

in calculation of reserves in one block should be 6 - 8. Maximal distance of regular longwise changes is 103.1 m, across ones - 107.6 m. The net 100x100 m is localised within minimal area of autocorrelative ellipsoid (103x107 m). Compared to the net 100x100 m, the net 200x200 m is characterised by analogous error of calculating parameters 1.4 - 12.9%, and linear reserves of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 6.8 - 12.4%. The most optimal method proposed for assessment of survey network density for new deposits is to increase a quantity of bore holes only along separate orthogonal (longitudinal and cross) profiles with determination of minimal distances of autocorrelation and relative error of the net.

УДК 553.311

### ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ «СТРАТИФОРМНЫХ» ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В АРХЕЙСКОМ ФУНДАМЕНТЕ АЛДАНСКОГО ЩИТА

Ворошилов В.Г., Боярко Ю.Г.

Исследованы особенности аномальных геохимических полей золоторудных месторождений Кур и Притрассовое, расположенных в пределах Алданского щита. Выявленная геохимическая зональность свидетельствует о том, что золотое оруденение контролируется субширотными разрывными структурами. Полученные авторами данные позволяют считать, что золотое оруденение вероятнее всего связано с мезозойским этапом тектоно-магматической активизации.

Золоторудные месторождения уникального по запасам и концентрации оруденения Южно-Якутского металлогенического пояса в большинстве своем расположены в осадочном чехле Алданского щита и связаны с процессом его тектономагматической активизации в мезозойское время [1, 2, 6]. Менее определенно интерпретируется генезис золотой минерализации, залегающей непосредственно в архейских породах кристаллического фундамента и не имеющей видимой связи с мезозойским магматизмом. Достаточно достоверно мезозойский возраст оруденения, локализованного в архейском фундаменте, установлен для следующих рудных формаций:

- золото-урановая, в омоложенных тектонических швах – месторождения эльконского типа (месторождение Лунное, зона Южная и др.);
- золото-малосульфидно-кварцевая, в регионально развитых зеленосланцевых диафоритах Становой складчатой области (рудопроявление Скобельцинский и др.);
- золото-сульфидная и золото-малосульфидная формация месторождений лебединского типа, корневые фрагменты которых находятся и в архейских породах (залежь Мраморная и др.).

В последние годы в центральной части Алданского щита выявлены рудопроявления нового морфологического типа со «стратиформным» залеганием золотоносных тел [3].

В тектоническом отношении рассматриваемая площадь относится к Чара-Алданской металлогенической зоне, в пределах которой выделяется ряд рудных районов, связанных с ареалами мезозойского щелочного и субщелочного магматизма, представленными плутонами, штоками и силлами сиени-

тов, монцонитов, граносиенитов, щелочных габброидов и их вулканическими аналогами (см. рис. 1). Месторождения Кур и Притрассовое предположительно относят к Эвотинскому ареалу мезозойских даек [6], но непосредственно на рудных участках и в их ближайшем окружении этих даек не выявлено.

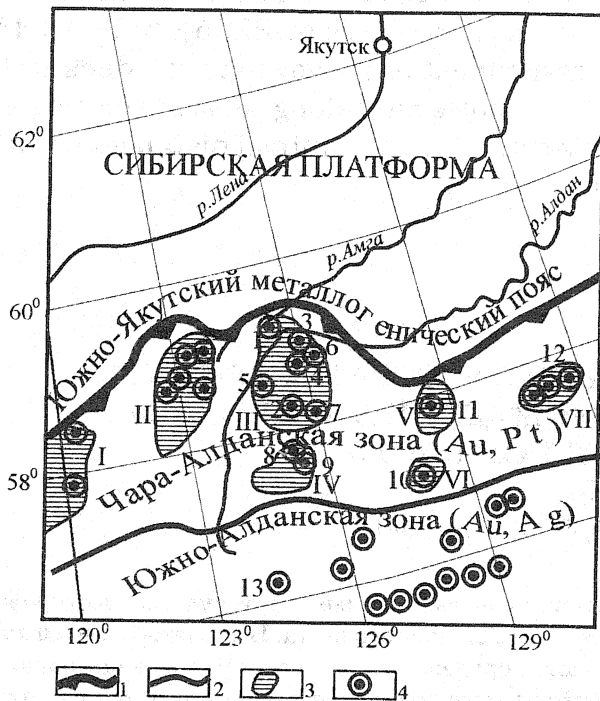


Рис. 1. Тектоническая позиция золоторудных месторождений Кур и Притрассовое (по [6]).

