ISSN 0135-3500. Зап. Ленингр. горного ин-та. 1990. Том 121.

УДК 553.45 (571.62)

В.И.АЛЕКСЕЕВ

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОЛОВЯННОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО КАССИТЕРИТ-КВАРЦ-СУЛЬФИДНОГО ТИПА В БАДЖАЛЬСКОМ РАЙОНЕ (ПРИАМУРЬЕ)

Рассматривается проблема прогнозирования оловянного оруденения в Баджальском рай с точки зрения рудно-формационного анализа. Обосновывается вывод о переходном характере оруден Намечается рациональное направление разработки критериев прогнозирования оруд ния, связанное с изучением петрографических геохимических особенностей руд и метасомат тов.

За последние пятнадцать лет в геологической литературе появилось множество публикаций, посвященных Баджальскому оловорудному району и свидетельствующих о его больших промышленных перспективах. Вместе с тем, несмотря на проведение крупномасштабной геологической съемки района, поисково-оценочных и разнообразных тематических работ на значительном количестве рудных объектов, до настоящего времени не удалось выработать сколько-нибудь эффективные критерии поисков новых и оценки многочисленных известных рудопроявлений. В районе известен лишь один объект с установленными и прит весьма значительными перспективами – месторождение Правоурмийское. В настоящей статье делается попытка определить формационную принадлежност особенности прогнозирования оловянного оруденения района.

Главной особенностью геологического положения Баджальского района является его совмещение с крупнейшим ареалом гранитизации земной коры и кислого эффузивно-интрузивного магматизма, который образован в результате тектономагматической активизации шовной зоны между Буреинским кристаллическим массивом и Сихотэ-Алиньской складчатой системой. Гетерогенность активизированного Баджальского блока, включающего зоны литофильной (окраина Буреинского массива) и сидерохалькофильной (Куканская впадина и Ванданское поднятие) дифференциации вещества, нашла отражение в особом составе оруденения смешанной литохалькофильной специализации и неустойчивости его связей с метасоматитами различных типов. Это осложняет расчленение рудно-метасоматических комплексов и отражается в разногласиях исследователей по поводу соотношения оруденения силикатно-кварцевого и силикатно-сульфидного рядов: одни из них, сравнивая баджальские рудопроявления с эталонными в формационном отношении объектами, разделяют грейзеновый и турмалин-хлоритовый оловоносные комплексы и выделяют соответственно касситерит-кварцевую и касситерит-силикатную формации [5, 7], а другие делают на основе петрологических исследований вывод о генетическом единстве этих комплексов [2, 3, 6].

Таблица 1

Стадийно-фациальное ра ение и оловоносность метасоматитов
грейзеново-турмалин-хлори формаций рудных полей Баджальского района

п-	Метасоматическая фация	Рудное поле					
		Правоурмийское		Осьбаджальское		Ближнее	
		Проявленность фации	Оловоносность	Проявленность фации	Оловоносность	Проявленность фации	Оловоносность
	Биотит-полевошпатовая		◔		◔		◔
	Биотит-серицитовая		◔		◔		◔
2	Мусковит-кварцева		◔				
	Кварц-топазовая		●		◐		
	Биотит-топаз-кварцевая		◕				
	Мусковит-биотит-кварцевая		◐				
	Кварц-мусковитовая		◐		◐		◔
	Слюдисто-полевошпатовая		◔				
	Кварц-альбитовая		●		◔		●
	Квар рмалиновая		◐		◐		◐
	Альбит-турмалиновая		◔		◐		
	Альбит-кварцевая				◕		
	Кварц-аксин овая		◐		◔		
	Альбит-хлоритовая		◐				
	Хлорит-серицитовая		◔		◔		○
	Хлорит-эпидотовая		◔				
	Каолинитовая		○		○		

Примеча.. Проявленность фации: прис ◕ отсутствует (-).
оловоносност

Фация	Неоловоносная	Оловоносная	Рудоносная	Промышленно-рудная	Ураганно-рудная
Содержание олова,	0,01	0,01-0,1	0,1-0,3	0,3-3	3
	○	◔	◐	◕	●

