

На правах рукописи



Гаврилов Роман Юрьевич

**НЕОДНОРОДНОСТЬ ГЕОХИМИЧЕСКОГО СПЕКТРА
КАК ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЙ КРИТЕРИЙ ОРУДЕНЕНИЯ**
(на примере Центрально-Мартайгинской структурно-формационной
подзоны)

**Специальность 25.00.09 – геохимия, геохимические методы
поисков полезных ископаемых**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2006

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук
Поцелуев Анатолий Алексеевич

Официальные оппоненты - доктор геолого-минералогических наук
Грязнов Олег Николаевич
- доктор геолого-минералогических наук
Арбузов Сергей Иванович

Ведущая организация: Государственный университет цветных
металлов и золота

Защита диссертации состоится 5 октября 2006 г. в 15 часов на заседании диссертационного Совета К 212.269.01 Томского политехнического университета по адресу: Россия, 634034, г. Томск, пр. Ленина 30, корпус 1, ауд. 210

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского политехнического университета.

Автореферат разослан «___» _____ 2006 г.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета, к.г.-м.н., доцент



А.А. Поцелуев

Актуальность темы. Разработка новых критериев прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых является одной из приоритетных задач геологии и геохимии. Особенно актуально это в настоящее время, когда в условиях значительного снижения потенциала известных рудных объектов остро стоит вопрос о выявлении новых потенциально рудоносных районов.

Разработка принципов и методов оценки состояния химических элементов в природных объектах и обработки геохимических данных – являются одними из приоритетных областей исследования в геохимии. Проблемой геохимической неоднородности геологических образований в той или иной степени занимались многие специалисты. В многочисленных исследованиях (Коржинский, 1953; Таусон, 1961, 1965, 1983; Ляхович, 1964, 1969, 1974; Жариков, Омеляненко, 1965, 1967; Смолин, 1965; Щербаков, 1967, 1974; Шоу, 1969; Соловов, Гаранин, 1972; Смыслов 1974; Смыслов и др., 1974, 1979; Ткачев, Юдович, 1975; Сафронов 1978; Коробейников 1987; Овчинников, 1988 и др.) было показано, что в связи с процессами рудообразования значительному перераспределению подвергаются как макро-, так и микроэлементы. При этом резко увеличивается неоднородность распределения большинства элементов и, в первую очередь, редких и рассеянных, что выражается в значительном увеличении показателя дисперсии и вариации их содержания.

В данной работе показано, что в связи с процессами рудообразования в целом возрастает неоднородность геохимического спектра геологических образований. Под геохимическим спектром понимается совокупность распределения химических элементов в изучаемых объектах (Поцелуев и др., 2001). Полный геохимический спектр включает все элементы от водорода (№ 1) до урана (№ 92). Общие представления о геохимическом спектре образно представляются в виде нормированных кривых (рис. 1). Современные методы аналитических исследований при выполнении прогнозно-поисковых работ позволяют экспрессно получать информацию о 30–50 химических элементах, что вполне достаточно для характеристики общих особенностей геохимического спектра изучаемых образований.

Оценка неоднородности геохимического спектра геологических образований по показателям дисперсии геохимического спектра (ДГС) и вариации геохимического спектра (ВГС) позволяет получить информацию о процессах и степени дифференциации вещества, а также использовать ее для прогнозирования и поиска различных полезных ископаемых.

Предметом исследований по данной теме явились геологические образования Центрально-Мартайгинской структурно-формационной подзоны (СФП) Кузнецкого Алатау, с которыми связаны месторождения и проявления различных полезных ископаемых – золота, редких и радиоактивных металлов и др. Эти объекты изучались длительное время как в структурном, так и вещественном плане. Накоплен значительный объем и появляется много новой геохимической информации. Использование результатов настоящей работы позволит получить дополнительную информацию об их геохимической неоднородности и перспективах рудоносности. Все это расширит базу методов

интерпретации геохимии и ее прогнозную и поисковую информативность.

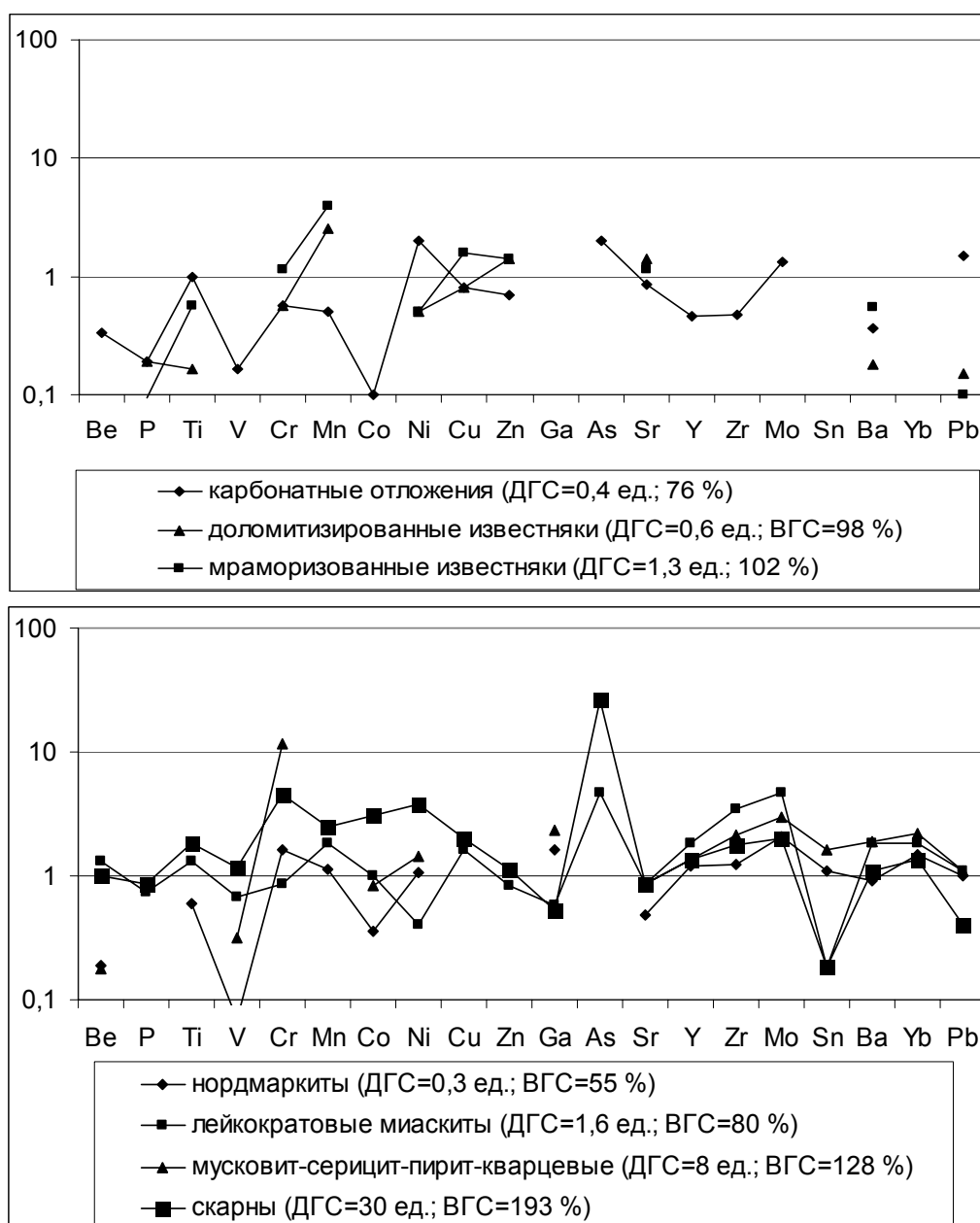


Рис. 1. Нормированные к кларку (Тейлор, 1988) кривые распределения элементов в породах и развитых по ним метасоматитах Центрально-Мартайгинской СФП.

Цель работы. Разработать критерии прогнозирования и поисков золоторудных объектов в пределах Талановско-Богородской зоны на основе оценки неоднородности геохимического спектра геологических образований.

В задачи работы входило:

1) разработать методику оценки неоднородности геохимического спектра геологических образований и ее использование в целях прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых;

2) с помощью показателей ДГС и ВГС оценить неоднородность геохимического спектра геологических образований Центрально-Мартайгинской

СФП и получить новую прогнозно-поисковую информацию;

3) используя комплекс геолого-геохимических критериев получить качественно новую прогнозно-поисковую информацию и выделить рудоперспективные участки в пределах Талановско-Богородской зоны.

