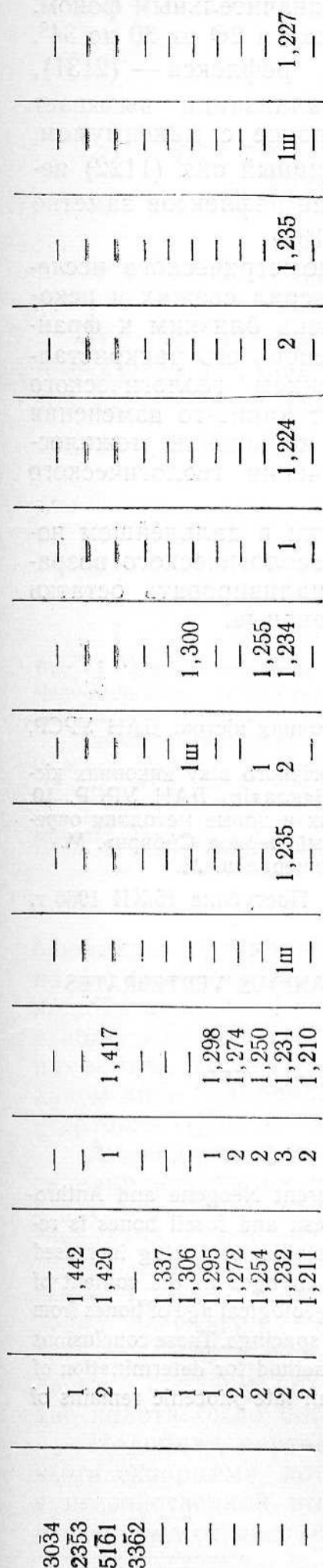
Исследование образцов проводили в камерах РКД-57,3 мм на $\text{Co}_{\alpha+\beta}$ -излучении (трубка БСВ-2). Результаты расчета приведены в таблице. Рентгенограммы образцов оказались очень близкими между собой и с рентгенограммой минерала апатитовой группы — франколита. При сравнении видно, что основные линии рентгенограмм костного минерала совпадают с сильными линиями франколита, отличаясь лишь большим расширением и пониженной интенсивностью.

Необходимо подчеркнуть, что для всех образцов величина отражения ($21\bar{3}1$) не выходит за пределы 2,788—2,818 Å, что характерно для апатитов, содержащих в структуре CO_3^{2-} , OH^{-1} и, возможно, O^{-2} . Из таблицы видно, что межплоскостные расстояния закономерно уменьшаются с увеличением геологического возраста кости. Особенно четко эта закономерность проявляется для d_{1231} , несмотря на то, что абсолютная ошибка в определении d_{1231} может быть значительной. Дифрактограммы подтвердили это явление.

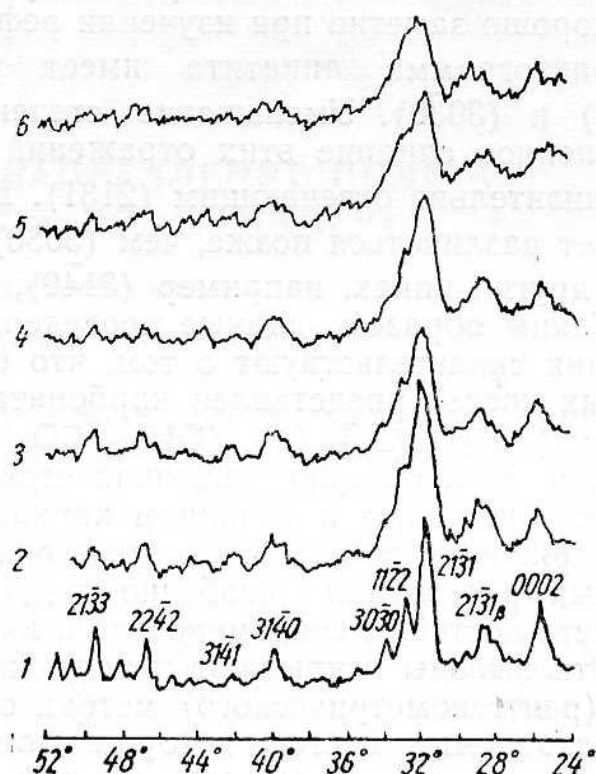
При сравнении рентгенограмм четко обнаруживается также другая закономерность: с увеличением геологического возраста костей незави-

