

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ СТРУКТУР ТЯНЬ-ШАНЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Касымов Мейманбек Арекеевич, к.г.-м.н, доцент, ИГДуГТ им.У.Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720001, Бишкек, проспект Чуй 164, e-mail: k_mei@mail.ru;
Маралбаев Акылбек Осмонбаевич, к.г.-м.н, доцент, ИГДуГТ им.У.Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720001, Бишкек, проспект Чуй 215, e-mail: igd@igd.kg
Шамшиев Орумбай, д.г.-м.н, профессор, Кызыл-Кийский филиал КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, г. Кызыл-Кия, ул. Асаналиева, 17. e-mail: kipig@rambler.ru

Цель статьи – обсуждение результатов исследований по прогнозированию территории Кыргызстана на золоторудное оруденение на основе вероятностной оценки информативности наиболее известных критериев, исходя из соотношений числа золоторудных объектов относительно конкретных критериев и факторов с учётом площадей, занимаемых этими критериями. Исследования основываются на анализе геологической информации более чем 560 золоторудных объектов, известных на исследуемой территории. При этом важной задачей анализа является прогнозная оценка изучаемой территории и определение наиболее перспективных площадей, где при проведении поисковых работ могут быть выявлены новые месторождения. Геолого-геохимические факторы, контролирующие условия образования и закономерности размещения оруденения, представляют собой научные основы для последующих поисково-прогнозных работ. Исследованиями были отобраны наиболее широко известные поисково-прогнозные критерии, которые были «оценены» с использованием одного из методов, основанного на оценке количества информации («информационного веса») заключенной в признаке относительно прогнозируемого оруденения. Результаты всего комплекса геологических и прогнозно-металлогенических исследований показывают, что в зависимости от особенностей геологической истории развития конкретных геоструктур, рудных полей, провинций и т.д., значимость («информационный вес») одних и тех же факторов и критериев существенно отличаются от одних структур к другим, от рудных полей к рудным полям, что подтверждает

всю сложность процессов приводивших формированию металлогенического облика территорий. Количественная оценка позволяет сравнить значимость факторов и критериев, определить связь между ними (корреляционные), а также дает возможность существенно сузить круг факторов, на которые должны быть уделены более пристальное внимание в исследованиях. Суммируя значения информационных «весов» на исследуемой площади были выделены аномальные участки, которые могут рассматриваться потенциально перспективными для дальнейших изучений.

Ключевые слова: золотое оруденение, информационная мера Шеннона, петрохимические, структурные, поисковые факторы и признаки, минерагенические таксоны, стратифицированные толщи, магматизм.

ESTIMATION OF THE PROSPECTS OF THE GOLDEN EFFICIENCY OF THE SEPARATE STRUCTURES OF THE TIEN SHAN WITH THE USE OF THE INFORMATIVITY OF SOME REGIONAL GEOLOGICAL FACTORS

Kasymov Meymanbek Arekeevich, PhD (geological-mineralogical sciences), Associate Professor, IM&MT named after U.Asanaliev at KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720001 Bishkek, Chui Avenue 164, e-mail: k_mei@mail.ru;

Maralbaev Akylbek Oskonbaevich, PhD (geological-mineralogical sciences), Associate Professor, IM&MT named after U.Asanaliev at KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720001 Bishkek, Chui Avenue 215, e-mail: igd@igd.kg

Shamshiev Orumbay, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Kyzyl-Kiy Branch of KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, Kyzyl-Kiya, ul. Asanalieva, 17. e-mail: kipig@rambler.ru

