

13. Обручев В.А. Землетрясения в Монголии // Природа, 1932. № 8.
14. Вознесенский А.В. Исследование области Хангайских землетрясений в Северной Монголии // Матер. отд. физ.-геогр. Геогр. о-ва СССР, — 1962. Вып. 1.
15. Солоненко А.В., Солоненко Н.В., Мельникова В.И., Кузмин Б.М. Напряжения и подвижки в очагах землетрясений Сибири и Монголии // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. – М.: ИФЗ РАН. Вып. I.1993.
16. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Селезнев В.С. и др. Поиск подходов к сейсмологическому мониторингу Алтае-Саянской складчатой области // Сейсмология в Сибири на рубеже тысячелетий. Материалы международной геофизической конференции. – Новосибирск. 2000. С.81-85.
17. Жадин В.В. Оценка сейсмической опасности для промышленных объектов Алтае-Саянского региона на основе гипотезы миграции сейсмической активности // Физ. техн. пробл. полезн. ископаемых – 1983, № 4. С23-29.
18. Селезнев В.С., Соловьев В.М. Еманов А.Ф. Оценка сейсмической опасности территории Сибири // Сейсмология в Сибири на рубеже тысячелетий. Материалы международной геофизической конференции, – Новосибирск: 2000 С. 217-220.
19. Предвестники землетрясений // М.: Наука. 1992. 190 с.
20. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений // М.: Наука. 1993. 313с.
21. Ружич В.В. Исследования по долгосрочному прогнозу землетрясений в Прибайкалье // Сейсмология в Сибири на рубеже тысячелетий. Материалы международной геофизической конференции. Новосибирск, – 2000. С. 193-197.
22. Сыгинский А.Д. О связи сейсмичности Земли с солнечной активностью и атмосферными процессами // Проблемы геодинамической безопасности. – СПб. 1997. С. 318-323.
23. Яковлев Д.В., Тарасов Б.Г. Земной прилив и его отражение в статистике геодинамической активности // Горная геомеханика и маркшейдерское дело, – С.-Петербург: 1999. 76-78 с.
24. Говердовский В.А. Уникально ли Алтайское землетрясение 2003 года? // Природные ресурсы Горного Алтая. – Горно-Алтайск: 2004. № 2. С. 14-15.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ПОИСКОВЫХ КРИТЕРИЕВ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ГОРНОГО АЛТАЯ И ГОРНОЙ ШОРИИ

А.И. Гусев

ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское

Построение прогнозных карт обычно проводится на основе предварительного анализа выяснения информативности поисковых критериев на качественной основе. Такой подход вносит элемент субъективизма в оценку важности и ранжирования поисковых критериев. Однако для хорошо изученных регионов возможно проводить количественную оценку информативности поисковых критериев с помощью вероятностно-статистических методов. К числу таких методов можно отнести алгоритм Байеса [1], информационную меру Шеннона [2] и другие.

В пределах Горного Алтая и Горной Шории распространены многочисленные типы золотого оруденения: золото-сульфидно-кварцевое жильное, золото-черносланцевое, золото-ртутное, золото-медно-скарновое, медно-молибден-золото-порфиоровое, медно-золото-порфиоровое, эпитермальное золото-серебряное. Каждый из перечисленных типов имеет свой специфический набор ведущих поисковых критериев, количественная оценка которых определена с помощью информационной меры Шеннона [2]. Для некоторых типов золотого оруденения количественные оценки информационной меры сведены в табл. 1 и 2. Методология количественных расчётов базируется на определении вероятностной оценки информативности критериев, исходя из соотношений числа золоторудных объектов относительно конкретных критериев с учётом площадей, занимаемых этими критериями. Все исходные данные «снимаются» с карт закономерностей размещения полезных ископаемых и специализированных карт поисковых критериев.

$$I_{A_j > B_i} = \log P(B_i / A_j) / P(B_i),$$

где $P(B_i / A_j)$ – вероятность осуществления события B_i после принятия сообщения A_j (апостериорная вероятность), $P(B_i)$ – вероятность осуществления события B_i до принятия сообщения A_j (априорная вероятность).

Численные величины информативностей весьма дифференцированы для разных критериев и типов золотого оруденения.

