

ГРАНУЛОМЕТРИЯ И МОРФОЛОГИЯ ЗОЛОТА ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПЕЙ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Г.С. Мирзеханов, Е.В. Курбатов

ООО Научно-производственная фирма “Компас Геосервис”, Дальневосточный НИИ минерального сырья, г. Хабаровск

Гранулометрические, морфологические особенности и характер распределения золота в техногенных образованиях россыпных месторождений зависят от различных производственно-геологических факторов. Размерность золота в отвальном комплексе имеет широкий спектр, включая и самородки, что позволяет использовать традиционное промысловое оборудование для повторной их промывки. При этом фактические потери золота при промывке меньше расчетных технологических.

Ключевые слова: россыпи, техногенные образования, гранулометрия, морфология, фракция, золото, новые технологии, Дальний Восток.

В последние годы интерес к техногенным образованиям россыпных месторождений золота неуклонно возрастает. Накапливаются данные, указывающие о достаточно высоких, близких к кондиционным, содержаниях в них золота [1, 2, 3, 5, 7]. На наш взгляд, значительная концентрация металла в техногенных продуктах определяет их перспективы, но не решает проблему его извлечения и рентабельности повторной отработки россыпей. На протяжении долгой истории изучения техногенных образований в аспекте их вовлечения в повторную разработку главенствует тезис о мелком и тонком золоте, для извлечения которого требуются особые технологии. Соответственно, новые технологии – это дополнительные затраты, которые приводят к удорожанию стоимости добычи металла. В данной публикации представлены результаты изучения морфологических и гранулометрических особенностей золота техногенных образований эксплуатируемых в настоящее время и повторно обрабатываемых россыпей юга Дальнего Востока.

Исследованные нами техногенные образования россыпных месторождений находятся в различных географических и экономических условиях рентабельности отработки и отличаются по своим геолого-технологическим особенностям. Это месторождения Охотского (Озерное, Казино), Аяно-Майского (Пр. Дарья, Белая, Лев. Дюсмакит, Таймень, Буор-Салаа, Тасс и др.), Николаевского (Покровский), Ульчского (Мал. Жорма, Дяппе), Лазовского (Средний, Ключевой) районов (рис 1). Кроме того, для сравнительного анализа, привлечены материалы по гранулометрии техногенных россыпей других регионов Дальнего Востока и Сибири.

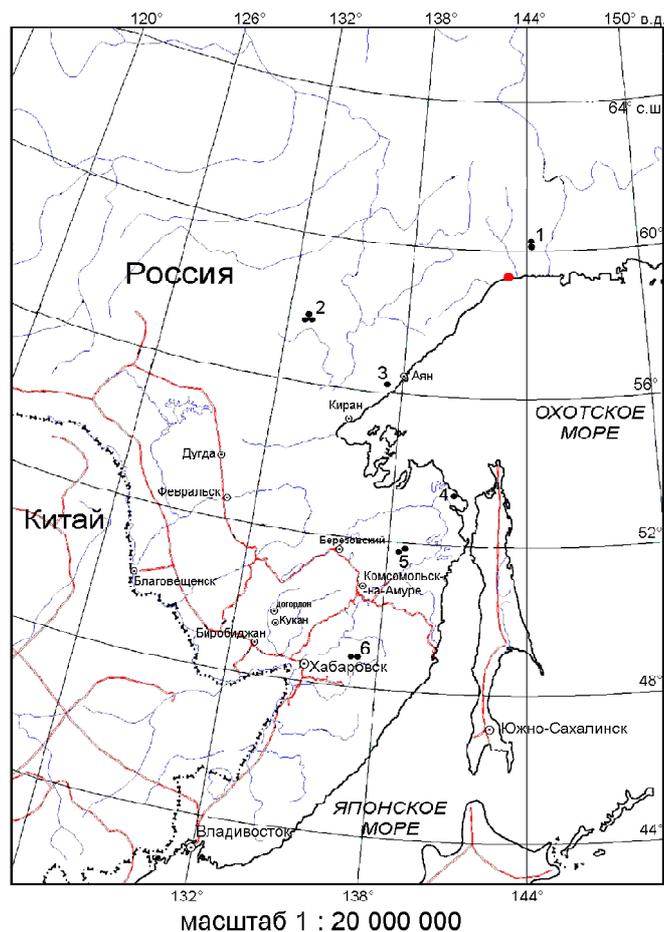


Рис. 1. Схема расположения россыпных объектов.

