

УДК 553.411.071 (571.5)

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРЕДРУДНЫХ ЗОЛОТОНОСНЫХ МИНЕРАЛИЗАЦИЙ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ КОМПЛЕКСАХ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

© 2015 г. С.Г. Парада¹

Поступила 30.10.2014

Проведено исследование химического состава и литологических особенностей золотоносных черносланцевых комплексов Северного Кавказа. Объектом исследования стали золотоносные черносланцевые комплексы протерозойского, палеозойского и мезозойского возраста хорошо изученных Малкинского, Урупо-Лабинского и Кардан-Куспартинского рудных узлов соответственно. Методической основой исследования явилась разработанная на примере Приамурской провинции Дальнего Востока авторская гипотеза о литогенетической обусловленности золотого оруденения в черносланцевых комплексах, в соответствии с которой на этапе литогенеза образовались крупнообъемные участки предрудной относительно слабозолотоносной минерализации, обеспечившей легко ремобилизуемым ресурсом золота последующие эндогенные рудообразующие процессы. При этом разнообразие минеральных типов и масштабов предрудных минерализаций связано с различными условиями седиментогенеза, характером и полнотой проявления последующих стадий литогенеза. По результатам проведенного исследования в черносланцевых комплексах рудных узлов Северного Кавказа выделены три основных минерально-морфологических типа золотоносных минерализаций, которые или сами по себе являются объектом геологоразведочных работ или сопутствуют более богатым рудам. Эти минерализации можно рассматривать как предрудные концентрации благородных металлов, связанные с различными стадиями литогенеза углеродисто-терригенных толщ. К ним относятся: 1) участки скопления осадочно-диагенетических сульфидов в углеродистых отложениях юры Кардан-Куспартинского рудного узла; 2) зоны концентрации кварцевых жил и прожилков Урупо-Лабинского и Малкинского рудных узлов; 3) прослои и залежи сульфидно-кремнистых субмаринных эксгаляционно-осадочных образований Кардан-Куспартинского и Урупо-Лабинского рудных узлов. Установлено, что содержание золота во всех перечисленных образованиях в 100 раз и более превышает фоновое и составляет десятки доли г/т при крайне неравномерном распределении. Полученные результаты предлагается использовать в качестве литолого-геохимической основы классификации золотоносных минерализаций и в создании геолого-поисковых моделей золоторудных месторождений в черносланцевых комплексах Северного Кавказа.

Ключевые слова: золотоносные минерализации, черносланцевые комплексы, литогенез, генетические модели, геолого-поисковые модели, Северный Кавказ.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы на Северном Кавказе проводятся поисковые и геологоразведочные работы на рудное золото, выполняемые за счет средств федерального бюджета. В ходе сопутствующих научно-исследовательских работ установлено, что большинство выявленных объектов можно отнести к черносланцевому типу [1–8]. В связи с этим возникает возможность применения генетических

концепций, разработанных на примере золотоносных черносланцевых комплексов Сибири и Дальнего Востока, к исследованию северокавказских районов развития рудоносных черносланцевых толщ.

В основу исследования положена разработанная на примере Приамурской провинции Дальнего Востока авторская гипотеза о литогенетической обусловленности золотого оруденения в углеродисто-терригенных (черносланцевых) комплексах [9], в соответствии с которой на этапе литогенеза образовались крупнообъемные участки предрудной относительно слабозолотоносной минерализации, обеспечившей легко ремобилизуемым ресурсом золота последующие эндогенные рудообразующие

¹ Институт аридных зон Южного научного центра РАН (Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences), 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, тел. (863) 263-78-82, e-mail: parada@ssc-ras.ru

процессы. Разнообразие минеральных типов и масштабов таких предрудных минерализаций связано с различными условиями седиментогенеза, характером и полнотой проявления последующих стадий литогенеза.

Ранее нами обращено внимание на то, что золоторудные месторождения в черносланцевых (углеродисто-терригенных) комплексах часто не обнаруживают генетической связи с интрузивным магматизмом [9–11]. К таким месторождениям наиболее часто применяются модели осадочного, вулканогенно-осадочного и метаморфогенного рудообразования [12–18]. При оценке моделей следует учесть наличие масштабных относительно слабозолотоносных кварцевожилно-прожилковых зон на Северо-Востоке России, локализованных в толщах Верхоянского позднепалеозойско-ранне-мезозойского неметаморфизованного терригенного комплекса, при отсутствии проявлений интрузивного магматизма. Занимая огромные площади, эти зоны обеспечивают повсеместно проявленную россыпную золотоносность, что может свидетельствовать о появлении таких зон еще в условиях литогенеза. Подтверждением сказанного могут служить результаты проведенного нами минералогического исследования золоторудных жил, локализованных в различных метаморфических зонах одного из золотоносных районов Дальнего Востока [11]. Оказалось, что жильный кварц и рудные минералы, включая самородное золото, претерпели закономерные изменения своих типоморфных свойств под действием метаморфизма вместе с вмещающими породами. Это значит, что они образовались еще до проявления метаморфизма. При полном отсутствии проявлений магматизма следует признать их литогенное происхождение.

Рассматривая эволюцию представлений о длительности и последовательности развития минеральных парагенезисов в рудных месторождениях, Д.В. Рундквист [19] пришел к необходимости выделения, помимо этапов, стадий и рудоносных эпох, более длительного периода предистории формирования месторождений, включающего этапы накопления и постседиментационного преобразования осадочных пород. Особенно важен такой период для золота, промышленное содержание которого в рудах в 10 000 раз превышает фон вмещающих пород. Этот период необходим для создания промежуточных концентраций золота, превышающих фон горных пород примерно в 100 и более раз. Если превышение будет создано в значительных по объему участках горных пород, то их можно рассматривать как реальный источник золота при метаморфогенном рудообразовании.

ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

В качестве объектов исследования на Северном Кавказе были выбраны хорошо изученные благороднометалльные минерализации и вмещающие породы Малкинского, Урупо-Лабинского и Кардан-Куспартинского рудных узлов, охватывающие черносланцевые толщи соответственно протерозойского, палеозойского и мезозойского возраста. По результатам минералого-геохимических исследований в углеродистых толщах названных рудных узлов нами выделены три минерально-морфологических типа благороднометалльных минерализаций, которые или сами по себе являются объектами геологоразведочных работ или сопутствуют более богатым рудам. Исходя из разработанной нами ранее для восточных районов РФ концепции литогенетической обусловленности золотого оруденения в черносланцевых толщах [9; 10], изученные на Северном Кавказе минерализации, можно рассматривать как предрудные концентрации благородных металлов, связанные с различными стадиями литогенеза углеродисто-терригенных толщ. К ним относятся: 1) участки скопления осадочно-диагенетических сульфидов в углеродистых отложениях юры Кардан-Куспартинского рудного узла, где основное золото связано с пиритом; 2) зоны концентрации кварцевых жил и прожилков Урупо-Лабинского и Малка-Муштинского рудных узлов; 3) прослои и залежи сульфидно-кремнистых субмаринных эксгаляционно-осадочных образований Кардан-Куспартинского и Урупо-Лабинского рудных узлов. Содержание золота во всех перечисленных образованиях в 100 раз превышает фоновое и составляет десятки доли г/т при крайне неравномерном распределении.

В таблице 1 приведены средние химические составы рудоносных углеродистых пород перечисленных узлов. Анализ таблицы показывает, что все породы четко разделяются на три группы: 1) калиевые, 2) натриевые и 3) натриевые с аномально повышенным магнием. Такое разделение хорошо иллюстрируется треугольной диаграммой (рис. 1). Выявленная магниевая, калиевая и натриевая специализация углеродисто-терригенных пород устанавливается не только в пределах участков рудных минерализаций, но и сохраняется по простиранию толщ, то есть является свойством самих пород, независимо от того, есть в них оруденение или нет.

Магниевая специализация легко объясняется соответствующим петрофондом, в качестве которого выступают породы древнего офиолитового комплекса. Это подтверждается микроскопическими ис-

Таблица 1. Химические составы (в %) углеродистых пород рудных узлов Северного Кавказа

№ пп	Возраст	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Кардан-Куспартинский рудный узел											
1	J ₁₋₂ dr	60,1	22	0,84	0,94	0,94	0,03	0,21	1,26	2,82	0,11
2	J ₁₋₂ dz	68,6	16,25	0,77	0,46	1,69	0,01	2,01	0,5	1,95	0,29
3	J ₁₋₂ bz	85,4	6,25	0,21	0,23	1,15	0,01	1	0,3	0,8	0,07
Уруп-Лабинский рудный узел											
4	D ₂₋₃ an	59,4	16	0,8	5,58	1,46	0,2	1,52	4	2,36	2,04
5	D ₂₋₃ an	59	14,1	0,73	5,98	1,21	0,21	1,59	7,78	1,75	1,64
6	D ₂₋₃ an	60,8	15,8	0,81	5,96	1,49	0,15	0,74	4,61	1,86	2,68
7	D ₂₋₃ an	60,8	14,7	0,78	5,7	2,77	0,21	0,6	5,45	1,63	1,5
8	D ₂₋₃ an	55,5	14,9	0,8	6,15	1,87	0,22	0,94	9,33	1,46	2,65
9	D ₂₋₃ an	63,62	15,28	0,53	6,38	0,53	0,18	0,89	4,37	3,23	2,67
10	D ₂₋₃ an	56,82	16,01	0,61	6,28	1,15	0,06	0,88	7,97	2,16	2,15
11	D ₂₋₃ ar	50,6	19	0,66	6,67	1,35	0,13	4,01	6,5	2,84	2,86
Малка-Муштинский рудный узел											
12	PRh	55,9	17,1	1,1	0,92	6,97	0,13	3,8	1,6	3,05	3,71
13	PRh	61,4	14,65	0,75	0,93	5,48	0,17	4,28	1,1	1,92	3,7
14	PRdn	57,4	15,87	1,05	1,11	9,8	0,21	1,76	1,24	1,9	5,8
15	PRdn	61,48	16,96	0,99	5,07	1,34	0,12	2,85	2,77	2,8	4,25
16	PRdn	62,42	16,1	0,69	4,7	2,05	0,11	4,5	2,67	2,72	2,8
17	PRsh	52,4	22,85	1,28	0,14	10,64	0,1	0,3	1,1	3,55	1,36
18	PRsh	55,8	22,55	1,31	0,11	7,88	0,09	0,3	1,2	5,05	1,2

Примечание. Названия свит: dr – джорская, dz – джигиатская, bz – безенгийская, an – андрюкская, ar – артыкчатская, h – халтукаколская, dn – долинонарзанная, sh – шитжатмазская.

следованиями шлифов, где часто обнаруживаются микрообломки ультраосновных пород и зерна хромшпинелида (пикотита), а также пересчетами химических составов пород по методике О.М. Розена [20] на первично осадочный минеральный состав, когда избыток магния связывается с высокомагниевыми силикатами коры выветривания ультраосновных пород (табл. 2). По содержанию элементов-примесей они также выделяются повышенными концентрациями хрома, никеля, кобальта [1].

Калиевая специализация является обычной для глинистых пород и соответствует геохимической направленности литогенеза. А вот натриевая специализация глинистых толщ является аномальной. Эти данные согласуются с выявленным ранее бимодальным законом распределения содержаний Na₂O в парасланцах земного шара [21]. Первый уровень концентраций Na₂O (0,6–1,6%) является обычным для осадочных пород, а второй (2,5–3,5%) не имеет аналогов среди осадочных образований и характерен только для пород, прошедших стадию катагенеза или метagenеза. В соответствии с концепцией Т. Барта [22] аномальное обогащение пород натрием в этих условиях происходит за счет захороненных в осадке хлоридно-натриевых морских вод. Если же осадки, пройдя лишь стадию диагенеза,

