

## САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО В ОСАДОЧНОМ ЦИКЛЕ – ЗАМЕТКИ ПО ПРОБЛЕМЕ В СВЕТЕ ВЫСКАЗЫВАНИЙ Ф.Н.ШАХОВА

**Г.В. Нестеренко, В.В. Колпаков, Л.П. Бобошко**

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Новосибирск, пр-т. Коптюга, 3, Россия*

Рассмотрено развитие некоторых идей Ф.Н.Шахова, связанных с проблемой поведения самородного золота в осадочном цикле, с акцентом на автохтонные аллювиальные россыпи и поведение мелкого и тонкого золота (МТЗ) в процессе их формирования и переноса его магистральными реками. Приведены сведения по распределению золота в донных осадках Восточно-Сибирского и Чукотского морей. При переносе МТЗ осуществляются его дифференциация по гидравлической крупности и рассеивание, на фоне которого на гидродинамических барьерах происходит его концентрация.

*самородное золото, МТЗ, аллювиальные россыпи, осадочный цикл*

## NATIVE GOLD IN SEDIMENTARY CYCLE – NOTES ON THE PROBLEM IN THE LIGHT OF F.N. SHAKHOV STATEMENTS

**G.V. Nesterenko, V.V. Kolpakov, L.P. Boboshko**

The present work considers the development of some F.N.Shakhov ideas related to the problem of native gold behavior in a sedimentary cycle with an emphasis on autochthonous alluvial placers and behavior of the fine and thin gold (FTG) during their formation and transfer by trunk rivers. Data on the distribution of gold in the bottom sediments of the East Siberian and Chukchi Seas are given. In the course of the FTG transfer its differentiation on hydraulic size and dispersion occurs, against the background of which the gold concentration on hydrodynamic barriers takes place.

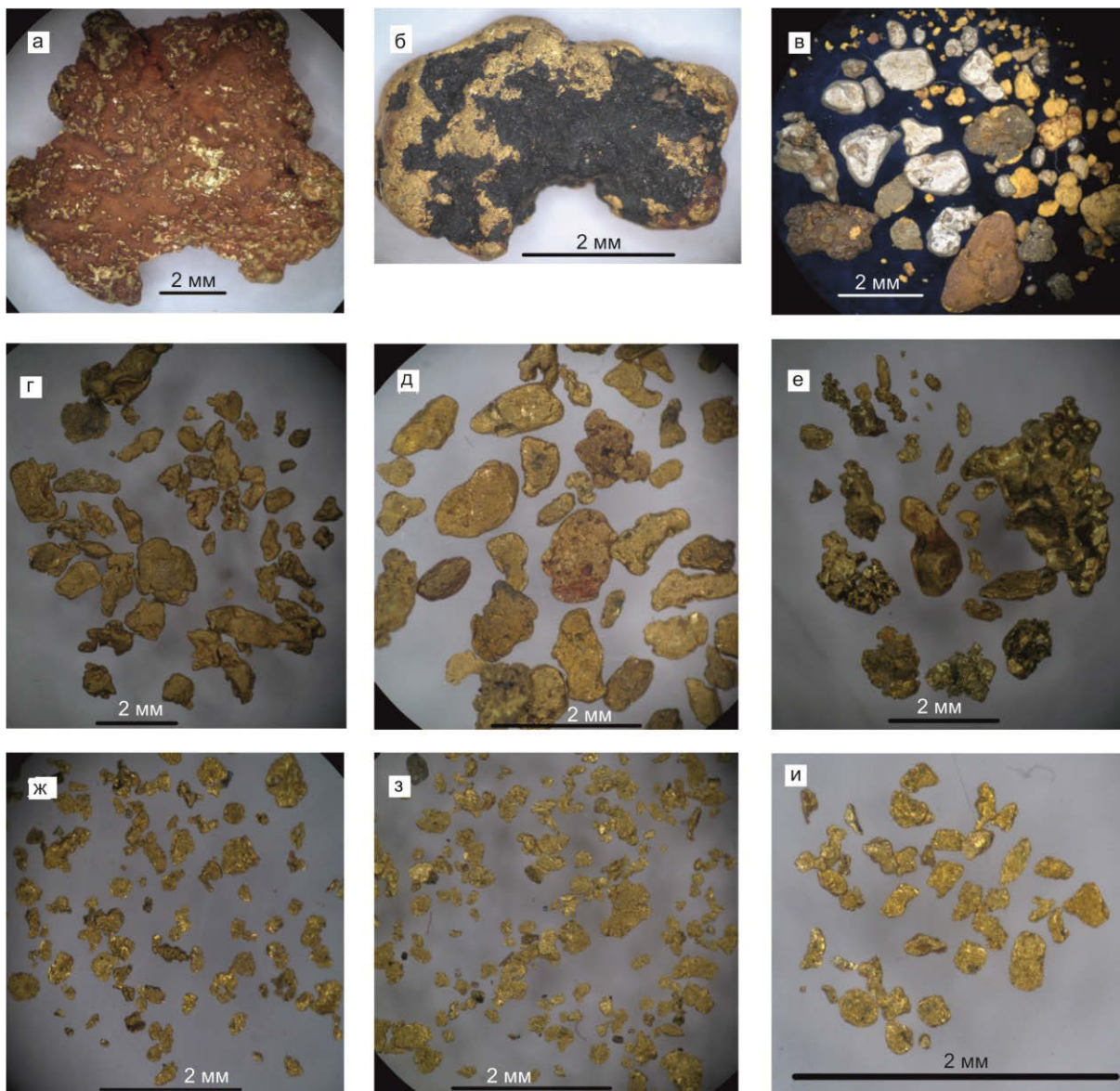
*native gold, fine and thin gold, alluvial placers, sedimentary cycle*