Исходный материал и методы исследований. В основу диссертационной работы положены материалы, собранные автором с 1999 г. по 2002 г., во время работы в Геохимической партии ФГУГП «Запсибгеолсъемка» и во время обучения в очной аспирантуре Томского политехнического университета с 2002 г. по 2005 г.

При выполнении методических исследований по оценке неоднородности геохимического спектра были использованы данные по неизменным породам, метасоматитам и рудам различных площадей и месторождений Алтае-Саянской складчатой области. Геохимический спектр этих образований наиболее полно изучен с использованием комплекса аналитических методов: инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА), рентгеноспектральный анализ (РСА), инструментальный вольтамперометрический метод (ИВАМ), атомно-адсорбционный анализ (ААА), эмиссионный спектральный полуколичественный анализ (ЭСПА) и др. Это позволило оценить содержание более 50 пороодо- и рудообразующих элементов, представляющих основные геохимические группы.

Изучение Центрально-Мартайгинской СФП базируется на результатах анализов 6300 геологических проб, характеризующих породы различного состава и генезиса. Возраст изученных геологических подразделений колеблется от рифея до перми. Состав магматических пород изменяется от ультраосновных до кислых разностей. Стратифицированные образования представлены карбонатными, терригенными, терригенно-вулканогенными породами. Гидротермально-метасоматические образования представлены скарнами, березитами, лиственитами, альбититами, грейзенами, калишпатитами и другими разностями. Было составлено более 200 выборок, представлявших различные геологические образования площади, по которым рассчитаны статистические характеристики.

При обработке данных геохимических поисков, проведенных в разные годы, было использовано более 14000 проб по вторичным ореолам рассеяния.

Этот фактический материал обобщен Геохимической партией ФГУГП «Запсибгеолсъемка» за период работы экспедиции с 1968 г. по 2002 г. В выполнении данных работ автор принимал непосредственное участие.

При выполнении работы для обработки геохимической информации автор пользовался пакетом программ: Microsoft Word, Microsoft Excel, Statistica, Grapher, Surfer.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1) разработана методика оценки неоднородности геохимического спектра геологических образований;

2) выделены группы химических элементов, по которым проводится оценка неоднородности геохимического спектра для решения различных задач;

3) установлено, что неоднородность геохимического спектра стратифицированных и магматических пород в пределах Центрально-Мартайгинской СФП значительно возрастает от ранних (отложения пассивной континентальной окраины и образования задугового окраинного моря) к более поздним (рифтогенные внутриплитные) образованиям;

4) комплекс поисковых геохимических критериев золоторудных полей и месторождений дополнен показателями, характеризующими неоднородность геохимического спектра геологических образований.

Практическая значимость работы.

1) Оценена геохимическая неоднородность геологических образований Центрально-Мартайгинской СФП, что позволило уточнить перспективы их потенциальной рудоносности. Данные результаты были использованы при геолого-минерагеническом картировании масштаба 1:200000 северной части Кузнецкого Алатау.

2) Даны рекомендации по использованию показателей неоднородности геохимического спектра в качестве критериев рудоносности.

3) С помощью комплекса поисковых критериев с использованием показателей неоднородности геохимического спектра получена качественно новая прогнозно-поисковая информация и выделены рудоперспективные участки в пределах Талановско-Богородской зоны.

Защищаемые положения.

1) Неоднородность геохимического спектра является отражением степени дифференциации геологических образований. Она возрастает при проявлении рудообразующих процессов и может быть использована в качестве критерия рудоносности на благородные, редкие и радиоактивные металлы. В качестве характеристики неоднородности геохимического спектра предлагается использовать показатели дисперсии и вариации.

2) В Центрально-Мартайгинской структурно-формационной подзоне неоднородность геохимического спектра стратифицированных и магматических пород возрастает от ранних (отложения пассивной континентальной окраины и образования задугового окраинного моря) к более поздним (рифтогенные внутриплитные) образованиям. В пределах каждого геодинамического этапа развития структурно-формационной подзоны месторождения благородных, редких и радиоактивных металлов проявляют связь с геологическими образованиями, характеризующимися более высокой степенью неоднородности геохимического спектра.

3) На основе выявленных закономерностей изменения неоднородности геохимического спектра в комплексе с другими критериями в пределах Талановско-Богородской зоны выделены участки, на которых рекомендуется постановка детальных поисковых и оценочных работ.

Апробация работы. Результаты исследований, полученные автором, докладывались на научных форумах различного уровня: II, III, IV, VII, VIII Международных научных симпозиумах студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 1998, 1999, 2000, 2003, 2004), научной конференции «Проблемы геологии и географии Сиби-

ри» (Томск 2003), на VI международной конференции «Новые идеи в науках о земле» (Москва, 2003), научной конференции «Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока» (Иркутск, 2005). По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, из них 2 в ведущем реферируемом журнале, включенном в перечень ВАК. Выполненные автором научные исследования были поддержаны грантом НК «ЮКОС» в 2002 г. и грантом для поддержки научно-исследовательской работы аспирантов вузов Федерального агентства по образованию (тема 12.117.04) в 2004 г. Автор также выполнял данные исследования в составе коллектива в рамках научных проектов, поддержанных в 2005 г. грантами УР № 09.01.415 и РФФИ 05–05–64356.

Объем и содержание работы. Реферируемая работа объемом 270 страниц машинописного текста состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, включающего 204 наименования. Диссертация иллюстрирована 61 рисунком и 12 таблицами.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы. Сформулированы цели и задачи, решаемые в ходе проведенных исследований. Раскрывается научная новизна и практическая значимость работы, а также личный вклад автора при выполнении исследований по данной теме.

В первой главе приводятся описание исходного фактического материала и описание методики исследований.

Во второй главе изложена история геологического развития и металлогеническая характеристика Центрально-Мартайгинской СФП.

В третьей главе характеризуются геохимические особенности геологических образований Центрально-Мартайгинской СФП.

Четвертая глава посвящена геологическим особенностям и рудоносности Талановско-Богородской зоны. Дана характеристика неоднородности геохимического поля поискового участка в пределах зоны.

В пятой главе рассматривается применение показателей неоднородности геохимического спектра как прогнозно-поисковых критериев рудоносности

В заключении подведены итоги исследований и даны рекомендации по использованию показателей неоднородности геохимического спектра при прогнозно-поисковых работах.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному руководителю, доценту, к.г.-м.н. А. А. Поцелуеву, под руководством которого он начал заниматься исследованиями в этом направлении в 1997 г.

Автор вполне отдает себе отчет в том, что без сотрудничества с коллегами из ФГУГП «Запсибгеолсъемка» многие положения данной работы не были бы реализованы. Автор искренне благодарен заместителю главного геолога В.Л. Некипелому и ведущему геологу С.А. Некипелой за консультации и постоянную помощь в подборе материалов для написания диссертационной работы. Автор выражает большую признательность за консультации и поддержку ведущим специалистам предприятия: А.Н. Уварову, А.И. Черных, В.С. Куртигешеву, Н.И. Немтиной, А.В. Дубскому, И.В. Зюбе.

За конструктивные замечания и предложения автор выражает особую признательность профессору кафедры ГРПИ, д.г.-м.н. И.В. Кучеренко и заведующему кафедрой ГЭГХ, профессору, д.г.-м.н. Л.П. Рихванову.

При выполнении работы автор неизменно пользовался советами и рекомендациями, помощью и поддержкой сотрудников кафедры геоэкологии и геохимии и благодарит к.г.-м.н. В.А. Домаренко, к.г.-м.н. Е.Г. Язикова, к.г.-м.н. И.С. Соболева, к.г.-м.н. А.Ю. Шатилова, к.г.-м.н. В.И. Котегова, к.г.-м.н. А.В. Волостнова, к.г.-м.н. С.В. Азарову, к.б.н. Н.В. Барановскую, В.С. Барановского, аспирантов: А.М. Беляеву, Лелю В. Жорняк и Лину В. Жорняк.

Автор признателен за ценные замечания и консультации к.г.-м.н. В.Г. Ворошилову, к.г.-м.н. Б.Д. Васильеву, ст. науч. сотр. В.Д. Волостнову, к.г.-м.н. С.С. Гудымовичу, к.г.-м.н. С.К. Кнышу, к.г.-м.н. И.И. Коптеву, к.г.-м.н. М.В. Шалдыбину.