В нашем распоряжении имелись данные о рудных и метасоматических образованиях трех рудных полей – Правоурмийского, Осьбаджальского и Ближнего, – включающих рудопроявления почти всех вещественных типов района. Ранее автором были проведены детальные исследования состава и зональности метасоматитов этих объектов [1]. Используя представления В.А.Жарикова о фациально-формационном расчленении метасоматитов (1966 г.), удалось

установить подобие фациального состава, последовательности образования и особенностей размещения в пространстве оловоносных метасоматитов рудных полей, что позволило объединить их в рамках единой грейзеново-турмалин-хлоритовой формации. Было также установлено различие в уровнях оловоносности пород единой фациальной принадлежности на различных объектах и неустойчивость связей промышленного оруденения с метасоматическими фациями (табл.I). Последняя закономерность отражает важнейшую металлогеническую особенность Баджальского района – неустойчивость момента рудоотложения в различных рудных полях в ходе развития единого гидротермального процесса. Полученные результаты свидетельствуют о том, что баджальские рудопроявления по своим петрографическим и минералогическим особенностям занимают неустойчивое промежуточное положение между объектами касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной формаций и характеризуются особым своеобразием вещественного состава (табл.2). Подобные переходные по своей формационной принадлежности месторождения описаны многими исследователями и могут быть отнесены к условно выделенному касситерит-кварц-сульфидному типу [4, 9].

Табл: 2

Особенности вещественного состава оловорудных проявлений *Баджальского района*

Черты грейзеновых рудопроявлений, сближающие их с турмалин-хлоритовыми	Черты турмалин-хлоритовых руд, сближающие их с грейзеновыми	Черты своеобразия всех рудопроявлений, свидетельствующие об их генетическом родстве
метасоматиз тех же ная роль полевошпатсометасоматичес-	стойчи вместе со равными грейзенами, развитыми в тех же масштабах. 2. Относительно разнообразный фациальный состав околорудных метасоматитов при существенной роли альбитсодержащих	1. Широкий фациальный спектр грейзенов, турмалинитов и хлоритов при равных масштабах их проявления. 2. Важная роль альбитфаций. 3. Подобие фациальной зональности грейзенов, турмалиновых и хлоритовых метасоматитов. 4. Пространственная связь с биотитовыми пропилитами
х минералов серофиллита, ксенопирит делленгинита, нирит и альбита	вышенные содержания орита, альбита, битита, аксенита. 2. Б ая железистость турмалина (96-99 %), повышенное содержание Na_2O (2,20-3,14 %) и пониженное – CaO (0,15-0,91 %) и MgO (0,22-1,64 %) 3. Высокая железистость хлоритов (91-99	1. Ведущая роль железистых минералов (биотита, шерла, тюрингита, эпидота, арсенопирита, ильменорутила), характеризующихся повышенными содержаниями Fe^{2+}. 2. Важная роль альбита, флюорита, серицита
	Геохимические	
1. Ведущие элементы-примеси: As, Bi, Ag, Cu, S. 2. Сопутствующие примеси: Zn, Ge, Sn, Co, Cr	Сопутствующие примеси: в турмалинитах Li, Be, Mo; в хлоритах – Mo, Zr.	Ед литохалькофильных специали As, Sn, Ag, Cu, S, Bi, F, B. 2. Ед набор сопутствующих примесей Zn, Ge, Se, Li, Be, Co, W, Pb, Ti

Черты грейзеновых рудопроявлений, сближающие их с турмалин-хлоритовыми	Черты турмалин-хлоритовых рудопроявлений, сближающие их с грейзеновыми	Черты своеобразия всех рудопроявлений, свидетельствующие об их генетическом родстве
	IУ. Рудные	
1. Совмещение редкометальной (касситерит,вольфрамит, берилл) и сульфидной (арсенопирит, халькопирит, сфалерит) минерализации. 2. Рудная специализация Sn, Cu, Bi, Ag, Zn. 3. Наличие ранней (докасситеритовой) вольфрамитовой минерализации	1. Преимущественно рассеянный характер касситеритовой минерализации. 2. Присутствие меди оловянных сульфидов (станноидита, моусонита) в турмалинитах и пониженная сульфидизация хлоритовых метасоматитов	1. Неустойчивые связи оруденения с различными типами метасоматитов при их об высокой оловоносности. 2. Рудная специализация, промежуточная между касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной формациями: Sn, As, Cu, Bi, Zn (W, Be, Pb). 3. Сидерофильные сопутствующие примеси в ру метасоматитах: Cr, Co