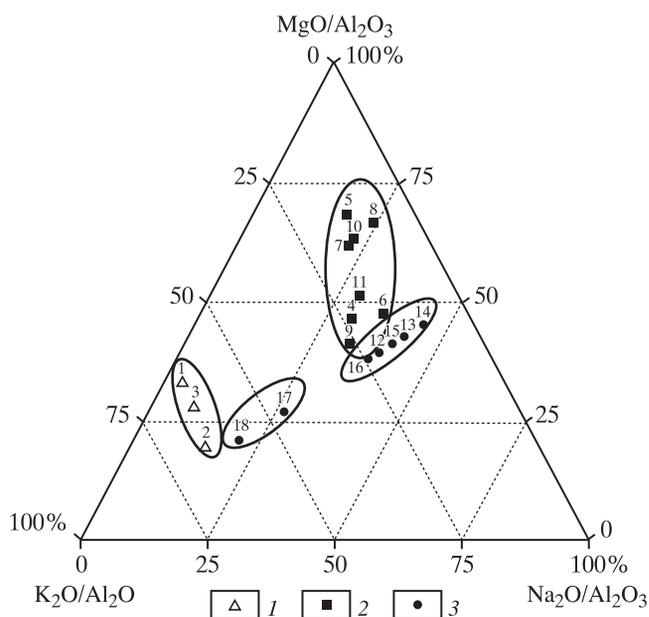


Рис. 1. Треугольная диаграмма, иллюстрирующая наличие трех литохимических типов рудоносных углеродистых пород на Северном Кавказе: 1 – юрские углеродистые глинистые сланцы Кардан-Куспартинского рудного узла (1–3); 2 – девонские углеродистые сланцы Уруп-Лабинского рудного узла (4–11); 3 – протерозойские углеродистые сланцы Малка-Муштинского рудного узла зеленосланцевой фации метаморфизма (12–16) и неметаморфизованные (17, 18)

Таблица 2. Первичный осадочный состав углеродистых пород рудных узлов Северного Кавказа по результатам пересчетов химических анализов по методике О.М. Розена [20]. Все данные приведены к 100%

№ пп	№ пробы	ГГ	МГ	КГ	Свободный кремнезем	Сидерит	Доломит	NaCl	Серпентин	Кальцит	КПШ
Кардан-Куспартинский рудный узел											
1	J ₁₋₂ dr	18,87	11,06	22,54	44,21	0,50	1,68	–	–	0,80	–
2	J ₁₋₂ dz	34,76	0,84	18,11	45,77	–	–	–	–	–	–
3	J ₁₋₂ bz	14,26	–	7,90	76,69	–	–	–	–	0,58	–
Урупо-Лабинский рудный узел											
4	D ₂₋₃ an	44,07	33,65*	–	13,76	4,34	1,23	0,88	1,97	–	–
5	D ₂₋₃ an	34,20	36,87*	–	12,95	2,96	1,49	0,48	10,15	0,80	–
6	D ₂₋₃ an	33,14	39,82*	–	13,60	7,30	–	1,32	4,23	0,58	–
7	D ₂₋₃ an	29,05	39,83*	–	15,46	9,04	–	0,20	6,32	–	–
8	D ₂₋₃ an	25,98	44,85*	–	5,05	8,45	0,26	1,25	14,06	–	–
9	D ₂₋₃ an	57,57	14,95*	–	20,78	–	0,64	1,88	4,08	–	–
10	D ₂₋₃ an	38,43	35,34*	–	5,96	7,69	0,39	0,88	11,15	–	–
11	D ₂₋₃ ar	50,62	36,93*	–	–	3,93	5,66	1,45	–	–	–
Малка-Муштинский рудный узел											
12	PRh	55,81	24,71*	–	11,23	2,34	–	2,92	–	2,98	–
13	PRh	36,32	34,06*	–	21,34	1,85	–	2,66	–	3,76	–
14	PRdn	35,51	39,4*	–	12,27	7,13	–	4,45	–	0,94	–
15	PRdn	50,68	29,59*	–	14,46	–	0,22	3,12	–	1,92	–
16	PRdn	49,16	25,94*	–	18,45	0,77	0,42	1,74	–	3,51	–
17	PRsh	37,6**	39,30	15,51	–	6,11	–	–	–	–	1,47
18	PRsh	40,74**	32,62	17,03	4,12	2,63	–	–	–	–	2,85

Примечание. ГГ, МГ, КГ – гидрослюдистая, монтмориллонитовая, каолиновая глины; * – содержание МГ рассчитано по Al₂O₃, поскольку при расчете по Na₂O возникает дефицит Al₂O₃; ** – содержание ГГ рассчитано по MgO, так как при расчете по K₂O возникает дефицит MgO.

испытывали поднятие выше уровня моря еще до того, как они подверглись катагенезу и метagenезу, то натрий, содержащийся в породах, выщелачивался. При последующем метаморфизме такие породы сохраняли нормальный для осадочных пород калиевый тип щелочности. Таким образом, содержание натрия в терригенных толщах является показателем особенностей эволюции осадочно-породных бассейнов и полноты реализации стадий литогенеза. Ранее нами обоснован механизм обогащения натрием осадочных пород в условиях лавинной седиментации и последующего катагенеза осадков за счет хлористого натрия седиментогенных вод [9], что показано в таблице 2 избытком натрия в форме NaCl.

Таким образом, выделяемые в изученных районах Северного Кавказа минерально-морфологические типы золотоносных минерализаций соответствуют трем литохимическим типам вмещающих углеродистых пород, что указывает на более тесную связь процессов литогенеза и рудообразования и позволяет выделить три эволюционные серии углеродисто-терригенных комплексов, представ-

ляющих литогенные рудоподготовительные системы. Они отвечают геодинамическим обстановкам: 1) шельфа (юрские черные сланцы Кардан-Куспартинского рудного узла и шиджатмазская свита Малка-Муштинского рудного узла), 2) континентального склона (малкинский протерозойский комплекс, включающий халтухаколскую и долинонарзанную свиты Малка-Муштинского рудного узла), 3) подножия континентального склона и ложа океанического бассейна (палеозойские углеродистые толщи Урупо-Лабинского рудного узла).

Каждый из перечисленных комплексов представляет собой своеобразный тип автономной рудоподготовительной системы, которая определенным образом, в зависимости от фациальных условий седиментогенеза, характера и полноты проявления последующих стадий литогенеза, организует сбор рудного вещества, его транспортировку и концентрацию в виде участков минерализации с определенными вещественно-морфологическими признаками и с повышенными содержаниями золота. Такие системы предлагается называть литогенными [9]. Развитие литогенных систем пред-

ставляет длительный период предыстории месторождения (по [19]), приводящий к возникновению крупнообъемных участков скопления повышенных концентраций золота. Возможно, что в некоторых особо благоприятных условиях литогенные системы могут сразу создавать промышленные концентрации.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Формирование предрудной минерализации в каждом из перечисленных комплексов можно описать одной из предлагаемых ниже моделей или их различным сочетанием.

Седиментационно-диагенетическая модель.

