
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ЗОЛОТО: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ И “ЗОЛОТАЯ” ПРОБЛЕМА

В. Н. Сазонов, В. А. Коротеев, В. Н. Огородников, Ю. А. Поленов*

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы проследить (на примере нашей страны) как зарождалась золотая промышленность, как она развивалась и чем это определялось. В этой связи мы попытаемся здесь рассмотреть ее историю, состояние в настоящее время, заглянуть в будущее и в главных аспектах определить “золотую” проблему.

Потребность в золоте все время нарастает, и тех 2.5 тыс. т, которые добываются ежегодно в мире, явно не хватает – спрос значительно выше предложений, что видно из табл. 1. Из нее видна также структура потребления этого металла. Все страны вместе потребляют до 85% золота на ювелирные изделия. В таких странах, как Япония, США и Германия, золото выступает в качестве индикатора уровня освоения высоких технологий в приборостроении и электронике.

Трудно переоценить роль золота в мире в качестве страхового фонда, который на сегодня составляет 31 тыс. т. Из этого количества России принадлежит лишь 1.256% Au, а таким развитым странам, как США, Германия, Франция, соответственно – 26.4, 11.1 и 9.1%. Из этого с очевидностью следует, что нам необходимо, как минимум, на порядок увеличить госрезерв золота, по которому РФ в мире занимает 12 место со своими 386.9 т (по состоянию на 2005 г.). Заметим, что сейчас годовая добыча золота в нашей стране составляет 170 т (6.7% от мировой добычи, у США этот параметр равен 10.2%).

Итак, задача, стоящая перед золотой промышленностью РФ, вполне ясна. Чтобы ее решить, следует проанализировать зарождение и развитие ее в прошлом, оценить состояние в настоящее время и вычленив основную проблему будущего.

ПРОШЛОЕ

Золото в нашей стране было открыто в конце первой половины XVIII в. Сейчас первооткрывателями числятся Е. Марков (1745 г.) и Л. Пигалев (1744 г.).

В период с 1745 г. по 1814 г. обрабатывалось золотооруденение кварц-жильного типа. Золото получалось при использовании следующей технологии: сначала дробление золотосодержащего кварца в толче-

ях, затем амальгамация золота ртутью и конечная операция – возгонка ртути на жаровнях. В 1814 г. Л.И. Брусницын на Березовском рудном поле (Средний Урал) открыл россыпное золото и разработал технологию его извлечения из россыпей. Добыча россыпного золота оказалась, по сравнению с коренной его разностью, более дешевой. Это привело к тому, что золотая промышленность, базирующаяся на коренном золоте и развивавшаяся сначала бурными темпами (только в пределах Березовского рудного поля за 30 лет было создано 50 рудников), к 1865 г. сократилась в 10–12 раз, а к концу XIX в. и вовсе захирела. В то же время велись обширные работы на россыпное золото, в связи с чем в период с 1814 по 1825 г. на Урале было открыто более 200 россыпей. Причины довольно резкого перехода от отработки коренного золота к россыпному лежат на поверхности: 1) россыпное золото обходится разработчику намного дешевле, по сравнению с коренным; 2) снижение содержания золота в кварцевых жилах с глубиной; 3) уменьшение размерности частиц золота в кварцевых жилах по мере углубления эксплуатационных выработок. К середине XX в. золотые россыпи современных долин были в основном отработаны. Дальнейшие перспективы россыпной золотоносности оказались связанными с мезозойскими эрозивно-структурными депрессиями [2, 13 и др.]. Естественно, что эксплуатация россыпей в таких условиях существенно более затратная. С 1905 г. на Урале начался подъем коренной золотой промышленности по следующим причинам: 1) значительный рост цены на золото на мировом рынке; 2) приток в связи с этим иностранных инвестиций из-за рубежа; 3) к этому времени была

Таблица 1. Структура потребления золота в мире в последние годы, по [18]

Годы	1994	1996	2005	2006
Добыча (т)	2209	2284	2450	2500
Использование:				
Ювелирные изделия	2604	2807	2709	2190
Зубопротезирование	52	55	62	60
Монеты, медали	75	60	37	45
Электроника	192	207	273	312
Прочие отрасли	200	348	646	663
Суммарный расход	3361	3477	3727	3270
Цена 1 г золота в \$	11.9	12.5	14.2	19.3

*Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

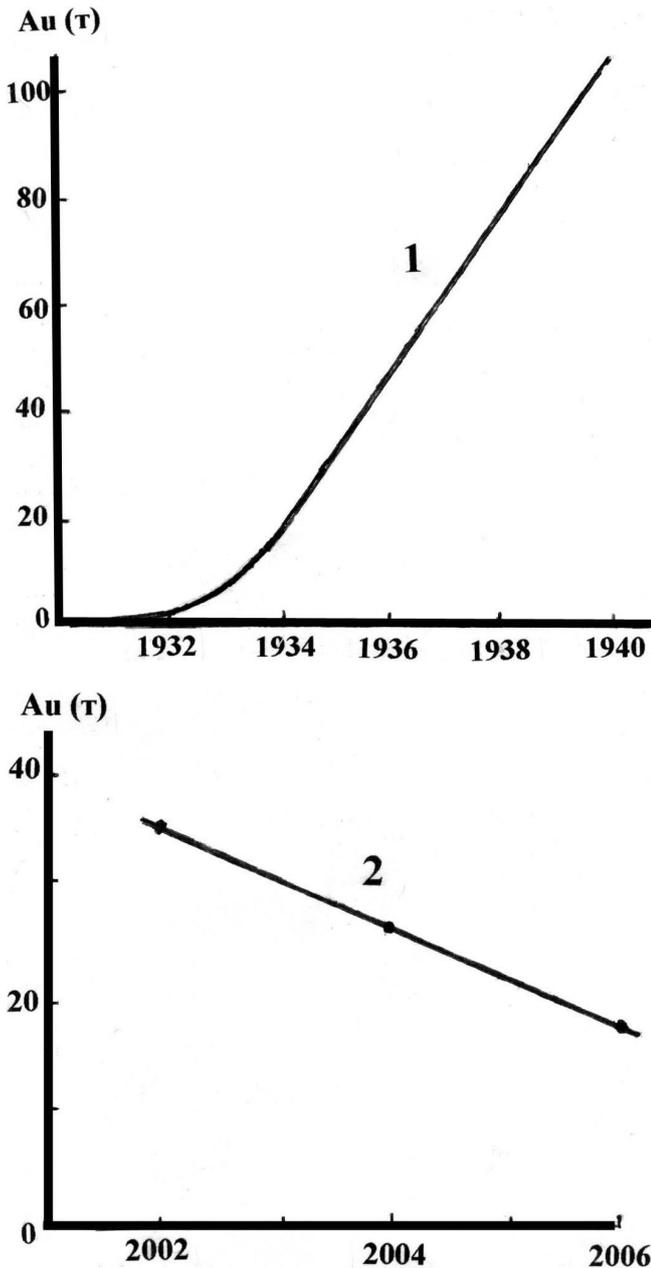


Рис. 1. Диаграммы роста (кривая 1) и спада (прямая линия 2) добычи шлихового золота в в Магаданской области. Построено по данным [7] и Н.Н. Дудова (2007).

разработана технология извлечения мелкого золота из руд кварцевого типа.

В период 1917–1922 гг., по понятным причинам, российская промышленность и сельское хозяйство были практически полностью разрушены, их нужно было восстанавливать. Необходимые для этого станки, оборудование, технологии и др. можно было купить в Западной Европе и Америке, но только за золото. В связи с этим уже в начале 20-х гг. XX в. началось восстановление старых рудников, а также проведение поисков на коренное и россыпное зо-

лото. В этот период “верхами” поддерживались так называемые “бредовые” идеи. Одной из таких идей было предположение Ю.А. Билибина о возможной высокой золотоносности СВ России. Под его руководством на этой территории в 1928–1929 гг. работала Первая Колымская экспедиция, на базе результатов которой в 1931 г. он обосновал высокую перспективность на золото площади в 200 тыс. км² (включая Колыму и Якутию). Причем, прогнозные ресурсы россыпного золота оценивались Билибиным в 1 тыс. т, а что касается коренного золота – предполагалось наличие здесь гигантских рудных месторождений [7]. Этот смелый прогноз молодого геолога-ученого подтвердился: 1.3 тыс. т (см. рис. 1) шлихового золота было добыто уже в 1932–1957 гг. В 1958–2008 гг. к этому добавилось еще 2 тыс. т такого же металла. Но уже с начала 90-х гг. XX в. добыча золота в этом регионе резко снижается (рис. 1, кривая 2). Кстати, динамика разработки золотоносных россыпей в других регионах аналогична. Сейчас на Колыме известно несколько золоторудных месторождений-гигантов. К сожалению, их освоение из-за кризисной ситуации 90-х гг. XX в. и упорности золотых руд началось со значительным отставанием от разведочных работ.