Прогнозирование оруденения касситерит-кварц-сульфидного типа не может эффективно проводиться на формационной основе как вследствие особого формационного статуса, так и в силу неустойчивости важнейших прогнозных параметров. В этих условиях надежное выделение и оценка рудоносных участков должны основываться на использовании прямых вещественных критериев, разработанных на эталонных объектах. В качестве таких критериев автор предлагает использовать метасоматические признаки, разделенные на группы по уровням общности (масштабности) их применения и принципам выделения (табл.3). Поиск новых и уточнение положения известных перспективных участков могут производиться в пределах района на основе их парагенетической связи с областями биотитовой пропилитизации и генетической связи с полями грейзеновых и турмалин-хлоритовых метасоматитов. Оценка выделенных участков основывается на применении признаков сходства с наиболее перспективными объектами района с учетом ряда уменьшения перспективности рудных полей: Правоурмийское → Осьбаджальское → Ближнее. В пределах участков, оцененных положительно, производятся поиски и оценка рудоносных тел с учетом закономерностей зонального размещения разностадийных и одностадийных метасоматитов и их фациальной принадлежности; принимается во внимание ряд уменьшения перспективности фаций рудоносных метасоматитов: кварц-топазовая → биотит-топаз-кварцевая → серицит-турмалиновая → альбит-турмалиновая → кварц-полевошпатовая → кварц-альбитовая.

С целью проверки сделанных выводов и дополнения выделенных сугубо качественных критериев количественными признаками были исследованы геохимические особенности оруденения района и ассоциирующих с ним метасоматитов. Сопоставление средних составов вмещающих пород и метасоматитов района показало, что существует особая группа рудных и редких элементов, которые участвуют в процессе поэтапно усиливающегося и центростремительно направленного накопления относительно кларкового уровня: в вулканических и интрузивных породах всего района (допропилитовый этап I) → в биотитовых и амфиболовых пропилитах ареалов рудных полей (пропилитовый этап II)

Таблица 3

Метасоматит ...ритерии прогнозирования ...руденения в Баджальском районе

...ала критериев	Критерий прогн...ирования
Выделение перспективных участков:	
по формационной принадлежности	1. Приуроченность к полям биотитовой пропилитизации 2. Широкое развитие метасоматитов грейзеново-турмалин-хлоритовой формации
по стадийной принадлежности	Ведущая роль метасоматитов третьей и четвертой стадии
Оц... ни:	
	1. Присутствие безрудных мусковит-кварцевых грейзенов (вторая стадия) 2. Присутствие безрудных гидрот...льных аргиллизитов (шестая стадия)
фациальной принадлежности	1. Широкое ра... ...оносных слюдо- и полевошпатсодержащих фаций 2. Присутствие перед альбит-хлоритовой фации
Выделение рудоносных	
...льности	1. Центробежная многостадийная зон... ть относительно рудоносных тел 2. Организация фациальной зональности одностадийных метасоматитов, в том числе оловорудных, относительно двух фокусов - ядра кислотного выщелачивания и близлежащего гранитного массива 3. Поляризация в пределах рудного поля рудоносных топазовых (или турмалиновых) полевошпатовых фаций
...альной принадлежности	1. Интенсивное развитие альбит-гастингситовых пропилитов в непосредственной близости от рудоносных тел 2. Ведущая роль метасоматитов (по уменьшению перспективности) кварц-топазовой, биотит-топаз-кварцевой, серицит-турмалиновой, альбит-турмалиновой, кварц-полевошпатовой, кварц-альбитовой фаций

→ в околорудных метасоматитах и рудах грейзеново-турмалин-хлоритовой формации (рудный этап III) (рис.I).