Региональные критерии. Анализ таблиц показывает, что главенствующее значение из региональных критериев для контроля золотого оруденения имеют магматические в разных выражениях (массивы, дайки рудоге-

1. Информативность некоторых поисковых критериев и признаков различных типов золотого оруденения Горного Алтая и Горной Шории

Критерии и признаки	Au-Cu-скарновый	Au-сульфидно-кварцевый жильный	Кварцево-штокверковый Au-сульфидный	Au-черносланцевый	Au-теллуридно-скарновый
1. Пространственная и парагенетическая связь с дайковыми комплексами: а - долерит-диорит-гранодиорит-гранитовыми; б – долерит-лампрофировыми	0,95 0,23	0,39 -0,18	0,81 -0,15	0,55 0,76	0,45 0,89
2. Связь с участками развития: а - аномальных параметров флюидного режима рудогенерирующих магматитов; б - проявления трансмагматических высоковосстановленных флюидов, открытых по фтору, хлору, углекислоте	0,97 0,99	0,96 0,98	0,95 0,97	0,98 0,99	0,98 0,99
3. Структурный контроль оруденения: а – расстояние от разломов сбросо-сдвигового типа субмеридиональной и СЗ ориентировки: 0-0,5 км 0,5-1 км 1-,15 км б – зоны повышенной трещиноватости; в- участки антиклинальных перегибов; г- флексурные изгибы	0,85 0,43 -0,13 0,90 0,55 0,73	0,87 0,32 -0,04 0,18 -0,17 -0,12	0,88 0,41 -0,21 0,93 0,23 0,34	0,92 0,69 -0,22 0,90 0,72 0,58	0,91 0,66 -0,18 0,90 0,71 0,56
4. Метасоматиты: а – скарны б- зональные метасоматиты (эйситы-гумбеиты) в- окварцевание в скарнах г- зональные ореолы минералов-спутников (борнит, пирит, халькопирит, халькозин и др.)	0,95 0,80 0,91 0,83	-0,27 0,56 -0,29 0,82	0,11 0,77 0,12 0,81	-0,06 -0,12 -0,23 -0,23	0,87 0,82 0,83 0,93
5. Аномальные структуры геохимических полей (АСГП): а- не линейные, близкие к изометричным с Au, Cu, Bi, Ag в зоне ядерного концентрирования; б- линейные АСГП с Au, Bi, Cu, Ag в зоне ядерного концентрирования	0,93 0,17	0,23 0,83	0,81 0,43	0,79 0,31	0,78 0,33
6. Особенности геофиз. полей: а- отрицательные значения и перегибы изолиний магнитного поля, маркирующие сдвиговые разломы; б- сочетания низких значений магнитного спектра шкалы (от -300 до +700 нТл); в- Аномалии ВП г- Аномалии N Fe и N Cu на кривых РРК по ГИС	0,22 0,92 0,17 0,83	0,87 -0,26 0,64 0,76	0,36 0,38 0,18 0,68	0,39 0,11 -0,27 -	0,19 0,92 -0,29 0,34

2. Информативность некоторых поисковых критериев и признаков различных типов золотого оруденения Горного Алтая и Горной Шории

