

ДИСКУССИИ

УДК 553.2.22:549.2.21:553.3

ПРОБЛЕМА ГЕНЕЗИСА ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩ И РАЗВИТОГО В НИХ ЗОЛОТОГО, ЗОЛОТОПЛАТИНОИДНОГО И ПРОЧИХ ВИДОВ ОРУДЕНЕНИЯ*)

В.А. Буряк

*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан
Дальневосточный НИИ минерального сырья, г. Хабаровск*

В порядке дискуссии к статье А.А. Сидорова и И.Н. Томсона "Условия образования сульфидизированных черносланцевых толщ и их металлогеническое значение" рассматриваются условия образования углеродистых толщ и генезис развитого в них золотого и сопутствующего оруденения. Основной вывод: рудоносные углеродистые толщ имеют вполне определенный химический состав – следствие их накопления в резко восстановительных условиях при поступлении конседиментационных флюидов и растворов, приносящих Au, S, As, платиноиды и др. уже сопутствующие элементы. Последующие процессы диагенеза, эпигенеза, метаморфизма и, нередко, интрузивного магматизма приводят к существенному перераспределению этих сингенетичных концентраций с образованием золотоносных кварцевых жил. Золотое, урановое и, особенно, оловянное оруденения тесно не связаны между собой.

Ключевые слова: черносланцевые толщ, сульфидизация, оруденение, золото, платина.

Углеродсодержащие осадочные и вулканогенно-осадочные толщ, часто именуемые в практике работ черносланцевыми, привлекают к себе уже длительное время большое внимание. Особенно возрос интерес в эти толщам в последние 20-30 лет в связи с установленной избирательной приуроченностью к ним месторождений многих полезных ископаемых, особенно золоторудных, в том числе крупных и весьма крупных. Статья широко известных, опытных специалистов в области рудообразования А.А. Сидорова, И.Н. Томсона привлечет к себе, несомненно, повышенное внимание многих геологов и металлогенистов. Она актуальна, затрагивает целый ряд важных моментов этой проблемы, волнующих многих исследователей, заостряет на них внимание и предлагает пути их решения.

Следует, несомненно, согласиться с авторами, что изучение затронутых в статье вопросов имеет важное научное и прикладное значение, а значимость их трудно переоценить.

Вместе с тем обращает на себя внимание явная неполнота освещения степени изученности затронутых в статье вопросов и данных, уже полученных

другими исследователями, дискуссионность ее отдельных моментов. Целесообразно, как нам представляется, обратить внимание на эти особенности статьи с целью более полного понимания сути названной проблемы и имеющихся представлений.

Состояние изученности проблемы. Характеризуя развитые среди углеродистых толщ зоны рудоносной сульфидной минерализации, авторы указывают, что изученность их "чрезвычайно низка, а специально направленных исследований этих зон, имеющих нередко региональное значение, не проводилось". Это далеко не так. В бывшем СССР придавалось большое значение этой проблеме, и давно уже были начаты и успешно проводились специальные исследования, направленные на детальное изучение углеродистых толщ и развитого в них оруденения. В семидесятых - начале восьмидесятых годов они активно осуществлялись под руководством академика А.В. Сидоренко. Работы выполнялись по различным направлениям, в том числе по проекту 91 "Металлогения докембрия" в рамках Международной программы геологической корреляции. Проводились специальные совещания, издан целый ряд обобщаю-

*) Дискуссия к статье А.А. Сидорова, И.Н.Томсона «Условия образования сульфидизированных черносланцевых толщ и их металлогеническое значение»

щих монографических работ, в том числе двухтомная монография "Углеродистые отложения и их рудоносность" (Проблемы осадочной геологии..., 1981)*. Главное – в самом начале семидесятых годов, исходя из положительных и весьма перспективных данных, полученных при оценке золоторудных месторождений Мурунтау в Средней Азии и Сухой Лог в Сибири, локализованных в углеродистых толщах, была разработана и принята для практического исполнения специальная Государственная Программа, направленная на усиление ведущихся и постановку новых специализированных поисково-съёмочных, поисково-оценочных и разведочных работ и разнообразных научных исследований, направленных на быстрейшее выявление и успешную оценку подобных месторождений, общее изучение металлогении углеродистых отложений. Работы проводились в больших объемах, на всей обширной территории СССР. Впоследствии эти работы были еще более усилены. Кроме названного Международного Проекта 91 научные исследования осуществлялись в рамках двух специально созданных Комиссий, входящих в Научный Совет по рудообразованию при АН СССР: по метаморфогенному рудообразованию и стратиформным месторождениям. Совет этот длительное время возглавлял академик В.И. Смирнов.

В итоге были выявлены и успешно оценены многие золоторудные месторождения, в том числе Береговое в Восточных Карпатах и Бобриковское в Нагольном кряже (Украина), Школьное и Даугыз в Кызылкумах (Узбекистан), Кумтор в Киргизии, Светлинское на Урале, Олимпиадинское в Енисейском кряже, Зун-Холба и Бурун-Холба (заново успешно переоценены) в Бурятии, Маломыр – в Приамурье, Вернинское (кроме месторождения Сухой Лог) в Иркутской области, Нежданинское, Юр, Дуэт, Бриндакит и др. в Якутии, Майское на Чукотке, Глухое в Приморье, Лангерийская группа рудопоявлений на Сахалине и ряд других. Кроме того, было выявлено большое число различных перспективных зон, в том числе не оцененных еще по настоящее время. Наряду с золотом углеродистые толщи детально изучались и оценивались и на другие металлы, особенно на уран.

Были резко расширены подобные работы в других странах, также приведшие к положительным результатам. И надо признать, что геологи СССР занимали в то время общепризнанное лидирующее положение как по числу открываемых месторождений среди углеродистых толщ, так и по общему изучению рассматриваемой проблемы.

С целью координации дальнейших усилий геологов разных стран по изучению углеродистых толщ и развитого в них оруденения и учитывая их большую важность и практическую отдачу, под эгидой ЮНЕСКО в 1987 году был образован Проект 254 «Металлоносность черных сланцев и связанных с ними рудных месторождений» (Metalliferous black shales and Related ore deposits). В рамках этой работы проводились различные исследования, итоги которых докладывались и обсуждались на регулярно проводимых Международных симпозиумах, в том числе в 1987 г. в Праге (Чехословакия), в 1988 г. в Пекине (КНР), в 1989 г. в Оттаве (Канада) и в 1991 г. в Новосибирске. Специально большое внимание уделялось генезису углеродистых толщ и развитого в них золотого оруденения, изучению природы органического вещества, роли его в процессах рудообразования. Автор настоящей заметки принимал активное участие в этих исследованиях, являясь членом названных Комиссий при Научном совете по рудообразованию и вице-президентом Проекта 254, поэтому довольно хорошо знаком с их результатами. Они опубликованы в целом ряде сборников и монографий [2, 7-15, 21, 32-34 и др.]. Из отечественных геологов прежде всего следует отметить Св.А. Сидоренко, В.Г. Гарьковца, Н.П. Лаверова, У.А. Асаналиева, В.Н. Долженко, В.Г. Петрова, А.В. Кокина, Н.П. Ермолаева, И.В. Коновалова, Н.А. Созинова, Д.П. Сердюченко, А.И. Германова, В.А. Нарсеева, Н.В. Вилора. Конечно, нельзя считать, что все рассматриваемые проблемы изучены достаточно полно, а сделанные в итоге выводы не являются в ряде случаев дискуссионными. Однако не следует умалять и большую значимость выполненных работ. Да и сами авторы рассматриваемой статьи, особенно А.А. Сидоров, выполнили значительный объем исследований по рассматриваемой проблеме.

