

## САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО В КОМПЛЕКСНЫХ Ti-Zr РОССЫПЯХ ЮГА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

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

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Котлякова, 3, Россия*

Приведены типоморфные особенности и данные по содержанию самородного золота в комплексных Ti-Zr россыпях юга Западно-Сибирской равнины, три из которых имеют прибрежно-морской генезис, а две сформированы в условиях аллювиальной предгорной равнины. Самородное золото изученных Ti-Zr россыпей представлено преимущественно тонкими (–0.1 мм), механически обработанными уплощенными частицами. Оно отличается большим разбросом значений пробыности и широким распространением очень высокопробной (990–1000‰) разновидности. По генезису это, скорее всего, кластогенный хемогенно преобразованный металл. Установленный уровень содержания золота на продуктивный пласт (самородного 5–30 мг/м<sup>3</sup>, валового 8–140 мг/т) укладывается в представление о рассеянии тяжелых рудных и аксессуарных 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, чем минералов Ti и Zr, степени связан отрицательной зависимостью с расстоянием россыпей от питающих источников и положительной — со степенью гидродинамической переработки (гравитационного обогащения) транзитного терригенного материала. В южном обрамлении Западно-Сибирской равнины перспективными, с точки зрения уровня золотоносности комплексных Ti-Zr россыпей, наличия золотоносных россыпей с мелким и тонким металлом, а также золотоносных кор выветривания и золоторудной коренной минерализации, выглядят некоторые районы Северного Казахстана.

*Комплексные Ti-Zr россыпи, самородное золото, юг Западной Сибири.*

## NATIVE GOLD IN COMPLEX Ti-Zr PLACERS OF THE SOUTHERN WEST SIBERIAN PLAIN

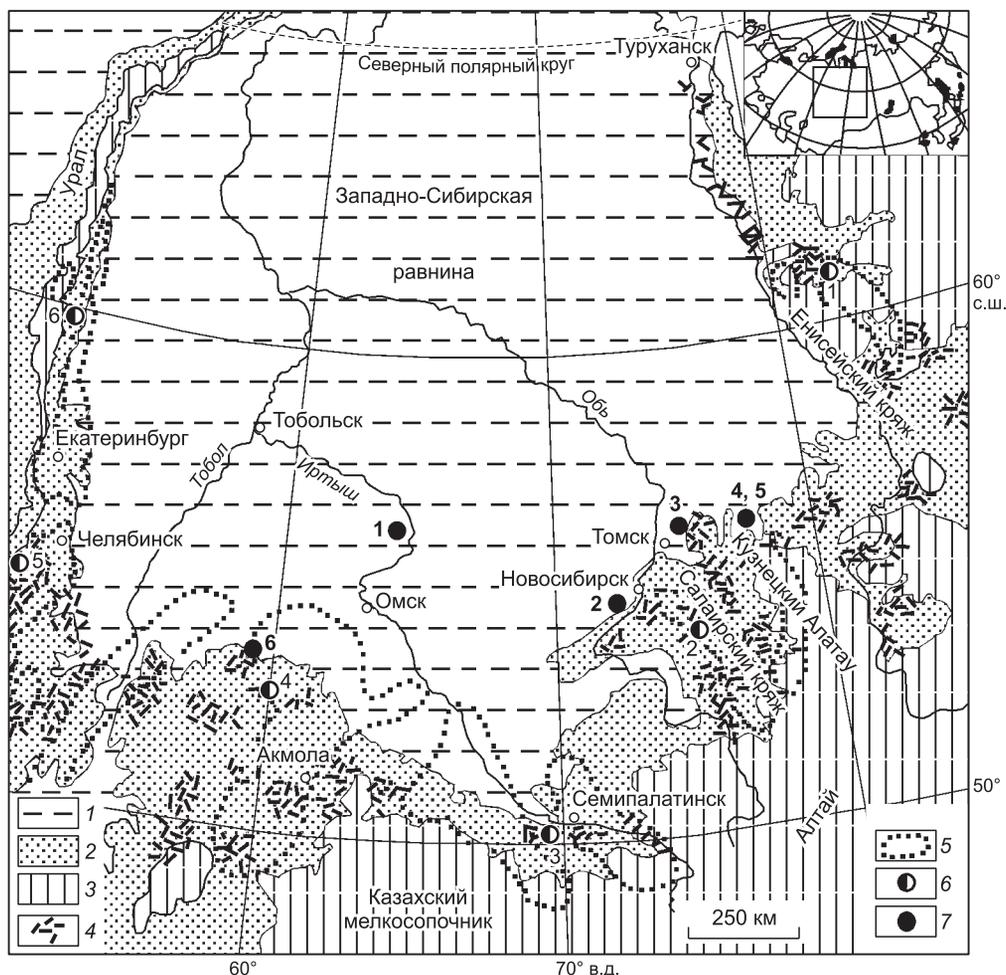
G.V. Nesterenko, V.V. Kolpakov, and L.P. Boboshko

Typomorphic features of native gold and its contents in complex Ti-Zr placers in the southern West Siberian Plain are reported. Three of the placers are of littoral-marine genesis, and two formed under conditions of an alluvial piedmont plain. Native gold from the studied Ti-Zr placers occurs mainly as flattened thin (–0.1 mm) particles which underwent mechanical action. It is marked by a wide fineness variation and the abundance of a very fine (990–1000‰) variety. Most likely, this is chemically transformed clastogenic metal. The gold content of the productive bed (5–30 mg/m<sup>3</sup> native gold and 8–140 ppb bulk gold) is consistent with the dispersion of heavy ore and accessory minerals during mechanical migration in water flows simultaneously with their concentration on geochemical barriers. The native-gold content of complex Ti-Zr placers shows a higher negative correlation with the primary source–placer distance than those of Ti and Zr minerals and a positive correlation with the degree of hydrodynamic reworking (gravity concentration) of transit terrigenous material. On the southern framing of the West Siberian Plain, some regions of northern Kazakhstan are promising for gold of complex Ti-Zr placers as well as fine- and thin-gold placers, gold-bearing weathering crusts, and primary gold deposits.

*Complex Ti-Zr placers, native gold, southern West Siberia*

### ВВЕДЕНИЕ

В статье представлены новые данные по типоморфизму и в меньшей мере содержанию самородного золота в пяти комплексных ископаемых Ti-Zr россыпях, расположенных в южной окраинной части Западно-Сибирской равнины (рис. 1). Все россыпи имеют аллохтонный характер. Туганская, Ордынская и Тарская россыпи палеогенового возраста относятся к прибрежно-морскому типу, а Николаевская и Чебулинская приурочены к нижнемеловым аллювиальным отложениям кийской свиты. Приводимые данные отражают результаты исследований поведения золота в осадочном процессе. Сама проблема остается актуальной до настоящего времени, несмотря на то, что привлекает к себе внимание исследователей на протяжении многих десятилетий. Так, Ф.Н. Шахов [1961, с. 91], отмечая ее важность, писал: «Решать эту проблему, столь близкую идее унаследованности, можно лишь при помощи тщательных геохимических исследований осадочных пород и установления способов перемещения золота в экзогенной обстановке. В свое время этот вопрос был поставлен П.А. Харитоновым ..., но не нашел заметных откликов в печати». В последующие десятилетия вышло немало публикаций по данной тематике [Ле-



**Рис. 1.** Положение Ti-Zr россыпей на схеме совмещенности кор выветривания с эндогенной золоторудной минерализацией в обрамлении Западно-Сибирской равнины, по [Калинин и др., 1999].

1 — равнины (абс. отм. до 200 м); 2 — плато, холмогорья (абс. отм. 200—500 м); 3 — площади развития горного рельефа (абс. отм. > 500 м); 4 — установленные площади широкого развития кор выветривания; 5 — золоторудные поля; 6 — крупные золоторудные месторождения со значительными запасами золота в коре выветривания: 1 — Олимпиадинское, 2 — Егорьевское, 3 — Суздальское, 4 — Васильковское, 5 — Светлинское, 6 — Воронцовское; 7 — рассматриваемые титан-циркониевые россыпные месторождения: 1 — Тарское, 2 — Ордынское, 3 — Туганское, 4, 5 — Николаевское, Чебулинское; 6 — Обуховское.

гедза, 1966; Рожков и др., 1967; Аношин и др., 1969; Константиновский, 1982; Нестеренко, Воротников, 1983; Минко, 1985; Филиппов, Никифорова, 1988; Лебедь и др., 1994; Мигачев и др., 1995; Кардаш и др., 1997; Полканов, 2000; Патык-Кара, 2002, 2008; Никифорова, 2003; Филиппов и др., 2005; Росляков, Калинин, 2006; Нестеренко, Колпаков, 2007, 2010], но сложность и важность проблемы обуславливает целесообразность дальнейшего изучения. Содержащийся в статье новый материал представляет определенный интерес, несмотря на небольшое количество обработанных проб (табл. 1, 2). По Туганской, Тарской и Ордынской россыпям, кроме исходных песков, в распоряжении авторов находятся цирконовый, рутиловый и ильменитовый черновые промконцентраты, что позволило повысить представительность опробования.

Изученное самородное золото получено с использованием «щадящей», многостадийной методики шлихования [Бойцов и др., 2005], позволяющей извлекать золотины размером 0.1 мм и менее. При минералого-геохимическом изучении золота существенное место отведено количественному определению степени уплощенности его частиц и микрорентгеноспектральному количественному определению содержания в них Au, Ag, Hg и Cu — основных компонентов макросостава [Лаврентьев и др., 1982; Нестеренко и др., 1982]. Коэффициент уплощенности определялся по формуле:  $K_y = b/c - 1$ ; ширина —  $b$  и толщина —  $c$  золотин замерялись при помощи бинокулярного микроскопа.

Таблица 1. **Результаты шлихового опробования на самородное золото комплексных титан-циркониевых россыпных месторождений**

Номер пробы	Геологическая привязка и характер опробуемых отложений, объем (л)/вес (кг) пробы	Извлеченное золото			Содержание золота, мг/м <sup>3</sup>
		штук	мг	вес одного зерна, мг	
117-ЧЕН	Николаевская россыпь (правобережье р. Серга), размытые остатки отвалов шурфов, 60 л	93	0.25	0.0027	4.2
118-ЧЕН	Песчано-глинистые галечники кийской свиты, р. Керть (Чебулинское россыпное проявление), 25 л	110	0.42	0.0038	16.8
1-ТУГ	Богатые продуктивные пески Туганской россыпи, Кусково-Ширяевский участок, 3.0 кг	4	0.034	0.0085	26.2
2-ОРД	Продуктивные пески Ордынской россыпи, Филипповский участок, карта намыва**, 5 кг	7	0.027	0.0038	9.0
Тара-1	Тарская россыпь, спецотвал скважинной гидродобычи, класс 0.5—0.03 мм разубоженных продуктивных отложений, 10 л	—	—	—	—
Тара-2	Тарская россыпь, спецотвал скважинной гидродобычи, класс мельче 0.03 мм (слив) разубоженных продуктивных отложений, 1.5 л	4	Невесовое, очень мелкое золото		—
Тара-4	Тарская россыпь, склад концентратов Тарской горно-промышленной компании, доведенный ильменитовый концентрат, 2.0 кг	—	—	—	—
Тара 5	Тарская россыпь, склад концентратов Тарской горно-промышленной компании, исходный цирконовый концентрат, 3.5 кг	—	—	—	—
Тара-6	Тарская россыпь, склад концентратов Тарской горно-промышленной компании, черновой рутиловый концентрат, 1.6 кг	35	0.036	0.001	22.5*

Примечание. Прочерк — не обнаружено.