1 – граница Южно-Якутского металлогенического пояса; 2 – граница металлогенических зон; 3 – золоторудные районы, связанные с ареалами мезозойского магматизма: I – Тыркандинский, II – Верхнеамгинский, III – Центрально-Алданский, IV – Эвотинский, V – Чайдахский, VI – Ломанский, VII – Кет-Капский; 4 – золоторудные месторождения, в том числе: 1 – Куранахское, 2 – Лебединое, 3 – Рябиновое, 4 – Лунное, 5 – Инагли, 6 – Хатыркай, 7 – Самозовское, 8 – Кур, 9 – Притрассовое, 10 – Майское, 11 – Чайдахское, 12 – Холодникан, 13 – Скобельцинское

Площади месторождений Кур и Притрассовое имеют однотипное геологическое строение и сложены раннеархейскими метаморфическими образованиями курумканской и нимнырской свит верхнеалданской серии и федоровской свиты тимптоноской серии. Курумканская свита сложена биотит-гранатовыми и графит-гранат-биотитовыми плагиогнейсами с редкими прослоями и линзами кварцитов. В составе нимнырской свиты преобладают гиперстеновые и биотит-гиперстеновые плагиогнейсы. Федоровская свита сложена преимущественно амфиболовыми и амфибол-диопсидовыми гнейсами. Все метаморфические породы смяты в узкие изоклинальные складки, опрокинутые под углом  $60-75^\circ$  и насыщены инъекциями магматических пород различного возраста. Наиболее древними являются раннеархейские ультраметаморфогенные плагиограниты в гнейсах нимнырской свиты. Разрез федоровской свиты насыщен послойными телами основного состава, получившими наименование метагаббро. Позднеархейские магматические образования представлены субщелочными гранитами, слагающими крупные поля, переходящие по периферии в импрегнацию гранито-гнейсов. В позднем протерозое архейский фундамент уже представлял собой жесткий массив и внедрение даек диабазов этого возраста происходило по трещинным дислокациям северо-восточного простирания. Мезозойские интрузии находятся в 10–15 км к северо-западу от месторождений и представлены дайками сиенит-порфиров субширотного простирания [3].

Золоторудные тела представлены «стратиформными» сульфидизированными линзами кварца и зонами вкрапленной сульфидной минерализации, залегающими субсогласно с вмещающими метагаббро и гнейсами. Количество сульфидов составляет обычно 1–2%, увеличиваясь в шлирах до 7–10%. Обогащение шлирами коррелирует с повышенной золотоносностью пород. На та-

ких участках преобладает пирротин, значительно реже встречаются пирит, халькопирит, магнетит, изредка отмечаются арсенопирит и молибденит. Характерно развитие в рудовмещающих метагаббро и кварцевых линзах нитевидных прожилков хлорита, с вкрапленными пиритом и марказитом, а также окварцевание в виде шлиров и прожилков. На участках с низкой золотоносностью концентрация сульфидов в метагаббро и кварцевых линзах не превышает 2%, хлоритовые и кварцевые прожилки практически отсутствуют.

Допозднепротерозойский возраст минерализованных линз метагаббро и кварца определяется по факту их дискордантного пересечения дайкой диабазов позднепротерозойского возраста [3]. Вопрос же о возрасте золотого оруденения остается открытым, поскольку для наложенной сульфидной минерализации не исключен вариант более позднего времени формирования, в том числе – традиционного мезозойского.