Отдельную признательность за плодотворное сотрудничество автор выражает аспиранту кафедры ГЭГХ В.Ю. Берчуку.

Основные защищаемые положения

1. Неоднородность геохимического спектра является отражением степени дифференциации геологических образований. Она возрастает при проявлении рудообразующих процессов и может быть использована в качестве критерия рудоносности на благородные, редкие и радиоактивные металлы. В качестве характеристики неоднородности геохимического спектра предлагается использовать показатели дисперсии и вариации.

В процессе дифференциального перемещения вещества происходит изменение общего характера геохимического спектра геологических образований (рис. 1). Этот процесс отражается на увеличении показателей ДГС и ВГС, которые рассчитываются по нормированному содержанию всех проанализированных элементов по формулам:

$$\text{ДГС} = \frac{\sum (kk_i - \overline{kk})^2}{N - 1}; \quad (1)$$

$$\text{ВГС} = \frac{\sqrt{\text{ДГС}}}{\overline{kk}} \times 100\%, \quad (2)$$

где kk_i – коэффициент (кларк) концентрации i -элемента в геологических образованиях; $\overline{kk}$ – средняя величина коэффициентов (кларков) концентрации элементов в данных образованиях; N – количество проанализированных элементов.

Впервые подобный подход был использован И.И. Быстровым и С.Г. Выборовым (1990 г.) при обработке материалов геохимических поисков урановых месторождений. Полученные таким образом данные авторы использовали, в их понимании, «для оценки нарушенности геохимического поля».

В дальнейшем (Поцелуев и др., 2001, 2002) было сделано уточнение и показано, что таким образом оценивается неоднородность геохимического спектра геологических образований. Данную характеристику целесообразно

использовать в качестве критерия рудоносности при прогнозно-поисковых работах.

Содержание большинства элементов при проявлении гидротермально-метасоматических процессов существенно меняется как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. В результате происходит значительное изменение общего характера нормированных кривых (рис. 1).

Сравнительный анализ ДГС и ВГС неизменных пород и гидротермально-метасоматических образований различного состава и генезиса показал, что они значительно отличаются друг от друга. В табл. 1 приведена обобщенная характеристика ДГС и ВГС, полученная по осредненным характеристикам геологических образований Центрально-Мартайгинской СФП и Солгонского кряжа.

Таблица 1

Показатели дисперсии и вариации нормированных геохимических спектров исходных пород и развитых по ним метасоматитах Центрально-Мартайгинской СФП и Солгонского кряжа.

Исходные породы	Показатели		Метасоматиты	Показатели	
	ДГС, ед.	ВГС, %		ДГС, ед.	ВГС, %
Карбонатные породы	0,4	76	Доломитизированные известняки	0,6	98
			Мраморизованные известняки	1,3	102
	0,3–0,4	44–61	Кварц-гидрослюдистые мет. Березиты	1,7–120	120–240
			Эйситы	70	280
				32	190
	0,2	74	Микрокварциты по известнякам	10	167
Граниты	0,5	55	Кварц-гидрослюдистые мет.	2,4	160
Сиениты, граносиениты	0,3	51	Сиениты грейзенизированные	10	134
Диориты	0,7	60	Пропилиты	7,0	120
Габбро	1,4	76	Катаклазированное окварцованное и эпидотизированное габбро	200	294
Нордмаркиты	0,3	55	Березиты	8	128
Лейкократовые миаскиты	1,6	80	Скарны	30	193
Трахиреолиитовые порфиры	0,4	52	Калишпатиты	1,0	63
			Кварц-гидрослюдистые мет.	8	140
			Эйситы	130	180
Базальты	—	—	Метабазальты (амфиболитизированные и альбитизированные)	1,6	66
			Роговики по метабазальтам	16	163

Примечание: нормирование проведено по среднему содержанию элементов в земной коре (Тейлор, 1988).

Расчет ДГС и ВГС может выполняться как по осредненным характеристикам геохимического спектра изучаемых образований, полученным по выборкам соответствующего объема, так и по результатам анализа содержания химических элементов в отдельно взятой пробе. Статистическая устойчивость получаемых параметров в обоих случаях будет определяться количеством проанализированных элементов. Чем больше элементов, тем выше устойчивость. Но область воздействия будет существенно отличаться. В первом случае она будет зависеть от размера геологического пространства, которое охвачено выборочным опробованием. А во втором случае область воздействия будет определяться геометрией единичной пробы.

Изучение ДГС и ВГС позволяет осуществлять геометрическое моделирование их пространственной изменчивости, получать качественно новую информацию о характере и структуре геохимического поля. Показатели неоднородности геохимического спектра геологических образований могут быть получены и использованы в качестве критериев рудоносности при обработке геохимической информации на всех стадиях геологоразведочных работ.

В связи с тем, что разные элементы вносят различный вклад в величину показателей неоднородности, рекомендуется при сравнении геологических образований, имеющих отличия по спектру изученных элементов, нормировать величины их ДГС и ВГС на показатели тех же пород Земной коры, оцененных по соответствующему перечню элементов (Гаврилов, Поцелуев, 2005).

Геохимический спектр геологических образований включает 92 элемента, от H до U. Из этого перечня достоверно известно о среднем содержании в верхней части Земной коры 70 элементов. Данные элементы по уровню накопления можно условно разделить на пять групп (в скобках показан условный номер элемента в группе; в I и II группах дана сквозная нумерация; элементы в пределах группы расположены в порядке увеличения атомной массы):

- I группа – элементы с содержанием от n до $0,1n$ %: (O (2), Na (4), Mg (5), Al (6), Si (7), P (8), K (11), Ca (12), Ti (13), Fe (15));
- II группа – с содержанием $0,01n$ %: (C (1), F (3), S (9), Cl (10), Mn (14), Rb (16), Sr (17), Zr (18), Ba (19));
- III группа – к ней отнесены элементы с содержанием $0,001n$ %: (Li (1), B (2), N (3), Sc (4), V (5), Cr (6), Co (7), Ni (8), Cu (9), Zn (10), Ga (11), Y (12), Nb (13), La (14), Ce (15), Nd (16), Pb (17), Th (18));
- IV группа – элементы с содержанием $0,0001n$ %: (Be (1), Ge (2), As (3), Br (4), Mo (5), Sn (6), Cs (7), Pr (8), Sm (9), Gd (10), Dy (11), Er (12), Yb (13), Hf (14), Ta (15), W (16), U (17));
- V группа – все оставшиеся элементы с содержанием $0,00001n$ % и менее: (Se (1), Pd (2), Ag (3), Cd (4), In (5), Sb (6), I (7), Eu (8), Tb (9), Ho (10), Tm (11), Lu (12), Au (13), Hg (14), Tl (15), Bi (16)).

В каждой группе обособились элементы, которые в различных породных разностях в десятки раз увеличивают значения комплексных показателей (табл. 2). Высокая индикаторная роль этих элементов в решении вопросов ру-

догенеза, широкая возможность их использования при прогнозировании и поисках различных месторождений и, в первую очередь, благородно- и редкометалльных, подчеркиваются во многих опубликованных работах.

Таблица 2

Элементы, вносящие основной вклад в величину ДГС и ВГС в группах

Породы	Группы				
	I	II	III	IV	V
	Элементы				
Ультраосновные	Mg	–	Cr, Co, Ni	–	Pd
Основные	Mg	–	Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu	–	Pd
Средние	Mg	–	Sc	Sm, Gd	Eu, Tb, Ho
Кислые	Mg	–	N	–	Pd
Осадочные	–	C, S	B, N	As	Sb

В результате комплексного анализа геолого-геохимической информации был сделан вывод о том, что при сравнении геологических образований и обработке данных геохимических поисков, оценку неоднородности геохимического спектра рекомендуется проводить по следующим группам элементов:

1. Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, P, K;
2. Rb, Sr, Zr, Ba, Li, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Y, Nb, Pb, Th, Be, Ge, Mo, Sn, Cd, Cs, Hf, Ta, W, U;
3. La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu;
4. As, Se, Pd, Ag, In, Sb, Au, Hg, Tl, Bi.

Рекомендуется показатели неоднородности геохимического спектра использовать в качестве критерия рудоносности при прогнозно-поисковых работах на гидротермально-метасоматические рудоносные образования (Au, Cu-Mo, Sn, Ag, Pt и др.).