\* Приведено содержание самородного золота в рутиловом концентрате (мг/т).

\*\* Карта намыва — складированные исходные пески россыпи (из буровых скважин).

Таблица 2. **Результаты атомно-абсорбционного определения содержаний Au и Ag в пробах из Ti-Zr россыпных месторождений**

№ п/п	Характеристика пробы	Содержание, г/т	
		Au	Ag
<b>Туганское месторождение</b>			
1	Исходные продуктивные отложения	0.0081	0.039
2	Шлих 1, электромагнитная фракция	0.0016	0.021
3	Шлих 1, немагнитная фракция	0.0067	0.018
4	Шлих 1, илисто-глинистый слив	0.012	0.029
<b>Тарское месторождение</b>			
5	Пр. 9580, исходные продуктивные отложения	0.014	0.047
6	»	0.041	0.092
7	Валовый концентрат с концентрационного стола	0.0028	0.023
8	Рутиловый концентрат (видимое золото выбрано)	9.8*	0.59
9	»	11.2	0.43
<b>Ордынское месторождение</b>			
10	Пр. 2, исходные продуктивные отложения	0.045	0.03
11	»	0.045	0.03
12	Пр. 2, электромагнитная фракция шлиха	0.015	0.024
13	Пр. 2, немагнитная фракция шлиха	1.14	0.29
14	Пр. 2, илисто-глинистый слив	0.086	0.12
15	Пр. 4, илисто-глинистый слив	0.14	0.17

Примечание. Выполнено в аналитическом центре ИГМ СО РАН, г. Новосибирск, аналитик В.Г. Цимбалист.

\* В исходных продуктивных отложениях содержание золота составляет 20—30 мг/м<sup>3</sup>.

## КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассматриваемые комплексные титан-циркониевые россыпные месторождения относятся к крупным (Туганское и Тарское) и мелким (Николаевское и Ордынское) промышленным объектам [Рихванов и др., 2001]. На Туганском и Тарском (Левобережный участок) месторождениях в настоящее время проводятся опытные добычные работы (гидроскважинным методом). Все россыпи открыты в период титанового «бума» середины прошлого века и с тех пор до последнего времени периодически изучаются [Даргевич и др., 1960, 1994; Гурвич и др., 1960; Нестеренко и др., 1963, 1969; Григорьева, 1965; Нестеренко, Цибульчик, 1966; Евдокимов, 1969; Россыпные месторождения..., 1976, 1997; Даргевич, 1982, 1994а,б; Рихванов и др., 2001; Исакова, 2006; Доля, 2009]. К общим чертам рассматриваемых россыпей относятся комплексный циркон-рутил-лейкоксен-ильменитовый минеральный состав (табл. 3); участие в их образовании процессов химического выветривания; локализация в толщах рыхлых терригенных отложений Западно-Сибирской равнины. Различия заключаются в приуроченности к разным стратиграфическим горизонтам мезозойско-кайнозойского разреза; разной удаленности от горного обрамления; неодинаковой металлогении и палеогеоморфологии областей питания; особенностях условий залегания и вещественного состава продуктивных отложений. Наиболее контрастно отличаются нижнемеловые россыпи от палеогеновых.

Николаевская россыпь расположена в юго-западной части Чулымо-Енисейской впадины, в правобережье р. Серта — правого притока р. Кия, на удалении около 30 км от горного обрамления Кузнецкого Алатау (см. рис. 1, 2). Россыпь представлена ритмичными песчано-гравийно-галечными отложениями (табл. 4), приуроченными к низам кийской свиты апт-альбского возраста, залегающей с размывом на песчаниках и аргиллитах илекской свиты (неоком). Продуктивные отложения характеризуются повышенными значениями коэффициентов устойчивости и мономинеральности, преобладанием в легкой фракции кварца над полевыми шпатами. Последние в значительной мере каолинитизированы. Общие

Таблица 3. Характеристика вещественного состава россыпей, по В.А. Даргевич [1994]

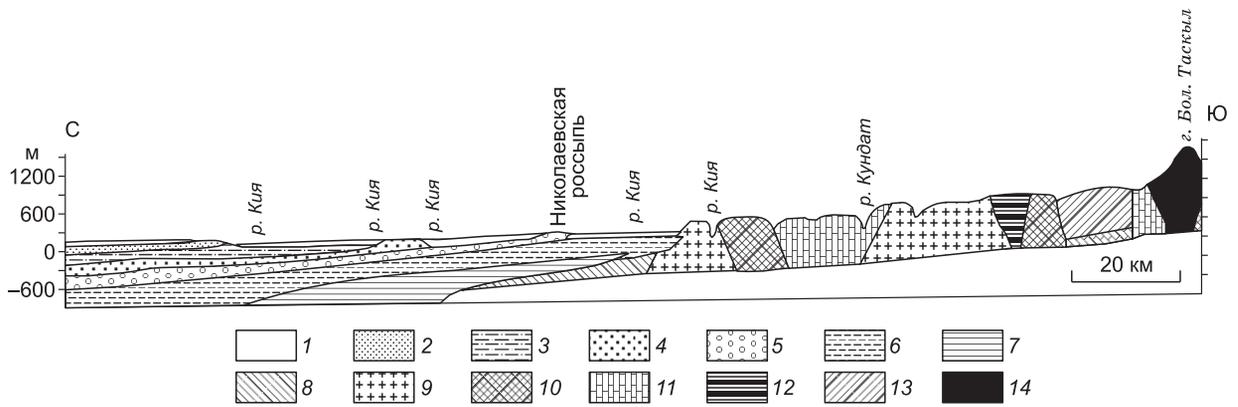
Россыпь	Тип россыпи	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			IX			X		XI
		2	3	4	6	8	9	10	11	13	14	16	17	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
I	Аллювиальная	—	+	+	—	+	—	+	+	+	—	+	—	—	—	+	—	—	+	—	+	—		
II	Прибрежно-морские	—	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+	—	—	+	—	—	+	—	+	—	+		
III		+	—	—	+	+	—	+	+	—	+	—	+	+	—	—	+	—	—	+	—	—		
IV		+	—	—	+	+	+	—	+	—	+	—	+	+	—	—	+	—	—	+	—	—	+	

Примечание. Россыпи: I — Николаевская, II — Туганская, III — Ордынская, IV — Тарская. Группы признаков (I—XI) и их оценка (2—27): I — среднее содержание кварца, % (2 — 50—75, 3 — > 75); II — содержание каолинита и каолинитизация полевых шпатов (4 — мало, 6 — отсутствует); III — состав россыпных минералов (8 — комплексный, циркон-рутил-лейкоксен-ильменитовый); IV — содержание ильменита в тяжелой фракции, % (9 — < 50, 10 — > 50); V — содержание лейкоксена в тяжелой фракции, % (11 — < 10); VI — степень лейкоксенизации ильменита (13 — сильная, 14 — слабая); VII — коэффициент устойчивости (16 — более +2.5, 17 — от 0 до +2.5); VIII — средний размер зерен песка, мм (19 — < 0.1, 20 — от 0.1 до 0.25, 21 — > 0.25); IX — коэффициент сортировки (22 — < 0.1, 23 — от 0.1 до 0.2, 24 — > 0.2); X — средний размер рудных зерен, мм (25 — < 0.1, 26 — > 0.1); XI — наличие зерен глауконита, спикул губок, обломков раковин (27 — присутствуют).

Таблица 4. Гранулометрический состав (%) продуктивных отложений Ti-Zr россыпных месторождений [Рихванов и др., 2001]

Класс крупности, мм	Месторождение			
	Николаевское	Туганское	Ордынское	Тарское
> 1.0	43.2*	0	1.0	2.8
1.0—0.5	10.3	4.6	1.3	1.2
0.5—0.25	8.5	5.1	5.1	1.9
0.25—0.1	12.3	43.9	14.2	12.2
0.1—0.05	3.1	29.0	46.2	51.0
0.05—0.01	22.6	2.6	12.8	16.5
< 0.01		14.8	19.4	14.4

\* 1—10 мм — 24.6 %, 10—200 мм — 15.7 %, > 200 мм — 2.9 % [Нестеренко и др., 1963].

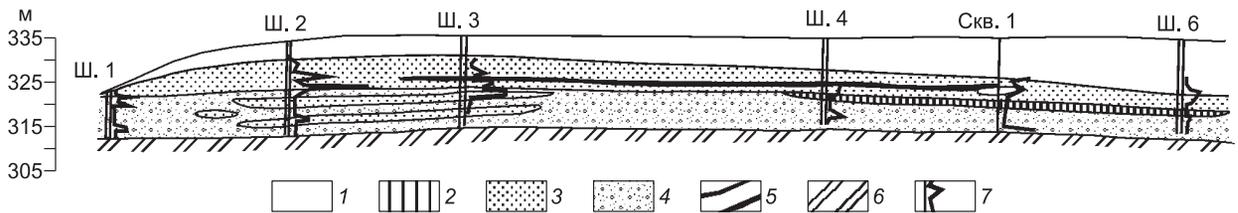


**Рис. 2. Удаленность Николаевской титан-циркониевой россыпи от горного обрамления [Нестеренко, Цибульчик, 1966].**

1—7 — кайнозойско-мезозойские осадочные, преимущественно терригенные отложения: 1 — четвертичные, 2 — некрасовская серия (P), 3 — сымская свита (K<sub>2</sub>), 4 — симоновская свита (K<sub>2</sub>), 5 — кийская свита (K<sub>1</sub>), 6 — илекская свита (K<sub>1</sub>), 7 — итатская и макаровская свиты (J<sub>2</sub>); 8 — нерасчлененный палеозой; 9 — мартайгинский интрузивный комплекс (E<sub>3</sub>-O<sub>1</sub>); 10 — существенно вулканогенные породы нижнего палеозоя; 11 — существенно карбонатные толщи венда—нижнего кембрия; 12 — кембрийские габброидные интрузии; 13 — девонские эффузивные и осадочные породы; 14 — девонская интрузия титаноносных габбро (патынский интрузивный комплекс).

