

УДК 550.84:553.7

© 2008 г. **Б.И. Шестаков**, канд. геол.-мин. наук  
(Амурский государственный университет, Благовещенск)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМАЦИОННОГО ТИПА ЗОЛОТОРУДНОГО ОБЪЕКТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В работе рассматриваются некоторые результаты гидрогеохимических поисков и связанная с этим проблема определения формационного типа золоторудного объекта.

### **Введение**

Возрастающая необходимость расширения сырьевой базы золотодобывающих предприятий, которые испытывают в настоящее время нехватку не только запасов, но и прогнозных ресурсов рудного золота, требует применения глубинных методов поисков рудных месторождений. Особенно это касается южной части Дальнего Востока, в значительной мере перекрытой мощным чехлом рыхлых отложений, что еще более повышает значение глубинных методов поисков, в том числе и гидрогеохимического.

Вопрос гидрогеохимических поисков и связанная с этим проблема определения формационного типа золоторудного объекта чрезвычайно важны для дальнейших поисковых и оценочных работ, так как дают представление о форме рудных тел, составе рудных минералов и сопутствующих компонентов, взаимном расположении рудных тел, приуроченности рудных тел к определенным типам пород и элементам тектоники и др.

Целью работы является сопоставление данных гидрогеохимических исследований золоторудных месторождений Амурской области для получения системы гидрогеохимических характеристик золоторудных месторождений различных формационных типов.

### **Фактический материал**

С 1985 г. по 1992 г. в Амурском отделе Дальневосточного института минерального сырья автор проводил регулярные гидрогеохимические исследования в золотоносных районах Амурской области. Были изучены практически все месторождения и крупные рудопроявления золота региона, а также основные золотороссыпные узлы (более 200 россыпей). Схема расположения объектов гидрогеохимических исследований автора на золотоносных территориях приведена на рис.

1, где 1 – объекты гидрогеохимических исследований; 2 – железные дороги; 3 – водотоки.

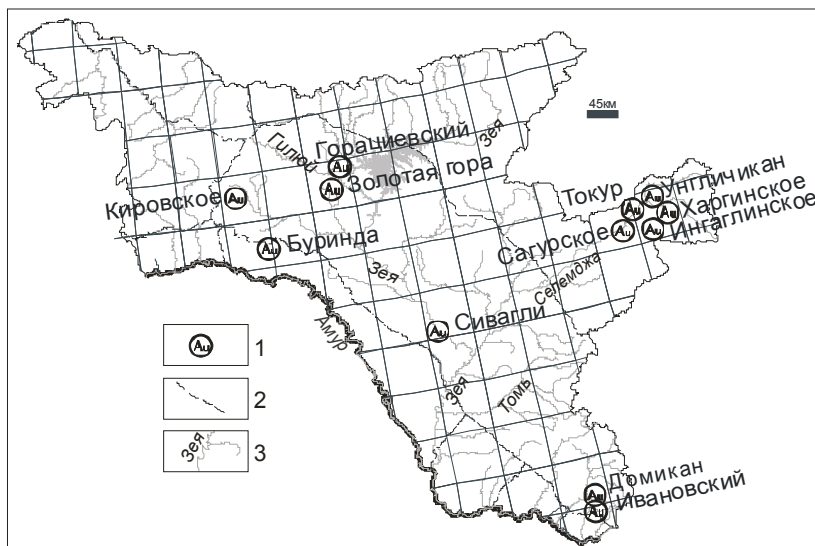


Рис 1. Схема расположения объектов гидрогеохимических исследований, выполненных автором на месторождениях золота Амурской области.

В основу статьи положены материалы исследований автора в Верхнем Приамурье, проводившихся в течение 30 лет, собранные в процессе изучения 11 золоторудных месторождений и рудопроявлений и 4 золотоносных узлов. Произведено 3245 анализов неустойчивых компонентов природных вод непосредственно в точке опробования, проанализировано 3245 концентратов по методу ТПИ из природных вод, проведено 330 нейтронно-активационных и 2580 спектральных анализов на золото концентратов из природных вод на карболене на золото, 1387 спектральных анализов донных проб, 636 спектрохимических анализов геохимических проб коренных пород, 821 СЭС-анализ тонкой фракции аллювия на золото, изучены 651 шлик и 120 шлифов и аншлифов.