Таблица

*Распределение химических элементов в рудовмещающих породах месторождений*

Элемент	Плаггиогнейсы		Плаггиограниты		Граниты		Метагаббро		Кварцевые жилы	
	X <sub>ср.</sub>	X <sub>фон.</sub>	X <sub>ср.</sub>	X <sub>фон.</sub>	X <sub>ср.</sub>	X <sub>фон.</sub>	X <sub>ср.</sub>	X <sub>фон.</sub>	X <sub>ср.</sub>	X <sub>фон.</sub>
Au	0,02	-	0,30	-	0,01	-	0,70	-	6,69	-
Ge	0,15	0,15	0,10	0,10	0,09	0,09	0,16	0,16	0,08	0,08
Pb	0,81	0,70	0,67	0,67	1,79	1,2	0,21	0,21	0,21	0,21
Cu	6,29	3,8	7,88	4,1	3,50	3,2	11,12	5,2	124,7	20
Ni	4,05	3,5	2,21	2,21	0,48	0,48	5,59	4,5	6,07	5,0
Zn	5,76	5,76	2,47	2,47	1,76	1,76	8,96	7,1	5,07	5,07
Co	2,10	1,90	1,65	1,65	0,71	0,71	5,73	3,8	18,1	4,2
Ag	0,12	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,13	0,1
Sn	0,11	0,11	0,14	0,14	0,14	0,14	0,38	0,25	0,14	0,14
Mo	0,42	0,30	1,96	0,40	0,80	0,31	0,59	0,35	8,44	1,0
Mn	45,5	45,5	45,8	40,2	21,4	18,3	146	129	61,3	50
V	12,5	12,5	8,1	7,5	3,6	3,2	19,8	17,2	5,49	5,49
Ti	396	320	372	325	169	145	596	570	275	210
Cr	11,3	10,5	3,86	3,5	1,58	1,40	6,76	0,3-50	1,78	0,7
Be	0,21	0,21	0,26	0,26	0,19	0,19	0,25	0,2	0,23	0,2
Sc	0,91	0,91	0,99	0,99	0,55	0,55	1,91	1,5	1,93	1,0
Zr	16,3	12,5	15,9	12,4	20,4	12,5	17,1	15,0	8,71	6,5
Li	3,68	3,68	2,73	2,73	2,81	2,81	1,98	1,98	2,75	2,75
B	1,30	1,30	1,39	1,39	0,94	0,94	1,49	0,5-10	1,02	1,02
P	33,9	30,2	71,6	38,3	34,1	30,2	75,4	55,6	169	70,2
Ga	1,22	1,22	0,97	0,97	0,98	0,98	1,25	1,25	0,68	0,68
As	5,43	-	5,65	-	1,72	-	42,30	-	394,8	-
Bi	0,06	-	0,08	-	0,05	-	0,15	-	0,76	-
Tl	0,03	-	0,04	-	0,03	-	0,04	-	0,08	-
Nb	0,85	0,85	0,87	0,87	0,82	0,82	0,84	0,84	1,05	1,05
Ba	32	28	33	28	42	35	27	27	21	21
Ce	0,69	0,69	0,76	0,76	0,75	0,75	0,68	0,68	1,11	1,11
Y	0,18	0,18	0,23	0,23	0,15	0,15	0,20	0,2	0,35	0,35
La	0,71	0,71	0,89	0,80	1,56	1,12	0,52	0,5-2	0,54	0,54

Примечание: X<sub>ср.</sub> – среднее арифметическое по выборке; X<sub>фон.</sub> – фоновое содержание элемента без учета экстремальных значений. Содержания золота даны по результатам спектрофотометрического анализа, в г/т. Содержания остальных элементов даны по результатам приближенно-количественного спектрального анализа, в п x 10<sup>-3</sup>%. Прочерк означает, что чувствительность анализа недостаточна для вычисления фона данного элемента

ЮЗ

СВ

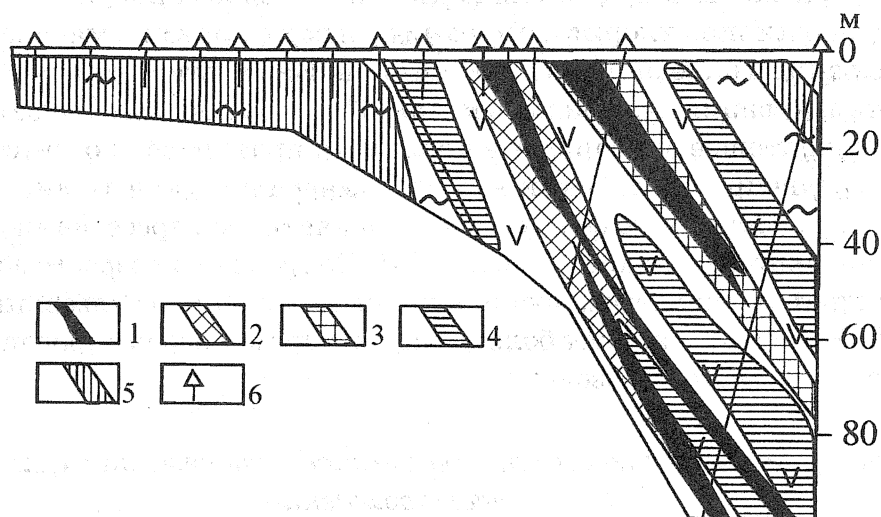


Рис. 2. Геолого-геохимический разрез по буровому профилю 10 участка Кур.