1 – россыпи Озерное, Казино (Охотский р-он); 2 – россыпи Пр. Дарья, Дюсмакит, Белая; 3 – Таймень (Аяно-Майский р-он); 4 – россыпь “Покровский” (Николаевский р-он); 5 – россыпи Мал. Жорма, Дяппе, (Ульчский р-он); 6 – россыпи Средний, Ключевой (р-он им. Лазо).

Результаты исследований рассмотрены по конкретным месторождениям в сопоставительном варианте: granulометрия золота исходных песков – техногенных образований – техногенных образований повторной промывки.

Техногенно-целиковая россыпь ручья Пр. Дарья расположена в бассейне р. Юна, правого притока р. Учур, Аяно-Майского района и обрабатывалась в 1976–79 годах. Переоценка и повторная разработка началась с 1994 года. В пределах россыпи имелась возможность изучить granulометрические особенности золота бортовых целиков с промышленными запасами и доразведанных целиковых участков ниже отработанной россыпи, эфельных отвалов прежних отработок и гале-эфельных отвалов новых отработок.

Проведенные исследования granulометрических особенностей золота позволяет уверенно указать на присутствие в рассматриваемых объектах металла размерности классов выше 0,1 мм. В первую очередь, следует отметить, что доля золотин размерности -1,0+0,5 мм к хвосту россыпи возрастает, хотя в целом характер распределения размерности золотин в песках разных частей россыпи сопоставимы (рис 2). Доля металла размерности крупнее 1 мм (фракции +2,0 мм и -2,0+1,0 мм) в доразведанных целиковых участках, включая и бортовые целики, колеблется около величины 40%, исключение составляют пески отработки 1976–1979 годов, где суммарное количество золотин данных классов резко увеличивается достигая 65% (рис 2в). Особенностью песков россыпи является отсутствие тонкого золота (-0,1 мм), лишь в редких определениях эта фракция присутствовала в значениях, приближающихся к 1%, в целом составляя 0,1 и менее процентов. В эфельных и галечных отвалах по отношению к материнским пескам отмечается смещение размерности золотин на один класс ниже, т.е класс + 2,0 мм отсутствует, исключением являются эфельные отвалы прежних отработок, где золотины класса +2,0 зафиксированы в количествах, превышающих таковые в исходных целиковых песках (рис 2в). Такая особенность определена морфологическими характеристиками золотин в отвалах, что рассмотрим ниже. По сравнению с содержаниями металла различных классов в исходных песках, в эфельных отвалах наблюдается присутствие класса золотин -2,0+1,0 мм в меньших, класса -1,0+0,5 мм в сопоставимых, а класса золотин -0,5+0,1 мм в существенно превышающих количествах. Характер распределения металла в галечных отвалах несколько отличается от рассмотренного: в одних случаях наблюдается преобладание доли класса золотин -2,0+1,0 мм, в других – -1,0+0,5мм. Вероятно, отсутствие определенной закономерности в тераемых классах золотин в галечных отвалах объясняется тем, что в данном случае потери зависят от