The purpose of the article is to discuss the results of studies on the forecasting of the territory of Kyrgyzstan for gold ore mineralization based on the probabilistic estimation of the informativeness of the most known criteria, based on the ratio of the number of gold ore objects with respect to specific criteria and factors, taking into account the areas occupied by these criteria. Research is based on the analysis of geological information of more than 560 gold ore objects, known on the territory under study. At the same time, the important task of the analysis is the predictive assessment of the study area and the determination of the most promising areas where new deposits can be identified during exploration. Geological and geochemical factors that control the conditions for the formation and regularities of mineralization are the scientific foundations for subsequent prospecting and forecasting work. Studies have selected the most widely known search and forecast criteria that have been "evaluated" using one of the methods based on estimating the amount of information ("information weight") that is contained in the characteristic for predicted mineralization. The results of the entire complex of geological and prognostic-metallogenic studies show that, depending on the specific geological history of the development of specific geostructures, ore fields, provinces, etc., the importance ("information weight") of the same factors and criteria differs significantly from one structures to others, from ore fields to ore fields, which confirms the complexity of the processes that led to the formation of the metallogenic appearance of the territories. Quantitative assessment allows you to compare the importance of factors and criteria, determine the relationship between them (correlative), and also provides an opportunity to significantly narrow the range of factors for which more attention should be paid to research. Summarizing the values of the information "weights" on the area under study, we have identified anomalous sections that can be considered potentially promising for further studies.

Key words: gold mineralization, information measure of Shannon, petrochemical, structural, search factors and signs, mineragenic taxa, stratified strata, magmatism.

Прогнозная оценка, особенно региональная, в геологической практике обычно проводится на основе предварительного качественного анализа поисковых критериев и комплекса разнообразных факторов. При этом в оценке важности и ранжировании поисковых критериев и факторов присутствует элемент субъективизма. Между тем в последние годы в геологической литературе широко освещаются результаты использования вероятностно-статистических методов в количественной оценке информативности поисковых критериев и факторов. К числу таких методов можно отнести алгоритм Байеса, информационную меру Шеннона и другие [1,3]. Методология количественных расчётов базируется на определении вероятностной оценки информативности критериев, исходя из соотношений числа золоторудных объектов относительно конкретных критериев и факторов с учётом площадей, занимаемых этими критериями. Все исходные данные «снимаются» с карт закономерностей размещения полезных ископаемых и специализированных карт поисковых критериев.

Актуальность таких исследований очевидна, так как позволяет снизить долю субъективизма в проведении металлогенических исследований и построении прогнозных карт. Цель исследований – оценка информативности поисковых критериев с использованием информационной меры Шеннона.

Для анализа информативности факторов были выбраны два региона, которые существенно отличаются друг от друга по истории геологической эволюции – Чаткальский рудный район Срединного Тянь-Шаня и Туркестано-Алай Южного Тянь-Шаня. При оценке информативности были использованы данные более 560 золоторудных объектов, известных в настоящее время на исследуемой территории.

В пределах исследуемых территорий распространены многочисленные типы золотого и золотосодержащего оруденения, которые имеют свои специфические наборы ведущих поисковых критериев, количественная оценка которых были определены с помощью информационной меры Шеннона. Результаты оценки информационной меры некоторых критериев, факторов 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 и факторов с учётом площадей, занимаемых этими критериями. Все исходные данные «снимаются» с карт закономерностей размещения полезных ископаемых и специализированных карт поисковых критериев.

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

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 приведены в таблицах.

В результате проведенной оценки всех геологических образований были выделены три группы образований: 1) имеющие положительные значения; 2) отрицательные значения и 3) пустые, т.е. нулевые значения информативности по отношению к золоторудному оруденению. Для Туркестано-Алая образования 1 группы с существенными значениями информативности представлены: базальтами, андезитами, туфами чонкойской свиты нижнего кембрия ($\epsilon_1\text{cok}$), сланцами, метапесчаниками ягнобской серии кембро-нижнего ордовика ($\epsilon\text{-Ojg}$). Из кембро-ордовикских образований сланцы, метапесчаники, метаалевролиты, metabазальты каннской и сугутской серий обнаружили существенно отрицательные значения (-0,41-0,53). Из стратифицированных образований силура-девона положительно информативны: существенно терригенные толщи с карбонатами и эффузивами ириджилгинской, кызталинской, терригенной и учатской толщ (0,51-0,85). Значительно отрицательные значения показали: устькоксайская ($S_2\text{-D}_{1uk}$), темирджанская ($S_2\text{-D}_{2tm}$), туюкаиндинская ($S_2\text{-D}_{1tzk}$), толща сланцев (S_1s) – 0,57-0,68. Результаты оценки

более молодых стратифицированных толщ и магматических образований приведены в табл.1.