1 – золоторудные тела; 2–5 – ареалы развития геохимических ассоциаций: 2 –  $Au+Bi+As$ , 3 –  $Au+Bi+As+Mo+Cu$ , 4 –  $Co+Zn$ ; 5 –  $Pb$ ; 6 – траектории буровых скважин.

Остальные условные обозначения см. на рис. 3

Для выявления дополнительных геохимических критериев прогнозирования и поисков рассматриваемого типа оруденения нами проведен анализ внутреннего строения аномальных геохимических полей золоторудных месторождений Кур и Притрассовое. В качестве основы использованы данные лито-геохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:10000 (2 кв. км), выполненной ФГУГП «Южякутгеология» и результаты геохимического опробования керна скважин, пробуренных на месторождениях этой же орга-

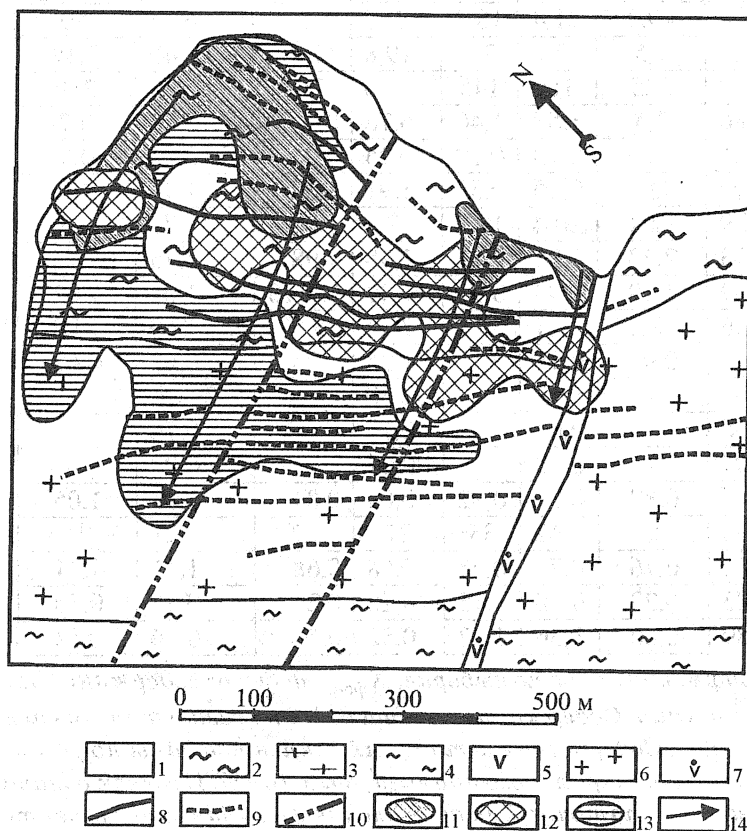


Рис. 3. Аномальная структура вторичного геохимического поля участка Кур.

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – плагиогнейсы курумканской свиты; 3 – плагиогнейсы нимырской свиты; 4 – гнейсы федоровской свиты; 5 – раннеархейские метагаббро; 6 – позднеархейские щелочные граниты; 7 – позднепротерозойские диабазы; 8 – установленные золоторудные тела; 9 – предполагаемые потенциально золотоносные объекты (по геофизическим и геохимическим данным); 11–13 – ареалы распространения геохимических ассоциаций: 11 –  $Ni+Zn+Cr+Co+Ag$ , 12 –  $Au+Ag+Cu$ , 13 –  $Ti+Zr+Ba$ ; 14 – направление векторов геохимической зональности