Данные рентгенометрического анализа образцов ископаемых костей из различных местонахождений Украины

Франколит (Михеев В. И., 1957)			Бериславское, морской известняк, поздний сармат		Тарханкутское, пещера, поздний плиоцен		Страдцевское, пещера, плейстоцен		Бужанское, лес, средний голоцен		Кардашинское, торфяник, средний голоцен		Современная кость	
<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d_α</i>	<i>I</i>	<i>d_α</i>	<i>I</i>	<i>d_α</i>	<i>I</i>	<i>d_α</i>	<i>I</i>	<i>d_α</i>	<i>I</i>	<i>d_α</i>	<i>I</i>	<i>d_α</i>
0002	1	3,44	2	3,42	4	3,44	3	3,43	3	3,46	4ш	3,48	5ш	3,47
1012	1	3,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2130; 1230;	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1231β	3	(3,05)	5	3,08	5	3,07	4	3,07	5	3,09	5ш	3,10	5ш	3,11
3030β	1	(2,982)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1231; 2131	10	2,789	10	2,788	10	2,796	10	2,798	10	2,814	10ш	2,818	10ш	2,812
3030	6	2,694	2	2,696	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2022	3	2,622	1	2,618	1	2,635	1	2,621	1	2,626	—	—	—	—
3031	1	2,507	—	—	—	—	2ш	2,500	—	—	—	2,517	1ш	2,504
1340β	1	(2,476)	2ш	(2,485)	2ш	2,488	—	—	—	—	—	—	—	—
1232	1	2,289	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1340	2	2,242	4	2,440	4	2,258	4	2,265	4ш	2,279	4	2,287	4	2,275
1341	1	2,131	2	2,132	2	2,139	1	2,144	2	2,152	—	2,158	2	2,159
1342β	1	(2,067)	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2,078	—	—
1233β	1	(2,026)	—	—	2ш	2,039	1	2,046	2	2,052	—	—	—	—
2242	3	1,931	5	1,930	3	1,935	4	1,939	3	1,946	3ш	1,955	4ш	1,947
1342	1	1,880	1	1,875	—	—	—	—	1	1,896	—	—	—	—
1233	3	1,836	5	1,833	3	1,833	3	1,834	3	1,843	4ш	1,849	3	1,841
2351	2	1,795	1	1,797	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1450	2	1,764	1ш	1,759	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4042	2	1,745	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0004	2	1,721	3ш	1,715	—	—	—	—	2	1,723	—	—	3ш	1,715
2352	1	1,632	1ш	1,605	—	—	1ш	1,607	—	—	1ш	1,608	—	—
2460	1	1,528	—	1,526	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4043	1	1,517	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5052	2	1,465	2ш	1,471	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5160	1	1,452	3	1,451	2	1,450	4	1,454	2	1,453	2	1,455	2	1,452



Примечание. Условия съемки: камера РКД-57, 3 мм; $q = 0,3$ мм. Вводились поправки по снимку с NaCl; ш — широкая линия.



Дифрактограммы апатита (1) и образцов ископаемых костей из различных местонахождений Украины:

2 — Ново-Украинское, дельтовый аллювий, мезотис; 3 — Тарханкутское, пещера, поздний плейстоцен; 4 — Кодакское, балочный аллювий, плейстоцен; 5 — Бужанское, лесс, средний голоцен; 6 — Березанское, торфяник, поздний голоцен.