### Методика и результаты работ

Из всего разнообразия формационных типов золоторудных месторождений выбраны наиболее контрастные по минеральному составу руд, характеру гидротермалитовых образований, вмещающих пород. Такими формационными типами золоторудных месторождений на территории региона [1] являются березитовая формация (месторождения Кировское, Ингаглинское, уч. Северный), формация апочерносланцевых гидротермалитов (месторождения Тарнахское, уч. Некля), формация апозеленосланцевых-апочерносланцевых гидротермалитов (месторождения Сагурское, Харгинское, Унгличиканское), кварц-пропилитовая (Буриндинское), диафоритовая (месторождение Золотая Гора, уч. Горациевский) и джаспероидная (на территории Республики Саха Куранахское месторождение).

Для обработки результатов гидрогеохимических поисков применены элементы дисперсионного и корреляционного анализов. Из дисперсионного анализа использована система расчета дисперсий и их оценки, корреляционная схема применена для сопоставления дисперсионных рядов между собой.

Схема выявления связей следующая:  
 рассчитываются дисперсии содержаний микрокомпонентов;  
 составляются ряды по уменьшению дисперсий;  
 номера дисперсий в рядах по уменьшению дисперсий коррелируются с номерами элементов в рядах по уменьшению контрастностей содержаний элементов, чем устанавливается соответствие дисперсий с прямым признаком аномалий – контрастностью;  
 ряды по дисперсиям на месторождениях различных формаций сравниваются (коррелируются) между собой.

Пример обработки – расчет дисперсий по Кировскому месторождению – приведен в табл. 1, где представлены статистические характеристики содержания микрокомпонентов в водах (132 пробы).

Таблица 1

Элемент	$C_{\min}$	$C_{\max}$	M	$S^2_m$	S	$S^2_s$	$\Phi$
Cu	0,03	66	0,183	0,068	0,787	0,068	3,051
Pb	0,007	41,4	-0,523	0,075	0,856	0,075	0,604
Zn	0,15	64,5	-0,040	0,070	0,800	0,070	1,82
Ag	0,008	3,2	-1,060	0,061	0,702	0,061	0,197
Mo	0,02	148,4	-1,200	0,077	0,880	0,077	0,126
Ni	0,05	68	-0,900	0,091	1,040	0,091	0,251
Co	0,03	2,8	-1,360	0,061	0,700	0,061	0,09
As	0,3	532	0,439	0,099	1,140	0,099	1,38
Sb	0,8	610,9	-0,300	0,096	1,100	0,096	1
Bi	0,02	39,2	-1,840	0,101	1,160	0,101	0,029
Sn	0,05	25	-1,080	0,085	0,980	0,085	0,166
Ti	0,15	327,6	1,144	0,048	0,553	0,048	54,4
Mn	0,14	1141	1,254	0,056	0,638	0,056	35,9
V	0,05	20,7	-0,320	0,066	0,760	0,066	0,96
Cr	0,02	8,6	-0,116	0,064	0,740	0,064	1,53
Zr	0,18	193,2	0,403	0,039	0,449	0,039	5,06
Au	0,001	0,28	-1,200	0,063	0,721	0,063	0,126

*Примечание.*  $C_{\min}$  – минимальное содержание элемента, мкг/л;  $C_{\max}$  – максимальное содержание элемента, мкг/л; M – среднее арифметическое логарифмов содержаний;  $S^2_m$  – дисперсия ошибки расчета этого среднего; S – стандартное отклонение логарифма содержаний;  $S^2_s$  – дисперсия ошибки расчета этого отклонения;  $\Phi$  – фоновое содержание элемента, мкг/л; мнк – метод наименьших квадратов.

