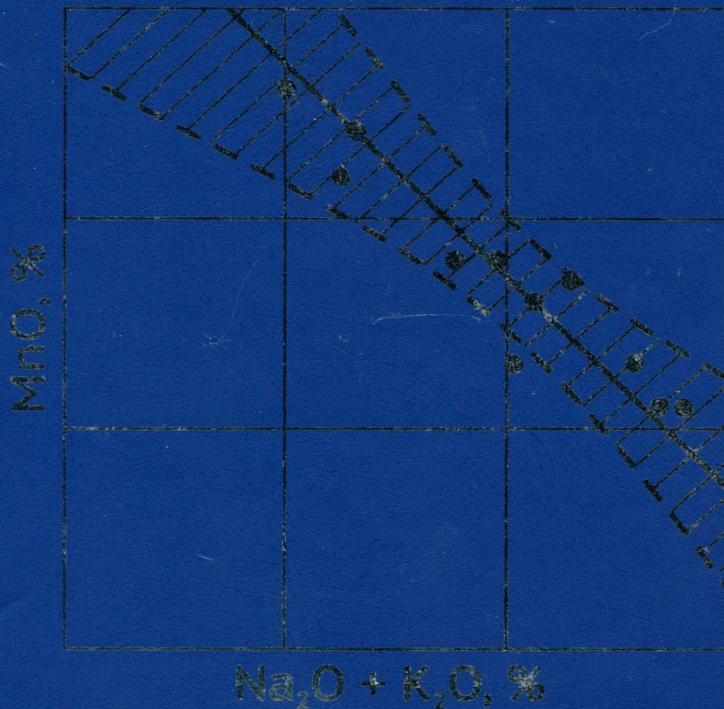


Mn<sup>25</sup>

Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис

# Геохимия марганца



Российская академия наук  
Уральское отделение  
Коми научный центр  
Институт геологии

Я. Э. ЮДОВИЧ, М. П. КЕТРИС

# ГЕОХИМИЯ МАРГАНЦА

Сыктывкар  
  
2014

УДК 550.4

*Юдович Я. Э., Кетрис М. П.* Геохимия марганца. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. 540 с.

В четырех частях (главах) монографии рассматриваются: 1) марганец в эндогенных образованиях (магматических горных породах, гидротермалитах, метаморфитах и метасоматитах); 2) марганец в биосфере (в живом и органическом веществе, почвах, корах выветривания, водах и осадках); 3) марганец в горных породах стратиферы (терригенных и вулканогенных, кремнистых, карбонатных, конкреционных, фосфатных, эвапоритовых, а также в углеродистых биолитах – углях и черных сланцах); 4) марганец как индикатор процессов литогенеза (топо-, динамо- и гидрофаций седиментогенеза, а затем – диагенеза). В четвертой части кратко реферируются результаты, уже ранее опубликованные авторами («Геохимические индикаторы литогенеза», 2011), в первых трех частях представлены новые результаты. На основании статистической обработки около 1400 выборочных средних значений, отвечающих более 92 тысячам анализов, оценены кларки марганца и марганцевого модуля ( $MM = Mn/Fe$ ) для основных групп горных пород, включающих гипербазиты, базиты, средние, кислые и щелочные магматические породы; гидротермалиты; изохимические метаморфиты, метасоматиты; терригенные, кремнистые, карбонатные, углеродистые (угли и черные сланцы), конкреционные, фосфатные и эвапоритовые осадочные породы. Выполненная работа позволила сделать ряд выводов, в том числе и таких, которые требуют определенной ревизии прежних оценок.

Ил. 153. Табл. 252. Библиогр. 720 назв.

*Ответственный редактор:*

Доктор геолого-минералогических наук профессор Ю. А. Ткачев

*Рецензенты:*

Кандидат геолого-минералогических наук Л. И. Ефанова

Кандидат геолого-минералогических наук Г. Н. Лысюк

*Yudovich Ya. E., Ketris M. P.* Geochemistry of Manganese. Syktyvkar: IG KomiSC UD RAS, 2014. 540 pp.

The monograph consist of four parts: 1) manganese in endogenic formations (magmatic, hydrothermal, metamorphic, and metasomatic ones); 2) manganese in biosphere (in living and organic matters, in soils, weathering crusts, waters and sediments); 3) manganese in sedimentary rocks (terrigenous and volcanogenic, cherts, carbonates, concretions, phosphatic and evaporitic rocks, as well as in carbonaceous biolithes – coals and black shales; 4) manganese as an indicator of the lithogenesis processes (facies of sedimentation and then – diagenesis).