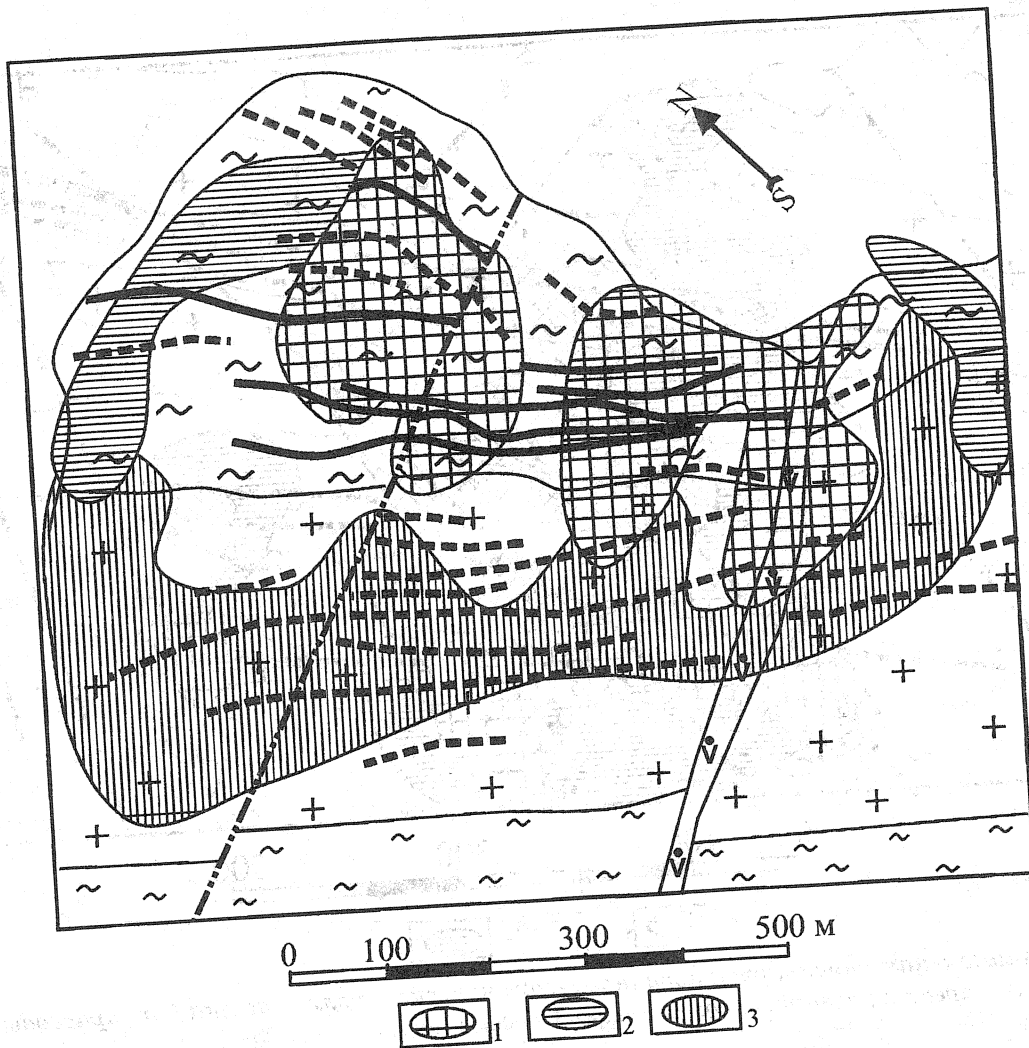


Рис. 4. Распределение Cu, Zn и Pb во вторичном геохимическом поле участка Кур.  
 1-3 – ареалы аномальных концентраций элементов: 1 – Cu, 2 – Zn, 3 – Pb.  
 Остальные условные обозначения см. на рис. 3

низацией (1300 проб). Все пробы проанализированы в Центральной лаборатории «Южякутгеологии» спектральным эмиссионным анализом на 35 элементов, а также спектрохимическим на золото. 534 пробы из керна скважин проанализированы также пробирным методом на золото. Коэффициент корреляции между данными спектрохимического и пробирного анализа составил 0.86.

В таблице приведены сведения о средних содержаниях золота и элементов-спутников в рудовмещающих породах описываемых участков. Рассчитаны также фоновые концентрации элементов без учета аномальных значений.