Геотектонические условия накопления сульфидизированных черносланцевых толщ. Заканчивая свою статью, А.А. Сидоров и И.Н. Томсон в качестве одного из выводов указывают, что формирование рудоносных черносланцевых толщ связано с предороженным рифтогенезом в пределах активных и пассивных континентальных окраин и кратонов. Этот вывод правомерен, и на такое специфичное положение этих толщ уже обращалось нами внимание [7]. Однако в терминологическом и генетическом отношениях структуры, накапливающие такие толщи, все же лучше именовать, по нашему мнению, перикратонными (краевыми) или межблоковыми прогибами в общепринятом их понимании. Редко они являются интракратонными. Положение прогибов контролируется глубинными разломами, входящими в систему краевых швов, ограничивающих кратоны, либо контролируются межблоковыми разломами.

* Проблемы осадочной геологии докембрия. Выпуск 7. Книги 1,2,3. М.: Наука. 1981г.

Особо обращает на себя внимание избирательная приуроченность наиболее продуктивных площадей (районов, узлов) к местам сопряжений и пересечений различно ориентированных разломов, образующих так называемые «входящие углы» (в сторону кратона) [7]. Чем контрастнее выражен «входящий угол» и чем он крупнее, тем большие объемы в нем углеродистых осадков и интенсивнее оруденение. Характерные примеры – Патомский прогиб (Ленский золотоносный район), Северо-Енисейский прогиб (Северо-Енисейский золотоносный район), Южно-Верхоянский прогиб (Юдомо-Майский золотоносный район) и др.

Металлогеническая специализация углеродистых толщ. В рассматриваемой статье, особенно в более ранних публикациях [22-28], решающее значение в определении химического состава рудосодержащих углеродистых толщ авторы придают процессам постседиментационного углеродистого метасоматоза и окварцевания. За счет этого, по их мнению, отношение калия к натрию всегда возрастает, повышено содержание Ti, происходит вынос или перераспределение других компонентов.

Нами ранее, с целью установления первичной природы углеродистых сланцев, содержащих рассматриваемое оруденение, и определения генезиса последнего, специально было выполнено большое

число полных химических анализов таких пород (лишенных наложенной минерализации) и собраны анализы многих других геологов по различным регионам бывшего СССР и зарубежные данные. В совокупности было учтено около 5 тыс. анализов. В итоге был рассчитан средний химический состав различных алевросланцев: 1) практически не содержащих углеродистое вещество, 2) содержащих его, но лишенных золотого оруденения, 3) содержащих только кварцево-жильное золотое оруденение, 4) содержащих вкрапленно-прожилковое ± кварцево-жильное.

Кратко, в суммированном виде, полученные данные применительно к тематике рассматриваемых вопросов изложены в таблицах 1,2. Проводились и специальные исследования, направленные на изучение литофациальных условий накопления рассматриваемых толщ и химизма метасоматических процессов [7-11,17 и др.].

В итоге вполне определенно можно утверждать следующее.

Углеродистые сланцы, не содержащие золотое и золотоплатиновое оруденения, весьма слабо отличаются от неуглеродистых. Содержания SiO_2 , Al_2O_3 , суммы $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO , CaO , K_2O , P_2O_5 практически одинаковы. Существенное отличие – более высокое содержание в них $C_{\text{орг}}$ и $S_{\text{общ}}$.

Таблица 1. Химический состав различных разновидностей сланцев (вес. %), в различной мере золотоносных (средние данные, по [10], с дополнениями).

Компоненты	1	2	3	4
SiO_2	60,54	57,84	67,81	60,01
TiO_2	1,33	0,99	0,69	0,94
Al_2O_3	17,01	17,35	14,31	17,02
Fe_2O_3	3,05	1,59	1,56	3,55
FeO	3,47	5,34	3,31	3,13
MnO	0,10	0,14	0,05	0,08
MgO	2,34	2,22	1,76	2,35
CaO	1,77	0,90	0,88	1,64
Na_2O	1,36	0,96	2,84	1,86
K_2O	3,29	3,29	2,89	3,22
P_2O_5	0,16	0,15	0,18	0,18
H_2O^+	3,81	3,67	2,47	4,07
$C_{\text{орг}}$	0,39	1,71	0,68	0,95
$S_{\text{общ}}$	0,10	1,72	0,48	0,18
CO_2	1,70	2,66	0,63	0,81
Сумма	100,42	100,53	100,51	99,99
CaO/MgO	0,76	0,41	0,50	0,70
$\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,14	3,36	2,12	0,90
Количество учтенных анализов	3470	310	263	698

Примечание. 1 - обычные серые и зеленовато-серые незолотоносные глинистые и хлорит-серицитовые сланцы; 2-4 - углеродистые сланцы, в том числе: 2 - содержащие прожилково-вкрапленное золотоплатиноидное оруденение ± золотоносное кварцево-жильное и кварцево-прожилковое, 3 - содержащие только золотоносное кварцево-жильное и кварцево-прожилковое, 4 - не золотоносные.

Таблица 2. Содержания SiO_2 , K_2O и TiO_2 (вес%) в углеродистых алевросланцах Ленского золотоносного района, в различной мере минерализованных.

Месторождения	Рудоносные			Нерудоносные		
	SiO_2	K_2O	TiO_2	SiO_2	K_2O	TiO_2
Голец Высочайший	57,9(25)	2,00(25)	0,92(25)	57,5(15)	4,03(15)	1,07(15)
Сухой Лог	58,35(90)	2,90(90)	1,08(90)	62,5(80)	3,13(80)	1,15(80)

Примечание. В скобках указано число анализов.

Что касается углеродистых сланцев, содержащих золотое и золотоплатиновое оруденение, то они по зернистости, первичному минеральному и химическому составу четко разделяются на две палеофациальные и геохимические разновидности: 1) тонкозернистые (пелитовые), изначально обогащенные калием, сульфидами и $\text{C}_{\text{орг}}$ с высоким отношением $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ (в среднем 3,4) и 2) более грубозернистые (алевритовые и алевропелитовые), значительно слабее обогащенные $\text{C}_{\text{орг}}$, конседиментационными сульфидами и характеризующиеся преобладанием натрия над калием, более низким отношением $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ (в среднем 2,1) - результат накопления в менее глубоких и в менее восстановительных условиях при более высоком потенциале кислорода.