В составе данной группы, названной группой регионального привноса, сочетаются элементы халькофильного и литофильного профиля, располагающиеся по уменьшению кларка концентрации (отношению среднего содержания к кларку, по А.П.Виноградову, 1962) следующим образом: As , Sn , Bi , Ag , Cu , Zn , W , Ge , In , Co . Установлено, что элементы группы регионального привноса не только насыщают дорудные пропилиты, несмотря на проявление последними тенденции к рассеиванию примесей (рис.2), но и накапливаются в биотитовых пропилитах различных рудных полей в количествах, пропорциональных масштабам последующего рудоотложения в этих полях. Эти же элементы определяют состав оруденения и специализацию околорудных метасоматитов, причем насыщают последние тем интенсивнее, чем богаче связанные с ними рудные скопления (табл.4).

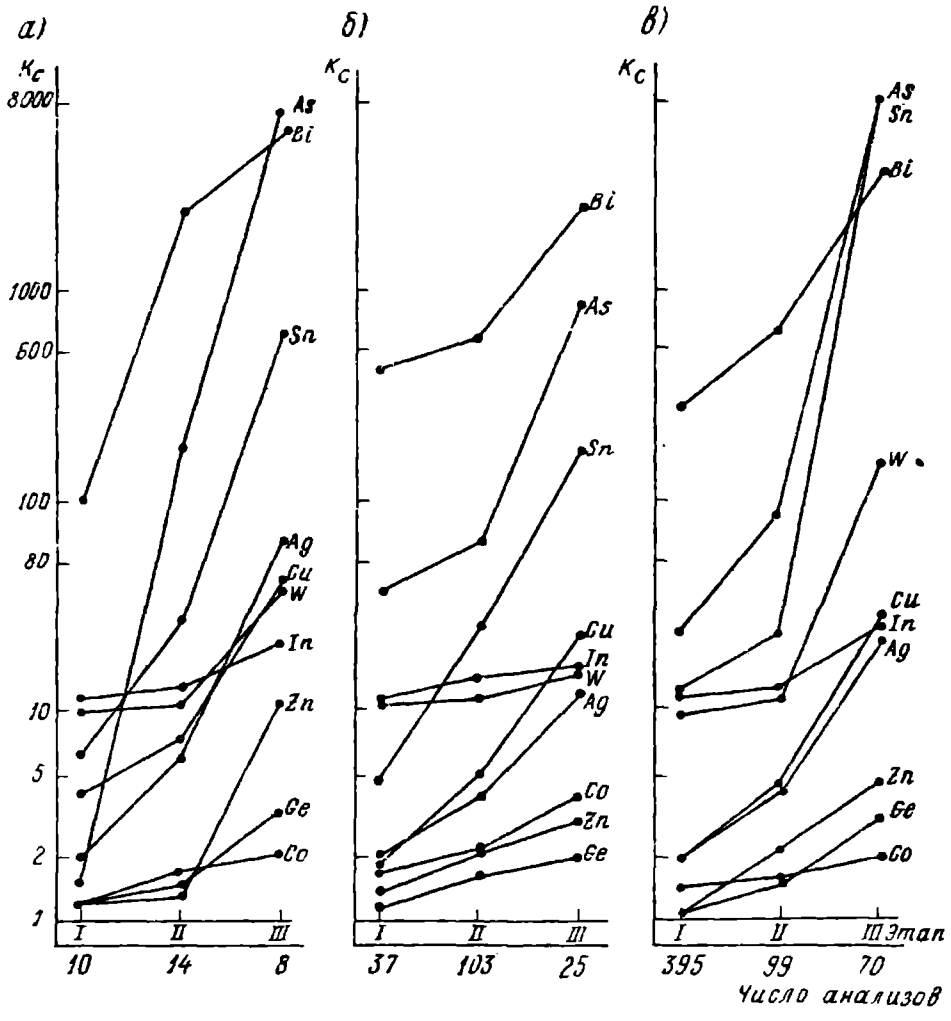


Рис.1. Соотношение кларков концентрации элементов-примесей группы регионального привноса в породах, образованных на различных этапах развития рудных полей: а – Правоурмийского (грейзеновый тип); б – Осьбаджальского (турмалиновый тип); в – Ближнего (кварц-полевошпатовый тип)