Таблица 1

Информативность геологических образований Южного Тянь-Шаня на золоторудное оруденение

Критерии и признаки (стратифицированные толщи)					
D _{1-2jt}	0,93	D _{1kn}	-0,92	C _{2td}	-0,73
D _{1-2t}	0,81	D _{1-2ak}	-0,91	C _{2-3us}	-0,75
D _{2-3an}	0,81	D _{1-2bln}	-0,71	C _{3uc}	-0,90
C _{1-2kdl}	0,63	D _{2-3ul}	-1,29	P _{1c1}	-0,75
C _{1-2nr}	0,71	C _{1-2bd}	-1,16	T _{3-J1kk}	-1,16
C _{3ck}	0,81	C _{1-2ks}	-1,10	J _{1cr}	-1,09
P _{1c}	0,90	C _{2sn}	-0,87	J _{1-2al}	-0,71
Магматические образования					
εvP _{1-2u1}	0,90	ξP _{1-2m2}	0,63		
μP _{1t1}	0,89	γP _{1-2u3}	0,63		
vP _{1k1}	0,86	γδP _{1k2}	0,57		
ξP _{1-2u2}	0,78	γδC _{3-P1a3}	0,57		
γP _{1k1}	0,63	γC _{3-P1k2}	-0,64		
γδP _{1k1}	0,63	EξP _{1-2m2}	-0,75		
Серпентиниты					
σS-Dt - торгсайский комплекс					0,03
σS-Dd - джейранбельский комплекс					-0,67
джаспероиды					0,05

Информативность петрохимических ассоциаций	<i>I</i>
габброиды субщелочные, монцониты	0,53
сиениты, кварцевые сиениты	0,39
габбро, габбродиориты	0,36
монцониты, габбро-диабазы, кварцевые монцониты, кварцевые монцодиориты	0,26
щелочные сиениты, нефелиновые сиениты	-0,66
серпентинизированные дуниты, и гарцбургиты, верлиты, лерцолиты, габбро, серпентиниты, листвениты	-0,57

Удаленность от интрузивных массивов:

менее 2,5 км	0,36
более 2,5 км	-0,05

Информативность некоторых поисковых критериев и признаков различных типов золотого оруденения Чаткальского рудного района