Первый тип углеродистых сланцев (с калиевой геохимической специализацией) содержит прожилково-вкрапленное золото-сульфидно-платиноидное оруденение \pm наложенное кварцево-жильное и кварцево-прожилковое золотое "малосульфидной формации", второй (с натровой специализацией) - только золотокварцевое. Показательно также, что пелитовые углеродистые сланцы имеют наиболее высокие первичные кларковые содержания золота и платиноидов - 5-8 мг/т за пределами рудных тел и до промышленных концентраций - в рудоносных пачках. Характерно также, что содержание SiO_2 в них не выше, а ниже, чем в незолотоносных разностях. Так что говорить о развитии процесса окварцевания при формировании золото-сульфидно-платиноидного оруденения, постулируемого авторами статьи, не приходится.

Обращает на себя внимание и тот факт, что повышенная золотосульфидная минерализация развита не во всех углеродистых сланцах калиевой геохимической специализации, а только в определенной их разновидности - в алевропелитовой - т.е. не в наиболее тонкозернистых с высоким содержанием калия. Типичные высокоглиноземистые сланцы с содержанием K_2O выше 3-4% лишены, как правило, золотосульфидной минерализации. Характерные примеры приведены в табл. 2.

Не устанавливается и привнос Ti в процессе формирования золотосульфидного оруденения. Скорее можно говорить об обратном - о более низком

содержании его в углеродистых сланцах в сравнении с неуглеродистыми.

В целом имеющиеся данные позволяют довольно уверенно говорить, что названные геохимические особенности углеродистых сланцев, несущих золото-сульфидно-платиноидное оруденение, обусловлены палеофациальными условиями их накопления - в явно восстановительной обстановке при наличии сероводородного заражения и дефиците кислорода. Высказанные представления А.А. Сидорова и И.Н. Томсона о важной роли процессов окварцевания не находят должного подтверждения.

Процессы углеродистого метасоматоза. В рассматриваемой статье и особенно в предшествующих публикациях А.А. Сидоров и И.Н. Томсон большое внимание уделяют первичной природе углерода в углеродистых сланцах и, как следствие - самих углеродистых сланцев. Активно развиваются представления о поступлении углерода в составе «сухих» восстановленных флюидов негидротермального происхождения вдоль глубоких тектонических зон *после процессов осадконакопления**. В соответствии с этим "черные сланцы" и развитое в них золотосульфидное оруденение рассматриваются в основном как углеродистые метасоматиты, предшествующие массовому развитию гранитоидного магматизма [22-27]. Кроме того, в рассматриваемой статье А.А. Сидоров и И.Н. Томсон считают, что вероятен привнос углерода и при осадконакоплении. В связи с этим и развивается ими "эндогенно-биогенная" природа рассматриваемого оруденения.

По этому поводу хотелось бы отметить следующее. Поступление эндогенного углерода в составе глубоких, слабо окисленных и неокисленных флюидов и эксгаляций в процессе осадконакопления не вызывает сомнений и устанавливается, в частности, на основе многочисленных анализов газово-жидких включений. Более того, можно полагать, что именно эти флюиды приносили золото, платиноиды и другие сопутствующие элементы, в том числе серу и мышьяк. Исходя из этого, нами давно были выдвинуты и развиваются представления о первично гидротермально-осадочной и эксгаляционно-осадочной (вулканогенной) природе золотосульфидного оруденения в углеродистых сланцах [6]. Фактические данные

*Курсив автора

(метаколлоидные текстуры сульфидных образований, преобладание во многих случаях Co над Ni в пиритах, повышенные концентрации и тонкодисперсный характер выделений золота, утяжеленный состав изотопов серы и пр.) также вполне определенно на это указывают. Установлено [21], что эпохи повышенного поступления эндогенного вещества из глубоких недр коррелируются с эпохами накопления толщ, обогащенных органическим веществом.

Что же касается поступления в существенных количествах эндогенного углерода и развития углеродистого метасоматоза в постскладчатые этапы, в том понимании, как это предложили ранее П.Ф. Иванкин, Н.И. Назарова [18] и рассматривают авторы обсуждаемой статьи, то, по нашему мнению, это достаточно спорно.

Имеются многочисленные данные о перераспределении углерода вмещающих пород при метаморфических и особенно метасоматических процессах. Но во всех таких достоверно установленных случаях зоны углеродистого метасоматоза пространственно приурочены к углеродсодержащим осадочным толщам и не выходят за их пределы, а если и выходят, то на незначительные расстояния - десятки сотни метров и не более. В Дальнегорском районе Приморья, где развиты углеродистые метасоматиты, описываемые И.Н. Томсоном и А.А. Сидоровым как результат поступления углерода в составе эндогенных флюидов, развиты, как они сами отмечают, терригенные флишоидные толщи, характерная особенность которых - постоянное, хотя обычно и низкое содержание $C_{орг.}$ (0,1-1,5%).

При этом следует учитывать, что углерод (как химический элемент) довольно легко перераспределяется. Прежние представления о его инертном поведении при геологических процессах не подтверждаются. Свидетельства этого - наличие кварцевых жил и прожилков (в том числе золотоносных) с антраксолитом, шунгитом и даже с графитом в таких толщах. Частое присутствие графита в метасоматических пегматитах и гранитах, развитых среди углеродистых толщ (Мамский гранито-пегматитовый пояс и др.), - обычное явление.

Можно допускать какой-то дополнительный привнос углерода в составе глубинных флюидов в постседиментационный этап, но вряд ли он мог быть значительным и оказывать существенное влияние.

Генезис первичной сульфидно-золото-платиновой минерализации. Этот вопрос до настоящего времени является остро дискуссионным. Согласно прежним традиционным представлениям, отстаиваемым многими геологами (Ф.И. Вольфсон, С.Д. Шер, Н.В. Петровская, Ю.П. Казакевич, А.Ф. Коробейников, И.В. Кучеренко, А.М. Сазонов, В.М. Яновский, Е.М. Некрасов и многие другие) и до недавнего вре-

мени авторами обсуждаемой статьи, оруденение в решающей мере обусловлено поступлением эндогенных флюидов и (или) растворов в складчатый или постскладчатый этапы, т.е. после процессов осадконакопления.

Согласно другой концепции, выдвинутой одним из первых автором настоящей заметки [3-7 и др.], формирование золотосульфидной минерализации происходило в процессе накопления углеродсодержащих осадков и их последующего диагенеза, эпигенеза и метаморфизма. При этом первичный привнос Au и сопутствующих рудосоставляющих элементов, в том числе платиноидов, осуществлялся в решающей мере глубинными эксгаляциями, флюидами и гидротермами в процессе седиментогенеза и осадконакопления. Последующие процессы катагенеза, диагенеза и метаморфизма приводили, во многих случаях, к концентрированию минерализации, имеющей в основной массе рассеянный прожилково-вкрапленный характер.

Помимо автора подобные или близкие представления развивали В.Г. Гарьковец, В.Н. Долженко, И.В. Коновалов, В.Н. Шаров, В.Н. Нарсеев, Г.И. Неронский, В.К. Чайковский, в последние годы - Н.К. Курбанов, Н.В. Вилор, С.Г. Парада и ряд других геологов. Поддерживали эти представления, целесообразность их развития Д.С. Коржинский, затем - В.И. Смирнов, Я.Н. Белевцев, Н.А. Шило, А.Д. Щеглов, Н.П. Лаверов, Ф.Н. Летников, В.Г. Моисеенко.