Например, дисперсионный ряд по Кировскому месторождению имеет вид:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Bi	As	Sb	Ni	Sn	Mo	Pb	Zn	Cu	Bi	As	Sb	Ni	Sn	Mo	Pb	Zn
1,16	1,14	1,10	1,04	0,98	0,88	0,86	0,80	0,79	1,16	1,14	1,10	1,04	0,98	0,88	0,86	0,80

Эти ряды были сопоставлены с помощью рангового анализа с контрастностью содержаний элементов в водах, которая прямо зависит от содержаний элементов рудах [2]. Пример сопоставления приведен в табл. 2, где  $r$  – коэффициент ранговой корреляции.

Корреляция между рядами контрастностей всегда очень высокая, что дает возможность считать дисперсионные ряды интегральной гидрогеохимической ха-

рактикой содержаний в водах для каждого месторождения.

Таблица 2

Элемент	№ в ряду по дисперсиям	№ в ряду по уменьшению контрастностей, аномальные участки					Средний номер по контрастности
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 6	
Bi	1	1	1	1	1	1	1
As	2	2	2	2	2	0	1,66
Sb	3	3	3	7	3	2	4,2
Ni	4	4	9	5	0	5	3,6
Sn	5	0	10				6,6
Mo	6	9	8	3	5	3	5,4
Pb	7	8	7	8		4	5,2
Zn	8	7	5	4	4	6	6,5
Cu	9	5	6	9			
V	10						
Cr	11						
Au	12						
Ag	13	10	4	10		8	
Co	14	6	6			7	
Mn	15						
Ti	16						
Zr	17						
г		0,67	0,519	0,637	0,867	0,789	0,910

*Примечание.* Г<sub>б</sub>, Г<sub>з</sub>, Г<sub>ч</sub>, Г<sub>д</sub>, Г<sub>п</sub>, Г<sub>дж</sub> – корни квадратные из дисперсий содержаний элементов в водных потоках соответственно березитовой, апозеленосланцевой, апочерносланцевой, диафторитовой, кварц-пропилитовой и джаспероидной формаций.

Заключительный этап обработки материала – сопоставление дисперсионных рядов содержаний элементов в водах различных месторождений Амурской области между собой. Результаты обработки приведены в табл. 3, где отражено сравнение дисперсионных рядов различных гидротермалитовых формаций.

Таблица 3

	Г <sub>б</sub>	Г <sub>з</sub>	Г <sub>ч</sub>	Г <sub>д</sub>	Г <sub>п</sub>	Г <sub>дж</sub>
Cu	0,792	0,679	0,880	1,010	0,526	0,764
Pb	0,770	1,052	1,074	0,623	0,643	0,616
Zn	0,845	1,507	0,717	0,943	1,116	0,911
Ag	0,662	0,762	2,242	0,542	0,746	0,592
Ni	0,723	0,710	1,871	0,516	0,455	0,668
Co	0,921	1,529		1,134	0,547	0,471
As		1,512			0,978	1,266
Sb	1,150	1,621	0,641		0,476	0,149
Bi	1,140	1,280			0,463	0,607
Sn	0,769	0,837	1,174		0,960	0,650
Ba		1,217	0,837		0,991	0,975
Sr			0,912	0,748		
Ti	0,773	0,979	0,966	0,818	0,677	0,557
Mn	0,661	0,921	0,984	0,704	0,846	0,839
V	0,840	1,129	0,631	0,557	0,468	0,603
Cr	0,841	1,821	0,667	0,561	0,571	0,505
Zr		1,032		1,184	1,021	1,346
Au	0,608	0,890	0,482		0,622	0,249

Значения матрицы корреляции для табл. 3. представлены в табл. 4.