Критерии и признаки	Au-Ag эпитермальный	Au- колчеданный барит- полиметаллический	Скарновый Au- железородный	Au- порфировый
1. Тип субстрата земной коры: а- фемический б-фемо-сиалический	-0,28 0,86	0,91 -0,38	0,75 -0,29	-0,42 0,77
2. Рудовмещающие породы: а- терригенные б-вулканогенные в- интрузивные	-0,89 0,91 -0,66	-0,55 0,76 -0,75	0,24 0,54 0,08	-0,44 0,28 0,27
3. Пространственная связь с мас- сивами гранитоидов: а- I- типа б- А-типа	0,49 0,58	-0,54 -0,94	0,68 -0,21	0,08 0,90
4. Пространственная и парагенети- ческая связь с дайковыми ком- плексами: а- габбро-пироксенитовыми б- долерит-диорит-гранодиорит- гранитовыми; в-монзонит-сиенитовыми г- долерит-лампрофировыми	-0,71 0,07 0,56 -0,44	0,87 0,21 -0,13 -0,18	-0,28 0,36 0,64 -0,22	-0,51 0,29 0,73 -0,09
5. Связь с участками развития: а- аномальных параметров флю- идного режима рудогенерирую- щих магматитов; б- проявления трансмагматиче- ских высоковосстановленных флюидов, открытых по фтору, хлору, углекислоте	0,94 0,95	0,96 0,97	0,98 0,98	0,97 0,99
6. Структурный контроль оруде- нения: а – зоны вязких разломов б – зоны повышенной трещинова- тости;	0,69 0,75	0,71 0,63	-0,25 0,49	-0,47 0,68
7. Наличие флюидо-эксплозивных брекчий	0,90	-0,81	0,33	0,95
8. Околурные метасоматиты: а – скарны б- пропилиты в- березиты г- лиственины д- фельдшпатолиты е- аргиллизиты	0,13 0,45 0,58 0,29 0,21 0,95	-0,24 0,66 0,72 0,24 0,19 -0,21	0,71 0,58 0,69 0,25 0,21 -0,16	-0,16 0,42 0,67 0,22 0,89 0,55
9. Зональные аномальные структу- ры геохимических полей (АСГ II)	0,97	0,52	0,77	0,83
10. Особенности геофизических полей: а-высокоградиентные положи- тельные магнитные аномалии интенсивностью 1000-2500 гамм; б- отрицательные аномалии маг- нитного поля 1000-2500 гамм в- Аномалии ВП г- Аномалии ЕП	-0,48 0,79 0,55 0,47	0,93 0,90 0,53 0,41	0,18 0,53 0,21 0,06	-0,42 0,71 -0,03 -0,02

нерирующих магматитов, особенности их флюидного режима – окисленность, восстановленность флюидов, фугитивности и парциальные давления летучих компонентов), которые «сняты» со специализированных металлогенических карт и карт закономерностей размещения золотого оруденения региона. Для перечисленных типов оруденения в таблицах наиболее высокие значения информативности (0,95-0,99) получены для участков развития аномальных параметров флюидного режима рудогенерирующих магматитов (повышенные значения фугитивностей и парциальных давлений хлора, бора, углекислоты, воды), а также для областей проявления трансмагматических флюидов в рудогенерирующих магматитах. Оба критерия обусловлены особенностями проявления дериватов мантийно-корового взаимодействия в верхней литосфере, являющихся продуктами распада магмо-флюидодинамических систем, генерированных плюмтектоникой в нижней мантии, в процессе поднятия к поверхности Земли [3].

Важнейшее значение для золото-сульфидно-черносланцевого типа оруденения имеет фемический тип субстрата земной коры, где выделяются дериваты офиолитового дунит-гарцбургитового сеглебирского комплекса (E_1) и низкотитанистых метабазальтов манжерокской свиты (E_1), характерных для обстановок океанического спрединга и надсубдукционной обстановки (Сиинско-Коуринский рудный узел). Аналогичная ассоциация черносланцевых разрезов, вмещающих золотое оруденение, с офиолитами наблюдается в Сокпанды-Чичкитерекском золоторудном узле.

Для эпитермального золото-серебряного оруденения важное поисковое значение имеет фемо-сиалический тип субстрата. При этом оптимальный поисковый признак для Сурича и Майско-Семёновского участка имеют вулканические аппараты центрального типа и наличие флюидо-эксплозивных брекчий.

Геофизические предпосылки локализации различных типов оруденения имеют свои специфические особенности. В целом Синюхинское, Чойское, Ульменское, Ишинское рудные поля располагаются между локальными аномалиями поля силы тяжести. При этом более высокое гравитационное поле напряженностью 6-8 мГал на участках рудных полей обусловлено: а) наличием диоритов, габброидов, имеющих самые высокие значения плотности (2,93-29,5 г/см³); б) существованием в некоторых рудных полях магмоподводящих каналов, в области которых породы характеризуются повышенными значениями гравитационного и магнитного полей. Здесь же проявлены и насыщенные рои даек пестрого петрографического состава, среди которых значительный «удельный вес» составляют долериты и диориты. В других частях рудных полей гравитационное поле понижено до 3,5-4 мГал. Для золото-колчеданного барит-полиметаллического оруденения, отражённого в табл.2, благоприятны высокоградиентные магнитные аномалии интенсивностью 1000-2500 гамм.