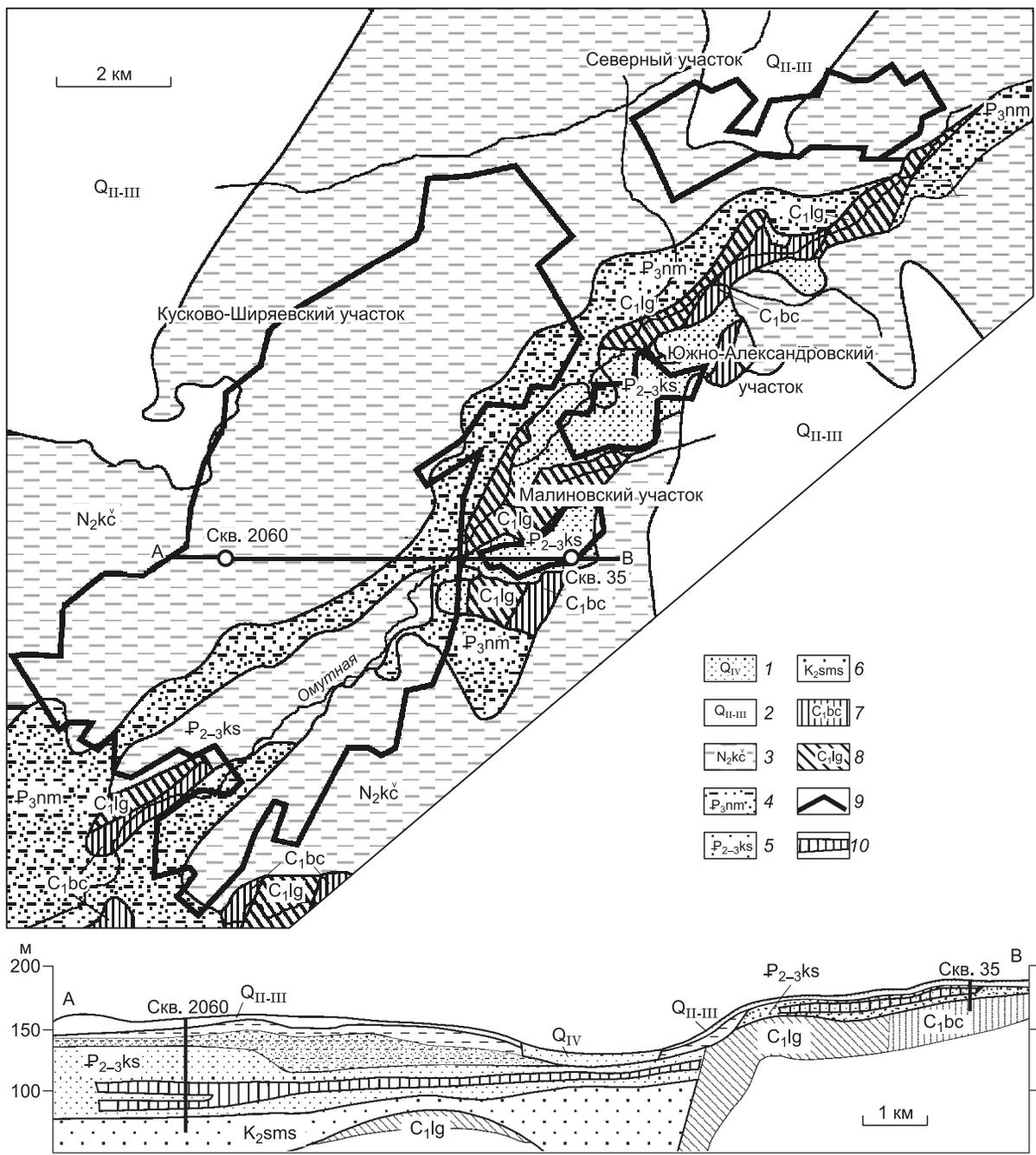
запасы титана, по данным [Шаров и др., 1998, с. 11]: «800 тыс. т при среднем содержании двуоксида титана 51.4 кг/м<sup>3</sup>, мощности песков 2.64 м и мощности торфов 8.27 м». Продуктивная фракция распределена весьма неравномерно, нередко концентрируясь в более мелкозернистых разностях отложений (рис. 3). В целом же фракция имеет средне- и крупнозернистый гранулометрический состав, что можно проиллюстрировать на примере ильменита [Нестеренко, Цибульчик, 1966]: ≥ 0.25 мм — 8.3 %, 0.25—0.16 мм — 36.1 %, 0.16—0.10 мм — 41.1 %, ≤ 0.10 мм — 14.5 %. Подобные ильменит-циркононосные отложения кийской свиты опробованы в обрыве цокольной террасы р. Керть, левого притока р. Чебула, в 60 км к ЗЮЗ от контура Николаевской россыпи. На данном Ti-Zr россыпном проявлении (условно Чебулинском) геолого-разведочных работ не проводилось. Генетически эти россыпи связаны с предгорными аллювиальными отложениями рек Пра-Кия и Пра-Чебула. Они подобны монацит-ильменит-цирконовым россыпям аллювиальных равнин внутренних областей Индии [Ширке, Чаттерджи, 1958]. Источником их питания послужила площадная кора химического выветривания, развитая в северной части Кузнецкого Алатау [Нестеренко, Цибульчик, 1966].

Туганское россыпное Ti-Zr месторождение примыкает с северо-запада к северо-восточному выступу Кольвань-Томской складчатой области (КТСО), частично перекрывая его (рис. 4). Подсчитанные запасы на нем составляют [Тищенко, 2008]: циркона — 1380 тыс. т, ильменита — 3400 тыс. т, лейкоксена и рутила — 600 тыс. т. Месторождение приурочено к кусковской свите эоцен-нижнеолигоценного возраста, полого погружающейся в глубь низменности и залегающей на коре выветривания песчано-сланцевых толщ карбона, а чаще песках и глинах верхнего мела (см. рис. 4). Генезис основной части продуктивных отложений — прибрежно-морской, меньшей — лагунно-дельтовый. Россыпь сформирована во время максимума трансгрессии и начала регрессии [Даргевич, 1994]. Среди особенностей ее



**Рис. 3. Геологический разрез Николаевской россыпи.**

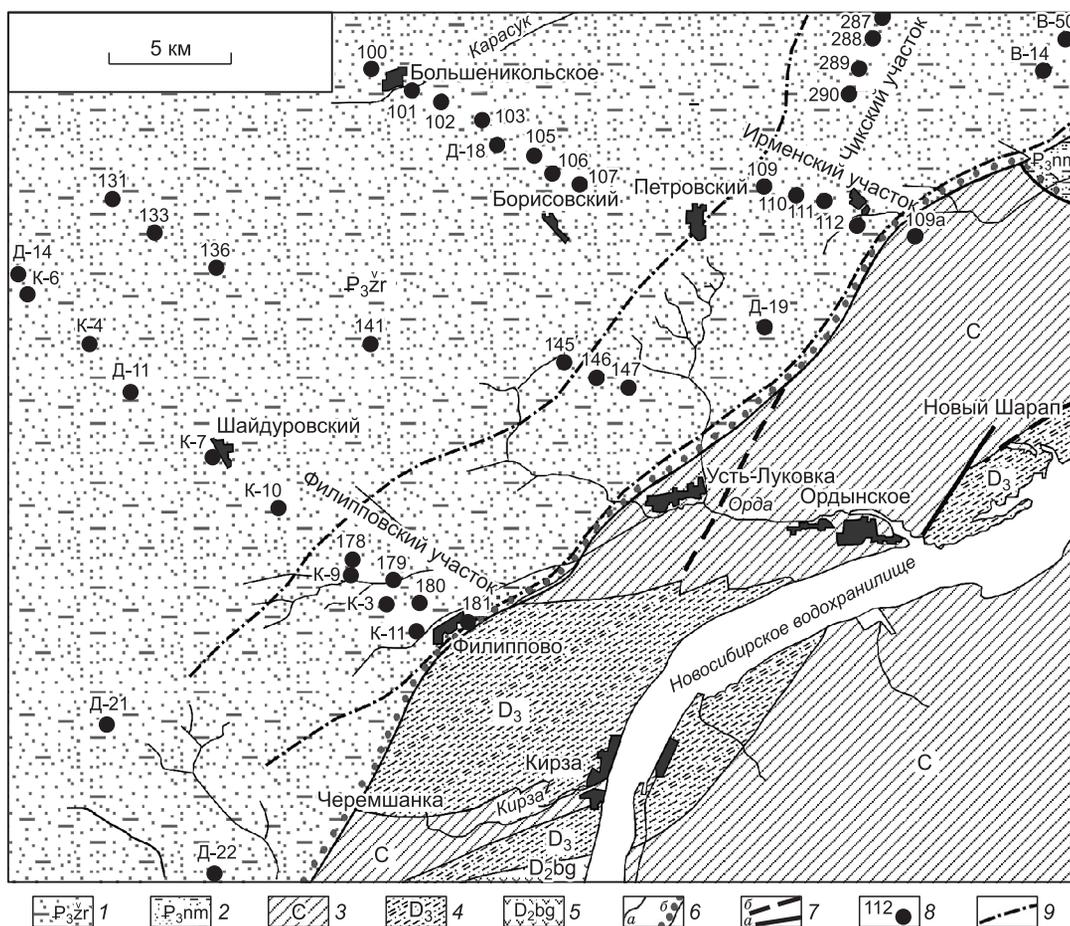
1 — четвертичные покровные суглинки; 2—5 — кийская свита (апт—альб): 2 — глины, 3 — пески, 4 — песчано-гравийно-галечные отложения, 5 — песчаники на лимонитовом цементе; 6 — песчано-глинисто-мергелистые отложения илекской свиты (неоком); 7 — кривые содержания ильменита (усл. ед.). Ш.1—Ш.6 — шурфы.



**Рис. 4. Геологическая карта Туганского месторождения, по [Рихванов и др., 2001] с незначительными изменениями.**

1 — современные отложения: глины, пески, торф (отложения моложе  $Q_2$  с карты сняты); 2 — средневерхнечетвертичные отложения: аллювиально-делювиальные суглинки, пески; 3 — кочковская свита: глины и галечники (плиоцен); 4 — новомихайловская свита: глины, пески, бурые угли (верхний палеоген); 5 — кусковская свита: пески, глины (средний—верхний палеоген); 6 — сымская свита: пески, глины (верхний мел); 7 — басандайская свита: песчаники, алевролиты, глинистые сланцы ( $C_1$ ); 8 — лагерно-саянская свита: глинистые сланцы ( $C_1$ ); 9, 10 — контуры ильменит-цирконовой россыпи в плане (9) и в разрезе (10).