Выделена также геохимическая группа локального привноса, характеризующаяся устойчивым накоплением входящих в нее элементов только в оловоносных метасоматитах рудного этапа (см. рис.2). Элементы группы имеют преимущественно литофильный профиль и располагаются по уменьшению кларков концентрации следующим образом:

Рассматривая геохимическую специализацию оловоносных метасоматитов вслед за Е.В.Плющевым и В.В.Шатовым [8] как генетическую характеристику, отражающую не столько количественные соотношения элементов-примесей, сколько их ассоциативность, устойчивое совместное накопление в породах в ходе единого гидротермального процесса, автор использовал для ее определения состав выделенных элементных групп регионального и локального

Таблица 4

Сравнение степени накопления ведущих и сопутствующих элементов в метасоматитах важнейших рудных полей Баджальского района

Элемент	Коэффициенты накопления в рудных метасоматитах (в числителе) и биотитовых пропилитах (в знаменателе) рудных полей		
	Правоурмийского	Осьбаджальского	Ближнего
	Группа регионального привноса		
As	1211,1/14,3	470,7/1,0	8,8/1,5
Sn	858,8/3,0	197,8/1,1	568,8/1,0
Bi	134,1/30,5	31,1/1,8	1,8/0,8
Ag	74,0/3,0	36,0/2,8	7,0/1,0
Cu	46,6/2,3	184,0/1,4	3,7/0,8
Zn	1,8/0,9	2,5/1,4	10,2/1,0
Ge	21,4/0,9	1,2/1,0	6,2/1,4
W	4,1/1,1	2,4/0,8	22 8/1,2
Co	1,2/1,1	0,7/1,0	1,2/0,9
Cr	2,0/2,1	1,4/1,0	1,3/0,7
In	3,1/	4,7/1,0	3,2/1,0
	Группа локального привноса		
S	15,8	66,0	1,0
F	30,0	10,0	3,0
Sc	5,5	6,	2,7
Li	7,5	1,0	0,6
Be	2,3	8,1	1,9
Pb	0.3	0,4	38,9

Примечания: 1. Коэффициент накопления - отношение среднего содержания элемента в породах выборки к содержанию в наименее пропилитизированных породах рудного поля.

2. Изученные рудные метасоматиты относятся к биотит-топаз-кварцевой (Правоурмийское рудное поле, 19 анализов), серицит-турмалиновой (Осьбаджальское поле, 11 анализов), кварц-полевошпатовой (Ближнее поле, 16 анализов) фациям.

3. Количество проанализированных проб биотитовых пропилитов: Правоурмийское рудное 18, Осьбаджальское - 12, Ближнее - 9.

привноса. Геохимическая специализация пород рудного этапа одинакова в различных рудных полях района и определена как смешанная литохалькофильная, что подтверждает переходный характер оловоносных и рудных метасоматитов, как грейзеновых, так и турмалин-хлоритовых. Рудные и редкие элементы разделены на ведущие (As, Sn, Ag, Cu, S, Bi, F, B), характеризующиеся значениями коэффициентов накопления в гидротермалитах, по сравнению с наименее пропилитизированными породами участков, более 10, и сопутствующие (Zn, Ge, Se, Li, Be, Co, W, Pb, In) с коэффициентами накопления 2-10 (см. табл.2). В качестве важнейшей особенности состава пород