Высказанные в рассматриваемой статье представления А.А. Сидорова и И.Н. Томсона о возможной важной роли процессов осадконакопления и последующего метаморфизма можно в связи с этим, с моей точки зрения, только приветствовать. Лично я убежден, что по мере дальнейшего накопления фактических данных эта концепция будет находить все большее подтверждение и понимание. Однако, повторяем, что в настоящее время большее число исследователей придерживается первой точки зрения. В связи с этим продолжение дальнейших исследований, о чем идет речь в обсуждаемой статье, по рассматриваемому вопросу необходимо. Более того, проведение дальнейших исследований по рассматриваемой проблеме позволит существенно расширить наши представления об условиях рудообразования, снять кажущиеся резкими "противоречия" между "нептунистами" и "плутонистами", создать более объективную теорию рудообразования.

Пространственно-возрастные соотношения золотосульфидной прожилково-вкрапленной и кварцево-жильной минерализаций. Этот вопрос при кажущейся своей незначительности имеет в действительности очень важное значение, особенно для понимания генезиса не только рассматриваемого оруденения, но и руд различного состава. Правильное реше-

ние его имеет большое значение при прогнозировании оруденения и выработке методов его оценки. В связи с этим повышенное внимание авторов обсуждаемой статьи к этому вопросу, особенно А.А. Сидорова, можно только приветствовать. Оно, несомненно, оправдано и заслуживает дальнейшего всестороннего обсуждения.

Одно существенное замечание. В статье указывается, что прожилково-вкрапленное золотосульфидное оруденение *всегда* изучалось и рассматривалось как околожильное. Это не так. Автором настоящей публикации еще в 1963 г. на III Всесоюзном петрографическом совещании в г. Иркутске по результатам изучения золотосульфидного и кварцевожильного оруденения, развитого в Ленском золотоносном районе, был сделан доклад, в котором впервые было показано, что жильно-прожилковая золотокварцевая минерализация является более поздней по отношению к прожилково-вкрапленной золотосульфидной [4]. Обращалось внимание на то, что кварцевые жилы, пересекая зоны золотосульфидной вкрапленности, заимствуют сульфиды и золото, обогащаются ими и становятся существенно золотоносными прежде всего в тех местах, где пересекают такие зоны с установленной золотоносностью. Эти высказанные представления, изложенные в ряде работ [3-5, 7] и распространенные на другие районы развития золотого оруденения в черносланцевых толщах, вызвали очень острую дискуссию, выходящую нередко за рамки корректности как на названном совещании, так и на различных последующих, посвященных условиям образования промышленных месторождений золота. Тем не менее, накапливающиеся данные все более подтверждали правомочность таких суждений, так и одновременно высказанные представления о метаморфогенном генезисе жил и самого золотосульфидного оруденения.

Более того, положенные автором в основу методики проведения поисково-оценочных работ, они позволили открыть и успешно оценить широкоизвестное месторождение Сухой Лог в Ленском золотоносном районе, являющееся на настоящее время одним из наиболее крупных объектов этого типа. С поверхности углеродистые сланцы на площади месторождения опробовались, но существенных содержаний золота в них не было установлено. В то же время, были давно известны кварцевые жилы с повышенными содержаниями золота, являвшиеся предметом безуспешной неоднократной разведки и приведшие к образованию богатых россыпей золота. Именно исходя из идеи о том, что жилы становятся золотоносными благодаря заимствованию золота из вмещающих пород, автором были запроектированы и пробурены скважины. Эта идея полностью подтвердилась: уже первые скважины на глубине 25-40 м

от поверхности вскрыли пачку углеродистых алевросланцев с повышенной золотосульфидной минерализацией, рассекаемых уходящими к поверхности золотоносными кварцевыми жилами.

Подобные взаимоотношения несколько позднее были установлены в других золотоносных регионах России и всего бывшего СССР, в том числе в Енисейском кряже (месторождения Советское, Эльдорадо, Олимпиадинское и др.), на Мурунтау и Даугызе – в Средней Азии, Бобриковском - в Нагольном кряже, Агние-Афанасьевском и Маломырском в Приамурье, Неждановском, Юр-Дуэт-Бриндакитском в Якутии, Майском на Северо-Востоке и на целом ряде других [7, 11, 15 и др.].

Вполне обоснованно можно считать, что это общая генерализованная закономерность. Визуально и особенно в крупных пришлифовках хорошо видно, как секущие кварцевые жилы и секущие прожилки, отходящие от послонных, пересекают выделения и даже отдельные кристаллы сульфидов, которые, как правило, располагаются вдоль слоистости или (при переотложении) по кливажным трещинам. В кварцевых жилах и прожилках золото свободное, более крупное, химически более чистое – высокопробное. Сульфиды содержат меньше элементов-примесей (более чистые), в основной массе более крупнозернистые. Кривые распределения золота в жилах правоасимметричны, а в зонах сульфидной вкрапленности - левоасимметричны.

Следует лишь иметь в виду, что наряду с жильной золотосульфидной минерализацией, сопровождающейся платиноидами и составляющей основную ценность рудных зон, отмечаются в боковых породах, особенно в зальбандах жил, и синжильные сульфиды. Но они имеют, как правило, незначительное развитие. На это обстоятельство уже обращалось нами специальное внимание [3, 7]. Именно их наличие и привело, можно полагать, к представлениям, которые до сих пор разделяют большинство геологов, о формировании всей прожилково-вкрапленной минерализации при синжильных гидротермально-метасоматических процессах.

Необходимо также учитывать и тот факт, что для формирования кварцевых жил с повышенными содержаниями золота совсем не обязательно наличие промышленной золотосульфидной минерализации во вмещающих углеродистых породах - оруденения "базовой формации" в понимании А.А. Сидорова. Достаточны содержания на уровне кларковых для таких толщ (4-7 мг/т) и рассеянная вкрапленность слабозолотоносных сульфидов.

Распределение и характер связи золота с сульфидами и другими рудогенными элементами. Этот вопрос также имеет важное значение для понимания генезиса оруденения, развитого в углеродистых тол-

шах, и его оценки. Авторы рассматриваемой статьи полагают, что имеющиеся данные позволяют предположить обусловленность кларковых и более высоких содержаний рудогенных элементов в углеродистых сланцах в решающей мере вкрапленностью сульфидов. В настоящее время это не только можно предполагать, но и следует считать уже вполне доказанным. Исходя из имеющихся многочисленных данных, именно сульфиды являются основным концентратом золота, платиноидов, меди, никеля, кобальта и других сопутствующих рудогенных элементов. Имеющиеся многочисленные данные опробования (прежде всего фазовые анализы) вполне однозначно на это указывают. Назовем наиболее существенные из них.

1. Заслуживающие практического значения повышенные концентрации золота и платиноидов установлены в пачках и слоях углеродистых пород, содержащих в существенных количествах сингенетичные сульфиды.

2. Устанавливается, как правило, прямая корреляционная зависимость между содержаниями сульфидов и рудных элементов. Характерно это как для золота, так и для платиноидов (рис. 1). Нарушения этой зависимости наблюдаются лишь в отдельных случаях – следствие наложенных процессов метаморфизма.