2. В Центрально-Мартайгинской структурно-формационной подзоне неоднородность геохимического спектра стратифицированных и магматических пород возрастает от ранних (отложения пассивной континентальной окраины и образования задугового окраинного моря) к более поздним (рифтогенные внутриплитные) образованиям. В пределах каждого геодинамического этапа развития структурно-формационной подзоны месторождения благородных, редких и радиоактивных металлов проявляют связь с геологическими образованиями, характеризующимися более высокой степенью неоднородности геохимического спектра.

Кузнецкий Алатау, куда входит Центрально-Мартайгинская СФП (рис. 2), представляет собой аккреционно-коллизционную структуру, образованную на периферии Сибирской платформы в результате эволюции Палеоазиатского океана (Зоненшайн и др., 1990; Берзин, 1995, 1996).

Стратифицированные образования Центрально-Мартайгинской СФП, сформировавшиеся в различных геодинамических обстановках характеризуются крайне высокой дифференцированностью геохимического спектра. В целом, прослеживается тенденция изменения показателей неоднородности гео-

химического спектра в ряду (по возрастанию): отложения пассивной континентальной окраины → островодужные → рифтогенные внутриплитные геологические образования (табл. 3).

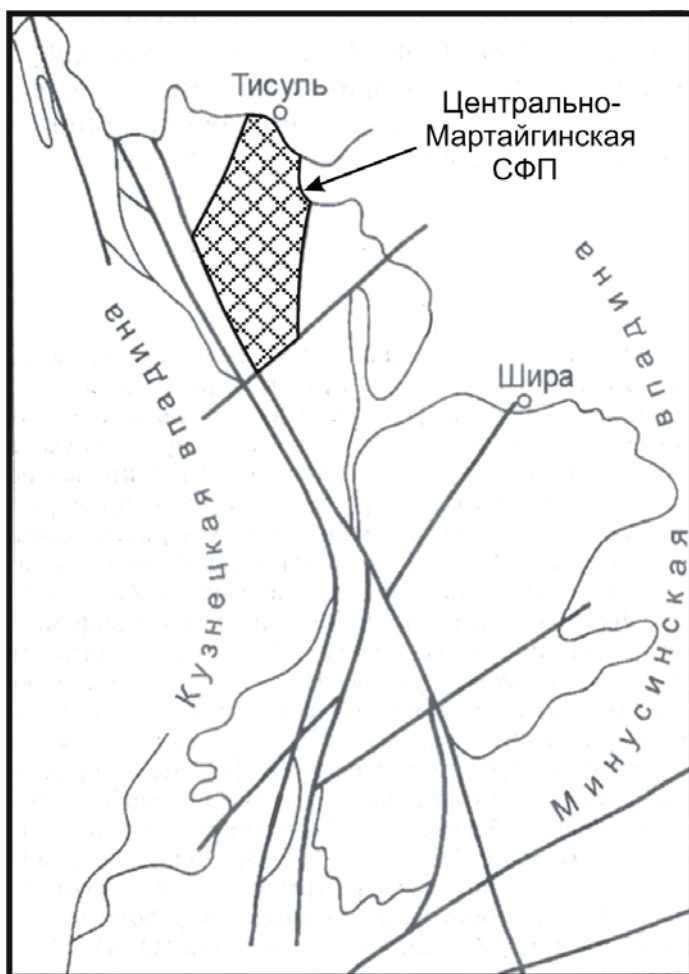


Рис. 2. Схема расположения Центрально-Мартайгинской структурно-формационной подзоны (по Л.В. Алабину, 1983).

Образования, сформировавшиеся в условиях пассивной континентальной окраины, характеризуются невысокими значениями показателей неоднородности. Лишь отложения амарской свиты (Vam) и пезасской серии (R_3-V_{pz}) отличаются резко повышенными значениями показателей неоднородности. Это, очевидно, обусловлено сносом более неоднородного по составу вещества в бассейн осадконакопления и последующими эпигенетическими процессами. С геологическими образованиями данного этапа развития региона связаны проявления марганца и фосфора.

Стратифицированные геологические образования, сформированные в островодужной геодинамической обстановке, в целом, характеризуются более высокими значениями показателей неоднородности $ДГС_n$ до 3,9 ед., $ВГС_n$ до 1,2 ед. С данными стратифицированными образованиями обнаруживают связь проявления марганца.

Стратифицированные толщи, образовавшиеся в рифтогенной внутриплитной геодинамической обстановке, отличаются крайне высокими значениями показателей неоднородности геохимического спектра, достигающих значений $ДГС_n$ до 6,8 ед., $ВГС_n$ до 2,0 ед. С образованиями данных свит выявляют связь месторождения урана (Скалистое и Светлое) и проявления урана и меди.

Магматические комплексы Центрально-Мартайгинской СФП, сформировавшиеся в различных геодинамических условиях (рис. 1), характеризуются высокой степенью неоднородности геохимического спектра (табл. 4). В целом, наблюдается изменение показателей неоднородности геохимического спектра в ряду (по возрастанию): задуговые окраинного моря → островодужные → коллизионные → рифтогенные внутриплитные геологические образования.

Таблица 3

Геохимическая характеристика и нормированные значения показателей неоднородности геохимического спектра стратифицированных образований Центрально-Мартайгинской СФП

Геодинамическая обстановка	Свита, серия, толща	Геохимическая специализация ($KK \geq 1,5$)	Кол-во проб	ДС _n	ВГС _n
Рифтогенная внутренне-плитная	Палатнинская свита (D _{1pl})	Be (7,2), Zr (4,1), As (3,4), Ba (1,7), Yb (1,6), Y (1,5)	7	5	0,8
	Берешская толща (D _{1br})	Mo (3)	—*	—	—
	Базырская толща (D _{1bz})	Mo (13,5), Co (4), Pb (2,3), Y (1,6)	11	6,8	2,0
	Устькундусуюльская свита (D _{1uk})	Mn (215), Co (49), Ni (15), Sr (13), As (8), Cu (7,3), Be (4,4), P (4), V (4), Ti (3,2), Cr (2), Zn (1,6), Zr (1,5)	122	4,6	0,7
Островодужная	Берикульская свита (Є _{2br})	Be (6), As (3,6), Zr (2,2), Ba (2,2)	390	1,8	1,2
	Устькундатская свита (Є _{1uk})	Ba (20,1), Cu (6,6), Zr (4,1), Ti (2,5), Cr (2,1)	184	0,5	0,6
	Чумайская свита (V–Є _{1čm})	Be (5), As (3,3), Yb (1,5), Y (1,5)	349	2	0,7
	Устьянзасская свита (V–Є _{1un})	Ba (13), Cu (8,3), As (6,2), Be (4,9), Zr (4,7), Ti (3,1), Cr (2,4)	349	3,9	0,8
Пассивной континентальной окраины	Усинская свита (Є _{1us})	Ba (24,5), Cu (6,3), Zr (5,1), Ti (1,6)	214	0,7	0,6
	Растайская свита (Vrs)	Cu (7), Zr (2,9)	160	0,7	0,9
	Амарская свита (Vam)	Cu (43), Ba (33,8), Ni (22), Be (18,4), Mo (13), Sc (9,8), Mn (9,6), As (7,5), Sr (6,1), Co (4,6), P (4,3), V (4), Ti (2,3)	41	8,5	0,9
	Малорастайская свита (R ₃ –Vmr)	Ba (12,4), Cu (7,3), Zr (3,2)	80	0,9	0,8
	Прокопьевская свита (R _{3pr})	Ba (10,2), Cu (7), Zr (2,5)	26	0,4	1,8
	Пезасская серия (R ₃ –Vpz)	Ba (16,3), Cu (8,3), Zr (5,0)	290	1,6	1,1

*— нет данных

К образованиям задугового окраинного моря относятся терсинский дунит-гарцбургитовый ($\sigma, \nu\sigma R_3$ –Є_{1t}) и московкинский перидотит-пироксенит-габбровый ($\nu\sigma, \nu, \nu\sigma R_3$ –Є_{1ms}) комплексы, с которыми обнаруживают связь проявления железа, никеля, хрома, золота.