Критерии и признаки	I
1. Пространственная и парагенетическая связь с интрузивными комплексами:	0,78
- диорито-гнейсы Сууктепинского комплекса	0,77
- гранодиориты Сандалаш-Чаткальского комплекса	0,60
- гранодиориты, лейкократовые граниты Зексайского комплекса	0,52
- граниты Учкуртского комплекса	0,28
-диориты, кв.диориты Среднетерекского комплекса	
- гранит-порфиры, граниты аплитовидные Арашанского комплекса	0,25
- диориты, монцодиориты Сандалаш-Чаткальского комплекса	0,21
- гранодиориты, кв.диориты, кв.монцодиориты Сандалаш-Чаткальского комплекса	0,18
- габбро, габбродиориты Сандалаш-Чаткальского комплекса	0,15
- фельзиты, гранит-порфиры Бозбутооского комплекса	0,14
- граниты, аляскиты Алмасайского комплекса	0,09
- граниты, плагиограниты Бешторского комплекса	0,04
- граниты лейкократовые Кызылторского комплекса	0,04
- диориты, монцодиориты Сандалаш-Чаткальского комплекса	-0,12
- гранодиориты Алабукинского комплекса	-0,13
- плагиограниты Кытайульдинского комплекса	-0,08
2. Удаленность от интрузий	
- менее 2,5 км	0,37
- более 2,5км	0,44
3. Петрохимические особенности	
а – граносиенит-порфиры, граносиениты, кварцевые сиениты, диориты, габбро, диабазовык порфириты, монцониты (акшамский комплекс);	0,27
б – гранодиориты, монцодиориты (сандалаш-чаткальский комплекс)	
в - габбро, габбронориты, диориты, монцониты (сандалаш-чаткальский комплекс)	0,12
г - фельзиты, гранит-порфиры (бозбутооский комплекс)	
д - граниты, аляскиты (алмасайский комплекс)	0,09
е - лейкократовые граниты (зексайский комплекс)	0,07
ж -гранодиориты, кварцевые диориты, кварцевые монцодиориты	0,07
з - кварцевые монцодиориты	0,05
и- диориты	
к- граниты	-0,03
л- плагиограниты	-0,04
м- гранит-порфиры	-0,09
н- диориты, монцодиориты	-0,16
о-диоритовые порфириты, гранодиорит-порфиры, гранит-порфиры,	-0,18
п-шонкиниты,кв.монцониты	-0,21
	-0,33
	-0,33
	-0,54
4. Связь со стратифицированными толщами	
- семизсайский метаморфический комплекс	0,56
- терексайская свита	0,55

- дабырсайская толща	0,38
- иштамбердинская толща	0,30
- каратерексея свита	0,34
- сандалашская свита	-0,25
- шорторская свита	-0,06
- олджобайская свита	-0,04
- чаткальская свита	0,17
- мазарбашинская толща	-0,29
- аюторская свита	-0,10
- сумсарская свита	0,18
- нижнесилурийская терригенная толща	-0,07
- арчаконушская свита	0,04
-кугалинская свита	0,04
-сарычелекская толща	-0,03
- бозбутооская толща	-0,02
- чарканакская свита	-0,03
- дубасайская свита	0,12
- тюлькубашская	-0,19
- аирминская свита	-0,08
- джалбаканская свита	-0,02
- беркавакская свита	0,08
- бушмашатская свита	0,06
- минбулакская свита	0,07
- манакамская свита	0,14
5. Структурный контроль оруденения: а. ориентировка разломов: – разломы субмеридиональной ориентировки: - разломы субширотной ориентировки	0,07 0,08
б – зоны повышенной трещиноватости (количество разрывных нарушений): - менее 5 - 5 - 6 - 7 - 8	0,21 -0,05 0,15 0,29
в. количество узлов пересечения разломов: - менее 2 - 2 - 3 - более 3	-0,05 0,24 0,06

Анализ таблиц показывает, что из региональных критериев для контроля золотого оруденения в Чаткальском районе имеют магматические в разных выражениях (комплексы, массивы, дайки рудогенерирующих магматитов), которые «сняты» со специализированных металлогенических карт и карт закономерностей размещения золотого оруденения района. Для золоторудного оруденения наиболее высокие значения информативности (0,52-0,78) получены для участков развития диорито-гнейсов Сууктепинского комплекса, гранодиоритов Сандалаш-Чаткальского комплекса и гранодиоритов, лейкократовых гранитов Зексайского комплекса, гранитов Учкуртского комплекса. Диориты, кварцевые диориты Среднетерекского комплекса, гранит-порфиры, граниты аплитовидные Арашанского комплекса, диориты, гранодиориты, кварцевые диориты, кварцевые

монцодиориты и монцодиориты Сандалаш-Чаткальского характеризуются небольшими значениями информативности (0,18-0,28). Отрицательные значения информативности отмечены для диоритов, монцодиоритов Сандалаш-Чаткальского комплекса, гранодиоритов Алабукинского комплекса и плагиогранитов Кытайульдинского комплекса (-0,08-0,12).