Сравнение средних и фоновых значений показывает, что золотое оруденение рассматриваемых месторождений сопровождается типичным для золоторудных формаций Центрально-Алданского района набором химических элементов: Au, Bi, As, Ag, Cu, Mo, Tl, Co, Ni, Pb, Zn, Sn, Ba, Ti. Первые три элемента, как и на других месторождениях региона, имеют наиболее тесную пространственную связь. Анализ распределения элементов в первичном и вторичном геохимических полях показывает наличие четко выраженной зональности, особенно отчетливой в направлении, поперечном к простираению рудовмещающих пород.

Строение первичного геохимического поля, исследованная по керну скважин, пробуренных на участках Кур и Притрассовый, во всех разрезах имеет однотипный

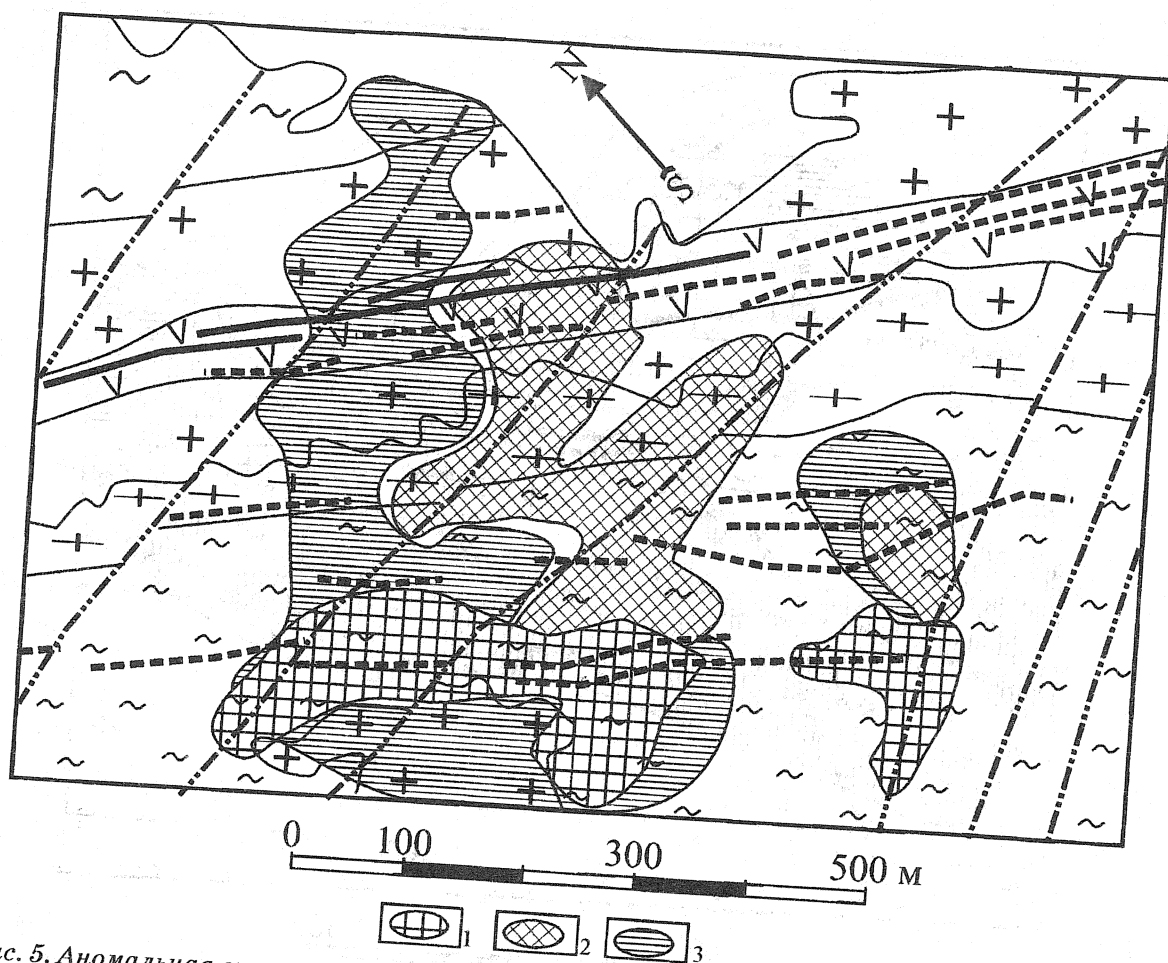


Рис. 5. Аномальная структура вторичного геохимического поля участка Притрассовый.  
 1-3 – ареалы развития геохимических ассоциаций: 1 – Ni+Co+Cr+Cu; 2 – Au, As; 3 – Ti+Zr+Ba;  
 Остальные условные обозначения см. на рис. 3