симо от особенностей костесодержащей породы увеличивается степень раскристаллизации костного минерала. Более полная раскристаллизация отражается в усилении линий рентгенограмм, обуславливает более четкую дифракционную картину. Наоборот, уменьшение размеров кристаллитов вызывает расширение, размывание линий. Интересно отметить, что рентгенограмма образца полностью фоссилизированной кости миоценового возраста из Бериславского местонахождения более всего приближается к рентгенограмме франколита — линии наиболее четкие и узкие.

Для подтверждения вывода о прямой зависимости степени раскристаллизации костного минерала от геологического возраста кости было сделано ряд дифрактограмм образцов ископаемых костей (см. рисунок). Полученные результаты свидетельствуют о том, что степень раскристаллизации костного минерала также влияет на характер дифрактограммы. Дифрактограммы слабо фоссилизированных и соответственно плохо раскристаллизованных

костей отличаются более широкими рефлексами и значительным фоном. Это хорошо заметно при изучении рефлексов в области 2θ от 30 до 34° . Дифрактограмма апатита имеет три острых рефлекса — $(21\bar{3}1)$, $(11\bar{2}2)$ и $(30\bar{3}0)$. Уменьшение степени раскристаллизации вызывает постепенное слияние этих отражений в одно широкое с максимумом, приблизительно отвечающим $(21\bar{3}1)$. Более интенсивный пик $(11\bar{2}2)$ перестает различаться позже, чем $(30\bar{3}0)$. Расширение рефлексов заметно и на других пиках, например $(31\bar{4}0)$, $(22\bar{4}2)$ и $(21\bar{3}3)$.

Таким образом, данные проведенного рентгенометрического исследования свидетельствуют о том, что основной минерал свежих и ископаемых костей представлен карбонатапатитом, очень близким к франколиту ($\text{Ca}_{10} [\text{PO}_4]_6 [\text{F}_2, (\text{OH})_2, \text{CO}_3, \text{O}]$), что степень его раскристаллизации закономерно увеличивается с увеличением геологического возраста костей, а в анионном каркасе происходят какие-то изменения в содержании компонентов, что проявляется в уменьшении межплоскостных расстояний (особенно $d_{12\bar{3}1}$) при увеличении геологического возраста костей от современности к миоцену.

Эти выводы открывают перспективы разработки в дальнейшем нового (рентгенометрического) метода определения геологического возраста ископаемых костей, которым можно будет анализировать остатки позвоночных даже более древние, чем позднелиоценовые.

ЛИТЕРАТУРА

- Бачинський Г. О. 1962. Нові дані про фосилізацію викопних кісток. ДАН УРСР, 10.
 Бачинський Г. О. 1963. Нові методики визначення геологічного віку викопних кісток хребетних з антропогенових і пізньопліоценових відкладів. ДАН УРСР, 10.
 Бачинский Г. А. 1966. Фоссилизация костей позвоночных и новые методики определения их геологического возраста. В кн.: «Четвертичный период Сибири». М.
 Михеев В. И. 1957. Рентгенометрический определитель минералов. М.

Поступила 15.XII 1966 г.

NEW X-RAY DATA CONCERNING FOSSIL BONES OF TERTIARY VERTEBRATES

G. A. Bachinsky, V. S. Melnikov

(Institute of Zoology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR,
Lvov State University)

Summary

X-ray investigation of samples of fossil bones from different Neogene and Anthropogene deposits in the Ukraine shows that basic mineral of fresh and fossil bones is represented by carbonateapatite like to francolite, extent of decrystallization being increased regularly with increase of the geological age of bones. Some changes in the content of components in anionic skeleton take place with increasing the geological age of bones from the present to miocene, as shown by decreasing the interplanar spacings. These conclusions give the prospects for subsequent development of new (X-ray) method for determination of geological age of fossil bones, by which even more ancient than late-pliocenic remains of vertebrates can be analysed.