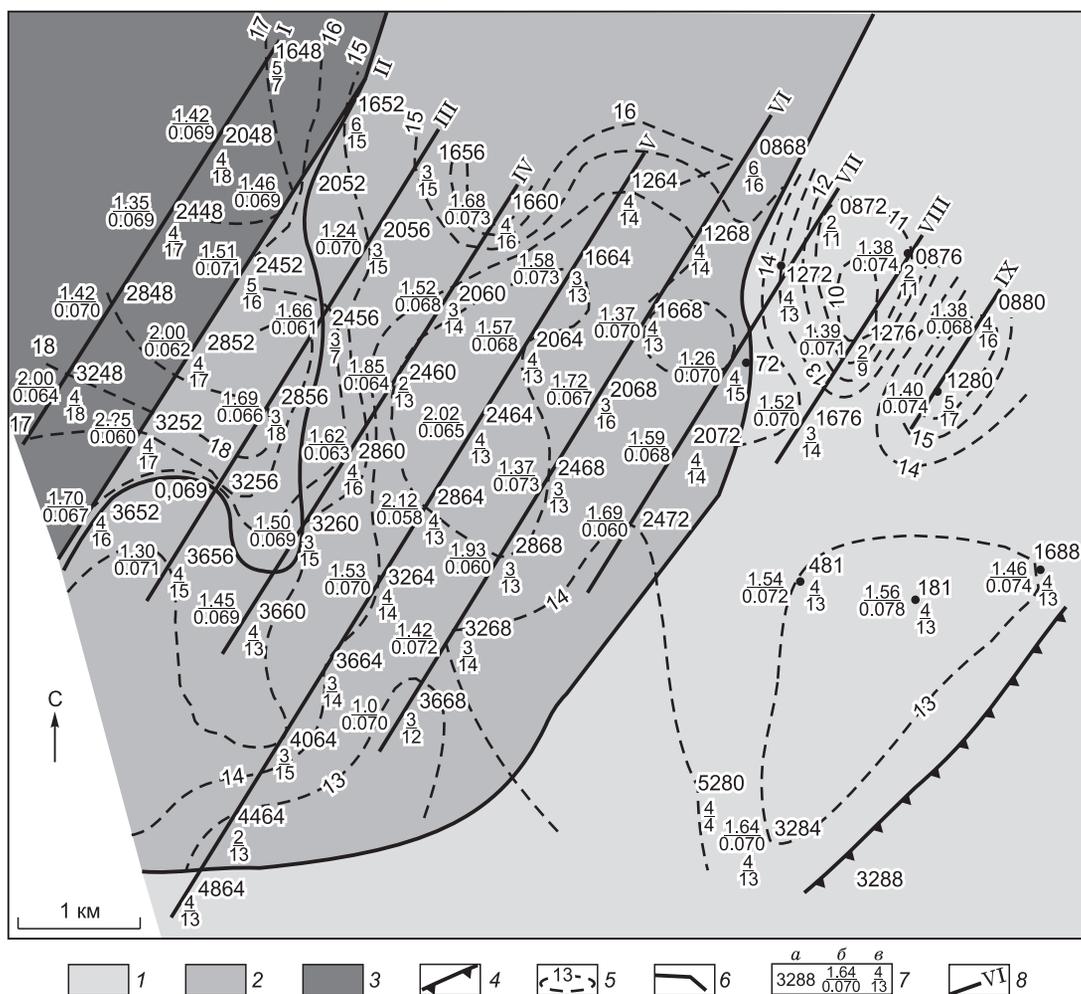
вещественного состава (см. табл. 3, 4) можно отметить мелкозернистость и неплохую сортированность отложений, включая рудные составляющие, размер которых мельче 0.1 мм, высокое значение (более +2.5) коэффициента устойчивости [Момджи, 1964], сильную степень лейкоксенизации ильменита и развитие каолинита и каолинитизированных полевых шпатов, наличие глауконита, спикул губок и обломков раковин.



**Рис. 5. Геологическая карта района Ордынской россыпи, по [Рихванов и др., 2001].**

1 — журавская свита верхнего олигоцена: алевриты пески (неогеновые и четвертичные отложения с карты сняты); 2 — новохайловская свита нижнего олигоцена: глины; 3 — нерасчлененные отложения турнейского и визейского ярусов нижнего карбона: известняки, глинистые сланцы; 4 — нерасчлененные отложения юргинской и пачинской свит верхнего девона: песчаники, глинистые сланцы, известняки, алевролиты; 5 — бутотакская толща среднего девона: туфоконгломераты, порфириты, хлорит-альбит-серицитовые сланцы, туфопесчаники, известняки; 6 — геологические границы: установленные (а) и несогласного залегания (б); 7 — разрывные нарушения: установленные (а) и предполагаемые (б); 8 — буровые скважины; 9 — контур циркон-ильменитовой россыпи.

Ордынское россыпное Ti-Zr месторождение, так же как и Туганское, вплотную примыкает к КТСО, но к юго-западной ее части (рис. 5). Прогнозные ресурсы его на 1995 г. составляли: песков 7584 млн м<sup>3</sup>, ильменита 209.9 млн т и циркона 26.0 млн т [Рихванов и др., 2001]. Россыпь приурочена к верхнеолигоценным осадкам журавской свиты по генезису и литологическим особенностям, довольно близким таковым кусковской свиты (см. табл. 3, 4). Они представлены однородными зеленовато-серыми слабглинистыми и слабопесчанистыми алевритами преимущественно прибрежно-морского генезиса. Мощность свиты достигает 30—40 м. Она с разрывом перекрывает нижнеолигоценные алевритопесчаные свиты, в которых отмечаются повышенные содержания минералов Ti и Zr, и несогласно — более древние толщи (см. рис. 5). Журавская свита вместе с приуроченной к ней Ордынской россыпью перекрыта 150—200-метровой толщей неогеновых и четвертичных отложений. Л.И. Исакова [2006] на примере наиболее разбуренного и изученного Филипповского участка (см. рис. 5) устанавливает литолого-фациальную зональность россыпи. Выделенные ею три зоны (рис. 6), во-первых, находятся в близком соответствии со строением многих комплексных прибрежно-морских россыпей — как древних ископаемых [Даргевич, 1994; Лаломов и др., 2010; Лаломов, 2011], так и современных [Gardner, 1955; Stanaway, 1992; Evans, 1993], во-вторых, «различаются литологическими характеристиками отложений, ... гипсометрическим положением, мощностями, продуктивностью...» [Исакова, 2006, с. 12]. Повышенная роль в формировании россыпи отводится процессам перемыва подстилающих палеогеновых свит и несколь-

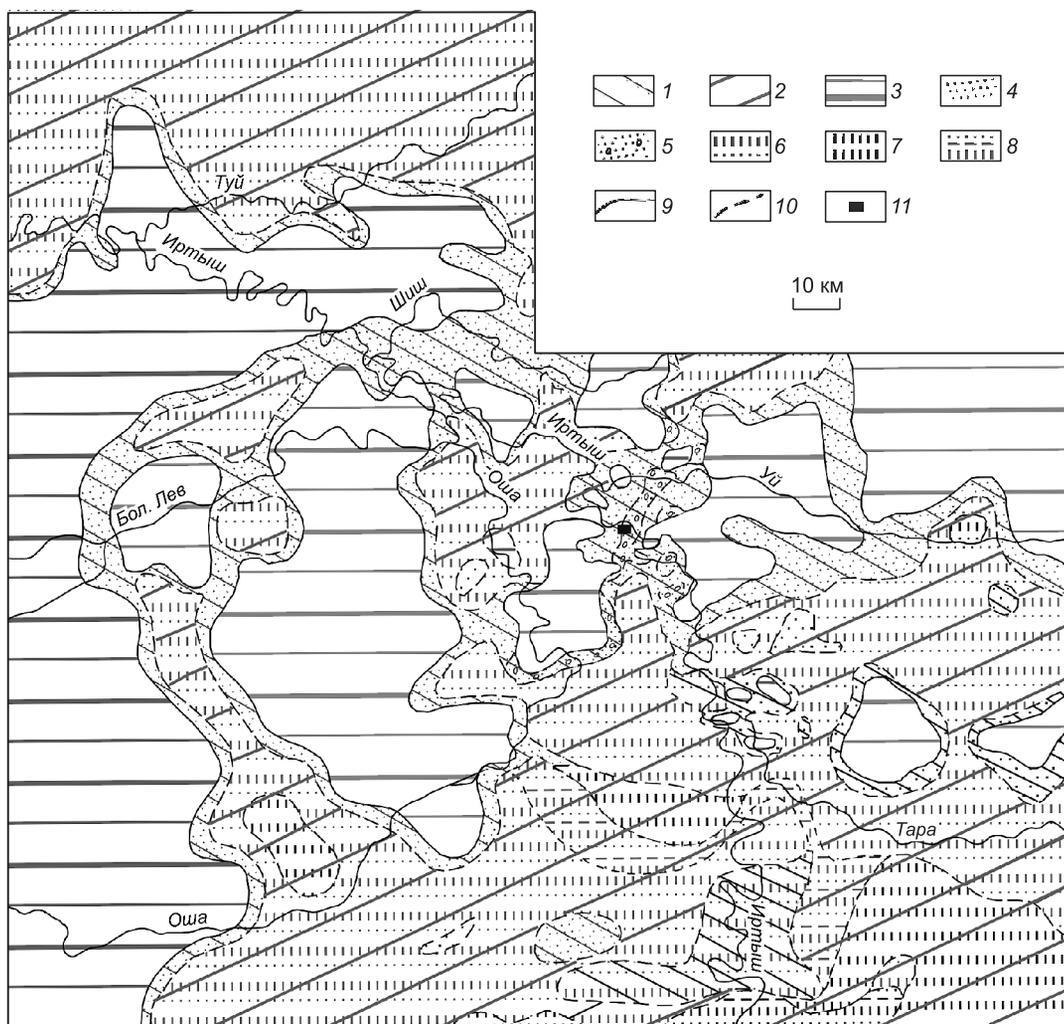


**Рис. 6.** Литолого-фациальная карта отложений журавской свиты в районе Филипповского участка Ордынской россыпи [Исакова, 2006].

1—3 — фациальные зоны отложений журавской свиты: 1 — прибрежно-континентальная, 2 — прибрежно-бассейновая, 3 — мелководно-бассейновая; 4 — граница распространения отложений журавской свиты; 5 — изопахиты журавской свиты (м); 6 — границы фациальных зон; 7 — скважина и ее номер (*a*) — коэффициент сортировки, в числителе — средний размер зерен, мм (*b*); в числителе — мощность продуктивного пласта, в знаменателе — мощность журавской свиты, м (*в*); 8 — профиль скважин.

ко меньшая, чем принято считать, участию кор глубокого химического выветривания. Последнее вытекает из того факта, что «коэффициент устойчивости продуктивного горизонта колеблется в пределах от 1.67 до 2.37 при содержании условного ильменита соответственно 54.5 кг/м<sup>3</sup> и 83.3 кг/м<sup>3</sup>» [Исакова, 2006, с. 13], а не 2.5—3.0 — как это свойственно олигомиктовым продуктивным отложениям многих подобных россыпей.

Тарская комплексная Ti-Zr россыпь расположена в центральной части южной половины Западно-Сибирской плиты в пределах Тарского Прииртышья на значительном, свыше 500 км, удалении от горного обрамления — Казахского мелкосопочника (см. рис. 1). Она приурочена к верхней части рыхлого мезозойско-кайнозойского чехла плиты, мощность которого превышает здесь 2.5 км. Вмещают ее олигоценые осадки [Евдокимов, 1969; Даргевич и др., 1994а; Афанасьев, 1998; Рихванов и др. 2001; Доля, 2009]. Продуктивная толща, залегающая в интервале 43.5—88 м [Афанасьев, 1998] и имеющая прибрежно-морской (прибрежно-озерный) генезис, выполняет вытянутые впадины доолигоценного континентального рельефа и представлена преимущественно алевритовыми и алевритопесчаными осадками (рис. 7). Характеристические признаки ее близки таковым Ордынской россыпи (см. рис. 7, табл. 4). Циркон и титановые минералы сосредоточены в классе 0.10—0.01 мм. Вместе с ними во фракции присутствует эпидот (11—40 %), амфиболы (0.5—3.5 %) и в меньших количествах другие минералы, в том чис-



**Рис. 7. Литолого-фациальная карта олигоценового продуктивного на Ti-Zr россыпи горизонта Тарского Прииртышья, по [Даргевич и др., 1994а] с упрощением.**

1—3 — фации: 1 — прибрежные, пляжные; 2 — мелководные; 3 — отсутствие отложений; 4—8 — литологический состав отложений: 4 — преобладают пески с прослоями алевритов; 5 — пески с примесью грубозернистого материала и гравия; 6 — пески (50 % и более) и алевриты, а также примерно равное чередование алевритов и песков; 7 — алевриты и алевриты с прослоями песков; 8 — переслаивание алевритов и глин, реже и песков; 9, 10 — границы установленные участки без отложений (9) и установленные и предполагаемые литолого-фациальных зон (10); 11 — положение разведанного Левобережного участка Тарской россыпи.