характер. Относительно золоторудных тел выявлена контрастная поперечная зональность, выражающаяся рядом Au→As→Mo→Co→Cu→Bi→Sn→Zn→Ag→Pb. Элементы средней части ряда могут меняться местами вследствие различий в составе эдукта. В частности, для существенно кварцевых тел характерно максимальное накопление Au, As, Bi, Cu, Mo, Co, а в метагаббро, помимо этих элементов, концентрируются Ni, Zn, Ti, V, Sn (см. табл.).

На рис. 2 приведен геолого-геохимический разрез по профилю 10 месторождения Кур, где вскрываются два рудных тела, верхнее из которых существенно кварцевое, а нижнее представлено зоной вкрапленной сульфидной минерализации в метагаббро. Соответственно, несколько различается состав геохимических ассоциаций, корреспондирующих этим телам (Au+Bi+As в метагабброидах и Au+Bi+As+Mo+Cu в кварце). Оруденение окаймляется ассоциацией Co+Zn, на максимальном удалении от руды накапливается Pb.

Выраженной продольной и осевой зональности первичных ореолов расчетами по общепринятой методике не выявлено. Тем не менее, в приводимом разрезе видно, что с глубиной, по мере выклинивания рудных столбов, снижается содержание As, Cu и увеличивается концентрация Zn, Co (см. рис. 2). Это может свидетельствовать о концентрическом характере осевой и продольной геохимической зональности рудных столбов, сходной с поперечной зональностью. Факторным анализом, произведенным для каждой из вскрытых разно-

видностей пород, установлено наличие сквозной ассоциации Au+Bi+As, что свидетельствует о ее наложенном характере.

Выявленные во вторичном поле геохимические ассоциации также распределяются достаточно контрастно. На участке Кур они сменяют друг друга с севера на юг в последовательности: Cr+Ni+Co → Au+As+Cu → Ba, Ti, Zr, Pb, Zn (см. рис. 3). При этом элементы полиметаллической группы сменяются по схеме классической прямой зональности: Cu → Zn → Pb (см. рис. 4).

Ассоциация Ti+Zr+Ba окаймляет по периферии ассоциацию Au+As+Cu и является элементом зональности ранга месторождения. Примечательно, что направления векторов геохимической зональности явно тяготеют к субширотным разрывным нарушениям.

Установленные золоторудные тела приурочены к дискордантному пересечению полосы развития субогласных тел метагаббро и линз кварца трассами выявленных геохимических аномалий.

Продольная геохимическая зональность выражается слабее, чем поперечная, и заключается в смене Cu на Zn+Pb и общем снижении интенсивности геохимических аномалий по мере удаления от рудоподводящих субширотных структур.

Во вторичном геохимическом поле участка Притрассового вектор зональности также имеет субширотное простираение, но направлен с запада на восток (см. рис. 5, 6).