3. В монофракциях сульфидов (пирите, арсенопирите) содержания золота и платиноидов не менее чем в 10-100 раз выше, чем во вмещающих породах,

лишенных этих сульфидов. По результатам заводских технологических исследований сульфидный концентрат содержит не менее 75-85% рудных элементов.

4. Применительно к метаморфогенным разновидностям сульфидов устанавливается статистически значимая обратная корреляционная зависимость между содержаниями рудогенных элементов в них и во вмещающих породах.

5. Валовые содержания золота и платиноидов в минерализованных породах находятся в зависимости не только и не столько от общего количества сульфидов, а от доли гидротермально-осадочных и эксгальационно-осадочных (вулканогенных) разновидностей или их метаморфогенных производных (при наложении метаморфических процессов). Гидротермально-осадочные и эксгальационно-осадочные сульфиды наиболее обогащены золотом и платиноидами. Так, например, на месторождении Сухой Лог установленные содержания золота в них достигают 350 г/т, а платины – 15 г/т (таблица 3, рис. 2). Наименее металлоносны осадочно-диагенетические сульфиды.

6. Содержания золота в раздробленных фракциях углеродистых сланцев, из которых удалены сульфиды, и в штучных пробах, не содержащих сульфиды, практически такие же, как в «обычных» нерудоносных сланцах – 2-4 мг/т.

Сульфиды явно выступают в роли основных концентратов золота – следствие осадочно-диагенетических, эпигенетических и последующих мета-

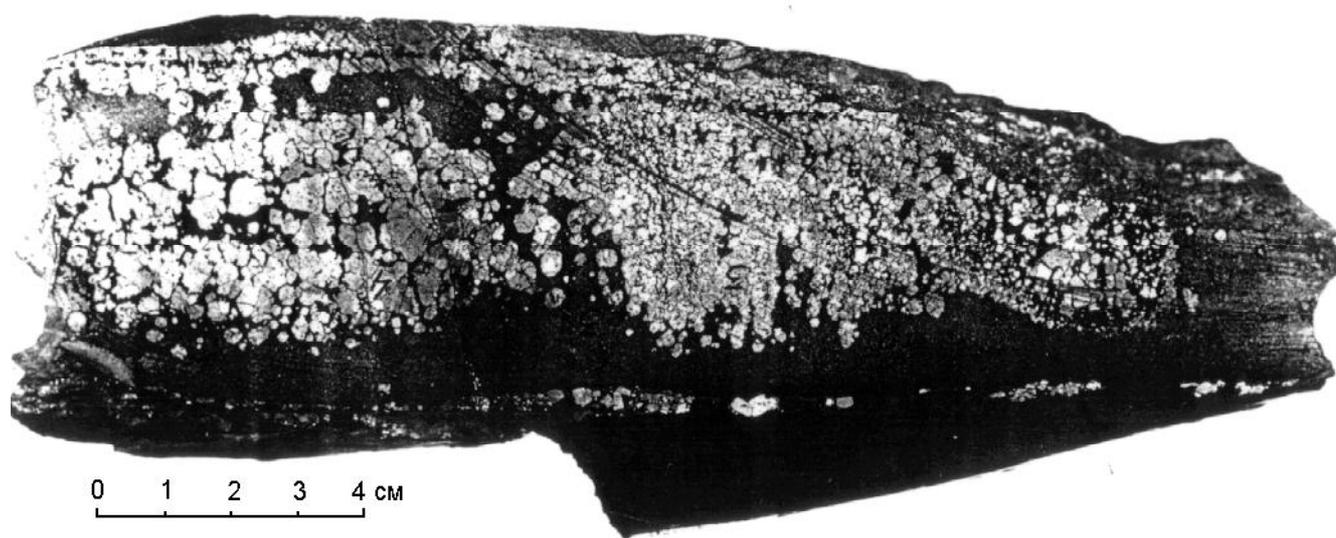


Рис. 1. Высокозолотоносный гидротермально-осадочный глобулярный пирит метаколлоидной структуры в месторождениях углеродистой формации. Характерный пример – месторождение Сухой Лог.

Содержание золота в данном образце 350 г/т, платины – 15 г/т, во вмещающих углеродистых алевросланцах, лишенных сульфидов – золота 5 мг/т, платины – 4 мг/т – обычные кларковые содержания, характерные для углеродистых нерудоносных сланцев.

Таблица 3. Кларковые содержания золота в сульфидах (пирите, арсенопирите) прожилково-вкрапленных руд и во вмещающих их углеродистых алевросланцах. По данным [7, 8, 10, 19 и др.].

I. Углеродистые алевросланцы с вкрапленностью осадочно-диагенетических и (или) метаморфических сульфидов (пирита, арсенопирита)	4-7 мг/т, редко выше
Эти же алевросланцы, лишенные сульфидов	2-4 мг/т
Осадочные и метаморфические сульфиды из этих пород	30-60 мг/т, редко выше (до 0,1 г/т)
II. Углеродистые алевросланцы с вкрапленностью и (или) прожилками осадочно-диагенетических и гидротермально-осадочных сульфидов	4-10 мг/т и выше, вплоть до промышленных концентраций (1,5-5 г/т)
Эти же алевросланцы, лишенные сульфидов	2-5 мг/т, редко выше
Монофракции гидротермально-осадочных сульфидов из этих пород	200-1000 мг/т и выше (до десятков г/т)
Монофракции метаморфических сульфидов из этих пород	50-1000 мг/т
Монофракции осадочно-диагенетических сульфидов	50-500 мг/т

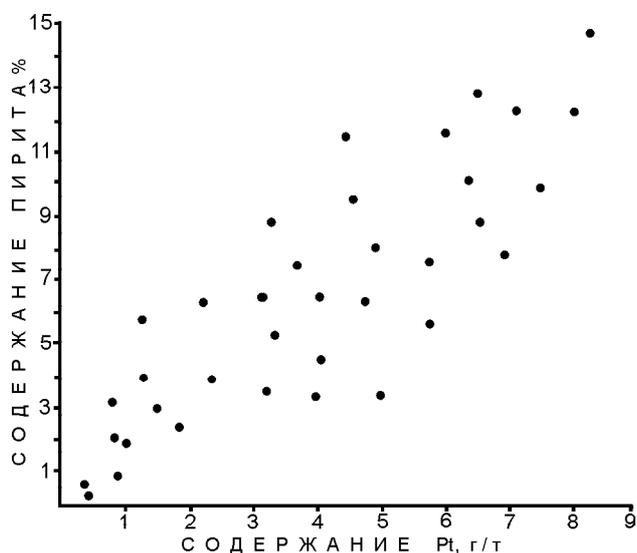


Рис. 2. Характер зависимости между содержанием сульфидов (пирита) и платиноидов в месторождениях углеродистой формации. Месторождение Сухой Лог.

морфических процессов, в том числе электрохимических и сорбционных. Именно неучет этого факта привел, можно полагать, в решающей мере к неправомерному выводу, сделанному рядом исследователей, изучавших кларковые содержания золота в углеродистых сланцах, и в частности А.Ф. Коробейниковым [19], о том, что эти содержания не выше, чем в обычных сланцах.