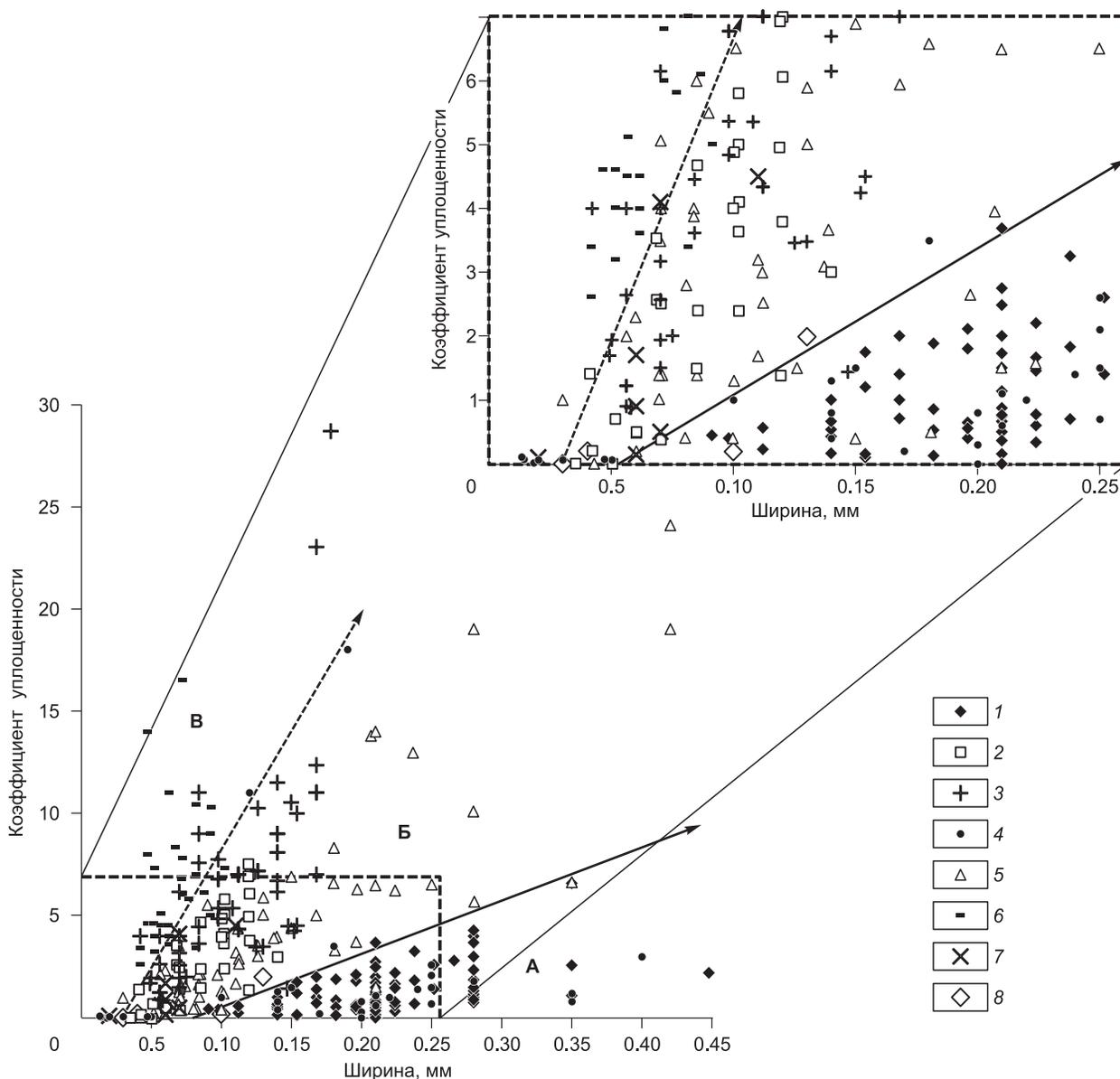
ле слабой и промежуточной гипергенной устойчивости. С этим согласуется представление о том, что источником питания россыпи служили подстилающие рыхлые отложения, а не непосредственно кора выветривания.

### САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО

Содержания гравитационно извлекаемого золота в россыпях очень невелики ( $\text{мг/м}^3$ ): Николаевская — 4, Чебулинская — 17, Туганская — 26, Ордынская — 10, Тарская —  $\leq 0.1$  (см. табл. 1) и не представляют самостоятельного интереса. Атомно-абсорбционный анализ показывает более высокое валовое содержание (см. табл. 2): 8—45  $\text{мг/т}$  — для исходных продуктивных отложений; до 140  $\text{мг/т}$  — для илистой фракции сливов буровых вод. В рутиловом концентрате наиболее бедной на шлиховое золото Тарской россыпи, полученном на Левобережном ее участке (см. рис. 7), оно равно 10—11  $\text{г/т}$ . Учитывая, что выход этого концентрата составляет 2—3  $\text{кг/м}^3$ , расчетное валовое содержание золота в россыпи 20—30  $\text{мг/м}^3$ , т.е. значительно выше, чем полученное гравитационным методом. Недостаточно представительное опробование Николаевской россыпи (120  $\text{кг}$ ) допускает существование более высокого

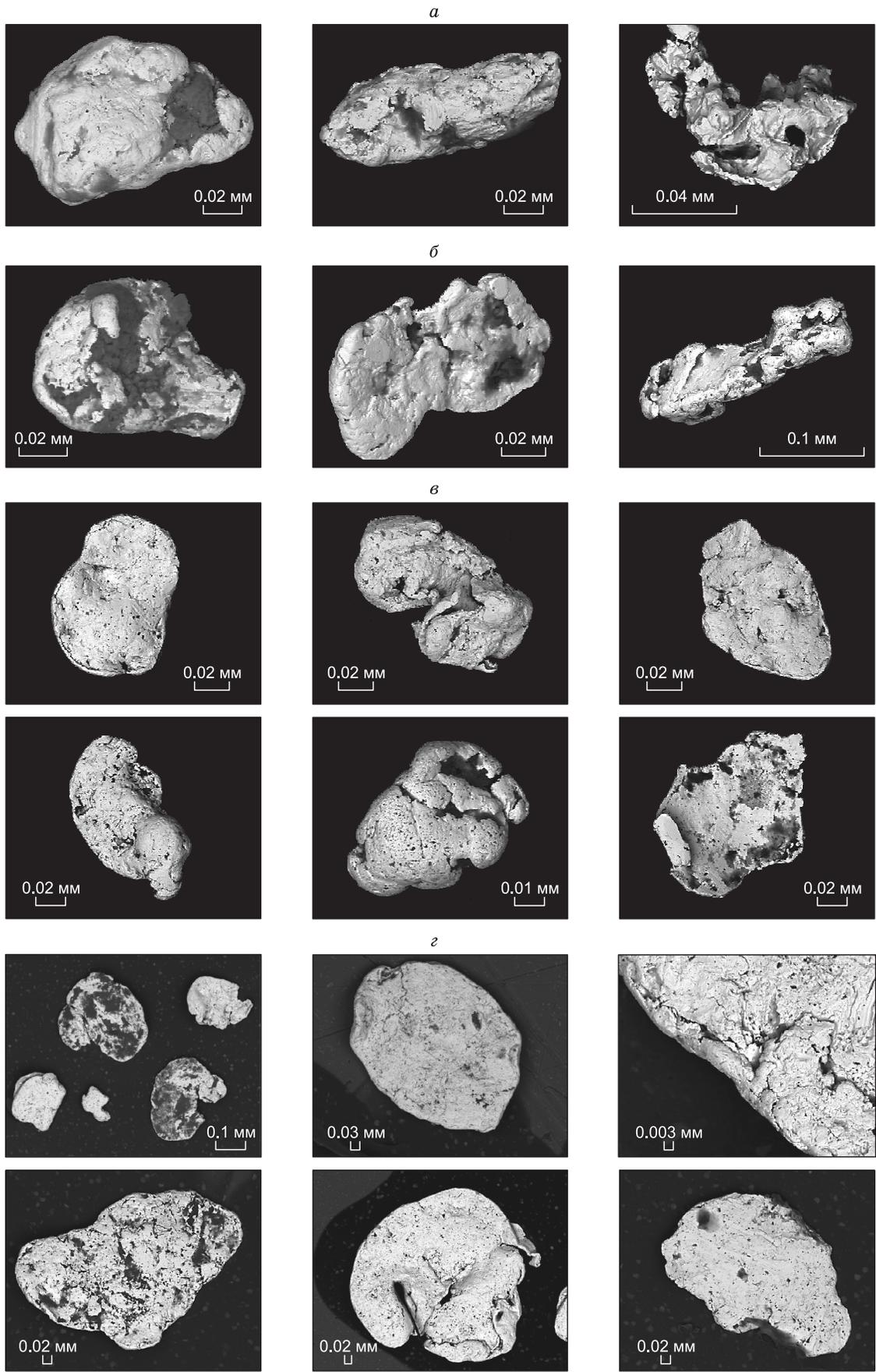
реального уровня содержания Au в продуктивных отложениях. Вероятность этого вытекает из содержания в фондовых материалах данных [Бутвиловский и др., 2011] о работе в этом районе по р. Кия в дореволюционные годы малолитражной драги: среднее содержание золота на массу составило 200—250 мг/м<sup>3</sup>. При естественной природной доводке золотосодержащих титан-циркониевых песков могут образовываться и локальные маломощные участки с граммовыми содержаниями шлихового золота. Как будет показано при обсуждении результатов, в целом незначительная золотоносность может повышать рентабельность отработки титан-циркониевых россыпей.

Среди самородного золота резко преобладает тонкий металл размером (шириной частиц) меньше 0.1 мм (рис. 8). Им сложено практически все самородное золото рассматриваемых прибрежно-морских россыпей и существенная часть аллювиальной Николаевской россыпи. В последней в подчиненном количестве присутствует золото размером до 0.4—0.5 мм. Преимущественным распространением на всех объектах пользуются уплощенные, хорошо окатанные частицы. Они в некоторых случаях несут следы золотой обработки — завальцованность краев, валики наклепа, «гнутики» (рис. 9). В единичных знаках присутствует неокатанный металл в виде угловатых неправильных выделений (см. рис 9, а),



**Рис. 8. Диаграмма зависимости коэффициента уплощенности золотинок от их ширины.**

А, Б и В — поля: А — преимущественно положения автохтонного золота россыпей областей денудации, Б — золота россыпей переходной геоморфологической зоны, В — золота аллювиальных россыпей. 1 — руч. Матренка (Салаирский край); 2 — р. Катунь, нижнее течение; 3 — Николаевская Ti-Zr россыпь; 4 — руч. Кундустуол (Кузнецкий Алатау); 5 — р. Томь, среднее течение; 6—8 — Ti-Zr россыпи: 6 — Тарская, 7 — Ордынская, 8 — Туганская.



