

A.L. KOVALEVSKY, O.M. KOVALEVSKAYA

**BIOGEOCHEMISTRY OF URANIUM DEPOSITS
AND METHODOLOGICAL FUNDAMENTALS
OF THEIR PROSPECTING**

Edited by
Prof. A.M. Plyusnin



Novosibirsk
Academic Publishing House "Geo"
2010

Leihgabe
der Senckenbergischen Natur-
forschenden Gesellschaft

А.Л. КОВАЛЕВСКИЙ, О.М. КОВАЛЕВСКАЯ

**БИОГЕОХИМИЯ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ИХ ПОИСКОВ**

Научный редактор
доктор геолого-минералогических наук *А.М. Плюснин*



Новосибирск
Академическое издательство "Гео"
2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	10
Глава 1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЙ	11
1.1. Средний химический состав растений.	12
1.2. Основные факторы, влияющие на содержание химических элементов в растениях	14
1.2.1. Зависимость между содержаниями химических эле- ментов в почвах и растениях	16
1.2.2. Влияние относительного содержания подвижных форм химических элементов в почве.	29
1.2.3. Распределение химических элементов по органам растений и изменение их содержания во времени. . . .	40
1.2.4. Влияние видов растений на результаты биогеохими- ческого опробования	48
Глава 2. БИОГЕОХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ УРАНО- ВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	58
2.1. Уран	59
2.1.1. Содержание урана в растениях и интенсивность его биологического поглощения	62
2.1.2. Поглощение урана различными видами растений. . . .	77
2.1.3. Распределение урана в различных частях растений. . .	81
2.1.4. Изменение содержания урана в растениях во времени	85
2.2. Радий	87
2.2.1. Содержание радия в растениях и интенсивность его биологического накопления	88
2.2.2. Поглощение радия различными видами растений. . . .	93
2.2.3. Распределение радия в различных частях растений. . .	103
2.2.4. Изменение содержания радия в растениях во времени	108
2.2.5. Распределение радия в различных частях кроны и корневой системы	115
2.2.6. Природная неоднородность распределения радия в растениях	121
2.2.7. Подвижные формы радия в растениях	123
2.2.8. Радиоактивное равновесие между радием и ураном в растениях	125

2.3. Другие естественные радиоактивные элементы	126
2.3.1. Радон	–
2.3.2. Торий	129
2.3.3. Свинец-210 (RaD)	131
2.3.4. Полоний	132
2.3.5. Калий	133
2.3.6. Прочие радиоактивные элементы	134
2.4. Нерadioактивные элементы-индикаторы урановых месторождений	135
2.4.1. Свинец	136
2.4.2. Молибден	141
2.4.3. Мышьяк	147
2.4.4. Серебро	151
2.4.5. Цинк	153
2.4.6. Кадмий	160
2.4.7. Медь	164
2.4.8. Висмут	167
2.4.9. Никель	168
2.4.10. Кобальт	171
2.4.11. Селен	174
2.4.12. Ванадий	180
2.4.13. Некоторые выводы и рекомендации	183
Глава 3. ФОРМИРОВАНИЕ РУДНЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ	187
3.1. Литохимические ореолы в зоне гипергенеза урановых месторождений	–
3.1.1. Урановые месторождения, имеющие выходы на дневную поверхность	190
3.1.2. Погребенные и скрытые месторождения урана	200
3.2. Глубинность биогеохимических методов поисков урановых месторождений	202
3.3. Биогеохимические ореолы над рудными телами с открытыми литохимическими ореолами	212
3.4. Биогеохимические ореолы над рудными телами с полуоткрытыми (ослабленными) литохимическими ореолами	215
3.5. Биогеохимические ореолы над рудными телами с погребенными литохимическими ореолами	218
3.6. Биогеохимические ореолы над рудными телами с погребенными гидрохимическими ореолами	220
3.7. Биогеохимические ореолы над погребенными рудными телами с атмогеохимическими ореолами	221
Глава 4. МЕТОДИКА БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	223
4.1. Опытные работы	–
4.2. Комплексирование биогеохимических поисков с другими геолого-поисковыми методами	225

4.3. Выбор площадей	230
4.4. Масштабы и поисковые сети.	232
4.5. Отбор проб растений	233
4.6. Подготовка проб растений к анализу	238
4.7. Анализ биогеохимических проб	242
4.7.1. Альфа-анализ	246
4.7.2. Люминесцентно-перловый анализ на уран.	249
4.7.3. Радиохимические определения радия, радиотория, иония и других радиоэлементов	250
4.7.4. Эмиссионный спектральный анализ	–
4.7.5. Другие виды анализов	252
4.7.6. Рациональный комплекс лабораторных исследований биогеохимических проб	253
4.8. Обработка результатов биогеохимических исследований ..	255
4.8.1. Учет разнородности биогеохимических проб	–
4.8.2. Учет времени отбора проб растений	257
4.8.3. Определение биогеохимического фона	–
4.8.4. Выделение биогеохимических аномалий	259
4.8.5. Изображение результатов биогеохимических съемок	261
4.9. Оценка биогеохимических аномалий.	262
Глава 5. ПРАКТИКА БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ УРАНО- ВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	270
5.1. Опыт применения биогеохимических методов при поисках урановых руд.	–
5.2. Эффективность биогеохимических поисков урана в различ- ных ландшафтных условиях	280
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	299
ЛИТЕРАТУРА	305
УКАЗАТЕЛЬ ЛАТИНСКИХ НАЗВАНИЙ РАСТЕНИЙ, УПОМИНАЕМЫХ В ТЕКСТЕ	345