Таблица 4

Геохимическая характеристика и нормированные значения показателей неоднородности геохимического спектра магматических образований Центрально-Мартайгинской СФП

Геодинамическая обстановка	Комплекс	Геохимическая специализация ($KK \geq 1,5$)	Кол-во проб	ДГС ⁿ	ВГС ⁿ
Рифтогенная внутриплитная	Чебулинский щелочногранит-субщелочногранитный гиабиссальный комплекс ($\epsilon\gamma C-P\check{c}$)	Bi (70), Ta (55), Mo (22), Be (9,1), U (7), Nb (6,5), Sb (5,6), Li (4,9), Pb (2,7), Th (2,3), Cu (1,9)	16	82	2,4
	Среднедевонские дайки долеритов, микрогаббро, лампрофиров (mvD_2)	Zr (16), Be (7), As (3,4), Yb (2,6), Ba (2,2), Mo (1,9), Y (1,8), Co (1,7)	23	2,1	1,4
	Карататский щёлочно-сиенитовый комплекс ($Eq\check{\xi}D_1k$)	Cr (28), Cu (6), Ni (5,3), Mo (5,2), Co (3,6), Cs (3,6), Pb (1,5)	228	3,1	1,6
	Базырско-ашпанский трахиандезит-тефрит-трахит-трахибазальтовый комплекс ($\epsilon^m v; E^m v; \beta; \tau\beta, \xi\pi, \tau\pi D_1ba$)	Be (3,5), As (2,8), Mo (2,7), Zr (2,4)	148	1,3	1,2
	Горячегорский щелочно-габброидный гиабиссальный комплекс ($Ei, Ev, Ev_2, Ev_4, \phi\xi_5 D_1g$)	Mo (19,2), Pb (3,4), Li (2), As	61	19,6	3
Коллизийная	Карнаюльский граносиенит-субщелочномеланогранитовый комплекс ($\epsilon\gamma\delta^1_{1, \epsilon m\gamma^2_{1, \epsilon\gamma_2} \epsilon_3-O_1k$)	As (2,8), Sn (2,5), Mo (2,5), Be (1,6), Zr (1,5), Ni, Co	176	1,4	1,5
	Малодудетский монцогаббро-монцодиоритовый комплекс ($mv_1, \mu g\mu, \xi_3 \epsilon_3 md$)	Sn (4,1), Mo (3,2), Be (2,5), As (2,3), Co (1,6), Y (1,6), Zr (1,5)	304	1,2	1,0
	Мартайгинский габбро-диорит-гранодиоритовый комплекс ($v, \delta, \gamma\delta \epsilon_3 m$)	As (8), Be (5), Ni (3,2), Cu (2,3), Mo (2,1), Co (1,5)	132	16,2	2,6
Островодужная	Таскыльский пироксенит-габбровый комплекс ($v\epsilon_2 t$)	Sr	211	0,5	0,8
	Берикульский риодацит-базальт-трахибазальтовый комплекс ($\beta\epsilon_2 br$)	Be (5,8), Zr (3), Ba (2,4), As (2,4)	142	1,3	1,2
	Раннекембрийские плагиограниты ($p\gamma \epsilon_1$)	Mo (5,2), Sn (3,5), Ni (1,5), Ti, Cr, Mn, Co, Cu	102	5,5	1,8
	Кундусуюльский габбро-диорит-диабазовый комплекс ($v, \delta, \beta\epsilon_1 k$)	Co (2,1), Y (1,6), As (1,5), Sc, W, Bi	56	1,6	1,1
	Устьянзасский трахит-трахибазальт-базальтовый комплекс ($\beta, \lambda\pi, \zeta V-\epsilon_1 un$)	Be (5), Ba (3,2), As (3), Zr (1,9)	58	0,8	1
Задуговая окраинного моря	Московкинский перидотит-пироксенит-габбровый комплекс ($v\sigma, v, v\epsilon_1 ms$)	Mo (12,5), Pb (11), Sr (6), Ti (4,5), V (3), Cu (3), Yb (2,2), Nb, Li, Rb, Cs, W	176	0,5	1,0
	Терсинский дунит-гарцбургитовый комплекс ($\sigma, v\sigma R_3-\epsilon_1 t$)	Ba (16), Zn (3,5), Pb (2,9)	16	1,5	0,9

Магматические комплексы, сформировавшиеся в геодинамических условиях островодужного типа, имеют наиболее низкие значения показателей неоднородности геохимического спектра, которые варьируют в пределах: $ДГС_n$ от 0,5 ед. до 5,5 ед., $ВГС_n$ от 0,8 ед. до 1,8 ед. С данными геологическими образованиями проявляют связь проявления титана, железа, золота.

Коллизионный этап развития региона характеризуется более высокими значениями показателей неоднородности с колебаниями значений: $ДГС_n$ от 1,2 ед. до 16,2 ед., $ВГС_n$ от 1,0 ед. до 2,2 ед. С комплексами, сформировавшимися в этот период времени, связаны месторождения золота (Центральнинское, Кундатское, Комсомольское и др.) и проявления золота, железа, меди, молибдена.

Самыми высокими значениями показателей неоднородности отличаются магматические породы, образовавшиеся в рифтогенной внутриплитной обстановке. Значения показателей неоднородности достигают: $ДГС_n$ до 82 ед., $ВГС_n$ до 3 ед. С данными комплексами, в соответствии с их геодинамической позицией, обнаруживают связь месторождения урана (Скалистое и Светлое), редких земель (Южно-Богатырское) и проявления урана, редких земель, молибдена, фосфора и железа.

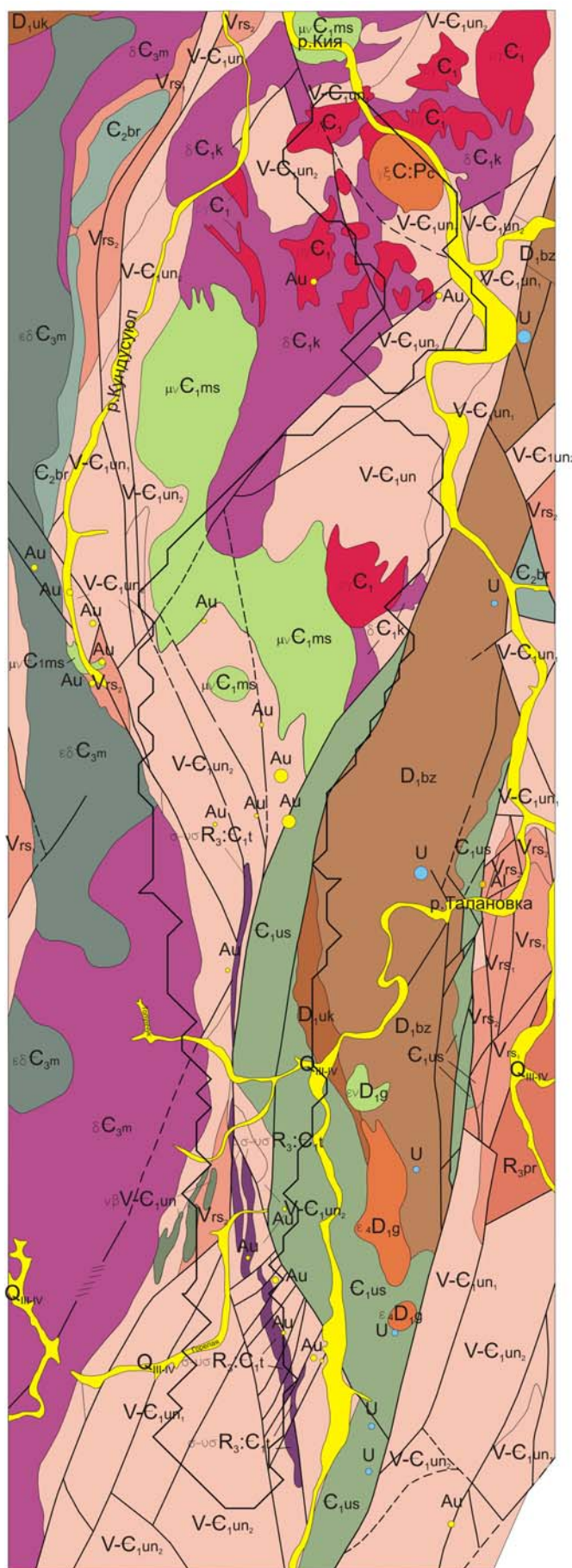
Таким образом, анализируя геохимическую неоднородность геологических образований Центрально-Мартайгинской СФП, необходимо отметить, что выявляется связь месторождений и проявлений благородных, редких и радиоактивных металлов с теми из них, которые характеризуются высокими значениями показателей неоднородности геохимического спектра.