**Рис. 9. Электронно-микроскопические фотографии самородного золота Ti-Zr россыпей.**

*a* — Туганская, *б* — Ордынская, *в* — Тарская, *з* — Николаевская.

Таблица 5. Состав самородного золота по данным микроразондового анализа

Россыпь, число анализов	Пробность Au, %	Содержание в золоте, %	
		Cu	Hg
Николаевская, <i>n</i> = 56	585—1000 (947)	0	0—2.14 (0.13)
Чебулинская, <i>n</i> = 41	660—1000 (933)	0—0.14	0—1.18 (0.11)
Ордынская, <i>n</i> = 10	670—1000 (948)	0—0.2	0—0.24 (0.04)
Тарская, <i>n</i> = 24	655—1000 (924)	0	0—0.15 (0.01)

Примечание. В скобках — средние содержания. Пределы обнаружения Cu и Hg — 0.1 %.

Для самородного золота рассматриваемых россыпей типична большая вариация пробности (585—1000 ‰, табл. 5), отражающая множественность источников его поступления. В то же время доля очень высокопробных (980—1000 ‰) разновидностей составляет 30—60 % (рис. 10), а средние значения пробности (924—948 ‰) по россыпям сопоставимы и также высоки. В данном случае пробность самородного золота в основном определяется примесью Ag. Медь характеризуется минимальной встречаемостью, максимальное содержание ее не превышает 0.2 % (см. табл. 5), при пределе обнаружения в 0.1 % такие

сростков в разной степени обтертых микрокристаллов (Николаевская россыпь). В названной россыпи встречаются сростки золота с кварцем, а также в редких случаях на золотилах наблюдаются наросты микрокристаллов Au кубической формы. Преобладающая форма золотин рассматриваемых россыпей — пластинчатая и лепешковидная, более редкая — амёбовидная, комковидная, дендритовидная. Обращает на себя внимание многообразие форм частиц золота Ордынской россыпи: кристалло-, дендрито- и друзоподобная, сложноветвистая, каплевидная, чешуйчатая и таблитчатая. Цвет их во всех россыпях ярко-желтый, реже — бурый, красновато-бурый, бледно-желтый, зеленоватый. Поверхность золотин преимущественно гладкая до зеркальной, реже мелкозернистая с налетом красноватых оксидов Fe.

Таблица 6. Вариации содержаний (%) Hg и Ag во внутренних и краевых участках отдельных золотин по данным микроразондового анализа

Номер зерна Au	Содержание		Номер зерна Au	Содержание		Номер зерна Au	Содержание		Номер зерна Au	Содержание	
	Hg	Ag		Hg	Ag		Hg	Ag		Hg	Ag
<b>Николаевская россыпь</b>											
1	0.22	2.57	8 К	1.07	35.69	25	—	3.17	43	—	6.29
1 К	—	—	8 К	—	2.23	27	—	17.37	43 К	—	—
6	—	14.58	14	—	1.26	27 К	0.14	0.56	47	—	5.16
6	0.1	14.04	14	—	—	28	—	1.41	47 К	—	0.17
8	2.14	39.9	25	—	1.96	28 К	—	—	Не опр.	Не опр.	Не опр.
<b>Чебулинская россыпь</b>											
1	0.1	5.86	6	—	0.67	10	—	2.48	21	—	14.0
1 К	—	—	6	—	1.25	13	0.34	7.75	23	0.25	32.9
3	0.5	5.30	8	1.18	11.13	13 К	—	0.38	23 К	—	0.34
3	—	6.29	8 К	—	0.68	18	0.26	11.98	26	—	0.52
4	—	13.21	9	—	0.72	18 К	—	0.97	26 К	—	—
4	—	1.73	9	—	15.10	20	—	0.63	Не опр.	Не опр.	Не опр.
4 К	—	0.56	9	—	19.35	20	—	—	»	»	»
4 К	—	0.39	10	—	2.47	21	—	18.7	»	»	»
<b>Тарская россыпь</b>						<b>Ордынская россыпь</b>					
1	—	16.35	5	—	33.22	7 К	—	0.54	1	—	—
1	—	0.50	5	—	23.54	8	—	4.29	1	—	7.26
1	—	16.95	5	—	33.49	8	—	4.40	1	0.23	8.31
2	—	—	5 К	—	0.69	9	—	3.81	2	—	5.22
2 К	—	—	5 К	—	0.51	9	0.16	3.09	2 К	—	0.80
3	—	5.46	7	—	—	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
3	—	8.08	7	—	5.14	»	»	»	»	»	»

Примечание. К — краевая часть золотины; номер без индекса — внутренняя часть золотины. Прочерк — содержание ниже предела обнаружения. Не опр. — не определено.

концентрации являются следовыми. Встречаемость значимых содержаний ртути ( $\geq 0.1\%$ ) в золоте рассматриваемых россыпей составляет по выборкам от 7 до 18 %, а максимальные ее содержания не превышают 1—2 %, что также позволяет говорить о незначительном присутствии ртути в составе золота. Результаты изучения характера распределения основных примесей в объеме отдельных частиц самородного золота отображены в табл. 6. Из нее следует, что большим распространением пользуются неоднородные по содержанию Ag выделения самородного золота. Очень высокопробные разности образуют каймы и внутризерновые прожилки, а также слагают отдельные золотины. Каймы, развивающиеся по более высокопробной матрице, наиболее высокопробны (до бессеребряных). Очень высокопробные каймы и фазы отражают, как показано многими исследователями [Яблокова, Рыжов, 1972; Петровская, 1973; Николаева, 1978; Попенко, 1982], гипергенное преобразование эндогенного остаточного (кластогенного) металла, которое для всех рассматриваемых россыпей в целом существенное, что отмечалось в литературе [Даргевич и др., 1994б; Росляков, Калинин, 2006; Нестеренко, Колпаков, 2010]. Это обусловило близкие высокие значения средней пробности золота. Более интенсивно преобразовано золото Николаевской и Чебулинской россыпей, генетически связанных с площадной корой выветривания (мелового возраста), развитой вдоль северного фаса Кузнецкого Алатау. Вместе с тем первичная эндогенная пробность в матрице большей части золотинок сохранилась. Для Чебулинской россыпи она составляет в основном 800—950 ‰ (см. рис. 10), для Ордынской — 930—950 ‰, для Николаевской и Тарской вариация пробности эндогенной матрицы золотинок шире. Микронзондового определения состава самородного золота Туганской Ti-Zr россыпи проделать не удалось, но по спектрам, полученным при съемке золотинок на электронном микроскопе, установлено, что и здесь наряду с полностью бессеребряным присутствует и серебросодержащее золото.

Изложенные фактические данные укладываются в представление о рассеянии тяжелых рудных и аксессуарных минералов в ходе механической миграции продуктов эрозии из областей денудации в области аккумуляции — рассеянии, на фоне которого на отдельных благоприятных участках происходит их концентрация. Не противоречат они и известному положению теории литогенеза: при речном и вдольбереговом морском переносе терригенного материала наблюдается его измельчение и сортировка

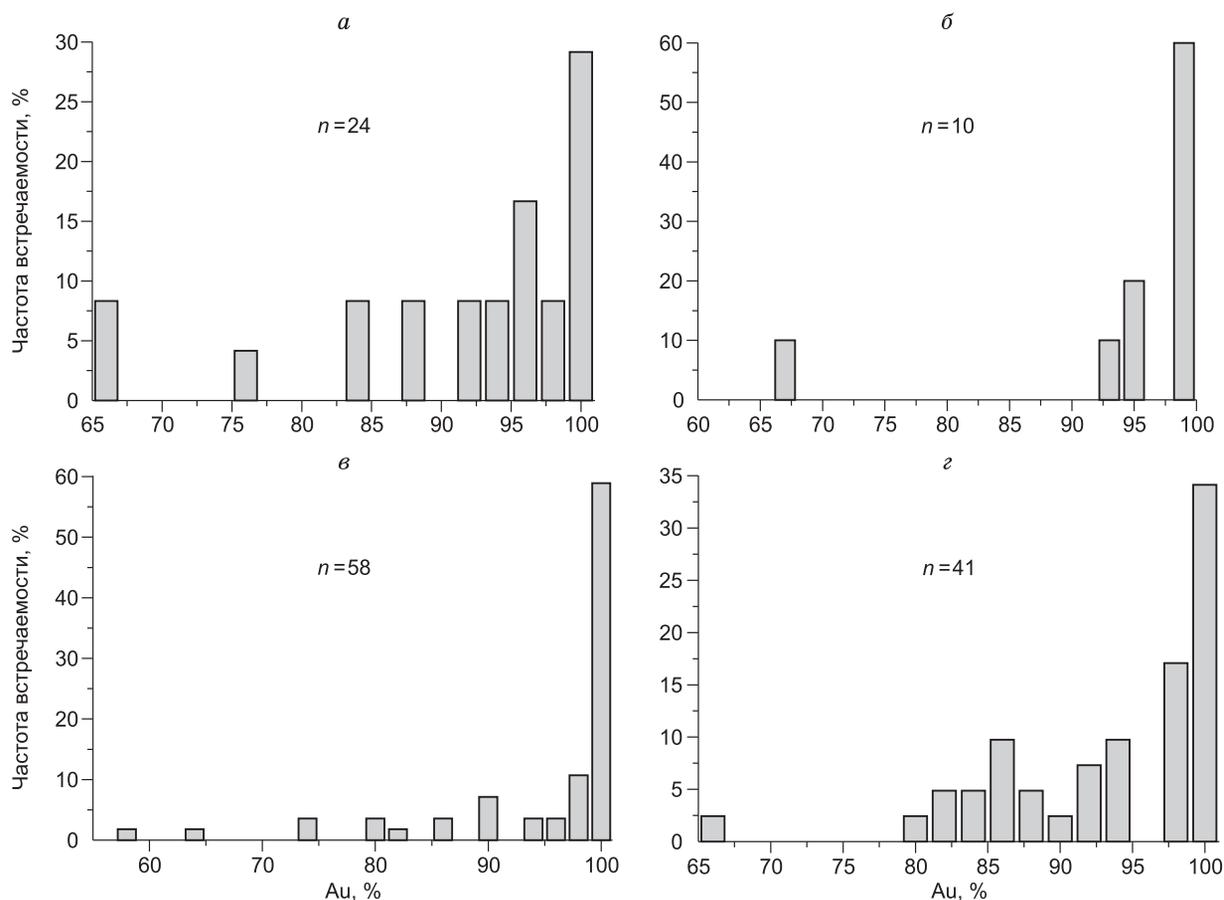


Рис. 10. Гистограммы пробности самородного золота Тарской (а), Ордынской (б), Николаевской (в) и Чебулинской (г) Ti-Zr россыпей.