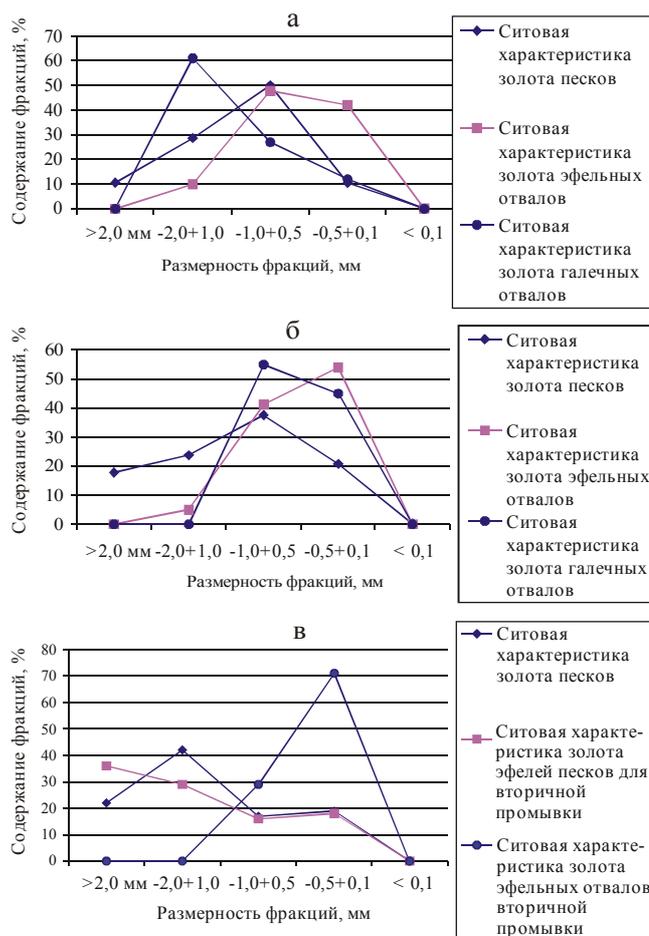


Рис. 2. Размерность золота в различных продуктах россыпи р. Пр. Дарья.

а – нижняя часть россыпи; б – верхняя часть; в – исходные пески и их повторная промывка. Бассейн р. Учур, Аяно-Майский район.

качества промывки песков, т.е. очищения водной струей галечного материала от глинистых материалов и профессионализма гидромониторщика. Потери же, связанные с эфельными отвалами, в большей степени определяются геологическими факторами (количество тяжелых минералов в исходных песках, процент эфельности песков, глинистость песков и т.д.), в большей или меньшей степени влияющие на процессы дезинтеграции полезного компонента.

В целом, в эфельных отвалах наблюдается смещение максимумов к классам золотин средней и мелкой размерности, в галечных отвалах – к среднему классу. Возможные технологические потери при повторной промывке эфельных отвалов, рассчитанные на основе данных ситового анализа золота, не должны превышать 13%, против 8% в целиковых россыпях. Практически при промывке эфельных отвалов прежних отработок на рассматриваемом объекте потери не превышали 6%. Следует отметить, что на об-

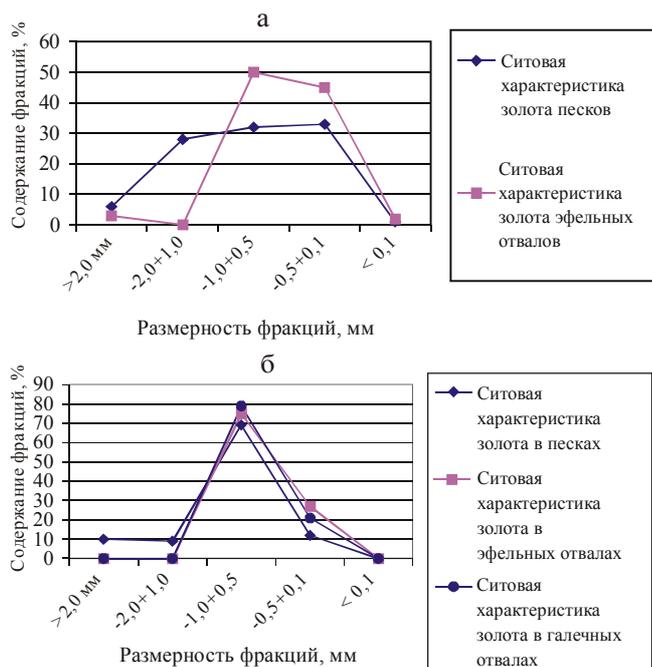


Рис. 3. Размерность золота в различных продуктах россыпей.

а – россыпь р. Белой, бассейн р. Латаа; б – россыпь р. Таймень – левого притока р. Лантарь. Аяно-Майский район.

щем фоне близости или смещения на класс ниже золото в эфельных отвалах имеет свои особенности. Крупные золотины в основном встречаются в сростках с кварцем, полевым шпатом, магнетитом и платиноидами, имеют овальные или удлинённо-пластинчатые формы. Мелкие – имеют пластинчатые, удлинённые, изометричные, реже комковатые формы.

Техногенно-целиковая россыпь р. Белой находится в Аяно-Майском районе. Р.Белая является притоком р. Латаа, которая в свою очередь впадает в р. Большой Аим. Россыпь отработана в 1986 году, переоценка ее началась с 1995 года, повторная отработка осуществлялась только на уровне крупнообъемных валовых проб (от 9 до 50 м³). Опробованы целиковые пески и эфельные отвалы. Галечные отвалы в большинстве случаев перемещены с торфами, и их опробование объективной оценки не имеет. По данным опробования исходных песков, золото в них достаточно крупное: более 30% приходится на классы +2 и -2+1 мм (рис. 3а). Золотины в основном изометричной или удлинённой форм. В эфельных отвалах размерность золота смещается на два класса и максимум (до 50%) приходится на фракцию -1+0,5 мм (рис. 3а). Встречается и золото класса +2 мм – это единичные пустотелые окатыши – шарики, нередко заполненные глинистым материалом, который легко выдувается при раскрытии окатыша. Предполагается,

подобные окатыши формируются в процессе промывки в пределах колоды промприбора. Сносу и скатыванию способствует глинистый материал, в котором находились крупные пластинки золотин. Металл других классов в эфельных отвалах представлен удлинённо-пластинчатыми, изометрично-пластинчатыми, игольчатыми формами.