Based on statistical processing more than 1400 statistical averages, calculated from more than 92,000 analysis, Clarke values (World averages) for manganese and Mn-module ( $MM = Mn/Fe$ ) for main groups of the rocks, are evaluated. This work allows to do several new conclusions in manganese geochemistry.

Fig. 153. Table 252. Ref. 720

Editor – prof. Yu. A. Tkachev

ISBN 978-5-98491-058-3

© Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис, 2014



# Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ: ПРОБЛЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ .....	3
ВВЕДЕНИЕ: ПАРАДОКСЫ И ПСЕВДОПАРАДОКСЫ В ГЕОХИМИИ МАРГАНЦА .....	7
Парадоксы «кларковой» геохимии марганца .....	8
Парадоксы «рудной» геохимии марганца .....	11
Псевдопарадоксы .....	14
Краткие выводы .....	15
Комментарий .....	15
МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ .....	21
ЧАСТЬ 1. МАРГАНЕЦ В ЭНДОГЕННЫХ ПРОЦЕССАХ .....	27
<b>1.1. Марганец в магматитах и вулканитах .....</b>	<b>27</b>
1.1.1. Некоторые общие сведения .....	27
1.1.2. Дифференцированные серии .....	32
1.1.3. Гипербазиты .....	47
1.1.4. Базиты .....	52
1.1.5. Породы среднего состава .....	59
1.1.6. Кислые породы .....	62
1.1.7. Щелочные породы .....	73
Комментарий .....	82
Краткие выводы .....	104
<b>1.2. Марганец в гидротермах и гидротермалитах .....</b>	<b>106</b>
1.2.1. Типизация гидротермальных концентраций марганца ...	106
1.2.2. Континентальные гидротермы .....	113
1.2.3. Вулканогенные континентальные гидротермалиты .....	118
1.2.4. Ореольные континентальные гидротермалиты .....	122
1.2.5. Катагенетические континентальные гидротермалиты ....	123
1.2.6. Субмаринные гидротермы .....	125
1.2.7. Молодые субмаринные гидротермалиты .....	128
1.2.8. Древние субмаринные гидротермалиты .....	134
Комментарий .....	142
Краткие выводы .....	147
<b>1.3. Марганец в метаморфитах .....</b>	<b>149</b>
1.3.1. Архейские и карельские метаморфиты на щитах и в фундаменте древних платформ .....	151

1.3.2. Рифейские и фанерозойские метаморфиты в складчатых областях .....	154
Комментарий .....	166
Краткие выводы .....	172
<b>1.4. Аллохимические метаморфиты .....</b>	<b>173</b>
1.4.1. Древние (архейские и карельские) метаморфиты .....	174
1.4.2. Рифейские и фанерозойские метаморфиты .....	180
1.4.3. Околорудные метасоматиты .....	188
1.4.4. Контактные роговики .....	190
1.4.5. Магматический аллохимический процесс .....	191
Комментарий .....	192
Краткие выводы .....	199
<b>ЧАСТЬ 2. МАРГАНЕЦ В БИОСФЕРЕ .....</b>	<b>201</b>
<b>2.1. Гипергенное окисление марганца. Роль микробиоты .....</b>	<b>201</b>
2.1.1. Абиогенное окисление Mn(II) .....	202
2.1.2. Биогенное окисление Mn (II) .....	206
2.1.3. Факторы бактериального окисления Mn(II) .....	209
<b>2.2. Марганец в корях выветривания .....</b>	<b>211</b>
2.2.1. Два климатических типа кор выветривания .....	212
2.2.2. Коря выветривания по субстрату кристаллических пород .....	214
2.2.3. Коря выветривания по субстрату осадочных пород .....	217
2.2.4. Коря выветривания по субстрату Mn-Fe руд .....	221
<b>2.3. Марганец в почвах и палеопочвах .....</b>	<b>225</b>
2.3.1. Современные почвы .....	226
2.3.2. Ископаемые почвы .....	229
<b>2.4. Марганец в живом и органическом веществе .....</b>	<b>232</b>
2.4.1. Наземная биота .....	232
2.4.2. Водная биота .....	233
2.4.3. Органическое вещество .....	236
2.4.4. Биогенная марганценосная взвесь .....	239
<b>2.5. Марганец в осадках .....</b>	<b>240</b>
2.5.1. Озерные осадки .....	240
2.5.2. Аллювиальные осадки .....	240
2.5.3. Морские осадки .....	242
2.5.4. Океанские осадки .....	250
2.5.5. Факторы геохимии Mn в морских осадках .....	252
<b>2.6. Марганец в водах .....</b>	<b>257</b>
2.6.1. Поверхностные воды континентов .....	257