Оценка информативности петрохимического состава пород магматических комплексов показала, что наиболее информативными по отношению золоторудного оруденения имеют граносиенит-порфиры, граносиениты, кварцевые сиениты, диориты, габбро, диабазовые порфириты, монцониты слагающие породы акшамского комплекса – 0,27. Большинство пород интрузивных комплексов имеют отрицательные значения (до – 0,54). Например, диориты, монцодиориты, диоритовые порфириты, гранодиорит-порфиры, гранит-порфиры, шонкиниты, кварцевые монцониты, андезитовые порфириты, кварцевые монцодиорит-порфириты и др. Необходимо отметить, что в целом магматические комплексы имеют низкие значения информативности по отношению к золоторудного оруденения.

Оценка информативности пространственной связи размещения оруденения вблизи магматических комплексов показала, что расстояние менее 2,5 км имеет величину 0,37, тогда как для удаленных более чем на 2,5 км равна 0,44.

Золоторудное оруденение в разрезах контролируется зонами трещиноватости и разломами, оперяющими крупные дизъюнктивы глубокого заложения. Благоприятные обстановки локализации оруденения могут сосредоточены в узлах сопряжения таких зон трещиноватости с благоприятными предпосылками. Зоны повышенной трещиноватости сопровождаются зонами интенсивного метасоматоза. Наиболее информативными оказались участки с плотностью разломов менее 5 и более 8 разломов на условную единицу площади (0,21-0,29), участки с 5 разломами имеют отрицательные значения информативности (-0,05).

Структурный контроль для различных типов оруденения проявляется по-разному и дифференцируется по своей значимости. Для оруденения важнейшую роль играют участки перегибов складчатых структур, и, в меньшей мере, – флексурных изгибов стратифицированных отложений. К сопряжению этих структур с зонами повышенной трещиноватости и дизъюнктивными северо-западного и субмеридионального простирания приурочены оруденения. В целом оценка информативности показала, что направления структур имеют низкие значения информативности: для субмеридиональных – 0,07, для субширотных – 0,08.

Узлы сопряжения разломов различной ориентировки их количество на условную площадь также имеют невысокие значения информативности – участки с 2-3 узлами сопряжения имеют информативность 0,24, менее двух узлов – отрицательные значения.

Оценка информативности стратифицированных отложений выявила высокую информативность семизсайского метаморфического комплекса и отложений терексайской свиты – до 0,56, небольшие значения (0,30-0,38) характерны для отложений дабырсайской, иштамбердинской толщ и каратерекской свиты, тогда как отложения сандалашской свиты и мазарбашинской толщи имеют существенно отрицательные значения.