Пространственно-возрастные соотношения золотометалльного, платиноидного и других видов оруденения. А.А. Сидоров и И.Н. Томсон в рассматриваемой статье и в целом ряде других публикаций [22-28] активно развивают представления о так называемых базовых формациях, согласно которым золотосульфидное оруденение, развитое в углеродистых

толщах, тесно связано с оловянным, олово-серебряным, урановым, а также с эпitherмальными золото-серебряными и сурьмяно-ртутными месторождениями и является "базовым" для них.

Эти представления при всей своей привлекательности в целом ряде случаев не находят должного подтверждения. Главное, что следует иметь в виду и что в определенной мере следует из данных, приводимых в рассматриваемой статье, - углеродистые толщи, имеющие различное по металльному составу оруденение, имеют различный исходный химический состав - следствие существенно различных литофациальных условий накопления.

Это явно не одни и те же, а различно фациальные осадки, что определяется существенно отличными палеотектоническими условиями их накопления. Это обстоятельство весьма существенно, и его необходимо учитывать, особенно при прогнозно-металлогенических исследованиях. Многочисленные анализы химического состава таких пород вполне определены на это указывают, и это бесспорно. Так, например, углеродистые толщи с повышенной известковистостью (характерный пример - Олимпиадинское рудное поле в Енисейском кряже), с одной стороны, и более глубоководные - с другой.

Молибденовая минерализация свойственна кремнисто-углеродистым отложениям. Исходные повышенные содержания урана (и месторождения) отмечаются в углеродистых толщах, накапливающихся явно при более высоком потенциале кислорода, в сравнении с золотосодержащими. Убедительный показатель этого - наличие красноцветных пачек (фаций) в составе углеродистых толщ, вмещающих урановые месторождения. В углеродистых толщах, содержащих золотосульфидное оруденение красноцветные породы отсутствуют, а отношение FeO/Fe_2O_3 (закисный модуль) - один из наиболее высоких, как уже отмечалось при характеристике химического состава этих толщ. Наличие проявле-

ний гематитизации, упоминаемой в обсуждаемой статье, в углеродистых толщах (наряду с сульфидизацией) обусловлено, как вполне определенно показывают фактические данные, наложенными гипергенными процессами (месторождения Тас-Юрях, Карлин и др.).

Представления А.А. Сидорова и И.Н. Томсона о том, что сонахождение золотых и урановых месторождений в черносланцевых толщах - явление закономерное, не находят должного подтверждения. Все месторождения золота России и всего бывшего СССР и подавляющее число зарубежных месторождений золотосульфидной формации, развитых в углеродистых толщах, в том числе не только докембрийских, не содержат уран в сколько-нибудь существенных концентрациях и не сопровождаются месторождениями урана. Характерные примеры - все хорошо известные, уже упоминавшиеся месторождения СССР - Мурунтау, Даугыз, Школьное, Бобриковское, Бакырчик, Кумтор, Сухой Лог, Голец Высочайший, Вернинский, Александровское, Маломыр, Нежданинское, Юр, Дуэт, Бриндакит, Майское и многие другие. Золотосодержащие урановые месторождения известны, но это редко встречающиеся, сложные по генезису, полихронные образования, в том числе упоминаемые в рассматриваемой статье - Витватерсранд в ЮАР, Олимпик-Дам, а также Аллигейтор Риверс в Австралии. Олимпик-Дам, например, является представителем месторождений "поверхности несогласия", совсем не характерных для месторождений золота прожилково-вкрапленной углеродистой формации. Золотосодержащее урановое месторождение Аллигейтор-Риверс - типичный пример полиэтапного метаморфогенного месторождения.

Что касается месторождения Витватерсранд, то суждения А.А. Сидорова и И.Н. Томсона об отнесении его к золото-углеродистому типу не новы. Они, в частности, были высказаны и доложены мною в 1987 г. на 2-ом Всесоюзном совещании по стратиформным месторождениям в г. Фрунзе и опубликованы [12, 14, 16]. В последующем к подобным представлениям пришел А.Д. Щеглов [30]. Основное золотое и платиноидное оруденение Витватерсранд действительно есть основание рассматривать как золотосульфидное углеродистой формации, аналогичное, например, развитому на месторождении Сухой Лог [16]. И в этом мои представления не расходятся с мнением А.А. Сидорова и И.Н. Томсона. Но что касается урана, то сингенетичность его с золотом и платиноидами вызывает существенные сомнения.

Представление о тесной связи в углеродистых толщах золотосульфидного оруденения с оловянным вызывает более серьезные возражения. Имеющиеся случаи пространственного сонахождения повышен-

ных концентраций олова и золота обусловлены, как показывают фактические данные, скорее всего телекопированием явно разноэтапных и различных по генезису образований. На месторождении Майское, о котором идет речь в обсуждаемой статье, оловянная и золотая минерализации пространственно разобщены и, главное - разноэтапны и имеют различную связь с интрузивным магматизмом [29 и др.]. Все золоторудные месторождения бывшего СССР, развитые в углеродистых толщах, за исключением Востока России, вообще не оловоносны. Дальневосточный регион представляет собой исключение в связи с интенсивным проявлением здесь процессов мезозойской тектоно-магматической активизации. Но даже в этом регионе месторождения и рудопоявления Au и Sn далеко не всегда пространственно совмещены, скорее наоборот. Особенно хорошо это видно при анализе рудных районов и узлов (рис. 3, 4).

Сопоставление золотосульфидного оруденения с месторождениями золота типа Карлин. Этому вопросу в обсуждаемой работе уделено большое внимание. Сделан вывод, что золотосульфидное прожилково-вкрапленное оруденение, развитое в углеродистых толщах Майского и подобных месторождений, аналогично по генезису развитому на месторождении Карлин в штате Невада, США, и имеет, скорее всего, осадочный, либо гидротермально-осадочный генезис. Такой вывод, по моему мнению, вполне правомерен и представляется достаточно обоснованным. Но хотелось бы отметить, что такие представления не новы. Первичные руды месторождения Карлин были отнесены нами к образованиям углеродистой формации уже давно, при разработке классификаций золоторудных месторождений, развитых в таких толщах [13]. Подчеркивалась и гидротермально-осадочная природа золотосульфидного оруденения. В отечественной литературе близкие представления были высказаны А.И. Кривцовым [20]. Недавно этот вопрос специально рассматривался Ю.И. Бакулиным [1], показавшим целесообразность отнесения месторождений карлинского типа к стратиформным осадочным или гидротермально-осадочным образованиям.

Вместе с тем, такие представления являются, разумеется, не общепринятыми. Многие исследователи рассматривают все эти месторождения как магматогенно-гидротермальные [31 и др.].