Рудоподготовительные системы, отвечающие седиментационно-диагенетической модели, формируются в условиях внешнего шельфа эпиконтинентальных океанических бассейнов. Наиболее типичным примером являются золотоносные сульфидизированные черносланцевые толщи Бодайбинского района, содержащие золотосульфидные руды месторождений Сухой Лог, Голец Высочайший, Вернинское и других подобных объектов. Литолого-фациальными исследованиями установлен по смене фаций профиль обстановок седиментации в позднем рифее. На мелководных участках шельфа, расположенных севернее Бодайбинского прогиба, отлагались песчано-алевритовые осадки и биохемогенные карбонаты. Южнее, в области Бодайбинского прогиба, на периферии шельфа формировались в это время толщи углеродисто-терригенных, иногда слабоизвестковистых осадков. Отложения рудоносной хомолхинской свиты при этом имеют линзообразную форму, поскольку накапливались в специфических фациальных условиях локальной впадины, где возникали условия сероводородного заражения и концентрирования золота осадочно-диагенетическими сульфидами [23]. Таким образом, повышенные содержания золота в черносланцевых толщах Бодайбинского района обусловлены в решающей степени вкрапленностью осадочно-диагенетических сульфидов, концентрации золота в которых на 1–2 порядка выше, чем в самих сланцах. Повышенное содержание органического углерода в хомолхинской свите (2–4% в среднем) указывает на высокую биопродуктивность моря в данном месте, связанную с развитием цианобактерий, что в совокупности с особенностями пространственного размещения хомолхинской седиментационной впадины (периферия шельфа) объясняется непосредственной близостью области апвеллинга. Следствием этого, как показано в работе [12], является автохтонное накопление жизненно важных элементов фитопланктоном в зоне повышенной биопродуктивности по гидрофронт и осаждение

этих элементов с отмирающим планктоном. Лавинные поступления органического вещества в иловый осадок активизируют процессы сульфат-редукции. Образующийся при этом сульфид железа концентрирует золото. Основным процессом, непосредственно определившим высокие концентрации золота, являлось длительное взаимодействие иловых вод, глинистых, богатых органическим веществом хомолхинских осадков, имевших восстановительную среду, с придонными водами, содержащими свободный кислород и повышенные концентрации золота. Существование апвеллинга обеспечивало постоянное обновление придонных вод в течение длительного времени, возможность фиксации металла из новых порций этих вод и его накопление в осадке.

На Северном Кавказе этой модели соответствует формирование относительно слабозолотоносных залежей сульфидно-вкрапленных руд в юрских углеродистых осадках Кардан-Куспартинского рудного узла.

Эксфильтрационно-катагенетическая модель.

Особенности формирования рудоподготовительной системы, отвечающей этой модели, наиболее отчетливо проявлены в Верхояно-Колымском складчатом поясе, где основная золотоносность связана с Верхоянским терригенным комплексом верхнего палеозоя – нижнего мезозоя. Подавляющее большинство золотоносных кварцевых жил (Дуэт, Юр, Кулар и др.) располагается согласно слоистости или образует лестничные жилы в пластах песчаников, залегающих среди толщ алевропелитовых пород. Протяженность отдельных жил, имеющих мощность обычно от 0,2 до 1,0 м, достигает 5 км и более. При этом они в деталях повторяют складчатую структуру вмещающих пластов, представленную системой чередующихся открытых слабофрированных синклиналей и антиклиналей. Контакты жил с вмещающими породами нечеткие, переход к центральной части жил, сложенной массивным молочно-белым кварцем, осуществляется через зону серого метасоматического кварца. Он замещает слоистые породы и вследствие этого приобретает полосчатую текстуру. Часто жилы содержат угловатые включения вмещающих пород размером до 10 см и более, представляющие так называемые горизонты включения, возникающие в результате внедрения в поры песчаных пород эксфильтрационных вод из зон разуплотнения и создания аномально высоких пластовых давлений [24]. Минеральный состав рудных тел типичен для месторождений малосульфидной формации золотокварцевого типа и сохраняется во всех месторождениях. Более того, снижение бортовых кондиций в месторождениях Колымы привели к тому, что в составе рудных тел объединяются от-

дельные секущие жилы и разноориентированные прожилки. В итоге морфология таких объединенных рудных тел становится близкой к пластовой, а их границы совпадают с определенными литолого-стратиграфическими подразделениями [25].

Ранее установлено, что накопление терригенных осадков Верхоянского комплекса происходило на пассивной окраине Сибирской платформы. Оно сменило предшествующее в более раннем палеозое и позднем докембрии карбонатонакопление в связи со сменой в конце визейского века аридного климата на гумидный и глобальным понижением уровня моря. Согласно проведенным исследованиям [24], осадки Верхоянского комплекса представляют собой разнообразные лавинные накопления зерновых и суспензионных автокинетических потоков долинно-веерных систем континентального склона. Учитывая возраст и фациальные условия отложений, можно предположить, что рассеянное органическое вещество в них представлено частицами высших растений. Растительный детрит, находясь во взвешенном состоянии, адсорбировал золото из морской воды и накапливался в осадке. Неуровновешенная процессами диагенеза органоминеральная масса очень скоро оказывается в зоне катагенеза под давлением вышелегающих осадков. Уже на стадии позднего катагенеза в изначально обедненных глинистым веществом песчаниках отмечаются рекристаллизационно-грануляционный бластез на контактах песчаных кварцевых зерен и пластические деформации в кварце, сопровождающиеся окварцеванием и альбитизацией полевых шпатов. В песчаниках также появляются кварцевые прожилки. В алевропелитах и глинистых песчаниках катагенез проявляется иначе, а именно в виде последовательной трансформации глинистых минералов группы смектитов через смешаннослойную фазу в гидрослюда и частично в хлорит. На стадии метагенеза гидрослюда 1Md трансформируется в серицит 2M1. Все это имеет большое значение для формирования золотого оруденения, поскольку приводит к неравномерному разогреву толщи осадков и появлению миграционных форм кремнезема и золота.