В своих выступлениях и статьях Ф.Н. Шахов касался вопросов поведения золота в разных звеньях осадочного цикла благородного металла. Не последнее, если ни одно из первых, место им отводилось автохтонным аллювиальным золотоносным россыпям. «До сих пор большим вопросом при поисках россыпей коренных месторождений является характер их связи, возможные источники золота, их число, промежуточные коллекторы. Применение чувствительных и точных анализов может установить путь и механизм миграции золота от коренных руд к россыпям» [7]. В определенной степени это связывалось с тем, что, как он отмечал в докладе на Межведомственном совещании в 1960 г., «поиски коренных месторождений золота и переход промышленности на разработку рудного золота является ныне назревшей и основной задачей производства... и направление теоретических научных исследований должно содействовать решению этой задачи» [6]. Проблема в целом, по его мнению, важна в связи с представлениями «о миграции золота как круговороте его из осадков в магму и снова в осадки. Решать эту проблему, столь близкую идее унаследованности, можно лишь при помощи тщательных геохимических исследований осадочных пород и установления способов перемещений золота в экзогенной обстановке» [7].

В последующие десятилетия резко возросла интенсивность исследований по рассматриваемой проблематике, особенно в области учения о золотоносных автохтонных россыпях, сложенных относительно крупным россыпеобразующим металлом. Это отражено в трудах четырнадцати тематических совещаний и многих монографиях (Ю.Н. Трушков, И.П. Карташов, Н. . Петровская, Г.В. Нестеренко, С.Г. Желнин, Н.А. Шило, С.С. Осадчий, Э.Д. Избеков, Е.И. Тищенко и др.). Последние в большинстве своем развивают классические представления Ю.А. Билибина. Слабее в публикациях освещено поведение в осадочном процессе мелкого и тонкого самородного золота (МТЗ), что побудило нас сосредоточить свои исследования именно в этом направлении [2–5].

По современным представлениям, процесс формирования золотоносной аллювиальной автохтонной россыпи сочетает в себе два альтернативных явления: 1) разубоживание поступающего в речную долину золотоносного материала практически незолотоносными продуктами разрушения вмещающих пород, 2) гравитационное гидродинамическое обогащение этого материала русловым потоком. Следствие этого – механическая обработка самородного золота, его дифференциация, разнос в долине и вынос наиболее подвижного металла, в том числе МТЗ, за ее пределы – в магистральную долину. Гидродинамическое обогащение в ходе эволюционного преобразования территории может проявляться многократно, что, естественно, приводит к большей обработанности и большей расклассифицированности благородного металла, а также объясняет морфологическое разнообразие самородного золота автохтонных россыпей. Наиболее часты комковатые и таблитчатые, т. е. относительно «массивные» зерна, отличающиеся повышенной гидравлической крупностью (рис. 1, а–е).