3. На основе выявленных закономерностей изменения неоднородности геохимического спектра в комплексе с другими критериями в пределах Талановско-Богородской зоны выделены участки, на которых рекомендуется постановка детальных поисковых и оценочных работ.

Со времени начала изучения металлогении золота многочисленными исследователями были выявлены основные элементы-спутники золотого оруденения (Булынников, 1948; Билибин, 1959; Шер, 1972, 1974; Щербаков, 1967 и др.). В последние годы появляются новые данные о связи петрогенных элементов с процессами образования золоторудных объектов (Кучеренко, 2005 и др.).

Известные месторождения и проявления золота в пределах Талановско-Богородской зоны (рис. 3) на моноэлементных и мультипликативных схемах распределения содержания выделяются повышенными КК элементов-спутников золотого оруденения, а также аномальными значениями показателей неоднородности геохимического спектра. Данные характеристики были использованы для выделения новых перспективных участков.

В пределах поисковой площади изучен характер распределения меди, свинца, цинка, мышьяка, молибдена, висмута, вольфрама, титана, фосфора, ванадия, олова и бария. В рудных полях месторождений Павловское и Золотая горка, проявления Гореловское наиболее контрастные аномалии представлены основными элементами-спутниками золотого оруденения – свинцом, мышьяком, медью, цинком. Остальные элементы оказались гораздо



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- Q_{III-IV} - Четвертичные отложения
- D_{1bz} - Базырская толща
- D_{1uk} - Устькундусульская свита
- C_{2br} - Берикульская свита
- C_{1us} - Усинская свита
- $V-C_{1un}$ - Устьянзасская свита
- Vrs - Растайская свита
- R_{3pr} - Прокопьевская свита
- $C-Pc$ - Чебулинский комплекс
- D_{1g} - Горячегорский комплекс
- C_{3m} - Мартайгинский комплекс
- C_1 - Раннекембрийские
плагиограниты
- C_{1k} - Кундусульский комплекс
- C_{1ms} - Московкинский комплекс
- $R_{3:C_1t}$ - Терсинский комплекс
- $V-C_1$ - Устьянзасский комплекс
- Контур поискового участка

МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПРОЯВЛЕНИЯ И ПУНКТЫ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Полезные ископаемые	Месторождения	Проявления	Пункты минерализации
Алюминий			
Золото	●	●	●
Уран	●	●	

км 1 0 1 2 3 км

Рис. 3. Геологическая схема и полезные ископаемые Талановско-Богородской зоны (по В.С. Куртигешеву и др., 1985).

менее информативными: они распределены либо относительно равномерно, либо ореолы их аномальных содержаний не проявляют связь с известными объектами.

Для усиления поисковой информативности были рассчитаны мультипликативные показатели ($KK_{Pb} \times KK_{As}$ и $KK_{Cu} \times KK_{Zn}$). Выбор данных элементов был обусловлен как схожестью их геохимических свойств, так и особенностями поведения на изучаемой площади. Эти элементы являются спутниками золотого оруденения. Медь и цинк – типичные халькофилы и высоко подвижны в процессах выветривания. Выбор второго показателя ($KK_{Pb} \times KK_{As}$) обусловлен более устойчивым поведением свинца и мышьяка в условиях гипергенеза (Новиков, 1972).

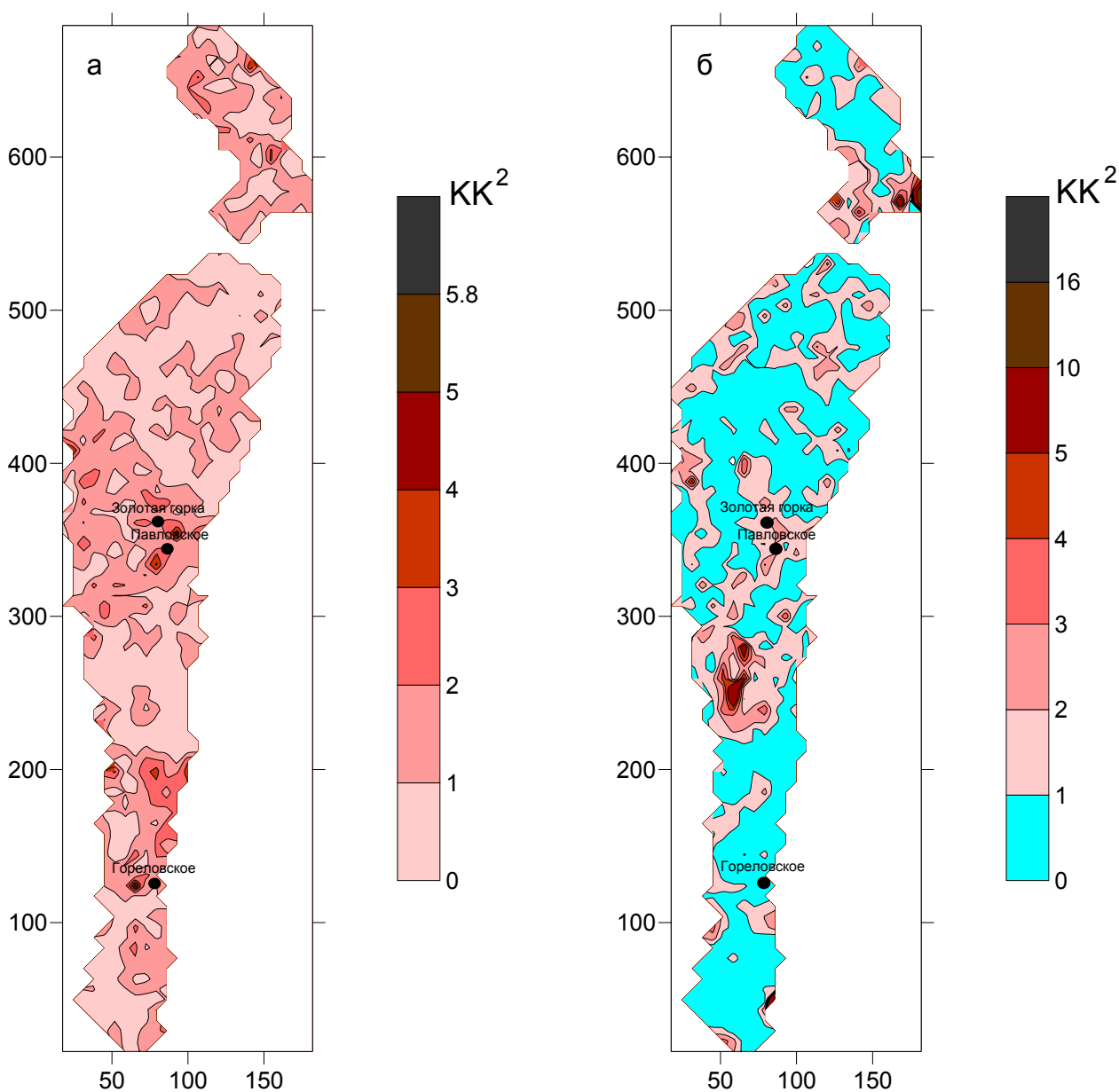


Рис. 4. Распределение значений мультипликативных показателей: а – свинец×мышьяк и б – медь×цинк на Талановско-Богородском участке.

Характер распределения значений данных показателей на поисковой

площади отличается крайней вариабельностью (рис. 4, а, б) и они изменяются от 0,01 до 300 KK^2 для $\text{KK}_{\text{Pb}} \times \text{KK}_{\text{As}}$ и от 0,1 до 16 KK^2 для $\text{KK}_{\text{Cu}} \times \text{KK}_{\text{Zn}}$.

Аномальные значения показателей сопровождают все имеющиеся на площади золоторудные месторождения и проявления. Но по характеру распределения данные МП имеют существенные отличия. Наиболее контрастные аномалии показателей не совпадают друг с другом. Наблюдается практически полное отсутствие значимых содержаний меди и цинка в южной части площади, в то время как здесь проявлены контрастные ореолы свинца и мышьяка, что указывает на интенсивное проявление гипергенных процессов.

Использование комплекса моноэлементных и мультипликативных схем позволило уточнить границы выделенных рудоперспективных участков.

Применение новых подходов к обработке геохимических данных позволит повысить информативность применяемых методов.

