

---

С.Л. Вотяков, Д.В. Киселева, Ю.В. Шапова,  
Н.Г. Смирнов, Н.О. Садыкова

---

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ИСКОПАЕМЫХ КОСТНЫХ  
ОСТАТКОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ  
И ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ИХ  
ОТНОСИТЕЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

В двух частях  
**Часть 2**

**ИК- И РАДИОСПЕКТРОСКОПИЯ,  
МИКРОСКОПИЯ**

Ce Sm U As Pr Zr Lu Zr Ce Yb Er  
Y Ta Lu Tb U Tm Sm Gd U Dy Yb  
La As Er Dy Gd U Tb Sm Y As La  
Sm U Ta La Pr Er Dy Rb Zr Lu Tb  
Tb Pr Gd Lu U Dy Zr Ta La Rb As  
Er As Dy Rb La Zr Lu Pr Ce U Dy  
Dy Zr Tm Yb Sm Dy As Gd Lu Ce  
Ta Sm U As Lu Er Gd Y Zr Yb Tm  
U Yb Er Rb Sm Ta Ce Dy Gd Er As

Eu Dy  
Dy Y Ce Zr  
La Gd Yb  
La Yb Ce Dy Er  
Ce Yb Pr Zr Gd Ce Nd Gd  
Yb La Dy Pr Zr

Ta U Gd La Er Ce Zr Yb Dy Pr Eu  
Ce Yb Pr Y As Dy U La Sm Gd Zr  
As Pr Gd Sm Gd Tb Ce Ta Rb Dy  
Lu Sm Yb As Pr Ce La Gd As Tm  
Tb Ce Gd Sm Zr Yb As Rb Dy Eu  
Pr Sm As Lu Dy La Eu Ce Sm Tb  
Gd Dy Ta Sm Ce Yb Er Gd Rb La  
Rb Ce Tb Gd Eu Pr Yb Lu Dy Sm  
Lu Dy Sm Zr Rb Ce Tb La Y Lu



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
Институт экологии растений и животных  
Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого

**С.Л. Вотяков, Д.В. Киселева, Ю.В. Шапова,  
Н.Г. Смирнов, Н.О. Садыкова**

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ИСКОПАЕМЫХ КОСТНЫХ ОСТАТКОВ  
МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ  
ИХ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

**ЧАСТЬ 2**

**ИК- И РАДИОСПЕКТРОСКОПИЯ,  
МИКРОСКОПИЯ**

ЕКАТЕРИНБУРГ



2009

УДК 543.51: 549.8 + 56.016.3

**С.Л. Вотяков, Д.В. Киселева, Ю.В. Шапова, Н.Г. Смирнов, Н.О. Садыкова.**  
Физико-химические характеристики ископаемых костных остатков млекопитающих и проблема оценки их относительного возраста. Ч. 2. ИК- и радиоспектроскопия, микроскопия. Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2009. – 82 с.

ISBN 978-5-98829-023-0 (Ч.2)

ISBN 978-5-98829-022-3

Во второй части монографии приведены результаты исследования интегральных (локальных) особенностей структуры и свойств ископаемых костных остатков разных видов грызунов из опорных зоогенных отложений Северного и Среднего Урала, полученные с использованием комплекса современных методов спектроскопии и микроскопии твердого тела (ИК- и радиоспектроскопии, электронно-зондового микроанализа и др.). Показано, что при фоссилизации происходит преобразование неорганической компоненты кости (степени ее упорядочения, ионности связи, содержания и межпозиционного распределения карбонат-ионов), видоизменяются микро- (нано-) структура поверхности и параметры термохимических органических нон-радикалов; предложен ряд оригинальных диаграмм, связывающих результаты различных экспериментальных методик, которые составляют основу для сопоставления относительных возрастов и условий захоронения остатков, выявления пространственной и временной «смешанности» ископаемого материала.

Ответственный редактор *член-корреспондент РАН С.Л. Вотяков*  
Рецензент *академик РАН Н.П. Юшкин*

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 07–05–00097а, 08–04–00663), а также программы «Происхождение биосферы и эволюция гео-биологических систем», программы УрО РАН с ДВО РАН «Применение анализа стабильных изотопов углерода, кислорода и азота костных остатков наземных млекопитающих для палеоэкологических и палеоклиматических реконструкций четвертичного периода» и программы развития научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279)

*Печатается по решению Ученого совета  
Института экологии растений и животных УрО РАН*

ISBN 978-5-98829-023-0 (Ч.2)

ISBN 978-5-98829-022-3

© Авторы, 2009

© ИЭРиЖ УрО РАН, 2009

© Оформление. Изд. «Гощицкий», 2009

# СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 5  |
| <b>ГЛАВА 1</b> Особенности структуры и изоморфных замещений<br>в неорганической компоненте ископаемых остатков<br>по данным ИК спектроскопии .....                                      | 9  |
| 1.1. Общие представления о структуре неорганического вещества<br>костных и зубных остатков .....  | 9  |
| 1.2. ИК-спектроскопические методики исследования .....  | 17 |
| 1.3. Особенности неорганической составляющей в ископаемых остатках<br>из различных местонахождений .....  | 18 |
| <b>ГЛАВА 2</b> ПАРАМАГНИТНЫЕ ИОН-РАДИКАЛЫ В КОСТНЫХ ОСТАТКАХ.....   | 35 |
| 2.1. Общие сведения о радиоспектроскопии как методе исследования<br>вещества костных остатков .....   | 35 |
| 2.2. Радиоспектроскопическая методика исследования .....  | 38 |
| 2.3. Особенности парамагнитных свойств ископаемых остатков<br>из различных местонахождений .....  | 39 |
| <b>ГЛАВА 3</b> Локальный состав и микроструктура костных остатков<br>по данным рентгенофлуоресцентного анализа,<br>электронной микроскопии и электронно-зондового<br>микроанализа ..... | 51 |
| 3.1. Общие сведения о микроструктуре костных остатков<br>и ее изменении при фоссилизации .....  | 51 |
| 3.2. Микроскопические методики исследования .....   | 54 |
| 3.3. Микроструктура по данным сканирующей электронной микроскопии .....   | 54 |
| 3.4. Окрашивание костных остатков и их локальный химический состав<br>по данным рентгенофлуоресцентного анализа и электронно-зондового<br>микроанализа .....                            | 61 |
| 3.5. Особенности микроструктуры по данным атомной силовой микроскопии .....   | 70 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....  | 73 |
| SUMMARY .....   | 76 |
| ЛИТЕРАТУРА.....   | 79 |