Известно, что необратимый процесс уплотнения глинистых коллоидно-дисперсных систем сопровождается увеличением температуры этого агрегата. Таким образом, в переслаивающихся песчано-глинистых толщах должны возникать температурные градиенты, обусловленные разностью температур между “саморазогревающимися” глинистыми и “холодными” песчанистыми пластами. Это приводит к усиленной эксфильтрации вод в пласты безглинистых песчаников и опережающий аутигенный минералогенез в них, что подтверж-

дается петрографическими исследованиями [24]. На глубинах 3–5 км в условиях лавинного захоронения осадков и повышенных (150–200 °С) температур начинается массовая альбитизация толщ за счет натрия захороненных в порах морских вод. Главной особенностью этого геохимического процесса, определяющей металлогеническую специализацию толщ, является разделение натрия и хлора. В данных термодинамических условиях натрий фиксируется в новообразованном альбите, а хлор, не образуя собственной минеральной фазы, насыщает эксфильтрационные воды и, обладая избирательно высокой активностью по отношению к золоту, способствует его выщелачиванию, миграции и перераспределению в масштабе всей толщи. Согласно экспериментальным данным, в интервале температур 150–200 °С резко возрастает растворимость кварца осадочных пород. Таким образом, уже на стадии катагенеза формируются кремнекислые гидротермальные растворы. Они насыщаются золотом за счет его десорбции с частиц рассеянного углеродистого вещества. Полезный груз отлагается в форме согласных или лестничных кварцевых жил в пластах песчаников.

Изложенный выше механизм был впервые предложен нами для обоснования повсеместной золотоносности черносланцевых толщ Амуро-Охотской области по данным геохимического изучения золотоносных районов [26]. Позже он был подтвержден экспериментально [27]. В эксперименте две одинаковые колонки горных пород помещались в разных контейнерах на длительное время в однотипные термоградиентные условия. В один контейнер была добавлена чистая вода, в другой – водный раствор NaCl. После окончания эксперимента в контейнере с чисто водным флюидом сохранилось первоначальное строение колонки пород и не зафиксировано перераспределение золота. В колонке с раствором NaCl обнаружены весьма интенсивные изменения исходных горных пород: в нижней (высокотемпературной) части произошла альбитизация пород; в средней части образовалось множество мелких полостей, усеянных игольчатыми кристаллами кварца; в верхней (низкотемпературной) части образовались прочная кварцитовидная порода, пронизанная множеством игольчатых кристаллов кварца, и субвертикальные кварцевые жилы. Одновременно произошло снижение содержания золота в нижней (альбитизированной) части колонки и его увеличение в средней и верхней ее частях.

Совокупность изложенных выше данных указывает на латераль-секреторный механизм формирования золотоносных кварцевых жил Верхояно-Колымской области, реализующийся уже в условиях катагенеза. При этом толщи алевролитов

и аргиллитов выступают в качестве генератора золотоносных кремнекислых растворов, которые разгружаются в пластах песчаников, выступающих в качестве коллекторов, и образуют послойные и лестничные кварцевые жилы. Степень золотоносности их определяется концентрацией благородного элемента в эксфильтрационных растворах. Если золото в растворах отсутствовало, то формировались безрудные кварцевые жилы.

Именно этой модели соответствуют обширные области распространения кварцевых жил и жильно-прожилковых (штокверковых) зон Малка-Муштинского и Урупо-Лабинского рудных узлов. Для последнего существенную роль играет петрофонд платиноносных ультраосновных пород.

Эксгальационно-осадочная модель. Рудоподготовительная система, отвечающая эксгальационно-осадочной модели, разработана нами на примере Джагдинской провинции Амуро-Охотской области [9; 28]. Главной особенностью этой системы является ее возникновение на океаническом ложе относительно узкого океанического бассейна, характеризующегося угнетенным развитием пассивных континентальных окраин. В этом бассейне накопление осадков осуществлялось на отдельных участках шельфа, континентального склона и его подножия, но главным образом на океаническом ложе. В относительно узком бассейне практически все дно было занято срединно-океаническим поднятием, в пределах которого наиболее интенсивно проявлялась вулканическая и гидротермальная деятельность. В результате подводные эксгальации приносили кремнезем, золото и другие рудные элементы в терригенные осадки и формировали самостоятельные золотоносные сульфидно-кремнистые и кремнистые залежи, переслаивающиеся с океаническими базальтами. С другой стороны, узость бассейна приводила к тому, что терригенный материал периодически покрывал все океаническое ложе. В результате сформировалась ритмичная толща с частым переслаиванием терригенных пород, океанических базальтов и эксгальационно-осадочных кремнистых образований. При этом терригенные и эксгальационные кремнистые осадки оказывают геохимическое влияние друг на друга. Первые обогащались железом, марганцем, кобальтом, никелем, медью и золотом, вторые – органическим и глинистым веществом. Основное металлогеническое значение таких залежей и прослоев проявляется в ходе последующих эндогенных процессов, когда они являются источником золота и других рудообразующих элементов.

Этой модели соответствует Урупо-Лабинский рудный узел, где установлено сочетание обширных участков кварцевой жильной и прожилковой

минерализации эксфильтрационно-катагенетического типа и залежи сульфидной пирит-пирротин-пентландитовой эксгальационно-осадочной минерализации. Именно с ней связана золото-платиноидная минерализация.

Предлагаемая модель эксгальационно-осадочного формирования предрудной минерализации в черносланцевых комплексах близка модели вулканогенно-осадочного образования золотоносных железистых кварцитов [15]. От вулканогенно-осадочных моделей, разработанных для ряда золото-сульфидных месторождений в древних зеленокаменных трогах Канады и Австралии [29], она отличается прежде всего отсутствием связи с конкретными вулканическими постройками. В этом отношении эксгальационно-осадочные сульфидно-кремнистые залежи Амуро-Охотской области, Урупо-Лабинского и Кардан-Куспартинского рудных узлов напоминают так называемые чехольные фации в модели Томиша [29], формирующиеся на значительном удалении от вулканической постройки в морской терригенной толще.

Обычно участки первично литогенной золотоносной минерализации в углеродисто-терригенных комплексах значительно осложнены или существенно преобразованы многократно наложенными эндогенными процессами. Зональный метаморфизм или проявления интрузивного магматизма приводят к усложнению морфологии и состава первичной минерализации или к образованию новых рудных тел и месторождений в иных литолого-структурных обстановках.

Что касается роли углеродистого вещества в рудообразовании, то в различных типах бассейнов и на различных стадиях литогенеза она может существенно меняться: от прижизненного концентрирования рудных элементов на стадии седиментогенеза, их источника на стадиях катагенеза и метагенеза при формировании рудоносных растворов и геохимического барьера при отложении руд.