Выполненный нами анализ накопленных многочисленных данных показывает, что месторождения, относимые в настоящее время к "типу Карлин", вообще говоря, различны по генезису первичных руд. Главный фактор, обуславливающий их высокую технологичность, - развитие зоны окисления, в которой тонкодисперсное (упорное) золото первичных руд высвобождается и укрупняется. На подавля-

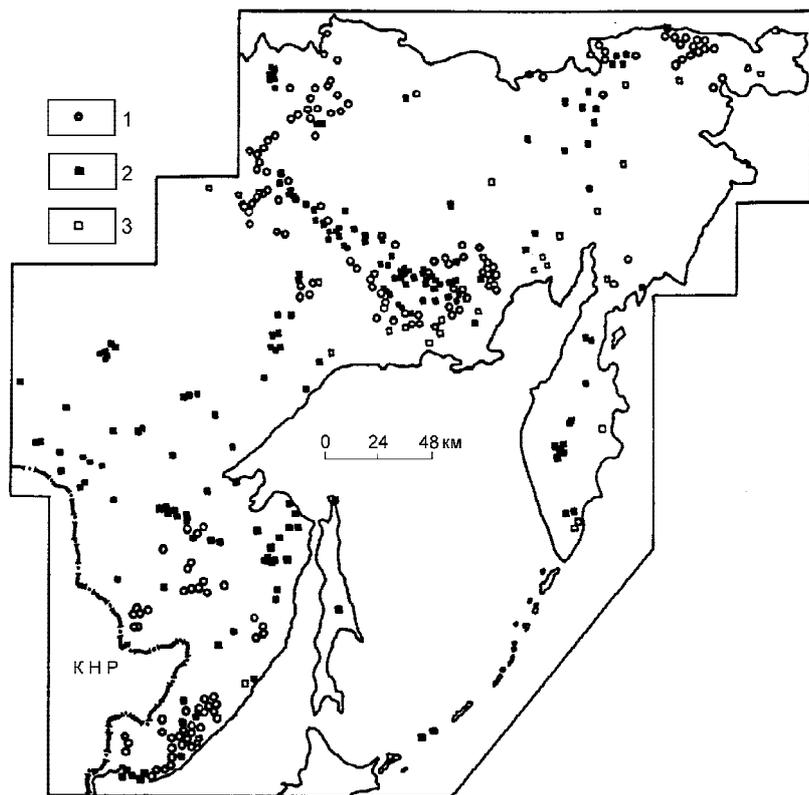


Рис. 3. Распределение месторождений олова и золота в Дальневосточном регионе (по В.И. Сухову, Ю.И. Бакулину, Н.П. Лошаку и др. ДВИМС, 1999 г.)

1 - месторождения олова; 2 - месторождения золота; 3 - золото-серебряные месторождения.

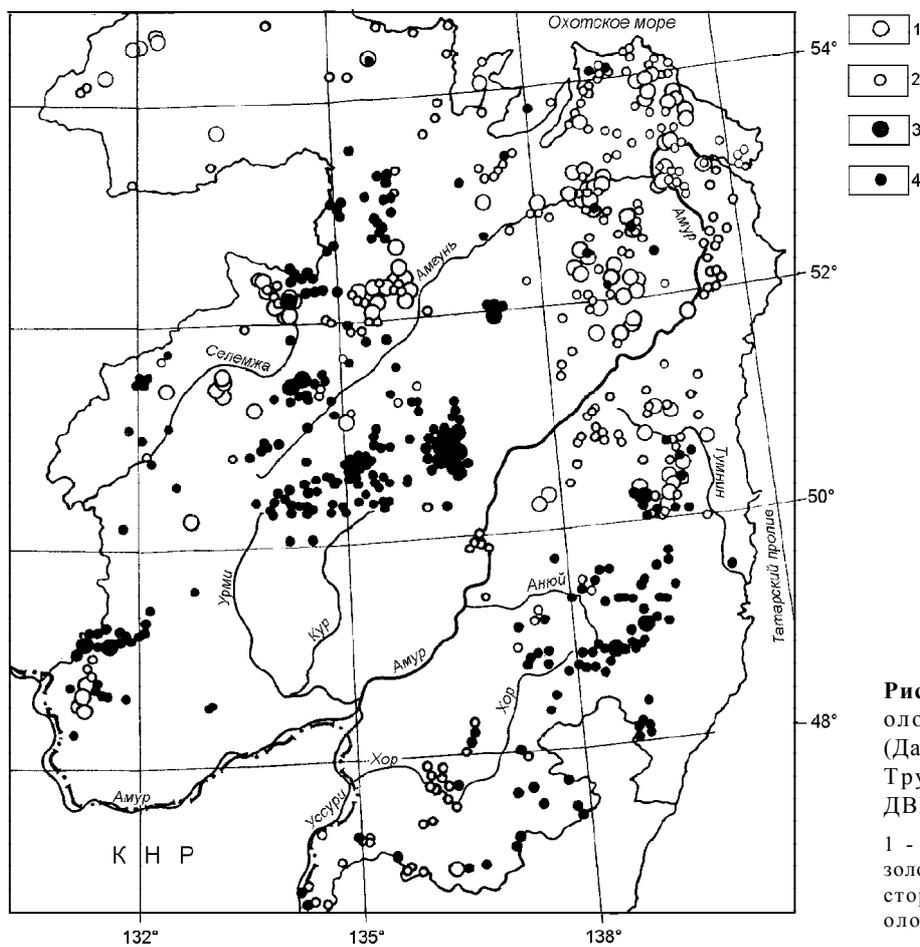


Рис. 4. Распределение месторождений олова и золота в Хабаровском крае (Дальний Восток) (по Б.И. Бурдэ, В.В. Трушко, В.П. Леонову, ДВИМС, ДВРИКЦ, 1997 г.)

1 - рудные и россыпные месторождения золота; 2 - рудопроявления золота; 3 - месторождения олова; 4 - рудопроявления олова.

ющем большинстве месторождений первичные рассеянные руды имеют действительно гидротермально-осадочную природу. Но есть месторождения, в которых они представлены золотоносными скарнами или "обычными" магматогенно-гидротермальными образованиями. Породы, содержащие вкрапленность сульфидов, помимо $S_{орг.}$ в существенных количествах содержат известковые или известково-магниево-карбонаты. В связи с этим в них в отличие от "обычных" углеродистых толщ более высокие содержания сульфидов Pb, Zn, Sb. Руды хорошо известных месторождений России наиболее близки по первичному составу рудам Олимпиадинского месторождения Енисейского кряжа. Характерна декарбонатизация (окарствование), приводящая к возрастанию количества SiO_2 , что часто неправомерно именуется окварцеванием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заканчивая рассмотрение статьи А.А. Сидорова и И.Н. Томсона в целом, отметим ее главную идею - углеродистые толщи могут содержать крупные и весьма крупные месторождения различных металлов. Прежние и современные фактические данные это хорошо подтверждают. Одно это уже говорит о том, что такие толщи заслуживают первостепенного внимания и дальнейшего всестороннего изучения. В этом плане обсуждаемая статья названных авторов, еще раз привлекающая внимание к этим толщам и показывающая необходимость их изучения, своевременна и актуальна. Можно надеяться, что она вызовет дополнительный интерес к затронутой проблеме и, с учетом высказанных дополнений и замечаний, будет способствовать дальнейшему более успешному ее решению.