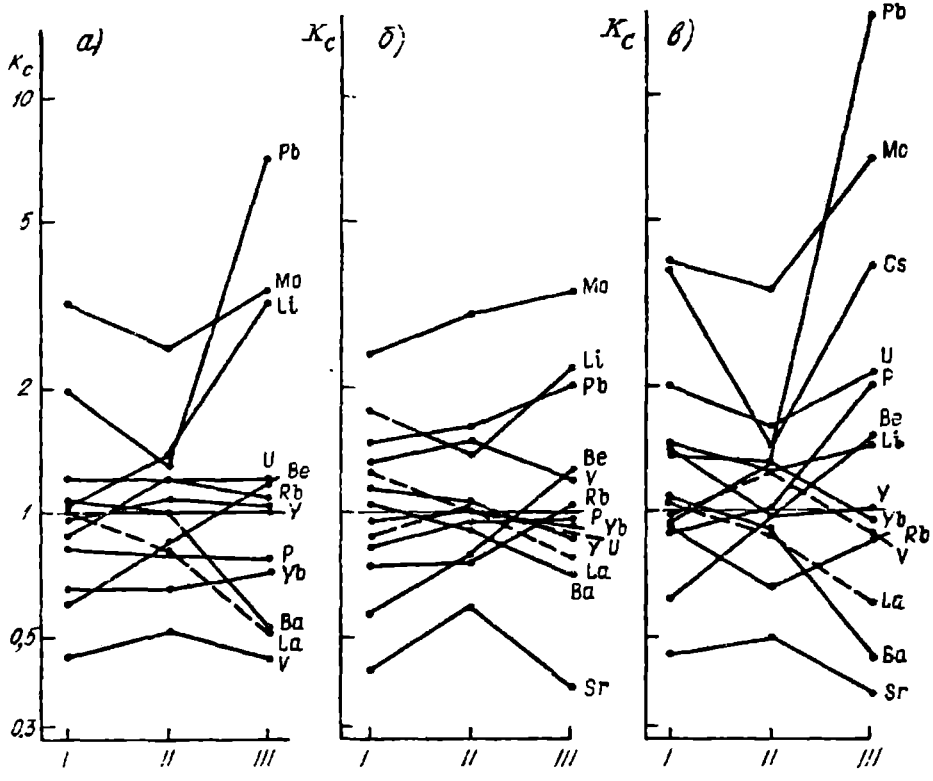


Рис.2. Соотношение кларков концентрации некоторых элементов-примесей в породах, образованных на различных этапах развития рудных полей

Бадкальского района, включая оловоносные гидротермальные образования, следует отметить аномально высокую железистость. Описанные закономерности подчеркивают генетическое единство оловорудных проявлений района и имеют одновременно прикладное значение, так как могут дополнять метасоматические критерии при выделении и оценке перспективных участков в масштабах района (табл.5).

Исследование особенностей пространственного распределения элементов-примесей из различных метасоматических фаций позволило сделать вывод о подобии схем горизонтальной геохимической зональности для образований разных стадий, в том числе оловорудных грейзенов и турмалинитов, как в пределах отдельных рудных полей, так и в различных полях. Выделяются группы элементов, тяготеющих к ядерным частям рудных полей (As, Sn, Cu, Li, F, W, Bi, Ag, Sb, Ge, Cr), приуроченных к флангам (Pb, Zn, Ti, Mn, Sr, P, V, Nb, Y, La, U) и занимающих промежуточное положение или распределенных нелинейно (Ag, Be, In, Zr, Rb, Ba). Ряды горизонтальной зональности рудных элементов на изученных рудопроявлениях, построенные по методике Д.В.Рундквиста и И.А.Неженского [10], также подобны, а обобщенный ряд рудной зональности свидетельствует о большей близости этих

Таблица

Геохимические критерии прогнозирования оловянного оруденения в Баджальском районе

Группа критериев	Формулы накопления и отношения содержаний элементов
I. Выделение и оценка перспективных участков:	
Потенциальная рудоносность (накопление примесей в биотитах)	(As, Bi)|Ag, Cu|Sn, Co, In, Cr
Проявление процесса рудоконцентрирования (накопление примесей в околорудных метасоматитах):	
ового	[As, Sn, Ag, Cu, Bi](Zn, Ge)Co, W, In [S]|Li, Be, Pb|Mo, F, B, Se
Выделение оценка рудоносных тел на осн ве геохимической зональн сти:	
Фланговое перестложение	{V, P} <Nb, Y> /U/
Околоруд: метасоматоз:	
зового типа	[Ge](Li)|Cr|; Ge/Co > 0,5
патового типа	[W, Zn]|Mo|; Mo/Bi > 10
линового типа	[B](Be, Co); Ti/Mn > 7
Рудост: жение	Bi/Pb > 10
Пром: ленное оруденение	Bi > Ag; Cr > Co; Se > In
Особоконтрастное („ураганное") оруденение	W/Bi > 10

Примечания: 1. Элементы расположены в порядке убывания значений коэффициента относительно минимально пропилитизированных пород:

Коэффициент накопления	>10	>5	>2	>1,5	>1,2	>1,1	>1,0
Обозначение	[ ]	( )	||	–	{ }	< >	//

2. Для промышленного оруденения указаны отношения коэффициентов накопления.