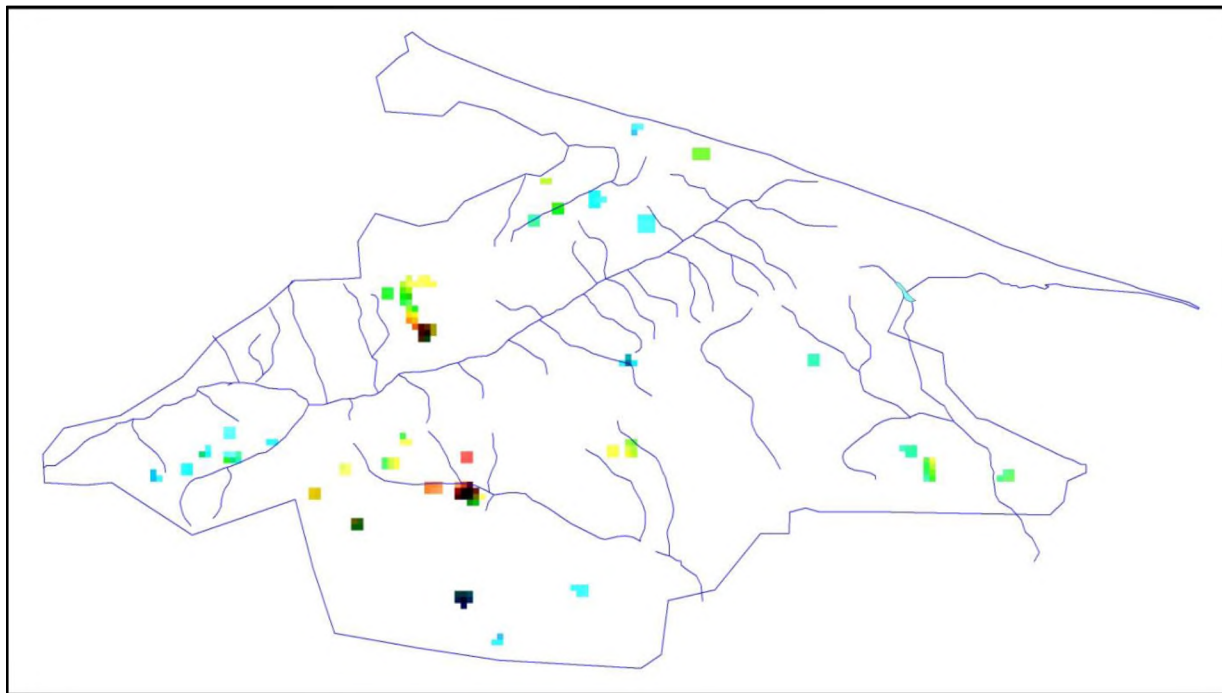


Рис. 1. Карта суммарной информативности критериев золоторудного оруденения Чаткальского рудного района

На рис.1. в пределах Чаткальского рудного района выделяются несколько участков, в пределах которых суммарные значения информативности оцененных критериев и факторов были значительно выше.

Выводы. Информативности поисковых критериев и признаков различных типов оруденения весьма значительно отличаются по значениям и набору признаков, что затрудняет объективность использования их без учёта вероятностно-статистической оценки их значимости в каждом конкретном случае.

Анализ результатов оценки показал, что в исследуемых регионах по отношению к золоторудному оруденению геологические образования имеют различные значения информативности – от существенно положительного до существенно отрицательного. В целом можно отметить, что информативность магматических «показателей» значительно превалируют над таковыми стратифицированных. По видимому, можно предположить, что магматизм (интрузивный и диффузивный) служил генератором процессов рудообразования и рудоперераспределения. Он играл ключевую роль во всех геодинамических процессах развития и формирования металлогенического облика исследуемого региона.

По полученным значениям информативностей критериев оруденения, будет построена суммарная карта, которая позволит визуализировать результаты проведенных исследований. Карты информативности поисковых критериев золотого оруденения в числовых значениях информативностей позволяют более объективно подходить к прогнозной оценке минерагенических таксонов различного ранга - рудных полей и узлов, и выделению перспективных площадей за пределами известных месторождений и рудопроявлений [2].

Различные геолого-промышленные типы оруденения золота характеризуются своим набором значимых признаков и факторов оруденения и отражены в численном выражении. Важное значение имеет сочетание факторов и признаков оруденения для каждого геолого-промышленного типа, что следует учитывать при прогнозных построениях и выделении перспективных участков.

Список литературы

1. Бугаец А.Н., Дуденко Л.Н. Математические методы при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. – Л.: Недра, 1976. – 270 с.
2. Касымов М.А., Анарбаев М.Г., Равшанбек уулу Ж. Возможности геоинформационных систем в геологических исследованиях. Бишкек, Известия КГТУ им.И.Раззакова, 2014, №33, стр.559-562.
3. Кочнев А.П. Особенности локального прогнозирования твердых полезных ископаемых. Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН, 2016, №1 (56), стр. 33-44.