Некоторое исключение может составить благородный металл «хвостовых» частей простых россыпей, который иногда отличается повышенным содержанием сильно уплощенных (вплоть до чешуйчатых) частиц. В автохтонных россыпях обычны сростки золота с кварцем, а в погребенных и залегающих на сульфидсодержащих породах – золотины, покрытые «рубашкой» гидроокислов Fe и Mn (см. рис. 1, а–в). Работами многих исследователей (Н.В. Петровской, Л.А. Николаевой, С.В. Яблоковой, Г.С. Попенко и др), а также одного из авторов настоящей статьи [1] выявлена большая роль особенностей состава самородного золота автохтонных россыпей для установления характера связи россыпи с питающими рудными источниками и степени хемогенного гипергенного преобразования россыпеобразующего золота. Решающее значение при этом имеет использование микрорентгеноспектрального анализа, обладающего повышенной локальностью, точностью и производительностью. Важно также отметить, что в золотоносных долинах осуществляется сепарация не только относительно крупного россыпеобразующего металла, но и МТЗ. В результате из золотоносной долины в магистральную сносится самородное золото низкой (менее 10 см/с) гидравлической крупности, к которому относится практически все тонкое золото и сильно уплощенная часть мелкого.

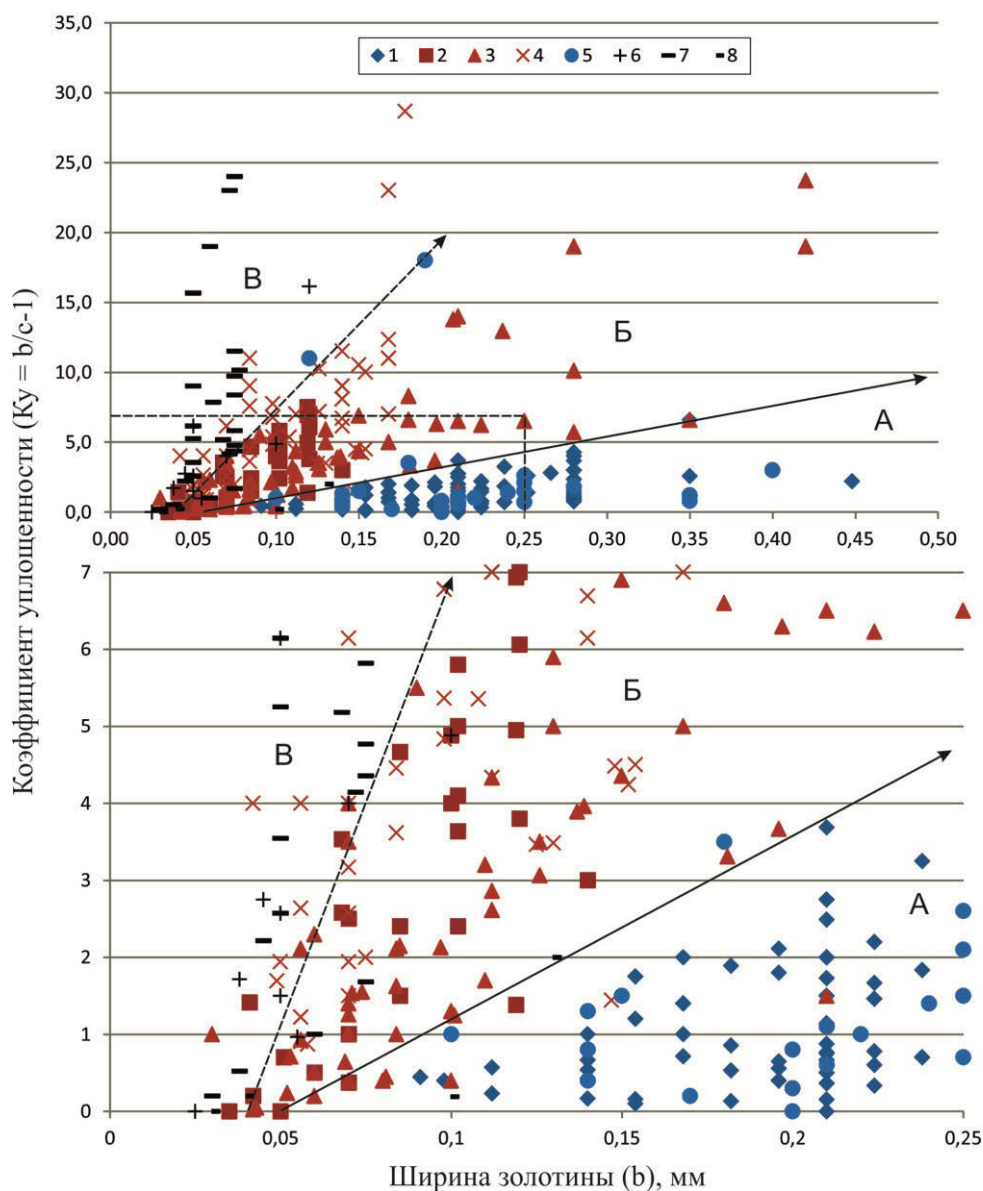


**Рис. 1. Фотографии самородного золота.**

*a, б* – р. Ашпанак (Алтай); *в* – р. Средняя Чапа (Урал); *г* – р. Суенга (Салаирский кряж); *д* – р. Удерей (Енисейский кряж); *е* – р. Фомиха (Салаирский кряж); *ж* – р. Яя (в районе г. Яя); *з* – р. Томь (в районе г. Новокузнецка); *и* – Николаевская россыпь (внизу слева) и р. Чебула.