Таким образом, этап литогенеза имеет большое значение в формировании золотоносности черносланцевых комплексов как период рудоподготовки, когда в крупных объемах горных пород создается рассеянная, относительно слабозолотоносная минерализация. Это значительно расширяет перспективы обнаружения золоторудных месторождений, связанных с черносланцевыми комплексами в любом регионе, так как предполагает возможность образования крупнообъемных зон благороднометалльных минерализаций в амагматичных и не затронутых метаморфизмом областях. При благоприятных геоморфологических условиях они обеспечивают россыпную золотоносность и (или) платиноносность, а при наличии соответствующих

технологий и технических возможностей могут представлять самостоятельный интерес для промышленной разработки. В районах проявления зонального метаморфизма и (или) интрузивного магматизма такие участки предрудной минерализации могут служить поисковым признаком и критерием высокой продуктивности более поздних эндогенных месторождений. В обоих случаях предложенные литогенетические модели формирования золотоносной минерализации определенного вещественно-морфологического типа позволяют более обоснованно выбирать перспективные участки и рациональный комплекс прогнозно-поисковых и геологоразведочных работ.

ВЫВОДЫ

1. Черносланцевые отложения Северного Кавказа несут минералогически и генетически разнообразную жильно-прожилковую кварц-карбонатную и кварцевую, а также вкрапленную сульфидную минерализацию, вещественно-морфологический тип которой определяется фаціальными и геодинамическими обстановками седиментации, характером и полнотой проявления последующих стадий литогенеза.

2. Протерозойские черносланцевые отложения Малкинского рудного узла накапливались в обстановке континентального склона пассивной окраины в условиях лавинной седиментации продуктов размыва сиалического основания. Реконструируемый первично осадочный состав метапелитов отвечает монтмориллонит-гидрохлудистым глинам. Практически минуя стадию диагенеза, осадки подверглись катагенезу, в результате чего сформировались многочисленные эксфильтрационные (латераль-секреционные) кварцевые жилы и масштабные прожилковые зоны.

3. Девонские черносланцевые образования Уруп-Лабинского рудного узла относятся к гемипелагическим отложениям, которые формировались в условиях лавинной седиментации в обстановке активизированной окраины обдукционного типа островодужного бассейна. По вещественному составу эти отложения являются весьма специфическими, что определяется преимущественно офиолитовым характером поставляемого терригенного материала и спорадическими проявлениями синхронной осадконакоплению субмаринной гидротермальной деятельности, в результате которой формировалась полиминеральная рассеянная сульфидизация. Реконструируемый первичный минеральный состав метапелитов отвечает серпентин-гидрохлудисто-монтмориллонитовым глинам. На этапе катагенеза сформировались многочисленные эксфильтра-

ционные кварцевые и кварц-карбонатные жилы и прожилковые зоны, а рассеянная эксгалационно-осадочная сульфидная минерализация перераспределялась в гнездовые и прожилковые формы.

4. Юрские черносланцевые породы Кардан-Куспартинского рудного узла накапливались в мелководных условиях внутриконтинентального бассейна. Первично осадочный состав пелитовых отложений по результатам пересчетов химических анализов являлся существенно каолинит-гидрохлудистым. Осадконакопление спорадически шло в застойных условиях, что приводило к образованию рассеянных сульфидов железа и их конкреций, а также глинисто-карбонатных конкреций. Осадки длительное время находились в стадии диагенеза, что обеспечило консервацию некоторых количеств рудных элементов, в том числе золота, в образующихся диагенетических сульфидлах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров В.И., Богуш И.А., Глазырина Н.В., Исаев В.С. 2006. Литология, геохимия и золотоносность черносланцевых комплексов Северного Кавказа. *Вестник Южного научного центра*. 1 (4): 58–64.
2. Парада С.Г., Холод Ю.В., Шишкалов И.Ю. 2011. Геохимия вторичных ореолов рассеяния Малка-Муштинского рудного узла (Северный Кавказ). *Вестник Южного научного центра*. 7 (3): 55–60.
3. Парада С.Г., Маркин М.Ю., Холод Ю.В., Шишкалов И.Ю. 2011. Минерагенические аспекты геохимических исследований Малкинского рудного района. *Вестник Южного научного центра*. 7 (1): 47–58.
4. Матишов Г.Г., Парада С.Г., Давыденко Д.Б. 2010. Выбор рудоперспективных площадей по результатам дистанционной флюидоиндексации как фактор рационального недропользования в условиях горных территорий. *Устойчивое развитие горных территорий*. 3 (5): 57–62.
5. Матишов Г.Г., Парада С.Г., Давыденко Д.Б. 2011. Технологии прогнозирования залежей углеводородов и минеральных месторождений будущей России (на примере южного региона). *Геология и геофизика Юга России*. (1): 20–31.
6. Парада С.Г., Столяров В.В. 2012. О связи золотого оруденения северного фланга Тырныаузского месторождения с интрузивными комплексами (Кабардино-Балкарская Республика). *Доклады Академии наук*. 445 (4): 437–440.
7. Багатаев Р.М., Бергер М.Г. 2012. Минералого-геохимические особенности золотоносных рудопроявлений в черносланцевых толщах горного Дагестана. *Геология и геофизика Юга России*. (4): 8–24.
8. Парада С.Г. 2014. Перспективные геолого-промышленные типы рудопроявлений золота в Ростовской области. *Вестник Южного научного центра*. 10 (4): 53–60.

