

Федеральное агентство по недропользованию (РОСНЕДРА)
ФГБУ Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ)
Межрегиональный центр по геологической картографии (ГЕОКАРТ)

*Серия учебно-методических пособий
(руководств) по прогнозированию и
поискам месторождений полезных
ископаемых при геологической съемке*

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Москва
ГЕОКАРТ, ГЕОС
2019

УДК 550.84.553.043

ББК 26.323

Г 13

Геохимические методы прогнозирования и поисков рудных месторождений. И.И. Силин, Н.В. Межеловский и др. [Отв. редактор Н.В. Межеловский] – М.: Геокарт; ГЕОС, 2019. 375 с.
ISBN 978-5-9906948-9-7 (Геокарт)
ISBN 978-5-89118-794-8 (ГЕОС)

В книге охарактеризовано современное состояние общей, специальной и прикладной геохимии; основное внимание уделено отечественной региональной (картировочной) и поисковой геохимии. Указаны основные недостатки современной поисковой геохимии и пути совершенствования ее технологии. Предложено теоретическое обоснование и описание нового метода количественной прогнозной оценки промышленных минеральных ресурсов по геохимическим данным, основанного на ранговой модели строения земной коры и ее аномального геохимического поля. Технология вычисления прогнозных промышленных ресурсов новым методом показана на конкретных примерах. Предложена планетарная численная геохимическая модель верхней части континентальной земной коры, а также локальные модели аномальных геохимических полей главных рудных формаций. Приведены примеры количественного прогнозирования минеральных ресурсов на разных стадиях ГРР. Ключевые слова: аномальное геохимическое поле, прогнозные ресурсы, численная модель.

Для геологов широкого профиля, преподавателей и студентов вузов.

Серия учебно-методических пособий (руководств) по прогнозированию и поискам месторождений полезных ископаемых при геологической съемке

Главный редактор серии: *А.Ф. Морозов*

Зам. главного редактора: *Н.В. Межеловский*

Редколлегия выпуска: *И.Г. Спиридонов, В.А. Килипко, И.Н. Межеловский, Д.В. Рундквист, Э.К. Буренков, С.В. Соколов, В.В. Домчак, И.И. Никитченко, Г.М. Фузайлова*

Ответственный редактор выпуска: *Н.В. Межеловский*

Авторы: *Силин И.И. (ответственный исполнитель), Н.В. Межеловский, А.Ф. Морозов, И.Г. Спиридонов, В.А. Килипко, И.Н. Межеловский*

ISBN 978-5-9906948-9-7 (Геокарт)
ISBN 978-5-89118-794-8 (ГЕОС)

© Межрегиональный центр по
геологической картографии, 2019
© Авторы, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Введение	12
Глава 1. Общая геохимия	15
1.1. Естественно-научная картина мира	15
1.2. Космическая распространенность химических элементов	18
1.3. Геохимические классификации химических элементов	23
1.4. Геохимические методы исследования вещества	25
1.5. Основные виды фундаментальных взаимодействий	31
1.6. Источники энергии геохимических процессов	33
1.7. Термодинамика природных систем	34
Глава 2. Геохимия процессов и пород	37
2.1. Геохимия эндогенных процессов и пород	37
Геохимия тектонических процессов	37
Геохимия магматических процессов и пород	37
Геохимия пневматолитово-гидротермально-метасоматических процессов и пород.....	41
Геохимия контактно-гидротермально-метасоматических процессов и пород	42
Геохимия гидротермально-метасоматических процессов и пород	43
Геохимия метаморфических процессов и пород	45
Кларки и рудообразование	48
Россыпеобразующие рудные формации	49
2.2. Геохимия экзогенных процессов и пород	51
Экзогенные процессы	51
Геохимия почв	51
Геохимия склонового и руслового стока	55
Транспортировка продуктов выветривания	59
Геохимия вод континентальных бассейнов.....	62
Геохимия воды Мирового океана	65
Диагенез, катагенез, метагенез	66
Геохимия атмосферы	69
Геохимия биосферы и ноосферы	69
Глава 3. Прикладная геохимия	73
3.1. Картировочная (региональная) геохимия.....	73
Обзорные геохимические карты	74
Геохимическая основа Государственной геологической карты масштаба 1:1000000	76

Геохимические основы Государственной геологической карты масштаба 1:200000	76
Многоцелевое геохимическое картирование (МГХК)	77
Цифровые технологии геохимического картирования	78
3.2. Геохимическая специализация структурно-формационных комплексов	80
3.3. Систематика рудоносных площадей на основе выделения аномальных геохимических полей	84
3.4. Состав и строение аномальных геохимических полей разных рангов	86
3.5. Поисковая геохимия	90
Прогнозно-поисковая геохимия	91
Поисково-оценочная геохимия	96
Разведочная (рудничная) геохимия	97
Литохимические методы поисков месторождений	97
Гидрохимические методы поисков месторождений	100
Биохимические методы поисков месторождений	103
Атмохимические (газовые) методы поисков месторождений	105
Методы экологической геохимии	106
3.6. Поисковые модели АГХП	107
Базовые модели АГХП	109
Интерпретационные модели АГХП	112
Критерии разбраковки вторичных литохимических аномалий	118
Технологии оценки и разбраковка склоновых ореолов рассеяния	123
Особенности технологии оценки и разбраковки наложенных ореолов рассеяния	124
Особенности технологии интерпретации, оценки и разбраковки литохимических потоков рассеяния	126
3.7. Компьютерные поисковые модели АГХП	131
Математические основы компьютерной обработки геохимической информации	131
База данных и система управления ею (СУБД)	135
ГИС-технологии и интерпретационные компьютерные модели АГХП	136
Модели гидрохимических аномальных полей	151
Модели биохимических аномальных полей	154
Модели атмохимических аномальных полей	155