В аллювиальных отложениях магистральных долин, расположенных в переходных (от гор к равнине) геоморфологических зонах, аккумулируется выносимое из областей денудации в большей степени мелкое (0,1–0,5 мм) и в существенно меньшей – тонкое (–0,1 мм) золото [4]. Его фоновое содержание – 3–10 мг/м<sup>3</sup>. Наиболее благоприятна для концентрации такого золота верхняя часть руслового аллювия: фации кос и отмелей. Запасы отдельных косовых россыпей чаще незначительные (<10 кг Au), но содержания золота в них могут достигать нескольких г/м<sup>3</sup>. МТЗ преимущественно сильно уплощенное, чешуйчатое (см. рис. 1, ж–и). Частицы уплощены значительно сильнее, чем соразмерные им мелкие золотины из автохтонных россыпей. Значение коэффициента уплощенности ( $K_u$ ) преобладающей части последних не превышает 4–5 единиц, тогда как аналогичный показатель МТЗ из аллохтонных аккумуляций составляет 10–12 единиц и часто

увеличивается до первых десятков (рис. 2). Минимальная ширина частиц самородного золота из автохтонных россыпей составила 0,07 мм, тогда как среди золота аллохтонных аккумуляций в заметных количествах отмечаются и более мелкие – шириной до 0,04 мм. Им свойственна сильная положительная корреляционная зависимость ( $R = 0,72-0,85$ ) между поперечными размерами частиц и степенью их уплощенности, что указывает на хорошую отсортированность по гидравлической крупности и подтверждает важную роль гидродинамического фактора в их формировании.



**Рис. 2. Диаграмма зависимости коэффициента уплощенности от ширины частиц самородного золота (по [4] с небольшими изменениями).**

Нижняя диаграмма – фрагмент верхней. А, Б и В – поля диаграммы, преимущественного положения благородного металла из автохтонных россыпей (А), россыпных аккумуляций магистральных рек переходной геоморфологической зоны (Б) и вынесенного за пределы последней (В). Привязка выборок: 1 – руч. Матренка (Салаирский кряж), 2 – р. Катунь (вблизи г. Бийска), 3 – р. Томь (вблизи г. Новокузнецка), 4 – Николаевская Ti-Zr россыпь (юго-запад Чулымо-Енисейской впадины), 5 – руч. Кундустуюл (Кузнецкий Алатау), 6 – Тарская Ti-Zr россыпь, 7 – Ордынская Ti-Zr россыпь, 8 – Туганская Ti-Zr россыпь.