9. Парада С.Г. 2002. О литогенной природе некоторых золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных толщах. *Литология и полезные ископаемые*. 3: 275–288.
10. Парада С.Г., Парада Л.Ф. 1988. Проявление вкрапленного золотосульфидного оруденения в черносланцевой толще. *Геология рудных месторождений*. 4: 110–115.
11. Парада С.Г., Рожков С.С. 2003. Метаморфогенная зональность золото-кварцевого оруденения мало-сульфидной формации. *Минералогический журнал*. 25 (4): 119–124.
12. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А., Флициан Е.С., Чиненов В.А. 1992. *Новые вещественные типы руд благородных и редких металлов в углеродистых сланцах*. М., Наука: 185 с.
13. Кокин А.В. 1990. Новые данные по золотоносности осадочных пород Юго-Восточного обрамления Сибирской платформы. *Доклады АН СССР*. 13 (3): 697–699.
14. Кокин А.В. 1994. Минеральные типы золоторудных месторождений Юго-Восточной Якутии. *Отечественная геология*. 8: 10–17.
15. Константинов М.М. 1993. Стратиформное золотое оруденение – достижения и проблемы построения моделей рудообразующих систем. *Руды и металлы*. (1–2): 14–20.
16. Буряк В.А., Неменман И.С., Парада С.Г. *Метаморфизм и оруденение углеродистых толщ Приамурья*. Владивосток, изд-во ДВО АН СССР: 116 с.
17. Парада С.Г., Ручкина Ю.Р., Мирзеханов Г.С. 1986. Условия локализации золотого оруденения в углеродистых толщах Дальнего Востока. *Тихоокеанская геология*. 2: 46–50.
18. Кулиш Е.А., Парада С.Г. 2009. Поведение золота и других рудообразующих элементов в условиях метаморфизма пород черносланцевых комплексов. *Минералогический журнал*. 31 (2): 92–101.
19. Рундквист Д.В. 1993. Фактор времени при формировании месторождений: периоды, эпохи, этапы и стадии рудообразования. *Геология рудных месторождений*. 39 (1): 11–24.
20. Розен О.М. 1972. Пересчет химических анализов седиментогенных кристаллических сланцев на компоненты осадочной породы. *Советская геология*. 7: 31–44.
21. Беус А.А. 1972. *Геохимия литосферы*. М., Недра: 296 с.
22. Барт Т.Ф. 1965. Соотношение натрия в изверженных и осадочных породах. В кн.: *Проблемы геохимии*. М., Наука: 424–428.
23. Буряк В.А. 1982. *Метаморфизм и рудообразование*. М., Недра: 256 с.
24. Япаскурт О.В. 1999. *Предметаморфические изменения осадочных пород в стратисфере: процессы и факторы*. М., ГЕОС: 260 с.
25. Хардинов А.Э., Парада С.Г., Холодная И.А. 2009. Литолого-фациальные условия золотоносности верхнепермских отложений Аян-Юряхского антиклинория Яно-Колымской складчатой области. *Руды и металлы*. 4: 22–28.
26. Парада С.Г. 1978. Особенности вещественного состава метаморфизованных углеродисто-терригенных толщ Приамурья в связи с проблемой золотоносности. В кн.: *Углеродистые отложения докембрия и раннего палеозоя и их рудоносность*. Фрунзе, Илим: 72–74.
27. Глюк Д.С. 1986. Перераспределение золота в колонке горных пород в термоградиентных условиях. *Доклады АН СССР*. 286 (5): 1232–1235.
28. Кулиш Е.А., Парада С.Г. 2007. Металлогенический аспект геохимии натрия в черносланцевых комплексах. *Минералогический журнал*. 29 (4): 5–14.
29. Tomish S.A. 1986. An outline of the economic Geology of Kalgoorlie, Western Australia. *Trans. Geol. Soc. S. Afr.* 89: 35–55.

GENETIC MODELS OF PRE-ORE GOLD-BEARING MINERALIZATION IN BLACK SHALE COMPLEXES OF THE NORTHERN CAUCASUS

S.G. Parada

The investigation of chemical composition and specific lithological features of gold-bearing black shale complexes of the Northern Caucasus has been performed. The gold-bearing black shale complexes of Proterozoic, Paleozoic, and Mesozoic ages of the well-studied Malka, Urup-Laba, and Kardan-Kuspartinski ore nodes (accordingly) were the research objects. The developed on the example of the Amur Province of the Far East author's hypothesis about lithogenetic attribution of golden mineralization in black shale complexes, in accordance with which large-volume areas of pre-ore relatively poor golden mineralization were formed at the stage of lithogenesis, supplying consequent endogenous ore-forming processes with easily remobilized gold resource, was the methodic base of the research. At the same time, the diversity of mineral types and scales of pre-ore mineralization is connected with different conditions of sedimentation, character and completeness of manifestation of consequent stages of lithogenesis. By the results of the carried out research three main mineral-morphological types of gold-bearing mineralization, which either themselves are an object of geological-prospecting works or accompany richer ores in the black shale complexes of the ore nodes of the Northern Caucasus, have been determined. These mineralization types may be regarded as pre-ore concentrations of noble metals connected with various stages of lithogenesis of carbonaceous-terrigenous series. They are as follows: 1) accumulation areas of sedimentary-diagenetic sulfides in carbonaceous Jurassic deposits of the Kardan-Kuspartinski ore node; 2) concentration zones of quartz veins and streaks of the Urup-Laba and Malka ore nodes; 3) interlayers and deposits of sulfide-siliceous submarine exhalation-sedimentary formations of the Kardan-Kuspartinski and Urup-Laba ore nodes. It has been ascertained that gold contents in all enumerated formations exceed by 100 and more times the background ones and make the tenth parts of g/t at the extremely irregular and uneven distribution. The obtained results are proposed to be used as the lithological-geochemical base for classification of golden-ore mineralization and when developing geological-prospecting models of golden-ore deposits in black shale complexes of the Northern Caucasus.

Keywords: gold-bearing mineralization, black shale complexes, lithogenesis, genetic models, geological-prospecting models, Northern Caucasus.