2.6.2. Воды морей и океанов.....	258
2.6.3. Рассолы .....	261
Комментарий .....	263
Краткие выводы.....	295
<b>ЧАСТЬ 3. МАРГАНЕЦ В СТРАТИСФЕРЕ .....</b>	<b>299</b>
<b>3.1. Терригенные и вулканогенные породы.....</b>	<b>299</b>
3.1.1. Отложения верхнего архея и нижнего протерозоя (Карелия).....	301
3.1.2. Отложения рифея и венда .....	302
3.1.3. Отложения палеозоя .....	305
3.1.4. Отложения мезозоя и кайнозоя .....	317
Комментарий .....	327
Краткие выводы .....	344
<b>3.2. Кремнистые породы .....</b>	<b>345</b>
3.2.1. Север Урала и Пай-Хой .....	346
3.2.2. Девонские силициты Южного Урала .....	349
3.2.3. Мезозойские силициты Сихотэ-Алиня .....	353
Комментарий .....	357
Краткие выводы .....	366
<b>3.3. Карбонатные породы .....</b>	<b>367</b>
3.3.1. Некоторые общие закономерности .....	368
3.3.2. Докембрий .....	372
3.3.3. Палеозой севера Урала и Пай-Хоя .....	374
3.3.4. Ордовик Сибирской платформы .....	378
3.3.5. Мезозой .....	379
Комментарий .....	381
Краткие выводы .....	387
<b>3.4. Другие осадочные породы .....</b>	<b>388</b>
3.4.1. Фосфатные породы и фосфориты .....	388
3.4.2. Эвапоритовые отложения .....	392
Комментарий .....	396
Краткие выводы .....	398
<b>3.5. Конкреции .....</b>	<b>399</b>
3.5.1. Са карбонатные конкреции с кальцитовым типом структуры. Ряд кальцита–родохрозита .....	400
3.5.2. Fe карбонатные конкреции с кальцитовым типом структуры. Ряд сидерита–родохрозита .....	402

3.5.3. (Ca, Mg) карбонатные конкреции с доломитовым типом структуры. Ряды доломита–кутнагорита и анкерита–Mn анкерита .....	409
3.5.4. Карбонатные конкреции со смесью карбонатов кальцитового и доломитового типов .....	411
3.5.5. Карбонатсодержащие конкреции .....	412
Комментарий .....	415
Краткие выводы .....	426
<b>3.6. Угли .....</b>	<b>427</b>
<b>3.7. Черные сланцы .....</b>	<b>429</b>
3.7.1. Палеозой севера Урала и Пай-Хоя .....	432
3.7.2. Некоторые новые данные .....	435
3.7.3. Генезис аномалий и рудогенез Mn в черных сланцах .....	437
Комментарий .....	443
Краткие выводы .....	445
<b>3.8. Региональная геохимия марганца .....</b>	<b>447</b>
<b>ЧАСТЬ 4. МАРГАНЕЦ КАК ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР ЛИТОГЕНЕЗА .....</b>	<b>455</b>
<b>4.1. Индикация климатических обстановок .....</b>	<b>455</b>
<b>4.2 Индикация фаций седиментогенеза .....</b>	<b>456</b>
4.2.1. Топофации .....	457
4.2.2. Динамические фации .....	459
4.2.3. Гидрофации .....	461
<b>4.3. Индикация диагенеза .....</b>	<b>463</b>
4.3.1. К истории изучения диагенетических миграций марганца .....	464
4.3.2. Поровые (иловые) воды .....	466
4.3.3. «Марганцевое дыхание» осадков .....	468
4.3.4. «Тайный» диагенез пелагических осадков .....	468
4.3.5. Различия поведения марганца и железа .....	468
4.3.6. Диагенез карбонатных фосилей .....	469
4.3.7. Пресноводный диагенез .....	471
4.3.8. Диагенез вулканогенно-осадочных марганцевых руд .....	472
<b>4.4. Индикация синхронного вулканизма .....</b>	<b>473</b>
4.4.1. Дорифейские геохимические горизонты .....	474
4.4.2. Рифейские и вендские геохимические горизонты .....	475
4.4.3. Фанерозойские геохимические горизонты .....	475

Комментарий .....	476
Краткие выводы .....	490
ЛИТЕРАТУРА .....	492
ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ .....	529