по гидравлической крупности. Следствием подобной сортировки является то обстоятельство, что уплощенность ( $K_y = b/c - 1$ ) частиц золота рассматриваемых россыпей существенно выше, чем уплощенность соразмерных частиц благородного металла не только автохтонных россыпей, но и золотоносного аллювия переходной геоморфологической зоны (см. рис. 8). Особенно контрастно это проявлено для золота Тарской россыпи, целиком размещающегося в поле В диаграммы. Значение  $K_y$  золотин размером в 0.07 мм достигает 16.5. В то же время в Туганской россыпи заметно присутствует автохтонный металл (см. рис. 8, поле А) [Нестеренко, Колпаков, 2008]. Золото Ордынской россыпи по гидродинамической сортированности занимает промежуточное положение.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Условия переноса тонкого и части мелкого золота в процессе осадкообразования, а также факторы его концентрирования в осадках имеют черты сходства и различия с таковыми близких ему по гидравлической крупности зерен минералов титана и циркония. Условия и факторы этого концентрирования достаточно полно освещены во многих публикациях [Gardner, 1955; Даргевич, 1960, 1982; Момджи, 1964; Цымбал, 1966; Нестеренко, 1977; Subramanian, Prasad, 1977; Force, 1991; Stanaway, 1992; Evans, 1993; Россыпные месторождения..., 1997; Рихванов и др., 2001; Патык-Кара, 2008; Лаломов, 2011]. Важнейшими чертами сходства является высокая химическая устойчивость минералов титана, циркония и самородного золота в гипергенных условиях, а также их высокая плотность. Все они являются типичными минералами тяжелой фракции шлиха. В свете сказанного естественным представляется проявление общих благоприятных факторов концентрирования этих минералов в осадках [Росляков, Калинин, 2006; Нестеренко, Колпаков, 2010]. К этим факторам прежде всего относятся развитие кор химического выветривания на породах исходного субстрата и неоллювия; наличие гидродинамических — механических, россыпеобразующих, по А.И. Айнемеру [Ainemer, 1989], барьеров.

В качестве наиболее значимых для обсуждаемой проблемы минералого-геохимических различий отметим следующие.

1. Очень низкое среднее содержание Au в земной коре, равное  $n=0.1$  мг/т, в отличие, например, от титана, кларк которого близок к 0.5 %. При этом золото способно давать на локальных участках зоны обогащения с концентрацией, превышающей кларковую в 10 000—100 000 раз, в то время как для Ti степень концентрации не превышает нескольких десятков кларков.

2. Относительно ограниченные площади золоторудных залежей, включая минерализованные зоны и первичные ореолы и несравненно более обширные поля развития магматических массивов, а также метаморфических и вулканогенных толщ — первоисточников минералов Ti и Zr.

3. Более чем трехкратное превышение плотности золота над плотностью ильменита, циркона и рутила — основных минералов Ti-Zr комплексных россыпей. Отмеченные различия минералого-геохимических свойств обуславливают некоторые специфические особенности поведения золота в осадочном процессе и, как следствие, уровень содержания и типоморфные свойства самородного золота в аллохтонных комплексных Ti-Zr россыпях. В частности, с первыми двумя различиями связана более быстрая скорость рассеяния самородного золота в продуктах водной транспортировки терригенного материала и, соответственно, более существенная для формирования его аллохтонных концентраций отрицательная зависимость от их удаленности от питающих источников, чем для минералов Ti и Zr. С третьим различием мы связываем положение о более высоком значении гидродинамического фактора в формировании аллохтонных концентраций самородного золота. Из этого положения следует, что оно может концентрироваться при перемыве золотосодержащих ильменит-цирконовых природных скоплений в результате естественной шлиховой доводки. Процесс доводки в лотках и чашках и близкий ему по сути процесс гравитационного обогащения на шлюзах мелкого наполнения основан на способности ламинарного потока вымывать (смывать) из отсортированной по гидравлической крупности песчано-алевритовой смеси более легкие минералы, обогащая ее более тяжелыми, частицы которых отличаются меньшей толщиной [Нестеренко, 1977].

Установленные опробованием низкие уровни средних содержаний Au в Ti-Zr россыпях региона не исключают наличия в них отдельных обогащенных маломощных линз с граммовыми содержаниями, как это имеет место в аллювиальных косовых россыпных проявлениях золота юга Западной Сибири [Нестеренко, Колпаков, 2010], а также отмечается в прибрежно-морских Ti-Zr россыпях Украины [Полканов, 2000]. Однако поиски и отработка таких линз весьма проблематичны, они, вероятно, могут представить практический интерес лишь как попутный компонент продуктивных титан-циркониевых пластов. Попутное извлечение Au при отработке Ti-Zr россыпей может быть рентабельным. Это следует из способности его существенно обогащать промпродукты уже осуществляемого обогатительного процесса, например, рутиловый концентрат Тарской россыпи (10 г/т), тяжелый немагнитный шлик Ордынской россыпи (1 г/т). Вклад Au может заметно укрепить положение о комплексном характере аллохтонных

Ti-Zr россыпей юга Западной Сибири. Как показано в работе [Рихванов и др., 2001, с. 95], комплексность их может быть расширена за счет ряда ценных компонентов: «8. Концентрат минералов тяжелой фракции, а особенно ее слабомагнитную разность, где сосредоточены сильно измененный ильменит, лейкоксен и монацит, необходимо рассматривать как потенциальный источник получения редких и редкоземельных элементов, содержание которых находится на уровне собственных месторождений данных элементов... 9. Повышенное содержание гафния и тяжелых лантаноидов в цирконовом концентрате россыпных месторождений Западно-Сибирского региона позволяют рассматривать его в качестве объекта получения данных элементов».

Есть все основания ожидать наличия на юге Западной Сибири комплексных Ti-Zr россыпей с более высоким уровнем содержания благородного металла. Благоприятные условия для этого наряду с палеогеоморфологическими — близость золоторудных площадей и широкое развитие на них кор химического выветривания. Именно в таком благоприятном районе расположена Обуховская группа россыпей (см. рис. 1). По данным Г.С. Щербы [1995], в них содержится золото, источники которого находятся, скорее всего, в пределах Северного Казахстана. «В олигоцене—раннем плиоцене в период относительной стабилизации региона происходило накопление... песчано-глинистых осадков и... глин в многочисленных впадинах, расположенных как в пределах Северо-Казахстанского мелкосопочника, так и в южной части Западно-Сибирской равнины» [Буслов и др., 2008, с. 868].

Особый интерес в связи со сказанным представляют результаты изучения комплексной золото-титан-циркониевой прибрежно-морской россыпи Аулие в Северном Казахстане. Эта россыпь отличается исключительным богатством и весьма внушительными размерами [Исмаилов и др., 2010, с. 284]: «Протяженность россыпи... 4.0 км, ширина... достигает 550—750 м. ...Мощность золотоносного пласта от 0.3—0.4 до 4—5.3 м, в среднем — 1.8—2.5 м. Содержание золота в нем колеблется от 1.46—1.76 до 14—24.05 г/м<sup>3</sup> при максимальном — 176.9 г/м<sup>3</sup>». Среднее содержание ильменита в пласте — 22.4 кг/м<sup>3</sup>, циркона — 17.7 кг/м<sup>3</sup>. Золотоносный пласт и включающая его продуктивная пачка (P<sub>2-3</sub>—N<sub>1</sub>) представлены зрелыми глинисто-песчано-алевритовыми осадками каолинит-кварцевого состава. Продуктивная пачка перекрыта глинами неогенового и четвертичного возраста. Общая мощность рыхлых наносов от 8—9 до 15—18 м. Золото сосредоточено в классах крупности менее 0.2 мм. Основная его форма — самородная, пробность — 862—959 ‰. Авторы выделяют четыре морфологические формы золота, две из которых отнесены к россыпному (кластогенному), а две другие к гипергенному, новообразованному в самой россыпи. С последней разновидностью ассоциируют гидроксиды железа. Количество россыпного и гипергенного золота в россыпи Аулие примерно одинаково, что, как отмечено выше, наблюдается и в изученных нами россыпях.

## ВЫВОДЫ

1. Устанавливается низкий уровень содержания самородного золота в рассматриваемых комплексных Ti-Zr россыпях: 5—30 мг/м<sup>3</sup>, по данным шлихового опробования, и 8—140 мг/т, по данным атомно-абсорбционного анализа. Приведенный низкий уровень средних содержаний Au на продуктивный пласт не исключают наличия в пласте отдельных обогащенных маломощных линз с граммовыми содержаниями. Рентабельность попутного извлечения золота может быть связана с комплексным характером россыпей.

2. Самородное золото изученных Ti-Zr россыпей представлено преимущественно тонкими (–0.1 мм), механически обработанными уплощенными частицами. Оно отличается большим разбросом значений пробности и широким распространением очень высокопробных (990—1000 ‰) разновидностей, развитых в виде кайм, межзерновых прожилков и монозерен. По генезису это, скорее всего, кластогенный хемогенно (и механогенно) преобразованный металл.

3. Рассмотренные в статье нижнемеловые россыпи заметно отличаются от палеогеновых большей грубозернистостью и меньшей сортированностью отложений, большими содержаниями и крупностью золота. Основной источник их питания — кора выветривания северной части Кузнецкого Алатау, поэтому золото в большей степени гипергенно преобразовано.

4. Уровень содержания самородного золота в комплексных Ti-Zr россыпях в большей, чем минералов Ti и Zr, степени связан отрицательной зависимостью с расстоянием россыпей от питающих источников и положительной — со степенью гидродинамической переработки (гравитационного обогащения) транзитного терригенного материала. Золото в Ti-Zr россыпях образует дальний, оторванный от питающих областей ореол.

5. В южном обрамлении Западно-Сибирской равнины весьма перспективными с точки зрения наличия россыпей с мелким и тонким золотом и комплексных золотосодержащих Ti-Zr россыпей выглядят районы, прилегающие к Северному Казахстану.

Авторы выражают благодарность С.М. Жмодику за поддержку исследований, а также Ж.А. Доле, Л.И. Исаковой и Ю.А. Калининну за оказанную помощь в получении фактического материала. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 10-05-00677).

#### ЛИТЕРАТУРА

**Аношин Г.Н., Емельянов Е.М., Пережогин Г.А.** Золото в современных осадках в северной части бассейна Атлантического океана // *Геохимия*, 1969, № 9, с. 1120—1130.

**Афанасьев А.Т.** Циркон-ильменитовые россыпи // *Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т. II. Полезные ископаемые*. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 1998, с. 162—176.

**Бойцов В.Е., Сурков А.В., Ахапкин А.А.** Методика изучения самородного золота из отвалов гравиационного обогащения россыпей // *Изв. вузов. Геология и разведка*, 2005, № 2, с. 42—45.

**Буслов М.М., Кох Д.А., де Граве И.** Мезозойско-кайнозойская тектоника и геодинамика Алтая, Тянь-Шаня и Северного Казахстана по результатам трекового датирования апатитов // *Геология и геофизика*, 2008, т. 49 (9), с. 862—870.

**Бутвиловский В.В., Аввакумов А.Е., Гутак О.Я.** Россыпная золотоносность юга Западной Сибири. Историко-геологический обзор и оценка возможностей. Новокузнецк, КузГПА, 2011, 241 с.

**Григорьева А.Н.** Особенности формирования древних прибрежных россыпей Западно-Сибирской низменности // *Геология россыпей*. М., Наука, 1965, с. 266—274.

**Гурвич С.И., Пятнов В.И., Санданов И.Б., Столяров А.С., Трохачев П.А., Янковский В.А.** Титаноциркониевые россыпи юго-восточной окраины Западно-Сибирской низменности // *Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. IV*. М., Госгортехиздат, 1960, с. 158—164.

**Даргевич В.А.** О роли фациальных условий в формировании россыпей титановых минералов // *Геология и геофизика*, 1982 (11), с. 19—25.