REFERENCES

1. Goncharov V.I., Bogush I.A., Isaev V.S., Glazyrina N.V., Dzhangirov M.Yu., Darchieva A.E., Vasikov A.V. 2006. [Litogeochemistry and the primary structure of rocks auriferous is black of a shaly complex of Northern Caucasus]. *Vestnik Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra*. 2(2): 46–57. (In Russian).
2. Parada S.G., Kholod Yu.V., Shishkalov I.Yu. 2011. [Geochemistry of secondary dispersion halos of the Malka-Musht ore deposit block (The Northern Caucasus)]. *Vestnik Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra*. 7(3): 55–60. (In Russian).
3. Parada S.G., Markin M.Yu., Kholod Yu.V., Shishkalov I.Yu. 2011. [Mineragenic aspects of geochemical investigations of the Malka ore area]. *Vestnik Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra*. 7(1): 47–58. (In Russian).
4. Matishov G.G., Parada S.G., Davydenko D.B. 2010. [Selection of the ore-prospective areas by results of remote fluide-indexation as a factor of rational usage of mineral resources]. *Ustoychivoe razvitie gornykh territoriy. (Sustainable development of mountain territories)*. 3(5): 57–62. (In Russian).
5. Matishov G.G., Parada S.G., Davydenko D.B. 2011. [The Forecasting Technologies of Carbohydrate Fields and Mineral Deposits of Future Russia (the Southern Region being exemplified)]. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii [Geology and Geophysics of the South of Russia]*. 1: 20–31. (In Russian).
6. Parada S.G., Stolyarov V.V. 2012. [Relation of gold mineralization on the northern flank of the Tyrnyauz deposit to intrusive complexes, Kabardino-Balkar Republic]. *Doklady Akademii nauk. (Doklady Earth Sciences)*. 445(4): 437–440. (In Russian).
7. Bagataev R.M., Berger M.G. 2012. [Mineralogical-geochemical features of auriferous ore occurrences in black-shale sections of Mountainous Dagestan]. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii. [Geology and Geophysics of the South of Russia]*. (4): 8–24. (In Russian).
8. Parada S.G. 2014. [Promising geological-industrial types of golden ore manifestations in the Rostov Region]. *Vestnik Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra*. 10(4): 53–60. (In Russian).
9. Parada S.G. 2002. [About lithogenic nature of some gold deposits in the carbon-terrigenous strata]. *Litologiya i poleznye iskopaemye. (Lithology and Mineral Resources)*. (3): 275–288. (In Russian).
10. Parada S.G., Parada L.F. 1988. [Manifestation of the interspersed gold-sulphides ore in black-shale thickness]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy. (Geology of Ore Deposits)*. (4): 110–115. (In Russian).
11. Parada S.G., Rozhkov S.S. 2003. [Meta-morphogenic zonation of gold-quartz ore of a low-sulfide formation]. *Mineralogicheskii zhurnal. (Mineralogical Journal)*. 25(4): 119–124. (In Russian).
12. Ermolaev N.P., Sozinov N.A., Flitsiyan E.S., Chinenov V.A. 1992. *Novye veshchestvennye tipy rud blagorodnykh i redkikh metallov v uglerodistykh slantsakh. [New material types of ores of precious and rare metals in carbonaceous shale]*. M., Nauka: 185 p. (In Russian).
13. Kokin A.V. 1990. [New data on gold-bearing capacity of sedimentary rocks of the Southeastern frame of the Siberian platform]. *Doklady Akademii nauk SSSR*. 13(3): 697–699. (In Russian).
14. Kokin A.V. 1994. [Mineral types of gold fields of Southeastern Yakutia]. *Otechestvennaya geologiya*. (8): 10–17. (In Russian).
15. Konstantinov M.M. 1993. [Stratiform gold ore – achievements and problems of creation of models of ore-forming systems]. *Rudy i metally*. 1–2: 14–20. (In Russian).
16. Buryak V.A., Nemenman I.S., Parada S.G. *Metamorfizm i orudnenie uglerodistykh tolshch Priamur'ya. [Metamorphism and mineralization of carbonaceous strata of the Amur Region]*. Vladivostok, the Far-Eastern Branch of the Academy of Sciences of the USSR: 116 p. (In Russian).
17. Parada S.G., Ruchkina Yu.R., Mirzekhanov G.S. 1986. [Conditions of localization of gold ore in carbonaceous thicknesses of the Far East]. *Tikhookeanskaya geologiya. (Russian Journal of Pacific Geology)*. (2): 46–50. (In Russian).
18. Kulish E.A., Parada S.G. 2009. [Behaviour of gold and other ore-forming elements in the conditions of a metamorphism of rocks of black-shale complexes]. *Mineralogicheskii zhurnal. (Mineralogical Journal)*. 31(2): 92–101. (In Russian).

19. Rundkvist D.V. 1993. [Time factor during the formation of fields: periods, eras, stages and stages of ore formation]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*. (*Geology of Ore Deposits*). 39(1): 11–24. (In Russian).
20. Rozen O.M. 1972. [Recalculation of chemical analyzes of sedimentogene schists onto the components of the sediment]. *Sovetskaya geologiya*. 7: 31–44. (In Russian).
21. Beus A.A. 1972. *Geokhimiya litosfery*. [*Geochemistry of Lithosphere*]. M., Nedra: 296 p. (In Russian).
22. Bart T.F. 1965. [Sodium ratio in the igneous and sedimentary rocks]. In: *Problemy geokhimii*. [*Problems of Geochemistry*]. M., Nauka: 424–428. (In Russian).
23. Buryak V.A. 1982. *Metamorfizm i rudoobrazovanie*. [*Metamorphism and ore formation*]. M., Nedra: 256 p. (In Russian).
24. Yapaskurt O.V. 1999. *Predmetamorficheskie izmeneniya osadochnykh porod v stratisfere: Protsessy i faktory*. [*Premetamorphic changes of sedimentary rocks in a stratisphere: Processes and factors*]. M., GEOS: 260 p. (In Russian).
25. Khardikov A.E., Parada S.G., Kholodnaya I.A. 2009. [Lithological-facial conditions of gold capacity of the Upper-Permian deposits of Ayan-Yuryakh anticlinorium, Yana-Kolyma folded area]. *Rudy i metally*. (4): 22–28. (In Russian).
26. Parada S.G. 1978. [Specific features of material structure of metamorphosis carbonaceous-terrigenous thicknesses of the Amur Region in connection with a gold-bearing capacity problem]. In: *Uglerodistye otlozheniya dokembriya i rannego paleozoya i ikh rudonosnost'*. [*Carbonaceous deposits of the Precambrian and early Paleozoic and their ore fields*]. Frunze, Ilim: 72–74. (In Russian).
27. Glyuk D.S. 1986. [Redistribution of gold in the rock column under the thermal gradient conditions]. *Doklady Akademii nauk SSSR*. 286(5): 1232–1235. (In Russian).
28. Kulish E.A., Parada S.G. 2007. [Metallogenic aspect of geochemistry of sodium in the black-shale complexes]. *Mineralogicheskiy zhurnal*. (*Mineralogical Journal*). 29(4): 5–14. (In Russian).
29. Tomish S.A. 1986. An outline of the economic Geology of Kalgoorlie, Western Australia. *Trans. Geol. Soc. S. Afr.* 89: 35–55.