Целиковая россыпь р. Таймень, левого притока р. Лантарь, Аяно-Майского района. С 1996 года разрабатываются запасы, разведанные в 1986 году и подготавливаемые после 1996 года. Золото россыпи относительно изометричное, средней окатанности, в устьевой части ручья Гранитного объемно-пластинчатое. В исходных песках на долю золотин фракции крупнее 1мм приходится около 20 %. Преобладает золото фракции -1+0,5 мм, составляя в среднем 70 % (рис. 3б), фракция -0,1 мм не установлена.

Размерность золотин в галечных и эфельных отвалах сопоставима с выраженным отсутствием золота первых двух классов (+2 мм, -2+1мм), отмечаемых в исходных песках. Основная масса золота (более 75%) приходится на средний класс (-1+0,5 мм) и менее 25% на приходится на класс золотин -0,5+0,25 мм. Золото в отвалах преимущественно имеет пластинчатую, лепешковидную форму.

Техногенно-целиковая россыпь р. Мал. Жорма, левого притока р. Лимури, Ульчского района. Россыпь отработана в 70-х годах, позднее неоднократно доизучалась и повторно эксплуатировалась. С 1995 года вовлечена в очередную (пятую) отработку. Промывались как бортовые целики, так и эфельные отвалы. Золото в целиковых песках достаточно крупное – на долю фракций +2 мм и -2+0,7 мм приходится 78% (рис. 4а). Промывистость песков достаточно высокая. Опробование эфельных отвалов и изучение гранулометрии золота в них показывает, что в эфелях представлены все фракции золотин, с резким увеличением доли фракции -0,7+0,16 мм. Золото эфельных отвалов представлено мелкими пластинами, дендритовидными зернами, изометричными сростками с кварцем.

Техногенно-целиковая россыпь р. Дяппе, левого притока р. Дали, Ульчского района. Разведку и эксплуатацию россыпи производили в 40-х годах мускульным способом. Позднее, в 1979 и 1989–1990 годах на участке осуществляли разведочные работы. Апробированные запасы добывались в 1994–1995 годах и снова вовлечены в разработку с 1999 года. В исходных целиковых песках более или менее равномерно представлены все фракции золотин, исключение составляет золото фракции менее 0,2 мм, присутствующее в количестве не более 4%. В эфелях-песках (эфельные отвалы после первичной промывки) и далее к эфельным отвалам повторной промывки идет последовательное уменьшение размерности металла.