В ряде публикаций (Поцелуев и др., 2001, Гаврилов 1998, 2001) показано, что неоднородность геохимического спектра является отражением степени дифференциации вещества. Количественным выражением дифференцированности геологических образований являются показатели неоднородности геохимического спектра. Данные показатели были использованы для оценки геохимической неоднородности геологических образований при поисках различных месторождений полезных ископаемых (Гаврилов, 1998, 1999; Поцелуев и др., 2001).

Значение *дисперсии геохимического спектра* на Талановско-Богородском поисковом участке варьирует в больших пределах: от 0,2 ед. до 300000 ед. (рис. 5, а). Наиболее дифференцированы значения ДГС распределены в центральной части площади. На севере аномальными значениями (ДГС изменяется от 20 ед. до 300 ед.) характеризуются поля распространения пород устьянзасской свиты ($V-E_{1un}$) и раннекембрийских плагиогранитов (prE_1), кундусуюльского габбро-диорит-диабазового ($v,\delta,\beta E_{1k}$) и чебулинского щелочногранит-субщелочногранитного гипабиссального комплексов ($\epsilon\gamma C-R\epsilon$).

В центральной части площади значениями ДГС > 500 ед. характеризуются вторичные ореолы рассеяния, развитые по породам устьянзасской свиты ($V-E_{1un}$), Кундусуюльского массива и мартайгинского габбро-диорит-гранодиоритового комплекса ($v,\delta,\gamma\delta E_{3m}$). В рудном поле месторождения Павловское значение ДГС достигает 65 ед.

В южной части участка аномальные значения ДГС достигают 100 ед. и выше. Они тяготеют к полям развития пород терсинского дунит-гарцбургитового комплекса ($\sigma,\upsilon\sigma R_3:E_{1t}$), растайской (Vrs) и устьянзасской ($V-E_{1un}$) свит.

Вариация геохимического спектра на Талановско-Богородском поисковом участке изменяется от 12 % до 400 % (рис. 5, б). В северной части площади наиболее высокие значения (ВГС достигает 100–200 %) отмечены в полях развития пород устьянзасской свиты ($V-E_{1un}$) и раннекембрийских плагиогранитов (prE_1).

В центральной части площади аномалии со значениями ВГС от 100 % до 300 % приурочены к вторичным ореолам, развитым по породам устьянзасской ($V-E_{1un}$) и усинской (E_{1us}) свит, мартайгинского габбро-диорит-гранодиоритового комплекса ($v, \delta, \gamma \delta E_{3m}$) и раннекембрийских плагиогранитов (prE_1). Рудные поля месторождений Золотая горка и Павловское характеризуются значениями ВГС от 50 % до 150 %.

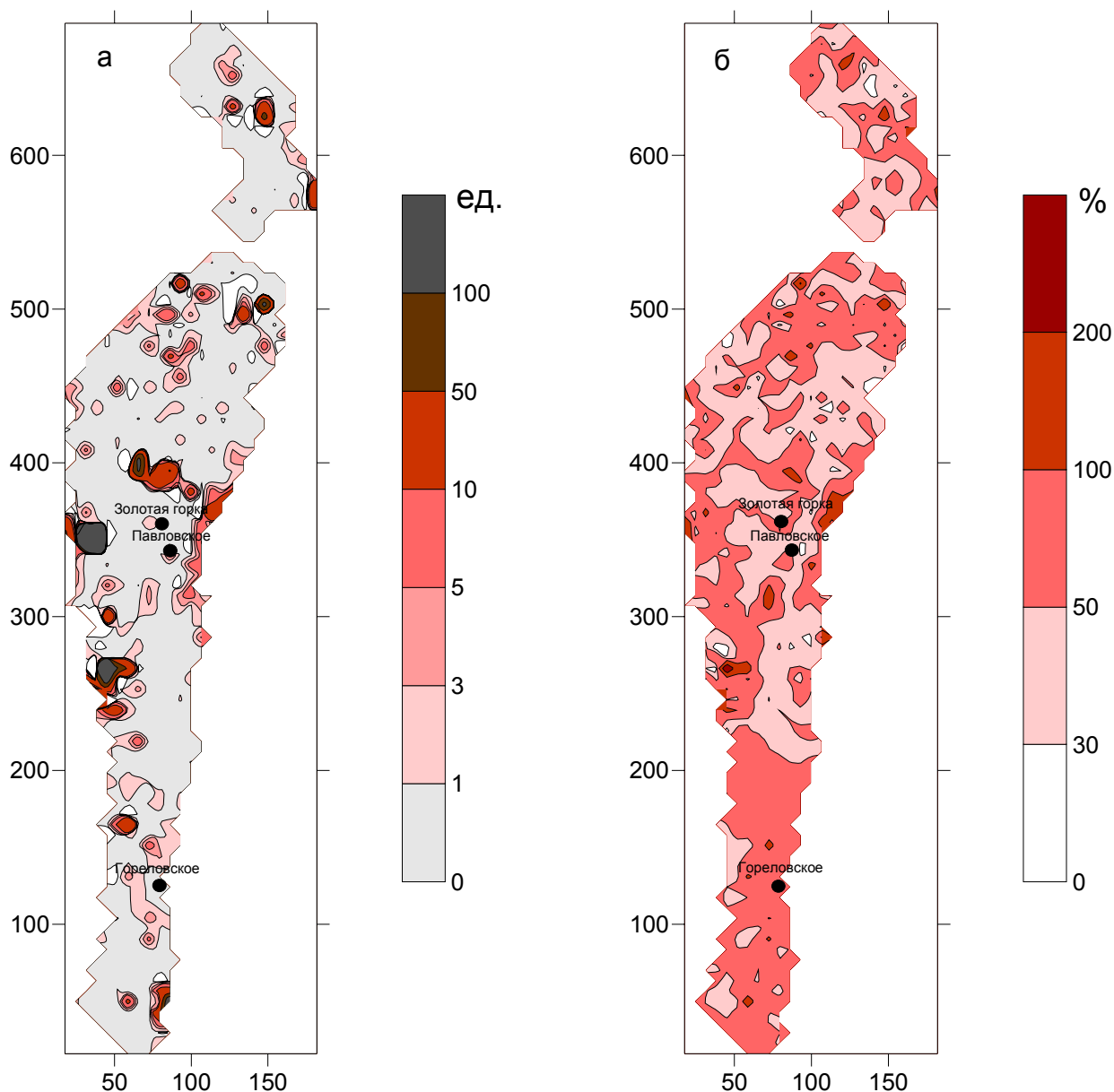


Рис. 5. Распределение значений ДГС (а) и ВГС (б) на Талановско-Богородском участке.

Наиболее дифференцированно распределены значения ВГС в южной части поискового участка. Повышенной ВГС (50–100 %) характеризуются практически все вторичные ореолы рассеяния, расположенные в южной части поисковой площади. Встречаются аномалии со значениями ВГС, достигающими > 100 %; они расположены в полях развития пород устьянзасской свиты ($V-E_{1un}$).

Таким образом, рудные поля месторождений золота характеризуются высокими значениями показателей неоднородности: ДГС достигает 65 ед., ВГС изменяется от 50 % до 150 %. В пределах Талановско-Богородского поискового участка выявлены повышенные содержания элементов-спутников золота и высокие значения мультипликативных показателей, а также показателей неоднородности геохимического спектра. Следовательно, зоны аномальных значений показателей неоднородности, в комплексе с другими поисковыми критериями, могут рассматриваться как перспективные на обнаружение коренных месторождений золота. На Талановско-Богородском поисковом участке аномальные значения КП отмечаются в полях развития пород устьянзасской ($V-E_{1un}$) и усинской (E_{1us}) свит, терсинского дунит-гарцбургитового ($\sigma, \nu\sigma R_3: E_{1t}$) комплексов, раннекембрийских плагиогранитов (prE_1), московкинского перидотит-пироксенит-габбрового ($\nu\sigma, \nu, \nu E_{1ms}$) и мартайгинского габбро-диорит-гранодиоритового ($\nu, \delta, \gamma \delta E_{3m}$) комплексов.

В результате комплексного геолого-геохимического анализа в пределах Талановско-Богородской зоны были выделены следующие участки:

Глуховской, в пределах которого породы подвержены интенсивным преобразованиям: окварцеванию, альбитизации, ороговикованию, скарнированию и др.