Итак, до 60-х гг. XX в. золото, в основном, добывалось из россыпей и, в меньшей мере, из коренных объектов кварц-жильного типа. С указанного момента ситуация стала резко меняться. Сначала (1953 г.) в Западном Казахстане найдена группа золоторудных месторождений прожилково-вкрапленного типа, среди них гигант Бакырчик. Несколько позже (1958 г.) было открыто, разведано и начало эксплуатироваться месторождение золота “черносланцевой” формации Мурунтау (Западный Узбекистан). Поиски на золото в стране стали ориентироваться на эти объекты как на эталоны. Наступил современный период в развитии золотой промышленности страны.

НАСТОЯЩЕЕ

На Урале поиски таких объектов в течение почти 10 лет (60–70-е гг. XX в.) положительных результатов не дали. В связи с этим, финансирование на коренное золото по региону было резко сокращено. По освоению россыпей на всех стадиях эффект был положительным. Поиски на Востоке РФ привели к открытию ряда золоторудных месторождений-гигантов, среди которых числятся такие объекты, как Олимпиада (запасы + ресурсы – 650 т, в 2006 г. здесь добыто более 40 т Au) и Сухой Лог (запасы + ресурсы – 1.1 тыс. т) [7–9, 15–17, 19, 20, 22]. Подчеркнем принципиальный факт – месторождения-гиганты были найдены в структурах различных геодинамических обстановок (зоны рифтогенеза, активные континентальные окраины, наложенные краевые вулcano-плутонические пояса и др.) [1–3,

5–8, 11, 12, 14, 16, 17, 20, 22 и др.]. Кроме “черных” сланцев, содержащих золотосодержащие “первичный пирит” и углеродистое вещество [1, 2, 4, 5, 7, 21, 22 и др.]), вмещающими породами таких месторождений оказались вулканиты, гранитоиды-диориты, карбонатные и другие породы [13, 14, 17 и др.]. Последнее послужило основой для возобновления в 80-х гг. XX в. поисков на Урале коренного золота, но уже не под эгидой “черносланцевого” (“мурунтауского”), а любого нетрадиционного¹, названного обобщающим термином “прожилково-вкрапленное”. В результате, практически за десятилетие открыт ряд довольно значительных (запасы с ресурсами составляют от 30 до 120 т) месторождений – Муртыкты, Светлинское, Воронцовское, Березняковское). Все эти месторождения характеризуются полигенностью, полихронностью, длительностью формирования (до 60–80 млн. лет), нередко двойным источником рудообразующего флюида и золота и др. [10, 13]. В настоящее время идет отработка ряда месторождений “черносланцевой” формации. Готовится к эксплуатации Наталкинское месторождение этого типа, запасы золота которого составляют 1.5 тыс. т. Рассмотрим его в той мере, чтобы можно было составить представление о золоторудных объектах, которые явятся опорными в ближайшие годы и в перспективе для создания золотого запаса страны и обеспечения ее других потребностей.

Наталкинское золоторудное месторождение (характеризуется по материалам В.И. Гончарова и др. [16]) открыто в 1944 г. В следующем году, параллельно с разведкой, началась его эксплуатация. Долгое время месторождение обрабатывалось как кварц-жильное. В настоящее время оно переведено в ранг крупнотоннажных. Главных отличительных черт у месторождения две: первая – низкое, 2.18 г/т, содержание золота в рудах, вторая – огромный объем руды. Их совместное “действие” обуславливает экономически выгодную отработку этого месторождения.

Расположено месторождение в 390 км к северу от г. Магадана, в пределах южной части Индигиро-Кольмской региональной структуры. Отличительная черта последней – высокая насыщенность массивами гранитоидов. Месторождение приурочено к сочленению субмеридионального и диагонального разломов. Материалы по региональной структуре, в которой локализуется объект (геологическая позиция) [20], проинтерпретированы нами с позиций дуплексной шовной зоны. Результат таков: месторождение приурочено к сочленению субмеридионального и диагонального разломов (рис. 2). Оно представляет собой линейный кварцевый мегаштокверк, ориентировка которого на севере СЗ, в центральной части субмеридиональная, а на юге ЮВ.