Глава 4. Прогнозирование ресурсов минерального сырья с использованием геолого-геохимических данных	158
4.1. Общие положения	158
4.2. Отечественные и зарубежные методы прогнозирования	161
4.3. Методы оценки минерагенического (металлогенического) потенциала и прогнозных ресурсов с использованием материалов геохимического картирования	164
Оценка прогнозных ресурсов па основе статистических геохимических данных	164
Оценка на основе «структуры ресурсов»	165
Оценка ресурсов методом геолого-геохимической аналогии	166
Оценка ресурсов методом подобия	167
Кларковский метод оценки ресурсов	168
Объемно-геохимический и металл-геохимический методы прогноза ресурсов	168
Метод оценки ресурсов по ранговой удельной рудоносности	170
Метод ранговых рядов месторождений	170

Метод оценки ресурсов по крупнейшему месторождению.....	171
Метод экспертных оценок.....	171
Оценка ресурсов по энергетической продуктивности.....	172
Метод геолого-экономической рентабельности ресурсов.....	174
Методы оценки прогнозных ресурсов по результатам поисковых работ.....	174
Дополнения А.А. Матвеева (МГУ).....	175
Дополнения С.В. Соколова (ВСЕГЕИ).....	177
Методика прогнозной оценки площади В.С. Комарова (ВСЕГЕИ).....	181
Методы универсальных функций.....	181
Структурно-геометрический прогноз по размерам виртуальных блоков.....	183
Метод вероятно-статистической корреляции.....	185
Метод коэффициента относительной энергоемкости (А.Н. Доля).....	187
Метод составления частных рядов зональности эндогенных месторождений на основе рядов стандартной энтропии.....	188
Метод геолого-промышленной оценки минеральных ресурсов.....	188
Оценка ресурсов по данным гидрохимического опробования.....	188

Глава 5. Качество прогноза и типичные ошибки геохимического прогнозирования.....

5.1. Оценка качества прогноза по геохимическим данным.....	191
5.2. Типичные ошибки интерпретации АГХП и геохимического прогнозирования ресурсов полезных ископаемых.....	195
Ошибки использования геохимического фона.....	200
Ошибки выделения многомерных аномальных полей.....	201
Ошибки определения геометрических параметров аномалии.....	202
Ошибки определения рудно-формационной принадлежности.....	203
Ошибки геометризации АГХП и оценки прогнозных ресурсов.....	204
Ошибки определения "коэффициентов незнания" и другие.....	204
Влияние качества лабораторных анализов на результаты прогнозирования.....	206

Глава 6. Геолого-промышленная оценка прогнозных ресурсов полезных ископаемых по геохимическим данным.....

6.1. Геохимические причины зонального распределения элементов в АГХП.....	213
6.2. Формула распределения элементов в АГХП.....	228
6.3. Метод геолого-промышленной оценки прогнозных ресурсов по геохимическим данным.....	229
Обоснование параметров подсчета прогнозных ресурсов АГХП.....	230
Коэффициент промышленной концентрации.....	231
Коэффициент промышленной рудоносности.....	231
Поправочный коэффициент α	236
6.4. Технология вычисления промышленных прогнозных ресурсов.....	237
6.5. Особенности прогноза минеральных ресурсов по вторичным ореолам и потокам рассеяния.....	251

Глава 7. Численные геохимические модели аномальных геохимических полей и месторождений полезных ископаемых.....

7.1. Численная геохимическая модель верхней части континентальной земной коры.....	258
---	------------

7.2. Численные геохимические модели локальных АГХП	265
7.3. Численные модели рудных месторождений	268
Свинцово-цинковые месторождения.....	268
Медные месторождения.....	282
Никелевые месторождения.....	286
Месторождения редких элементов (тантал, ниобий, бериллий, литий).....	290
Глава 8. Экспериментальные (ретроспективные) и производственные проверки эффективности геолого-промышленного метода прогнозирования ресурсов минерального сырья	294
8.1. Прогноз минерагенического потенциала при региональном геологическом изучении недр по данным геохимического картирования масштаба 1:10000000	294
Анализ структуры регионального многомерного геохимического поля.....	294
Интерпретация АГХП.....	300
Использование численной модели верхней части земной коры для интерпретации аналитических результатов мелкомасштабного геохимического картирования	310
Геохимическая зональность геодинамической структуры Северного Кавказа	311
8.2. Прогноз минеральных ресурсов по данным геохимического картирования масштаба 1:200000	317
Золоторудные АГХП Аян-Юряхской СФЗ (Колыма).....	317
Бамский золоторудный район	324
8.3. Прогноз минеральных ресурсов по данным поисково-разведочных работ	327
Куранахские золоторудные месторождения Южной Якутии	327
Заключение	336
Литература	341
Приложение 1. Практическое пособие по обработке аналитических результатов геохимических работ в среде ArcGIS	349