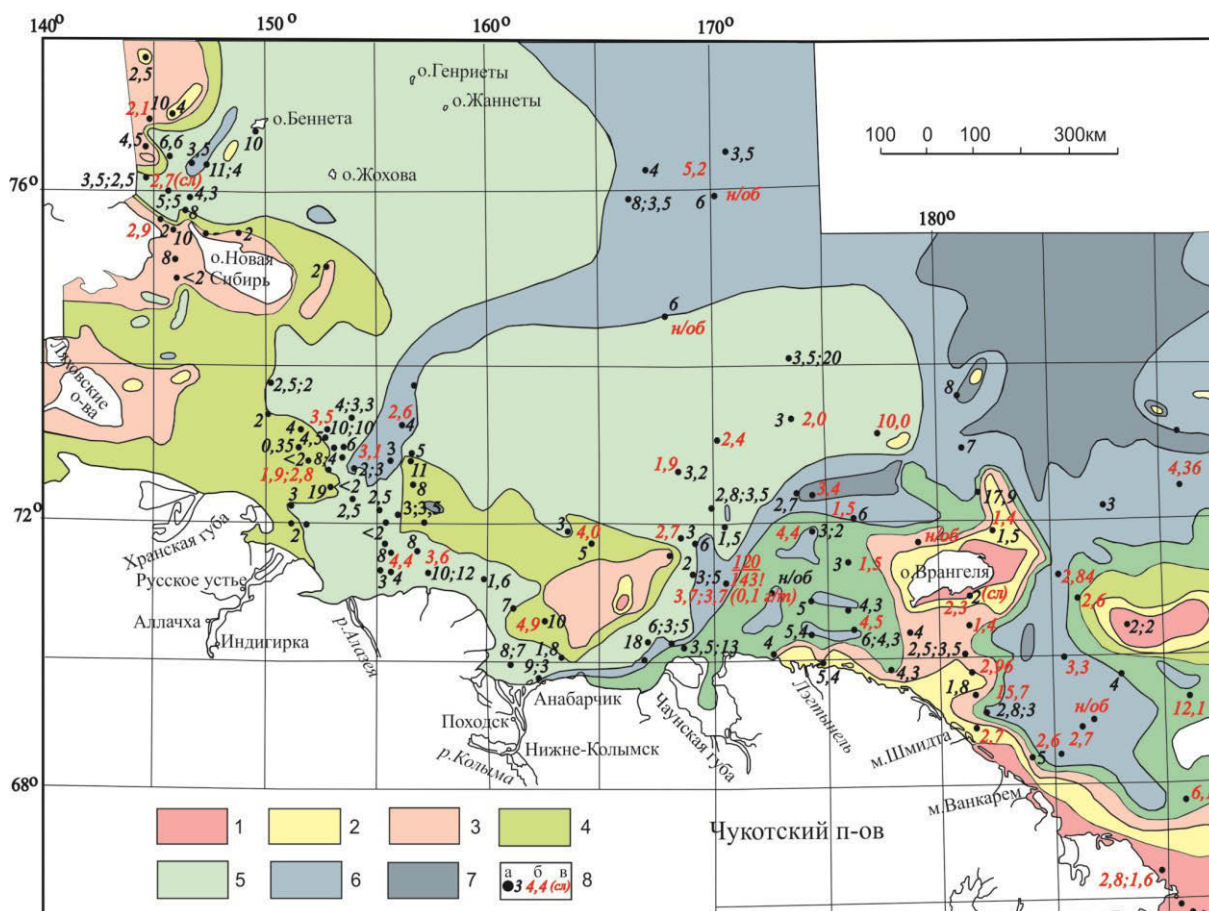
С целью исследования поведения золота на дальних ступенях миграционной лестницы осадочного цикла изучены типоморфные особенности и характер распределения самородного золота в комплексных Ti-Zr россыпях юга Западно-Сибирской равнины [5]. Три из них имеют прибрежно-морской генезис, а две сформированы в условиях аллювиальной предгорной равнины. Исходя из близости россыпеобразующих свойств минералов титана и циркона, с одной стороны, и МТЗ – с другой, естественно было ожидать максимально возможную концентрацию благородного металла именно в таких россыпях. Полученные результаты кратко сводятся к следующему.

Самородное золото представлено преимущественно тонкими ( $-0,1$  мм) механически обработанными уплощенными частицами (см. рис. 1, 2). Уровень содержания самородного золота на продуктивный пласт составляет  $5-30$  мг/м<sup>3</sup>, валового –  $8-140$  мг/т. В самородном золоте этих россыпей, в отличие от золота рассмотренных автохтонных и аллохтонных россыпей, широко распространены очень высокопробные ( $990-1000$  ‰) гипергенные разновидности в виде кайм, фаз и монозерен, кроме того, характерна широкая вариация пробности эндогенной матрицы. Вероятно, что в данном случае мы имеем дело с кластогенным хемогенно преобразованным благородным металлом, что укладывается в представление о рассеянии тяжелых рудных и акцессорных минералов в ходе механической миграции в водных потоках, на фоне которого на гидродинамических барьерах происходит их концентрация. Уровень содержания самородного золота в комплексных Ti-Zr россыпях в большей степени, чем минералов Ti и Zr, связан отрицательной зависимостью с расстоянием россыпей от питающих источников и положительной – со степенью гидродинамической переработки (гравитационного обогащения) [5].