Локальные критерии. Золото-сульфидное оруденение в углеродисто-карбонатно-терригенных разрезах контролируется зонами трещиноватости и разломами, оперяющими крупные дизъюнктивы. Наиболее благоприятные обстановки локализации оруденения сосредоточены в узлах сопряжения таких зон трещиноватости с благоприятными литологическими предпосылками (повышенная углеродистость и карбонатность пород). Зоны повышенной трещиноватости сопровождаются комплексами даек, претерпевшими интенсивный метасоматоз (пропилитизация, лиственизация, березитизация). Минералогические признаки включают наличие мышьяковистого пирита и игольчатого арсенопирита, а также большое количество генераций сульфидов. Наиболее информативные геофизические предпосылки – наличие достаточно интенсивных аномалий ВП и ЕП (табл. 1 и 2).

Метасоматиты, сопровождающие рудные тела, весьма различны для разных типов оруденения. Эпитермальное золото-серебряное оруденения характеризуется мощно проявленной аргиллизацией, накладывающейся на пропилиты. Для скарновых типов оруденения наиболее информативны, помимо самих скарнов, оловорудные метасоматиты эйсит-гумбейтовского типа и наложенное окварцевание.

Структурный контроль для различных типов оруденения проявляется по-разному и дифференцируется по своей значимости. Для золото-медно-скарнового оруденения важнейшую роль играют участки антиклинальных перегибов, сопровождающихся структурами отслоения, и, в меньшей мере, флексурных изгибов пластов известняков. К сопряжению этих структур с зонами повышенной трещиноватости и дизъюнктивами северо-западного и субмеридионального простирания приурочены рудные столбы и линзы концентрированного оруденения. Для многих типов золотого оруденения рудоконтролирующая роль разломов сдвиговой кинематики ограничивается расстоянием до 1 км (с максимумом информативности для интервала 0,5-1 км). Свыше указанного интервала (1 км) информативность значимости структурного фактора становится отрицательной.

Для жильного золото-сульфидно-кварцевого оруденения ведущую рудоподводящую и рудолокализирующую роль играли сбросы, сбросо-сдвиги и взбросо-сдвиги субмеридиональной и сопряженной с ней СЗ ориентировки. Узлы сопряжения разломов вышеобозначенной ориентировки были флюидоподводящими каналами для золото-медно-скарнового оруденения и рудолокализирующими для жильного золото-сульфидно-кварцевого типа.

Геохимические признаки имеют важнейшее значение при поисках различных типов оруденения. Так, для золото-медно-скарнового оруденения характерны нелинейные (близкие к изометричным) АСГП с золотом, медью, висмутом, серебром в зонах ядерного концентрирования. Для жильного золото-сульфидно-кварцевого оруденения такие АСГП менее характерны, а ведущими для них являются линейные АСГП с таким же элементным составом зон ядерного концентрирования и четкой приуроченностью к зонам сдвиговых нарушений (табл.1). Примечательно, что наиболее крупные по запасам рудные тела с наиболее концентрированным оруденением: а) имеют сравнительно небольшие размеры в плане; б) характеризуются сложным строением АСГП с несколькими ярусами зон ядерного концентрирования и приуроченностью наиболее крупного рудного тела к зоне ядерного концентрирования; в) имеют АСГП с мощными и широкими зонами выноса (транзита) рудообразующих элементов.

Рудные участки, приуроченные к фронтальной зоне концентрирования 1-го порядка, имеют рудные тела значительно меньших масштабов и характеризуются большей рассеянностью оруденения и формированием широких зон ядерного концентрирования 2-го порядка. Аномальные структуры геохимических полей для разных типов оруденения имеют свои специфические наборы химических элементов в зонах ядерного концентрирования: в золото-медно-скарновом- золото-медь-висмут, в золото-теллуридно-скарновом – золото-теллур-висмут, эпитептермальном золото-серебряном – золото-серебро-свинец-цинк.