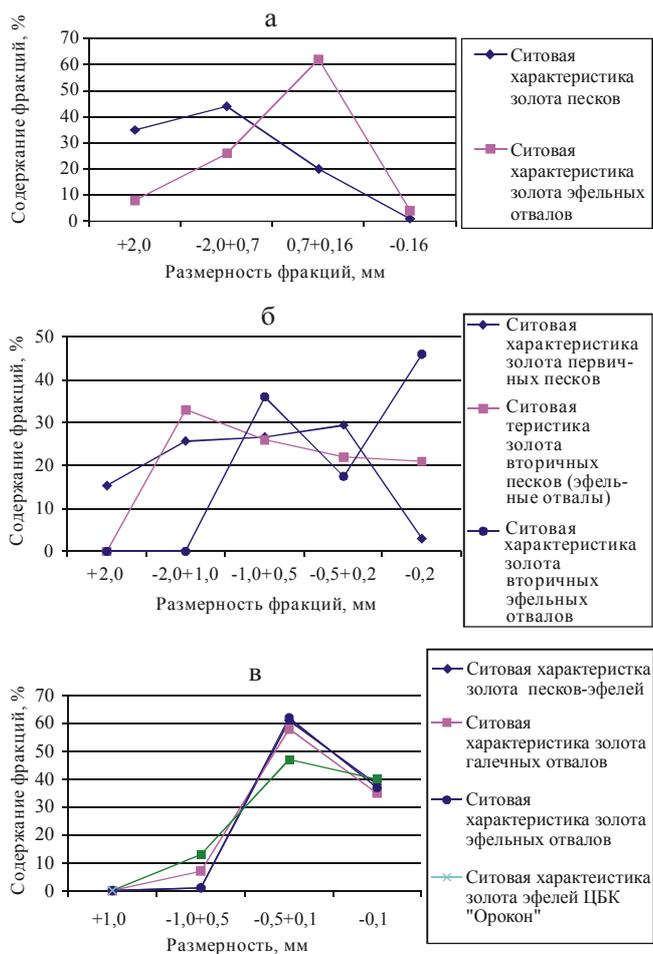


Рис. 4. Размерность золота в различных продуктах россыпей.

а – россыпь ручья Мал. Жорма, бассейн р. Лимури; б – россыпь р. Дяппе, Ульчский район; в – россыпь “Покровский” – бассейн р. Коли, Николаевский район.

В эфелях-песках золото фракции +2 мм полностью отсутствует, но достаточно существенна доля золотин фракции -0.2 мм, в эфельных отвалах повторной промывки уже отсутствуют два класса золотин (+2 мм и -2 +1 мм), но 46% потерь приходится на долю золотин класса -0.2 мм (рис. 4б). При этом общие фактические потери при промывке эфельных отвалов были намного ниже таковых промывки исходных песков (6.7 против 12.5%). Золото в эфельных отвалах относится к среднему и мелкому, имеет пластинчатые, комковатые формы, встречаются и сростки с кварцем.

Техногенная россыпь “Покровский” ручья Покровского, левого притока р. Коли Николаевского района. Гранулометрические и морфологические особенности этой россыпи изучались в связи с возможностью включения в промывочную систему центробежных концентраторов (ЦБК). В данном случае

в систему был подключен ЦБК “Орокон”. Золото исходных техногенных песков относится к разряду среднего и мелкого, в составе которого преобладает класс -0.5+0.1 (рис. 4в). В ситовой характеристике золота галечных, эфельных отвалов и хвостов ЦБК не выявляется существенной разницы в присутствии конкретных фракций, но фракция -1+0.5 извлекается достаточно хорошо шлюзами мелкого наполнения (ШМН), чуть хуже шлюзами глубокого наполнения и намного хуже ЦБК “Орокон”. Только в классе -0.5 + 0.1 мм ЦБК “Орокон” более предпочтителен. Доля золотин фракции -0.1 мм во всех продуктах промывки имеет близкие к 35% значения. Следует отметить, что в целом фактические потери при промывке техногенных песков почти в 2 раза меньше расчетных технологических потерь, оцененных на основе стандартного [6] ситового анализа золота (37,65 против 62%). Золото в песках-эфелях комковатое, скелетообразное, крючковатое, тонкопластинчатое удлиненное. Встречаются сростки с кварцем и с гнездами лимонитовых охр.

Морфология золотин во всех продуктах идентичная описанной выше, но есть одна особенность, определяемая достаточно большим количеством удлиненно-пластинчатых форм золота. Так в эфелях-песках размеры золотин по удлинению в классе -0,5+0.25 мм колеблются от 0.4 до 1.9 мм. В галечном отвале золота класса +1 мм не зафиксировано, однако как в классе -1+0.5, так и в классе -0,5+0.1 мм в значительных количествах встречаются золотины с размерностями по удлинению 0.9–1.8 мм. Такие же особенности характерны и для золота эфельных отвалов и хвостов ЦБК “Орокон”, максимальные размеры золотин по удлинению превышают размеры соответствующих классов в 2–3 раза. Возможно этим и объясняются существенные отличия фактических и расчетных технологических потерь.

Целиковые россыпи бассейна руч. Болотистый (ручьи Ключевой, Средний), правого притока р. Соли (пр. приток р. Хор) района им. Лазо. Россыпи ручьев Ключевой, Среднего вовлечены в разработку с 1999 года и характеризуются достаточно высокими средними содержаниями золота. Золото в песках исходной россыпи ручья Среднего – средней окатанности, лепешковидной формы, слабообъемное. До 40% золота приходится на долю фракций крупнее 1 мм. Золото ручья Ключевой более уплощенное, слабоокатанное, при сопоставимых, с золотом ручья Среднего, размерах золотин в целом. В эфельных отвалах россыпи ручья Среднего золото размерности +2,5 и -2,5+1 мм отсутствует (рис. 5а), в россыпи ручья Ключевой не выявлены золотины первых трех классов (рис. 5б). Причем в обоих случаях на долю класса -0.5+0.1 мм приходится более 80% золотин. В галечных отвалах основную долю составляет металл

классов $-2,5+1$ и $-1+0,5$ мм, т.е золото достаточно крупное. По ручью Среднему доля класса $-2,5+1$ мм составляет 60% от всего золота. В целом в отвальном комплексе золото встречается окатанное, полуокатанное, угловатое уплощенной, комковидной, крючковатой форм.