Высокая степень рассеяния в ходе водной миграции тонкого и субмикроскопического золота косвенно подтверждается данными геохимического опробования аллювия пойменных и русловых фаций р. Колыма и донных осадков Восточно-Сибирского моря. По р. Колыма отобрано 12 проб в трех пунктах – в верхнем, среднем и нижнем течении. Они представлены песчано-галечным материалом, алевритами и илами. Относительно повышенные надкларковые содержания определены в двух пробах ( $4,1$  и  $7,1$  мг/т); в остальных они не превышают кларковые ( $1,5-2,1$  мг/т).

По результатам опробования на Au проб грунтов, полученных драгированием в 1960-х гг. нами составлена схематическая карта площадного распределения золота в верхнем слое донных осадков Восточно-Сибирского и Чукотского морей (рис. 3). Отквартировки выборочных проб любезно переданы нам еще в советское время Ю. П. Семеновым. Им же создана литологическая основа карты. Определение содержания золота проводилось в лабораториях ИГиГ СО АН. Результаты наиболее представительного (112 проб) спектрохимического определения приведены в таблице.





**Рис. 3** Распределение золота в грунтах Восточно-Сибирского и Чукотского морей (схематическая карта грунтов составлена Ю. П. Семеновым).

1–7 – литологический состав грунтов: 1 – песок, 2 – песок алевритистый, 3 – алеврит песчанистый, 4 – алеврит глинистый, 5 – алеврит глинистый, 6 – глина алевритистая, 7 – глина; 8 – содержание золота (мг/т) по данным спектрохимического (а), нейтронно-активационного (б) (ИГиГ СО РАН) и пробирного анализов (в).

**Таблица 1. Результаты спектрохимического определения**

| Литологический состав осадков                      | Кол-во анализов | Содержание золота, мг/т |         |
|--|-----------------|-------------------------|---------|
|  |                 | интервал                | среднее |
| Песок алевритистый + алеврит песчанистый + алеврит | 31              | Не обн. – 15            | 5,7     |
| Алеврит глинистый                                  | 52              | 1,5–20                  | 4,8     |
| Глина алевритистая                                 | 29              | 0,5–18                  | 5,0     |
| Итого  | 112             | Не обн. – 20            | 5,1     |

Несмотря на определенную фрагментарность данных, они косвенно свидетельствуют о том, что положение о формировании аллохтонных повышенных концентраций тонкого и субмикроскопического золота на большом удалении от питающих областей недостаточно обоснованно. Эти данные не противоречат идее пространственной унаследованности повышенных концентраций золота в процессе геологической эволюции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нестеренко Г.В. Прогноз золотого оруденения по россыпям. Новосибирск: Наука, 1991, 190 с.
2. Нестеренко Г.В., Колпаков В.В. Мелкое и тонкое золото в аллювиальных автохтонных россыпях юга Западной Сибири // Геология и геофизика, 2007. Т. 48. № 10. С. 1009–1027.
3. Нестеренко Г.В., Колпаков В.В. Сепарация мелкого золота реками областей денудации // ДАН, 2008. Т. 423. № 5. С. 656–658.
4. Нестеренко Г.В., Колпаков В.В. Аллохтонное самородное золото в предгорном аллювии юга Западной Сибири // Литология и полезные ископаемые, 2010. № 5. С. 477–495.
5. Нестеренко Г.В., Колпаков В.В., Бобошко Л.П. Самородное золото в комплексных Ti-Zr россыпях юга Западно-Сибирской равнины // Геология и геофизика, 2013. №12. С. 1905–1922.
6. Шахов Ф.Н. Основные направления научных исследований в золотоносных районах Сибири // Геология и геофизика, 1961. № 10. С. 89–100.
7. Шахов Ф.Н. Некоторые проблемные вопросы в исследовании золоторудных месторождений // Геология и геофизика, 1969. № 1. С. 16–21.