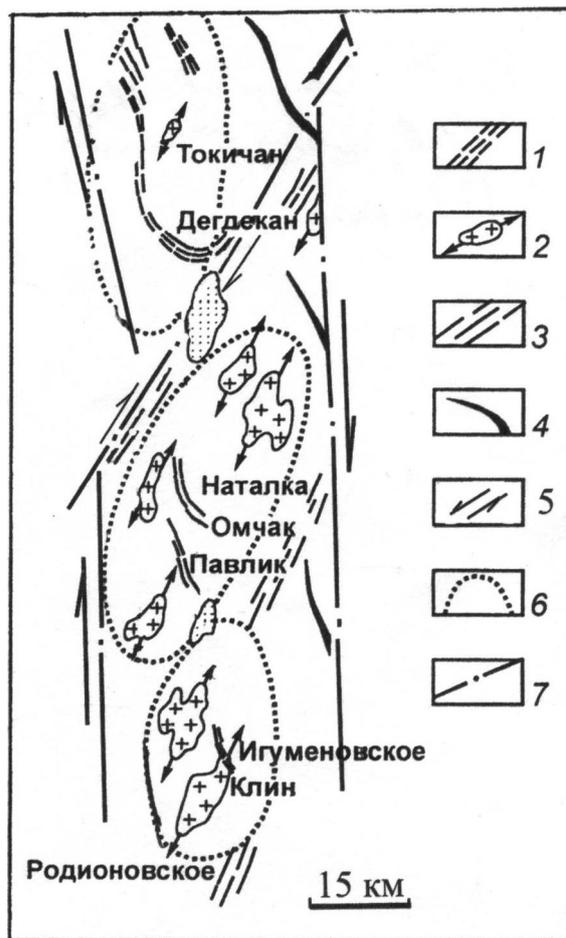


Рис. 2. Принципиальная схема тектонического строения Токинчанско-Клдинской зоны развития золоторудных полей, основа по [20], интерпретация авторов.

1 – свиты даек и разломы, вмещающие золотокварцевые образования; 2 – гранитоидные массивы (стрелки ориентированы по их вытянутости); 3 – зоны разломов (сопряжены со складчатостью); 4 – оси складок; 5 – направления движения блоков пород; 6 – приближенные контуры рудных узлов; 7 – разломы, ограничивающие шовные зоны.

Месторождение локализуется в верхнепермских отложениях, представленных песчанистыми аргиллитами, диамектитами, туфогенными сланцами, а также флишоидными песчаниками, алевролитами и аргиллитами. На месторождении отчетливо проявлены литогеохимические ореолы золота и мышьяка, а также **W, Sb и ряда других элементов**. В рудах месторождения содержатся платиноиды. Выделение границ рудного тела Наталкинское месторождения проведено на основе результатов опробования на золото. Бортовое содержание Au принято по результатам экономического обчета нескольких вариантов.

В штокверке месторождения развито огромное количество разно ориентированных жил и прожилков кварца. Встает вполне естественный вопрос:

¹ традиционное – кварц-жильное

каков источник SiO_2 и Au в данном случае? На сегодня ответ таков: он гетерогенный, в его создании приняли участие золотоносные черные сланцы, метаморфизм и гидротермальный метасоматоз.

БУДУЩЕЕ

С 2050 г. практически все золото в РФ будет добываться из коренных месторождений. Незначительное его количество будет браться из остатков россыпей (в основном ложковых), не вошедших в дражные полигоны. Сейчас официально в стране числятся 100 перспективных золотоносных площадей (данные Б.К. Михайлова и др., [15]). В этой работе на основе учета материалов по таким крупнотоннажным месторождениям, как Олимпиада, Сухой Лог, Наталка, Нежданинское, Купол, Майское, полагается, что на перспективных 50–70 площадях будет выявлен ряд золоторудных месторождений среднего класса. В течение ближайших (не более 15) лет планируется передать в освоение 10–15 площадей, перспективных на выявление крупнотоннажных золоторудных месторождений. Через 3–5 лет начнутся эксплуатационные работы на таких крупных золоторудных объектах, как Чертова карета, Ожерелье в Иркутской области, Пионер, Маламыр и др. в Амурской области. Имеются реальные перспективы нарастить запасы золота на месторождениях Кючус, Нежданинское в Якутии, Майское, Купол на Чукотке, Наталкинское и др. в Магаданском сегменте Яно-Колымской провинции. Согласно данным С.Ф. Стружкова и др. [19], приведенные выше площади перспективны прежде всего для открытия слепых месторождений. Поиски таких месторождений – высокочрезвычайно мероприятие, сопряженное с большим объемом буровых и горных работ.