ЛИТЕРАТУРА

- Бакулин Ю.И. Месторождения тонкодисперсного золота невадийского типа – тип регенерированных первично-осадочных месторождений // Тихоокеан. геология. 1998. Т. 17, № 4. С. 126-128.
- Бескровный Н.С. Горючие сланцы как сырье для производства синтетической нефти (по зарубежным данным). М., 1982. 52 с.
- Буряк В.А. О взаимоотношении кварцевых жил и прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации Гольца Высочайшего // Тр. ВСЕГЕИ. 1963. Вып. 13. С. 15-40.
- Буряк В.А. О влиянии процессов регионального метаморфизма на развитие золотосульфидной минерализации центральной части Ленского золотоносного района // Третье Всесоюз. петрограф. совещ.: тез. докл. / СО АН СССР. Новосибирск, 1963. С. 78-80.
- Буряк В.А. Взаимоотношение золотоносных жил и золотосульфидной минерализации вмещающих пород в месторождениях докембрийской золоторудной формации (Ленский золотоносный район) // Докл. АН СССР. 1964. Т. 165, № 5. С. 231-240.
- Буряк В.А. Роль вулканогенно-осадочного и гидротермально-осадочного минералообразования в формировании золотого оруденения черносланцевых толщ // Докл. АН СССР. 1976. Т. 226, № 4. С. 907-910.
- Буряк В.А. Метаморфизм и рудообразование. М.: Недра, 1982. 256 с.
- Буряк В.А. Источники золота и сопутствующих компонентов в золоторудных месторождениях углеродсодержащих осадочных и вулканогенно-осадочных толщ (на примере Сибири и Дальнего Востока) // 27 Международ. геол. конгр. Секция 12: Тез. докл. М., 1984. С. 57-59.
- Буряк В.А. Роль условий осадконакопления и метаморфизма в формировании золотого оруденения докембрийских углеродсодержащих толщ Сибири и Дальнего Востока // 27 Междунар. геол. конгр. Тез. докл. М., 1984. Т. II. С. 269-271.
- Буряк В.А. Источники золота и сопутствующих компонентов золоторудных месторождений в углеродсодержащих толщах // Геология руд. месторождений. 1986. Т. 28, № 6. С. 31-43.
- Буряк В.А. Формирование золотого оруденения в углеродистых толщах // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1987. № 12. С. 94-105.
- Буряк В.А. Возможный генезис золотоносных конгломератов типа Витватерсранда и других стратиформных месторождений золота // Условия образования и закономерности размещения стратиформных месторождений. Фрунзе: Фрунз. политехн. ин-т, 1987. С. 78-87.
- Буряк В.А. Генетическая типизация месторождений золота в осадочных и вулканогенно-осадочных толщах // Докл. АН СССР. 1988. Т. 299, № 4. С. 671-678.
- Буряк В.А. Золоторудные месторождения типа Сухой Лог и Витватерсранд - генетические аналоги // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики: Тез. докл. Всерос. совещ. Магадан: 4-6 сентября. 1997 г. / СВКНИИ ДВО РАН. Магадан, 1997. С. 207-208.
- Буряк В.А., Гуменюк В.А., Кельмачев В.Л., Мирзеханов Г.С. Проблемы генезиса золоторудных формаций в перивулканических областях // Генезис рудных формаций и практическое значение рудно-формационного анализа на Северо-Востоке СССР. Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1990. С. 86-99.
- Буряк В.А., Бакулин Ю.И. Металлогения золота. Владивосток: Дальнаука, 1998. 402 с.
- Волкова И.Б. Роль органического вещества в рудообразовании. М.: 1998. 40 с. (Геол. методы поисков, разведки и оценки м-ний твердых полезных ископаемых: Обзор/ ЗАО «Геоинформмарк»).
- Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. Проблема восстановительного метасоматоза // Метасоматоз и рудообразование. М.: Наука, 1984. С. 115-122.
- Коробейников А.Ф. Особенности распределения золота в породах черносланцевых формаций // Геохимия. 1985. №12. С. 1747-1757.
- Кривцов А.И. Прикладная металлогения. М.: Недра, 1989. 287 с.
- Сидоренко С.А., Теняков В.А. О глобальных "эпохах"

- накопления в докембрии высокоуглеродистых формаций // Докл. АН СССР. 1978. Т. 242, №1. С. 172-175.
22. Сидоров А.А., Новожилов Ю.И., Дорофеев Д.А., Волков А.В. Золотосульфидные месторождения вкрапленных руд // Докл. АН СССР. 1984. Т.275, №4. С.941-944.
23. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Базовые рудные формации // Тихоокеан. геология. 1987. №5. С. 102-108.
24. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Базовые рудные формации и новый подход к систематике месторождений // Тихоокеан. геология. 1989. № 6. С. 97-102.
25. Сидоров А.А. Актуальные проблемы геологии рудных месторождений // Тихоокеан. геология. 1992. № 5. С.128-137.
26. Томсон И.Н., Сидоров А.А., Полякова О.П. и др. Графит-ильменит-сульфидная минерализация в рудных районах востока СССР // Геология руд. месторождений. 1984. №6. С.19-31.
27. Томсон И.Н. Металлогения рудных районов. М.: Недра, 1988. 215 с.
28. Томсон И.Н., Тананева Г.А., Полякова О.П. и др. Этапы образования рудных формаций. М.: Наука, 1989. 224 с.
29. Шило Н.А., Сахарова М.С., Кривицкая Н.Н., Ряховская С.К., Брызгалов И.А. Минералогия и генетические особенности золото-серебряного оруденения северо-западной части Тихоокеанского обрамления. М.: Наука, 1992. 255 с.
30. Щеглов А.Д. О генезисе золоторудных месторождений района Витватерсранд (ЮАР) // Докл. РАН. 1993. Т. 333, №1. С. 59-69.
31. Эйриш Л.В. К перспективам выявления на Дальнем Востоке России месторождений карлинского типа // Тихоокеан. геология. 1998. Т.17, №4. С. 72-79.
32. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: УИФ, Наука, 1994. 304 с.
33. Metalliferous black shales and related ore deposits - program and abstracts. U.S. Geological Survey, Circular, 1037, U.S. Government printing office: 1989 - 673 - 047/86115. 20 p.
34. Proceeding of the IGGP 254, Inaugural Meeting. Geological Survey, Prague, 1988. 115 p.

Поступила в редакцию 22 ноября 1999 г.

Рекомендована к печати Л.В.Эйришем

V.A. Buryak

On the genesis of black shale formations and related gold, gold and platinoid and other mineralization

As a discussion to the paper "conditions of origin for black shale complexes and their metallogenic implications" by A.A.Sidorov and I.N.Tomson, the conditions of the origin of the black shale formations and genesis of gold and associated mineralization in them are examined. It is concluded that carbonaceous rocks have quite a definite chemical composition resulting from their accumulation in the redox conditions with the supply of consedimentation fluids and solutions containing Au, S, As and other elements. Successive processes of diagenesis, epigenesis metamorphism and often intrusive magmatism lead to essential re-distribution of these syngenetic concentrations forming gold-quartz reefs. Gold, uranium and especially tin mineralization are not closely connected with each other.