рудопроявлений, в том числе грейзеновых, к вулканогенным медно-оловянным месторождениям касситерит-силикатной или касситерит-сульфидной формаций: W, Sn, As, Cu (Bi) → (W, Be) → Sn, Zn, Pb. Важнейшими особенностями рудной зональности месторождений района являются совмещение редкометальной и сульфидной минерализации и поляризация оловянного оруденения в центре и на флангах рудных полей (см. табл.2). Особенности геохимической и рудной зональности рудных полей, с одной стороны, подтверждают вывод о их генетическом единстве и формационном своеобразии, а с другой – дают возможность разработать признаки выделения и оценки рудоносных тел на перспективных участках (см. табл.5).

В заключение следует изложить два главных вывода:

I. Оловянное оруденение Баджальского района по своим вещественным характеристикам занимает промежуточное положение между редкометальными

месторождениями касситерит-кварцевой формации и медно-оловянными месторождениями касситерит-силикатной и касситерит-сульфидной формаций, что делает практически невозможным прогнозирование оруденения на существующей формационной основе.

2. В основу прогнозирования оловянного оруденения в Баджальском районе может быть положена следующая схема:

а) выявление замкнутых ареалов биотитизации, окруженных зонами гастингситовых пропилитов и характеризующихся рассчитанными в статье или большими значениями коэффициентов накопления As, Bi, Ag, Cu, Sn, Co, In, Cr;

б) разбраковка выделенных участков по степени распространенности оловоносных слюдо- и полевошпатсодержащих фаций, наличию безрудных ранних мусковит-кварцевых и поздних каолинитовых метасоматитов, а также с учетом минимальных значений коэффициентов накопления As, Sn, Ag, Cu, Bi, S, Zn, Ge, Li, Be, Pb, рассчитанных в статье;

в) поиск в пределах выбранных площадей рудоносных тел на основе принципов фокусирования ими метасоматической зональности и удаленности от полей кварц-полевошпатового метасоматоза, а также геохимических критериев флангового переотложения, околорудного метасоматоза и рудоотложения;

г) оценка рудоносных тел с помощью ряда перспективности оловоносных фаций и геохимических критериев промышленного и особоконтрастного оруденения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Алексеев В.И. Зональность метасоматитов Баджальского оловорудного (Приамурье) // Зап. Вс .минералог. о-ва. 1989. Вып. 5. С. 27-37.

Болотников А.Ф., Попов В.А. Минеральны Б ского района и условия их ции Вопросы магмати Дальн Вос тр. Влади Изд-во ДВНЦ АН СССР. 1975. С. 185-197.

3. Бурдэ Б.И., Кравченко Н.С. Фациально-ген рудных узлов Приамурья) Минерал метам рфич образований Дал него Востока Сб. науч. тр. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР. С. 13-31.

4. Взаимосвязь рудных формаций в оловоносных металлогенических зонах юга Да. Вос ока Е.А.Радкевич В.П.Полохов и др. Тихоокеанская геолог. 1987. 6. . 83-89.

Крюков В.Г. Мет тоз в истории формирования оловорудных объектов Прим Минералы, в геолог. истории: Сб. науч. 1985. С. 140-149.

6. О возможности выделения грейзеново-турмалиновой оловорудной формации / Ю.Б.Марин, Г.Т.Скублов, В.И.Ал сеев и др. Рудные формации структур зоны перехода континент-океан: Тез. докл. Всесоюзн. совещ., 1988. Магадан, 1988. С. 87-89.

Сидянов Н.В. Основны металлогении це вой части Хингано-Охотско оловоносного пояса // Генези догенной ми ерализации Дал него Востока: Сб. науч. тр. Владивосток Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 89-101.

8. Плюшев Е.В., Шатов В.В. Геохимия и руд ность гидротермально-метасомати их обр зований. Л.: Недра, 1985. 247 с.

Рудоносность и геологические формации Недра, 1981. 424

10. Рундквист Д.В., Неженский И.А. Зонал ть эндогенных рудных месторо ний. Л дра, 1975. 224 с.