Татьянинский участок характеризуется схожим геологическим строением. В его строении принимают участие породы устьянзасской свиты ($V-E_{1un}$) и Кундусуюльского массива. В левобережье речки Татьяненки, левого притока р. Кии, в раннекембрийских плагиогранитах, контактирующих с мраморизованными известняками и углеродисто-кремнисто-глинистыми сланцами устьянзасской свиты, выявлено 6 кварцевых жил с пиритом, халькопиритом, сфалеритом и галенитом. Одна из них мощностью 0,5 м и с содержанием золота 12,3 г/т отработана по простиранию до 100 м и на глубину до 30 м (Алабин, 1999).

Участок *Первомайский* приурочен к Кундат-Кудусуюльской рудной зоне. Золоторудная зона сложена известняками, брекчированными известняками, доломитами, актинолит-альбит-серицит-хлоритовыми сланцами, рассланцованными базальтовыми порфиритами, туфопесчаниками, чередующимися с углеродистыми известняками, песчано-алевролит-кремнистыми сланцами ($V-E_{1un}$).

В пределах терсинского ультрамафического комплекса ($\sigma, \nu\sigma R_3: E_{1t}$), мартайгинского габбро-диорит-гранодиоритового комплекса ($\nu, \delta, \gamma \delta E_{3m}$) и устьянзасской свиты ($V-E_{1un}$) расположены аномальные содержания элементов спутников золотого оруденения и комплексных показателей на *Право-Троицком* участке. В экзоконтакте тела серпентинитов в окварцованных сланцах выявлено проявление золота с содержанием, достигающим 6 г/т (Колемейцев, 1969).

Геологическое строение *Гореловского* участка аналогично Первомайскому с тем лишь различием, что в нем интенсивно развиты перидотиты и серпентиниты. В рудном поле известно несколько кварцевых жил, распространены вторичные кварциты с сульфидами, зоны окварцевания с многочисленными

кварцевыми прожилками с сульфидами в мраморизованных известняках и в углеродисто-кремнисто-глинистых сланцах.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования геохимической неоднородности геологических образований позволили сделать следующие выводы.

1) В процессе дифференциального перемещения вещества происходит изменение общего характера геохимического спектра геологических образований. Этот процесс отражается на увеличении показателей неоднородности геохимического спектра.

2) На изменение величины ДГС и ВГС горных пород значительно влияют отдельные элементы. В ультраосновных породах – Mg, Co, Cr, Ni; в основных – Mg, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Pd; в средних – Mg, Sm, Gd, Eu, Tb, Ho; в кислых – Mg, N, Pd; в осадочных – C, S, B, N, As, Sb.

3) Рекомендуются при сравнении геологических образований и обработке данных геохимических поисков оценку неоднородности геохимического спектра проводить отдельно по следующим группам элементов:

1. Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, P, K;
2. Rb, Sr, Zr, Ba, Li, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Y, Nb, Pb, Th, Be, Ge, Mo, Sn, Cd, Cs, Hf, Ta, W, U;
3. La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu;
4. As, Se, Pd, Ag, In, Sb, Au, Hg, Tl, Bi.

4) В геологических образованиях Центрально-Мартайгинской СФП показатели неоднородности геохимического спектра возрастают от древних образований к молодым. В стратифицированных: отложения пассивной континентальной окраины → островодужные → рифтогенные внутриплитные геологические образования. В магматических: задуговые окраинного моря → островодужные → коллизионные → рифтогенные внутриплитные геологические образования.

5) С геологическими образованиями, характеризующимися высокой степенью геохимической неоднородности проявляют связь месторождения и проявления благородных, редких и радиоактивных металлов.

6) В результате проведенного комплексного анализа геологических и геохимических данных установлено, что в пределах Талановско-Богородской зоны известные месторождения золота выделяются в моноэлементных и мультипликативных ореолах элементов-спутников золотого оруденения, показателях неоднородности геохимического спектра, что было использовано для выделения новых перспективных участков. В порядке очередности постановки детальных поисково-оценочных работ в пределах Талановско-Богородской зоны выделены рудоперспективные участки первой (Первомайский, Гореловский, Право-Троицкий) и второй очереди (Татьянинский и Глуховской).

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. **Гаврилов Р. Ю.** Комплексные показатели дисперсии и вариации геохимического поля как поисковые критерии уранового оруденения / Р. Ю. Гаврилов // Проблемы геологии и освоения недр : Материалы докл. Вт. Международ. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых им. акад. М. А. Усова. – Томск : Изд-во НТЛ, 1998. – С. 160–162.
2. **Гаврилов Р. Ю.** Исследование пространственных вариаций геохимических ассоциаций элементов на основе корреляционных методов анализа / Р. Ю. Гаврилов // Проблемы геологии и освоения недр : Тр. Четвертого Международ. симпоз. им. акад. М. А. Усова студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках российской науч.-социал. прогр. для молодежи и школьников «Шаг в будущее», посвященного 100-летию со дня открытия Томского политехн. ун-та и 300-летию горно-геологической службы России. – Томск : Изд-во НТЛ, 2000. – С. 468.
3. Поцелуев А. А. Показатели неоднородности геохимического спектра как критерии рудоносности (на примере полей редкометалльных месторождений) / А. А. Поцелуев, **Р. Ю. Гаврилов** // Изв. Томск. политехн. ун-та. : Геология, поиски и разведка полезных ископаемых Сибири. – Томск : Изд-во НТЛ, 2001. – Т. 304, вып. 1. – С. 209–217.
4. **Гаврилов Р. Ю.** Использование показателей неоднородности геохимического спектра при прогнозно-поисковых работах / Р. Ю. Гаврилов // Актуальные вопросы геологии и минералогии юга Сибири : Материалы науч.-практ. конф., 31 окт.–2 нояб. 2001 г., пос. Елань, Кемеровской обл. / Редкол.: А. Г. Владимиров (гл. ред.) и др. Новосибирск : Изд-во ИГиЛ СО РАН, 2001. – С. 46–47.
5. Поцелуев А. А. Показатели дисперсии и вариации геохимического спектра как критерии неоднородности геохимического поля / А. А. Поцелуев, И. И. Быстров, **Р. Ю. Гаврилов** // Прикладная геохимия : Сб. ст. : Прогноз и поиски. – М. : ИМГРЭ, 2002. – Вып. 3. – С. 419–428.
6. **Гаврилов Р. Ю.** Неоднородность геохимического спектра магматических образований / Р. Ю. Гаврилов // Новые идеи в науках о Земле : Материалы докл. VI междунар. конф. – М., 2003. – Т. 2, S-IV. – С. 11.
7. **Гаврилов Р. Ю.** Неоднородность геохимического спектра магматических образований центральной части Кузнецкого Алатау / Р. Ю. Гаврилов // Вестник Томского гос. ун-та : Материалы науч. конф. «Проблемы геологии и географии Сибири», 2–4 апреля 2003 г. – Томск : Изд-во ТГУ, 2003. – С. 46–48.
8. **Гаврилов Р. Ю.** Неоднородность геохимического спектра осадочных образований западной части АССО / Р. Ю. Гаврилов // Современные проблемы геологии, минерализации и комплексного освоения месторождений полезных ископаемых Большого Алтая : Материалы II междунар. науч.-техн. конф., 3–6 июня 2003 г. Ч. 1 / ВКТТУ. – Усть-Каменогорск, 2003. – С. 156.
9. **Гаврилов Р. Ю.** Неоднородность геохимического спектра пород Верхнеяковлевского массива / Р. Ю. Гаврилов // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири : Материалы науч. конф., посвященной 100-

летию профессора Томск. политехн. ун-та П. А. Удодова. – Томск : Изд-во ТПУ, 2003. – С. 146–149.

10. **Гаврилов Р. Ю.** Геохимическая неоднородность и рудоносность геологических образований Северо-Западной части Кузнецкого Алатау/ Р. Ю. Гаврилов // Тр. Восьмого междунар. науч. симпоз. студентов, аспирантов и молодых ученых им. Акад. М. А. Усова. – Томск : Изд-во НТЛ, 2004. – С. 183–185.

11. **Гаврилов Р. Ю.** Методические аспекты оценки неоднородности геохимического спектра геологических образований / Р. Ю. Гаврилов, А. А. Поцелуев // Известия Томск. политехн. ун-та – 2005. – Т. 308, № 5. – С. 40–46.

12. **Гаврилов Р. Ю.** Неоднородность геохимического спектра и методика ее оценки / Р. Ю. Гаврилов, А. А. Поцелуев // Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд : Материалы науч. конф. (3–7 октября 2005 г., Иркутск). – Иркутск : Изд-во ин-та географии СО РАН, 2005. – Т. 2. – С. 73–76.