CONTENTS

PRAFACE	5
LIST OF ABBREVIATIONS	10
Chapter 1. REGULARITIES OF THE PLANTS CHEMICAL COMPOSITION FORMING	11
1.1. Average chemical composition of plants	12
1.2. The main factors influencing on the content of chemical elements in plants	14
1.2.1. Dependence between contents of chemical elements in soils and plants	16
1.2.2. Influence of relative content of mobile forms of chemical elements in soil	29
1.2.3. Distribution of chemical elements along the plants organs and change of their content in time	40
1.2.4. Influence of plants species on the results of biogeochemical sampling	48
Chapter 2. BIOGEOCHEMISTRY OF ELEMENTS-INDICATORS OF ITS URANIUM DEPOSITS	58
2.1. Uranium	59
2.1.1. Content of uranium in plants and intensity of its biological absorption	62
2.1.2. Absorption of uranium by various species of plants	77
2.1.3. Distribution of uranium in various parts of plants	81
2.1.4. Change of uranium content in plants in time	85
2.2. Radium	87
2.2.1. Content of radium in plants and intensity of its biological accumulation	88
2.2.2. Absorption of radium by various species of plants	93
2.2.3. Distribution of radium in various parts of plants	103
2.2.4. Change of radium content in plants in time	108
2.2.5. Distribution of radium in various parts of crown and root system	115
2.2.6. Natural heterogeneity of radium distribution in plants ...	121
2.2.7. Mobile forms of radium in plants	123
2.2.8. Radioactive equilibrium between radium and uranium in plants	125
2.3. Other natural radioactive elements	126
2.3.1. Radon	-

2.3.2. Thorium	129
2.3.3. Lead-210 (RaD)	131
2.3.4. Polonium	132
2.3.5. Potassium	133
2.3.6. Other radioactive elements	134
2.4. Non-radioactive elements-indicators of uranium deposits	135
2.4.1. Lead	136
2.4.2. Molybdenum	141
2.4.3. Arsenic	147
2.4.4. Silver	151
2.4.5. Zinc	153
2.4.6. Cadmium	160
2.4.7. Copper	164
2.4.8. Bismuth	167
2.4.9. Nickel	168
2.4.10. Cobalt	171
2.4.11. Selenium	174
2.4.12. Vanadium	180
2.4.13. Some conclusions and recommendations	183
Chapter 3. FORMATION OF ORE BIOGEOCHEMICAL HALOES	187
3.1. Lithochemical haloes in the zone of the hypergenesis of uranium deposits	—
3.1.1. Uranium deposits having exits to day surface	190
3.1.2. Buried and concealed deposits of uranium	200
3.2. Deepness of biogeochemical methods of exploration of uranium deposits	202
3.3. Biogeochemical haloes over ore bodies with open lithochemical haloes	212
3.4. Biogeochemical haloes over ore bodies with semi-open (weakened) lithochemical haloes	215
3.5. Biogeochemical haloes over ore bodies with buried lithochemical haloes	218
3.6. Biogeochemical haloes over ore bodies with buried hydrochemical haloes	220
3.7. Biogeochemical haloes over buried ore bodies with atmospheric chemical haloes	221
Chapter 4. METHODS OF BIOGEOCHEMICAL EXPLORATION OF URANIUM DEPOSITS	223
4.1. Experienced works	—
4.2. Complex in the biogeochemical exploration with other geological prospecting methods	225
4.3. Choice of areas	230
4.4. Scales and prospecting nets	232
4.5. Plants sampling	233
4.6. Preparation of plants samples for analysis	238

4.7. Analyses of biogeochemical samples	242
4.7.1. Alpha-analysis	246
4.7.2. Luminescence-pearl analysis of uranium	249
4.7.3. Radiochemical determinations of radium, radiothorium, ionium and other radioelements	250
4.7.4. Emission spectral analysis	–
4.7.5. Other kinds of analyses.	252
4.7.6. Rational complex of laboratory researches of biogeoche- mical samples.	253
4.8. Processing of the results of biogeochemical researches	255
4.8.1. Registration of heterogeneity of biogeochemical samples	–
4.8.2. Registration of the time of plants sampling	257
4.8.3. Determination of biogeochemical background.	–
4.8.4. Distinguishing the biogeochemical anomalies	259
4.8.5. Representation of the results of biogeochemical surveys.	261
4.9. Estimation of biogeochemical anomalies	262
Chapter 5. PRACTICE OF BIOGEOCHEMICAL EXPLORATION OF URANIUM DEPOSITS	270
5.1. The experience of using the biogeochemical methods for explo- ration the uranium ores.	–
5.2. Effectiveness of biogeochemical exploration of uranium in vari- ous landscape conditions	280
CONCLUSIONS	299
REFERENCES	305
LATIN NAMES OF PLANTS MENTIONNED IN THE TEXT	345