Таблица 4

	$\Gamma_b$	$\Gamma_z$	$\Gamma_{\text{ч}}$	$\Gamma_d$	$\Gamma_{\text{п}}$	$\Gamma_{\text{дж}}$
$\Gamma_b$	1					
$\Gamma_z$	0,643	1				
$\Gamma_{\text{ч}}$	-0,380	-0,549	1			
$\Gamma_d$	0,544	0,140	-0,451	1		
$\Gamma_{\text{п}}$	-0,370	0,034	-0,009	0,425	1	
$\Gamma_{\text{дж}}$	-0,302	-0,061	0,181	0,521	0,713	1

*Примечание.*  $\Gamma_b$ ,  $\Gamma_z$ ,  $\Gamma_{\text{ч}}$ ,  $\Gamma_d$ ,  $\Gamma_{\text{п}}$ ,  $\Gamma_{\text{дж}}$  – корни квадратные из дисперсий содержаний элементов в водных потоках соответственно березитовой, апозеленосланцевой, апочерносланцевой, диафторитовой, кварц-пропилитовой и джаспероидной формаций.

Сопоставление дисперсионных рядов (табл. 1), дает достаточно ясную картину. Эти ряды, как показано выше, в основном отражают состав сульфидов рудных тел. Поэтому сравнение дисперсионных рядов апочерносланцевой формации с диафторитовой, апозеленосланцево-апочерносланцевой и березитовой показывает их резкое различие (коэффициенты корреляции дисперсий – соответственно -0,250; -0,485; -0,380). Та же картина наблюдается и при корреляции по номерам в рядах (коэффициенты корреляции -0,423; -0,501; -0,063). Ряды березитовой и апозеленосланцевой формаций обнаруживают отчетливое сходство (коэффициенты корреляции 0,719), что связано с близким их минеральным составом (арсенопирит, антимонит, шеелит, галенит, сфалерит). Достаточно высокий коэффициент корреляции получен и для рядов месторождений диафторитовой и березитовой формаций, но они резко различаются по контрастности водных потоков рассеяния. Для березитовой формации характерны контрастности в тысячи и сотни фоновых содержаний, а для диафторитовой – в десятки фоновых содержаний.

Дисперсионные ряды микрокомпонентов в водах для всех изученных формационных типов золоторудных месторождений приведены в табл. 5.

Таблица 5

<b>Б</b>	<b>З</b>	<b>Ч</b>	<b>Д</b>	<b>П</b>	<b>Дж</b>
Sb	Sb	Ag	Zr	Zn	Zr
Bi	Co	Ni	Co	Zr	Co
Co	As	Sn	Sn	Ba	Sr
Zn	Zn	Pb	Zn	As	V
Cr	Bi	Mn	Sr	Sn	Cr
V	Ba	Ti	Ti	Mn	As
Cu	V	Sr	Ba	Ag	Ti
Pb	Pb	Cu	Mn	Ti	Pb
Sn	Zr	Ba	Pb	Pb	Ni
Ti	Ti	Zn	Cr	Au	Mn
Ni	Mn	Cr	V	Cr	Ba
Mn	Au	Sb	Ag	Co	Ag
Ag	Sn	V	Ni	Cu	Bi
Au	Cr	Ag		Sb	Zn
				V	Cu
				Bi	Au
				Ni	Sb
					Sn

*Примечание.* **Б** – березитовая формация; **З** – апозелено-сланцевая формация; **Ч** – апочерносланцевая формация; **Д** – диафторитовая формация; **П** – кварц-пропилитовая формация; **Дж** – джаспероидная формация.

Таким образом, при сходных гидрогеологических и климатических условиях для каждого формационного типа золоторудных месторождений формируется свой набор микрокомпонентов, зависящий, прежде всего, от состава сульфидов и сульфосолей руд.

Чем больше содержание элемента в сульфидах, тем больше его дисперсия и тем выше его положение в дисперсионном ряду.

### **Заключение**

Все вышеизложенное приводит к выводу, что дисперсионные ряды можно использовать как общие, сводные статистические характеристики золоторудных формаций и применять при гидрогеохимических поисках для определения формационного типа золоторудных объектов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Мельников В.Д.* Золоторудные гидротермалитовые формации. – Владивосток, 1984.
2. *Шестаков Б.И.* Водные потоки рассеяния золоторудных месторождений и источники рудного вещества (Приамурье). – Владивосток: Дальнаука, 2007.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии А.Д. Плутенко.*