Промышленное золото-медно-скарновое оруденение приурочено к участкам с пониженным намагничиванием – от 500 до 3000×10^6 ед. СГС. Такие значения спектромагнитной шкалы характерны для ареалов гидротермально измененных пород, претерпевших разуплотнение с понижением характеристик намагниченности. Скарновые залежи создают значения магнитного спектра шкалы от -300 нТл до $+700$ нТл.

Количественные значения информативностей критериев оруденения, вынесенные на карту, позволяют построить карту информативностей поисковых критериев и признаков в аддитивном варианте. Суммарные величины информативностей отражают кооперативный облик золоторудных объектов по проанализированным критериям ранга рудных полей и узлов. Карты информативности поисковых критериев в числовых значениях информативностей позволяют более объективно: 1- геометризовать таксоны ранга рудных узлов и полей; 2- без субъективизма подходить к прогнозной оценке минерагенических таксонов ранга рудных полей и узлов.

Литература

1. Бугаец А.Н., Дуденко Л.Н. Математические методы при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. Л. «Недра», 1976, 270 с.
2. Вальд А. Статистические решающие функции / Позиционные игры. М. Наука, 1967, с. 300- 522.
3. Гусев А.И., Гусев Н.И. Магмо-флюидодинамическая концепция эндогенного рудообразования на примере Горного Алтая и других регионов // Региональная геология и металлогения, Санкт-Петербург, 2005, № 23, с. 119-129.

ЯЛОМАНСКИЙ АРЕАЛ ГРАНИТОИДОВ: ПЕТРОЛОГИЯ И РУДОНОСНОСТЬ

Н.И. Гусев, А.И. Гусев¹, С.И. Федак¹

ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург

¹ ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское

Яломанский ареал гранитоидов усть-беловского комплекса (D_3) приурочен к аномальному блоку в структурах Горного Алтая и образует крупную структуру округлой формы в диаметре более 50 км, интрузирующей флишоиды горно-алтайской серии (C_2-O_1), мелководно-морские карбонатно-терригенные отложения среднего ордовика – нижнего силура, а также прибрежные терригенные образования каракудюрской свиты (D_1). В составе ареала наблюдается несколько интрузивных массивов гранитоидов, относящихся к усть-беловскому комплексу (D_3): Яломанский, Кадринский, Чике-Таманский, Усть-Чуйский и другие. Массивы сложены породами разного состава, при преобладающей роли гранодиоритов. В составе Чике-Таманского массива не встречены лейкограниты, в то время как последние имеют существенную роль в составе Яломанского массива. Это связано с различным уровнем эрозионного среза указанных массивов и степенью проявленности полноты дифференциатов. По указанным массивам проведено выделение фаз внедрения, опробование и визуальное описание с целью петрологического изучения становления отдельных массивов и их потенциальной рудоносности. В южной части ареала развито несколько мелких массивов гранитоидов топольнинского (D_2) и боровлянского (D_3-C_1) комплексов.

Массивы яломанского ареала сложены породами 4 фаз: 1 – диоритами, кварцевыми диоритами, редко монцодиоритами; 2 – тоналитами, гранодиоритами; 3- гранитами, низкощелочными гранитами; 4- лейкогранитами. Дайки второго этапа охватывают по пересечениям, отражая последовательность становления: 1-долеритовые порфириды, 2- диоритовые порфириды, кварцевые диоритовые порфириды, спессартиты, монцодиоритовые порфириды; 3- тоналитовые порфиры, гранодиоритовые порфиры, 4- гранит-порфиры.

Диориты - массивные породы, образующие линзовидные тела протяжённостью от нескольких десятков метров до 400 м в южных частях Яломанского, Чике-Таманского и западной части Кадринского массивов. Состав (%): плагиоклаз – 50-60, роговая обманка- 18-20, клинопироксен – 7, ортопироксен – 3-5, калиевый полевой шпат – 2-3. Структура породы гипидиоморфнозернистая, местами призматическизернистая. Интрателлурическая фаза диоритов, кварцевых диоритов и монцодиоритов представлена крупными таблитчатыми выделениями зонального плагиоклаза размерами до 1-1,5 см. В ядрах таких кристаллов присутствует лабрадор (An_{60-53}), редко битовнит (An_{73-78}). Периферическая кайма зональных кристаллов выполнена андезином (An_{32-43}). Центральные части зональных кри-