Полученные на сегодня данные по поискам, разведке и освоению крупнотоннажных месторождений золота дают основание утверждать, что реализация перспектив на золото указанных выше площадей должна “опираться на трех китов”: 1) геолого-генетические модели для объектов каждой геодинамической обстановки; 2) крупные инвестиции; 3) высокий уровень квалификации не только ведущих геологов, но и тех из них, кто непосредственно занимается поисками.

ПРОБЛЕМА УРАЛЬСКОГО ЗОЛОТА

Приведенные ниже восемь пунктов раскрывают главные вопросы этой проблемы по состоянию на сегодня и на перспективу.

1. В рудах медноколчеданных месторождений содержание Au достигает 4 г/т. Только на Гайском месторождении его запасы составляют 500 т, это соответствует крупному собственно золоторудному месторождению.

2. Эксплуатация Березовского и Кочкарского месторождений золота кварц-жильного типа (на глубоких горизонтах, 500 м и более) производится и будет осуществляться (оруденение на обоих объектах прослеживается до глубин не менее 900–1000 м) до тех пор, пока это будет экономически оправданным действием.

3. Доработка россыпей, в основном, с помощью гидромониторов. К 2050 г. практически все россыпи в РФ будут отработаны.

4. На Среднем и Южном Урале за всю историю золотой промышленности региона добыто 470 т золота. Эта величина, деленная на количество Au, “взятого” из россыпей, дает результат заметно меньший 1. Из чего следует, что потенциал региона по коренному золоту не исчерпан (данные Б.И. Беневольского и А.И. Кривцова, 2003 г.). Это подтверждается результатами исследований А.П. Сигова (1977), показавшего, что эрозия срезала золоторудные объекты региона не больше, чем наполовину.

5. На Северном и Южном Урале отрабатываются золоторудные месторождения с нетрадиционным (не кварц-жильным) оруденением (Воронцовское, Светлинское, Березняковское). В последние годы на Полярном Урале открыто проявление золота Новогоднее Монто и ряд точек золотой минерализации с оруденением “воронцовского” типа.

6. В месторождениях солей (Пермская область) установлены Au и МПГ, представляющие на некоторых участках практический интерес.

7. В золах Ново-Свердловской ТЭЦ и др. имеется золото. В настоящее время первостепенной задачей является разработка технологии его извлечения из них.

8. По результатам скромного подсчета, в техногенных отходах на Среднем и Южном Урале “запасы” Au составляют не менее 100 т (крупное месторождение).

Из приведенных данных следует, что Урал свое значение как золотой провинции не утратил. Другое дело, что ведущей провинцией он не будет, так как “большое золото” прочно “обосновалось” на Востоке и Северо-Востоке РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе рассмотренных выше материалов наиболее важные вопросы “золотой” проблемы представляются нам следующими.

1. Глубокое, комплексное изучение пород “черносланцевой” формации с целью подразделения ее членов на перспективные и непродуктивные по золоту и МПГ.

2. В связи с появлением нового промгента золотых месторождений, представленного золотоносными корадами химического выветривания, необходимо изучение механизма накопления золота в

этих образованиях (с использованием “тонких” методов изучения минерального вещества) и эволюции его состава во времени.

3. Создание четких критериев прогнозирования коренных месторождений золота по россыпям; сравнительное изучение химического составов золотин россыпей и руд золотых месторождений с целью выявления степени их соответствия.

4. Детальное исследование продуктов коллизии (особенно гиперколлизии) с целью выяснения ее конструктивной и деконструктивной роли применительно к золоторудным объектам.

5. Исследование возможностей извлечения “тонкого” золота из россыпей (его в них, по данным Б.И. Беневольского, А.И. Кривцова, Б.С. Лунова, Б.М. Осовецкого и др., до 80%) и других образований.

6. Для выделенных в РФ 100 площадей, с которыми связываются перспективы открытия золоторудных объектов крупных и средних масштабов, необходимо решение двух задач: а) создание карты глубинного строения для этих площадей, построение геолого-генетических моделей для золоторудных объектов различных геодинамических обстановок; б) привлечение квалифицированных кадров геологов-поисковиков (не исключена их специальная подготовка и стажировка).