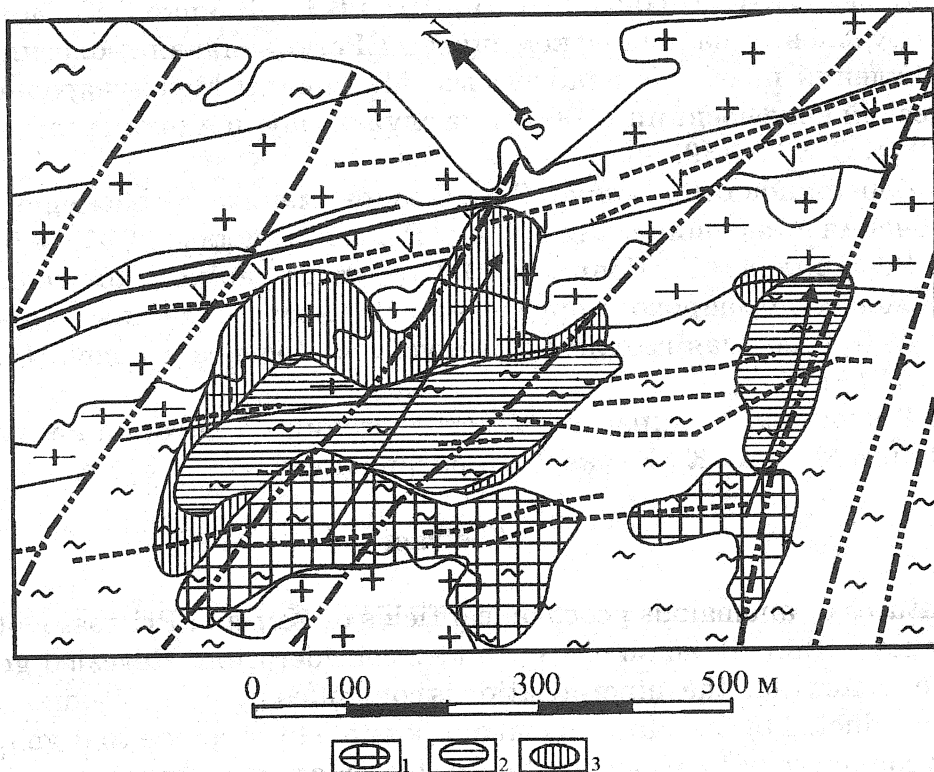


Рис 6. Распределение Cu Zn Pb во вторичном геохимическом поле участка Притрассовый. 1-3 - ареалы аномальных концентраций элементов: 1 - Cu, 2 - Zn, 3 - Pb. Остальные условные обозначения см. на рис. 3

Таким образом, и в первичном и во вторичном геохимическом поле золотое оруденение характеризуется сходной геохимической зональностью. Направление векторов зональности в масштабах месторождений свидетельству-

ет о наличии рудоконтролирующих структур субширотного простирания. Учитывая состав геохимических ассоциаций и строение аномальных геохимических структур (АГС), типичное для месторождений других золоторудных формаций региона [5, 6], можно предполагать, что наиболее вероятный сценарий формирования золотого оруденения на рассмотренных участках связан с мезозойским тектоно-магматическим этапом активизации Алданского щита. Очевидно, что повышенная золотоносность вмещающих толщ тоже имеет место, однако накопление промышленных концентраций золота следует связывать лишь с участками, где блоки архейских пород подвергались внешнему воздействию флюидов с привнесом и отложением золота в благоприятных структурах. В этой связи особое внимание следует обратить на участки пересечения рудовмещающей толщи дискордантными ослабленными зонами дизъюнктивных нарушений, которые в ряде случаев могут маркироваться протерозойскими и мезозойскими дайками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцов А.Е., Пилипенко Г.Н. Золото и уран в мезозойских гидротермальных месторождениях Центрального Алдана (Россия) // Геология рудных месторождений. 1998. т. 40. № 4. С. 354-369.
2. Ветлужских В.Г., Ким А.А. Геолого-промышленные типы золоторудных месторождений Южной Якутии // Отечественная геология. 1997. № 1. С. 16-24.
3. Сясько А.А., Торопыгин С.Б., Швец В.Н., Боярко Г.Ю. Новый тип золотого оруденения на Алданском щите // Региональная геология. Геология месторождений полезных ископаемых. Материалы Международной научно-технической конференции «100 лет на службе науки и производства». Томск: ТПУ, 2001. С. 335-339.
4. Ворошилов В.Г., Боярко Г.Ю. О закономерностях размещения золотого оруденения в тектонических швах // Руды и металлы. 2001. № 5. С. 61-63.
5. Ворошилов В.Г., Боярко Г.Ю. Структура аномального геохимического поля золото-порфирового оруденения Рябинового массива (Центральный Алдан) // Прикладная геохимия. Выпуск. 3. Прогноз и поиск. М.: ИМГРЭ, 2002. С. 171-177.
6. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М.: МАИК «Наука/Интерпериодика». 2001. 571 с.

#### Abstract

Features of anomalous geochemical fields of Kur and Pritrassovote gold ore deposits set within Aldan shield are under consideration. Revealed geochemical zoning indicates that the mineralisation is controlled by sub-latitudinal fractures. Studies conducted by the authors make it possible to conclude that gold mineralisation is connected with Mesozoic stage of tectonic and magmatic activity.