**Даргевич В.А.** Обоснование классификации ильменит-цирконовых россыпей // *Вопросы минералогии Сибири*. Новосибирск, СНИИГТиМС, 1994, с. 73—82.

**Даргевич В.А., Дранишников Л.А., Игнатова В.Ф., Каштанов В.А.** Генетические типы россыпей Западно-Сибирской низменности и некоторые закономерности их размещения // *Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. IV*. М., Госгортехиздат, 1960, с. 150—157.

**Даргевич В.А., Ковалев И.В., Ларионова С.Г., Лоскутов Ю.И.** Вещественный состав и условия формирования песчано-алевритовой титаноносной формации олигоценного возраста в Тарском Прииртышье // *Вопросы минералогии Сибири*. Новосибирск, СНИИГТиМС, 1994а, с. 82—90.

**Даргевич В.А., Нестеренко Г.В., Аввакумов А.Е., Лоскутов Ю.И., Сорокин Б.Л., Цибульчик В.М.** Юг Западной Сибири — крупная россыпная провинция // *Россыпи и месторождения кор выветривания — объект инвестиций на современном этапе. Тезисы докладов X Международного совещания*. М., ИГЕМ РАН, 1994б, с. 73—75.

**Доля Ж.А.** Минералогия мезозойско-кайнозойского чехла южной части Западно-Сибирской плиты (территория Омской области): Автореф. дис. ... к.г.-м.н. СПб., ВСЕГЕИ, 2009, 22 с.

**Евдокимов Е.И.** Верхнеолигоценые ильменит-цирконовые россыпи южной части Западно-Сибирской низменности // *Геология юга Западной Сибири*. М., Наука, 1969, с. 41—66.

**Исакова Л.И.** Литолого-минералогические особенности и условия формирования верхнеолигоценых циркон-ильменитовых россыпей Ордынского Приобья: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Новосибирск, СНИИГТиМС, 2006, 21 с.

**Исмаилов О.Ж., Чернов В.Ф., Чумакова И.А., Перегудов В.В., Третьяков В.В.** Особенности комплексной золото-титан-циркониевой прибрежно-морской россыпи Аулие в Северном Казахстане и перспективы выявления аналогичных объектов в регионе // *Материалы XIV Международного совещания «Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения»*. Новосибирск, Изд-во ООО «Апельсин», 2010, с. 283—286.

**Калинин Ю.А., Росляков Н.А., Нестеренко Г.В., Рослякова Н.В., Осинцев С.Р.** Обрамление Западно-Сибирской равнины — новая провинция золоторудных месторождений коры выветривания // *Геология и геофизика*, 1999, т. 40 (6), с. 884—895.

**Кардаш В.Т., Лебедь Н.И., Луцив Я.К.** Новый полигенный тип золотоносных отложений на украинском шельфе Азово-Черноморской депрессии // *Важнейшие промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания, технология оценки и освоения*. М., ИГЕМ РАН, 1997, с. 107.

**Константиновский А.А.** О распределении мелкого и тонкого золота в терригенных отложениях конечных бассейнов седиментации // *Континентальные россыпи востока СССР. Тезисы докладов*

- VI Всесоюзного совещания по геологии россыпей. Ч. 1. Благовещенск, АмурКНИИ ДВО АН СССР, 1982, с. 104—105.
- Лаврентьев Ю.Г., Кузнецова А.И., Нестеренко Г.В., Маликов Ю.И.** Рентгеноспектральный микроанализ самородного золота // Геология и геофизика, 1982 (2), с. 83—87.
- Лаломов А.В.** Механизмы формирования концентраций титан-циркониевых минералов прибрежно-морских россыпей литоральной зоны // Геология, тектоника и металлогения Северо-Азиатского крата. Якутск, Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2011, т. 1, с. 177—181.
- Лаломов А.В., Бочнева А.А., Чефранов Р.М., Трофимов В.А.** Литолого-фациальное районирование и титан-циркониевая металлоносность Мансийской и Северо-Сосьвинской площадей Зауральского россыпного района // Литология и полезные ископаемые, 2010, № 4, с. 370—382.
- Лебедь Н.И., Резник В.П., Мудров И.А. и др.** О новом типе россыпной золотоносности на шельфе Черного моря // Геологический журнал, 1994, № 3, с. 121—126.
- Легедза В.Я.** О проявлении хемогенной золотоносности осадочных пород // Генетические особенности и общие закономерности развития золотой минерализации Дальнего Востока. М., Наука, 1966, с. 55—66.
- Мигачев И.Ф., Кальниченко С.С., Романчук А.И.** Перспективы золотоносности Восточно-Европейской платформы // Отечественная геология, 1995, № 3, с. 53—57.
- Минко О.О.** Проблема поисков и оценки россыпей с мелким золотом. Геология, методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых. Обзор ВИЭМС. М., ВИЭМС, 1985, 42 с.
- Момджи Г.С.** Титан // Металлы в осадочных толщах. М., Наука, 1964, с. 197—245.
- Нестеренко Г.В.** Происхождение россыпных месторождений. Новосибирск, Наука, 1977, 311 с. (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 326).
- Нестеренко Г.В., Цибульчик В.М.** Источники питания титаноносных отложений на юго-востоке Западной Сибири. Новосибирск, Наука, 1966, 154 с.
- Нестеренко Г.В., Воротников Б.А.** О поведении золота в процессе осадкообразования // Условия образования, принципы прогноза и поисков золоторудных месторождений. Новосибирск, Наука, 1983, с. 195—206.
- 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.
- Нестеренко Г.В., Колпаков В.В.** Сепарация мелкого золота реками областей денудации // ДАН, 2008, т. 423, № 5, с. 656—658.
- Нестеренко Г.В., Колпаков В.В.** Аллохтонное самородное золото в предгорном аллювии юга Западной Сибири // Литология и полезные ископаемые, 2010, № 5, с. 477—495.
- Нестеренко Г.В., Криворотенко А.Н., Цибульчик В.М.** Генезис и источники питания тяжелыми минералами песчано-галечных отложений кийской свиты // Геология и геофизика, 1963 (5), с. 79—92.
- Нестеренко Г.В., Даргевич В.А., Евдокимов Е.И.** Мезозойские и кайнозойские россыпи на юге Западной Сибири // Геология россыпей юга Западной Сибири. М., Наука, 1969, с. 5—20.
- Нестеренко Г.В., Кузнецова А.И., Лаврентьев Ю.Г., Поспелова Л.Н.** Вариации макросостава — важный типоморфный признак самородного золота // Геология и геофизика, 1982 (3), с. 57—65.
- Никифорова З.С.** К проблеме формирования эоловых россыпей золота на Восточно-Европейской платформе // Литология и полезные ископаемые, 2003, № 6, с. 641—646.
- Николаева Л.А.** Генетическая особенность самородного золота как критерий при поисках и оценке руд и россыпей. М., Недра, 1978, 100 с.
- Патык-Кара Н.Г.** Россыпи в системе седиментогенеза // Литология и полезные ископаемые, 2002, № 5, с. 494—508.
- Патык-Кара Н.Г.** Минерагения россыпей: типы россыпных провинций. М., ИГЕМ РАН, 2008, 528 с.
- Петровская Н.В.** Самородное золото. М., Наука, 1973, 347 с.
- Полканов Ю.А.** Тонкое золото в комплексных россыпях дальнего сноса // Природные и техногенные россыпи и месторождения кор выветривания на рубеже тысячелетий. М., ИГЕМ РАН, 2000, с. 289—290.
- Попенко Г.С.** Минералогия золота четвертичных россыпей Узбекистана. Ташкент, ФАН, 1982, 144 с.
- Рихванов Л.П., Бабенко С.А., Соловьев А.И., Советов В.М., Усова Т.Ю., Полякова М.А.** Циркон-ильменитовые россыпные месторождения как потенциальный источник развития Западно-Сибирского региона. Кемерово, ООО «САРС», 2001, 214 с.

**Рожков И.С., Никитин Н.М., Ясырев А.П.** Новые данные о золотоносности осадочных толщ центральной части Русской платформы // Докл. АН СССР, 1967, т. 173, № 5, с. 1156—1160.

**Росляков Н.А., Калинин Ю.А.** Очередные проблемы глубокой переработки титаноциркониевых россыпей Западной Сибири // Современные технологии освоения минеральных ресурсов: сборник научных трудов. Красноярск, КНИИГиМС, 2006, вып. 4, с. 350—358.

**Россыпные месторождения** России и других стран СНГ (минерагения, промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы) / Под ред. Н.П. Лаверова, Н.Г. Патык-Кара. М., Научный мир, 1997, 479 с.

**Россыпные месторождения** титана СССР / Ред. Г.С. Момджи. М., Недра, 1976, 287 с.

**Тищенко Н.Я.** Твердые полезные ископаемые Томской области // Материалы научно-практической конференции. Томск, Изд-во Том. политех. ун-та, 2008, т. 1, с. 549—555.

**Филиппов В.Е., Никифорова З.С.** Преобразование частиц самородного золота в процессе эолового воздействия // Докл. АН СССР, 1988, т. 299, № 5, с. 1229—1232.

**Филиппов В.П., Матвеева В.Е., Яблокова С.В., Иванов Н.М., Агибалов О.А., Кондратьев А.В., Казаков Н.В.** Признаки золотоносности осадочного чехла центральной части Русской платформы // Отечественная геология, 2005, № 6, с. 42—47.

**Цымбал С.Н.** Титаноносность полтавских отложений Правобережного Приднепровья // Полезные ископаемые Украины. Киев, Наук. думка, 1966, с. 114—118.

**Шаров Г.Н., Трибунский Е.Н., Зябкин А.В.** Рудный потенциал юга Западной Сибири // Руды и металлы, 1998, № 2, с. 5—15.

**Шахов Ф.Н.** Основные направления научных исследований в золотоносных районах Сибири // Геология и геофизика, 1961 (10), с. 89—101.

**Ширке И., Чаттерджи Б.** Монацитовые пески Бихара и Западной Бенгалии // Труды 2-й конференции по мирному использованию атомной энергии. Т. 8. М., Атомиздат, 1958, с. 10—18.

**Щерба Г.Н.** К систематике месторождений золота Казахстана // Геология и разведка недр Казахстана, 1995, № 5, с. 7—16.

**Яблокова С.В., Рыжов Б.В.** О роли «древнего» золота в питании четвертичных россыпей Мариинской тайги // Изв. вузов. Геология и разведка, 1972, № 10, с. 60—65.

**Ainemer A.I.** Placer-forming barriers // Mar. Min., 1989, v. 8, № 3, p. 283—291.

**Gardner D.E.** Beach sand heavy mineral deposits of the eastern Australia // Bureau Miner. Res. Geol. Geophys., 1955, bull. 28, 103 p.

**Force E.R.** Geology of titanium-mineral deposits. Geol. Soc. Amer., 1991, Special Paper 259, 112 p.

**Evans A.M.** Ore geology and industrial minerals. Oxford, Blackwell Science, 1993, 390 p.

**Stanaway K.J.** Heavy mineral placers // Min. Engin., 1992, v. 44, p. 352—358.

**Subramanian S., Prasad K.N.** A note on occurrence of ilmenite-rich sands along the beach north of Madras // Indian Miner., 1977, v. 31, № 4, p. 64.