Исследования проводились при частичной финансовой поддержке гранта 09-05-12035-офи-м и проекта УрО, СО и ДВО РАН 2009–2011 гг. и госбюджетной темы Г-3 (УГГУ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананьев Ю.С., Коробейников А.Ф.* Метасоматизм и благороднометальное оруденение в черносланцевых толщах Западной Калбы. Томск: ТПУ, 2009. 206 с.
2. *Баранников А.Г.* Золотоносность Гогинского рудно-россыпного района (Южный Урал). Екатеринбург: УГГУ, 2006. 197 с.
3. *Буряк В.А.* Метаморфогенное рудообразование. М.: Недра, 1982. 256 с.
4. *Добрецов Н.Л., Мельникова Р.Д.* Золото в офиолитах и глаукофан-сланцевых толщах // Геология и геофизика. 1977. № 1. С. 147–150.
5. *Додин Д.А., Золоев К.К., Коротеев В.А. и др.* Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов ХХШ века. М.: Геомнформмарк, 2007. 130 с.
6. *Жмодик С.М., Миронов А.Г., Жмодик А.С.* Золото-концентрирующие системы офиолитовых поясов (на примере Саяно-Байкало-Муйского пояса). Новосибирск: Гео, 2008. 304 с.
7. Золото северного обрамления Пацифика: мат-лы Междунар. совещания. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2008. 382 с.
8. *Константинов К.К., Некрасов Е.М., Сидоров А.А. и др.* Золоторудные гиганты России и мира. М.: Научный мир, 2000. 272 с.
9. Крупные суперкрупные месторождения. Закономерности размещения и условия образования. М.: ИГЕМ РАН, 2004. 430 с.
10. *Коротеев В.А., Сазонов В.Н.* Геодинамика, рудогенез, прогноз. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. 181 с.
11. *Коротеев В.А., Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Поленов Ю.А.* Шовные зоны Урала как интегральные рудоперспективные тектонические структуры // Геология рудных месторождений. 2009. № 2. С. 107–124.
12. *Маракушев А.А.* Черносланцевые формации как показатель катастрофического развития Земли // Платина России. Т. IV. М.: Геоинформмарк, 1999. С. 183–194.
13. Месторождения золота Урала / В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, В.А. Коротеев, Ю.А. Поленов. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, УГГГА, 2001. 622 с.
14. Минералогия шовных зон Урала / В.Н. Огородников, В.Н. Сазонов, Ю.А. Поленов. Ч. 1. Кочкарский рудный район (Южный Урал). Екатеринбург: УГГГА, 2003. 217 с. Ч. 2. Дегтярско-Карабашская колчеданосная зона (Средний Урал). Екатеринбург: УГГГА, 2003. 68 с. Ч. 3. Уфалейский гнейсово-амфиболитовый комплекс (Южный Урал). Екатеринбург: УГГГА, 2007. 187 с.
15. *Михайлов Б.К., Некрасов А.И., Вартанян С.С. и др.* Состояние и перспективы наращивания минерально-сырьевой базы Урала // Золото северного обрамления Пацифика. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2008. С. 27–28.
16. Наталкинское золоторудное месторождение / В.И. Гончаров, С.В. Ворошин, В.А. Сидоров. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. 250 с.
17. *Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Поленов Ю.А.* Пирит собственно золоторудных месторождений: форма, золотоносность, ее обусловленность и теоретическая и практическая значимость // Уральская минералогическая школа. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. С. 74.
18. *Самаруха В.И.* Нужно ли России золото? // Золото северного обрамления Пацифика. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2008. С. 120–121.
19. *Стружков С.Ф., Аристов В.В., Данильченко В.А. и др.* Перспективы новых открытий месторождений золота в российском сегменте Тихоокеанского рудного пояса // Золото северного обрамления Пацифика. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2008. С. 229–231.
20. *Шахтыров В.Г.* Тенькинский глубинный разлом: тектоническая и полезные ископаемые Северо-Восточной Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997. С. 62–64.
21. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Мерц А.В.* Геохимия и рудогенез золота в черных сланцах. Сыктывкар: Геонаука, 1990. 61 с.
22. *Large R.R., Maslennikov V.V., Robert A. et al.* Multi-stage sedimentary and metamorphic origin of pyrite and gold in the giant Sukhoi log deposit, Lena gold province, Russia // Econ. Geol. 2008. V. 102 P. 1233–1267.