Анализ морфологических и гранулометрических особенностей золота на исследованных объектах позволяет обозначить некоторые закономерности, представляющие определенный интерес для золотодобывающих предприятий:

Золото отвального комплекса в большинстве случаев имеет пластинчатые, комковидные, удлиненно-пластинчатые формы и чаще, чем в исходных песках, встречается в сростках с другими минералами.

Размерность золота в отвальном комплексе имеет широкий спектр, включая и самородки, что обусловлено гранулометрическими и морфологическими его особенностями в исходных песках. По отношению к золоту последних в эфельных отвалах отсутствует золото двух первых, иногда и трех наиболее крупных классов, в галечных – одного, реже двух классов или золото представлено всеми классами, отмеченными в исходных песках. Подобный разброс, на наш взгляд, обусловлен различными факторами, в первую очередь геологическими (наличие глинистого материала, повышенных количеств тяжелых минералов в песках и т.д.). В хорошо промытых песках с минимальным количеством глинистого материала золото галечных и эфельных отвалов имеет близкие размеры, как, например, на россыпях Таймень, Дарья. Присутствие глинистого материала приводит к появлению достаточно крупного золота, в первую очередь, в галечных отвалах (россыпи ручьев Среднего, Ключевого), реже в эфельных (россыпи Белая, Жорма).

При повторной промывке эфельных отвалов фактические потери оказываются меньше расчетных технологических. Характерное уменьшение размерности золотин в ряду исходные целиковые пески – гале-эфельные отвалы во вторичных отвалах проявляется менее контрастно, что, вероятно, обусловлено узким спектром представленных в песках-эфелях классов золотин и их морфологией.

Подтверждение последнего тезиса мы наблюдали и на многих других россыпях, не рассмотренных в данной публикации. Вероятно взаимосвязь размерности золотин, особенностей их морфологии и потерь необходимо рассматривать как основу оценки перспектив вовлечения техногенных россыпей в разработку с применением традиционных промысловых приборов. Опыт применения, в том числе и на примере россыпи “Покровский”, ЦБК, рекламируемого особенно в последние годы, показывает, что концентраторы не позволяют получить достаточно

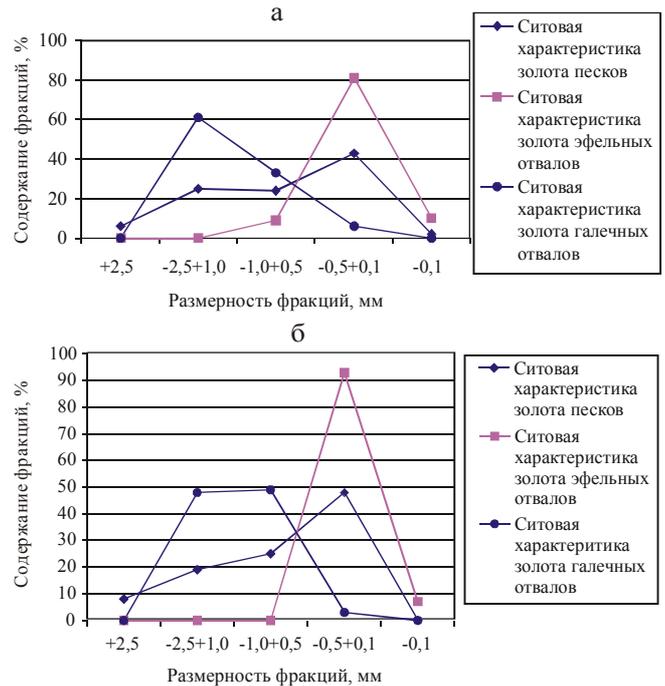


Рис. 5. Размерность золота в различных продуктах россыпей бассейна руч. Болотистого – правого притока р. Сооли.

а – россыпь ручья Среднего; б – россыпь ручья Ключевого. Район им.Лазо.

высокого эффекта. При рациональном использовании шлюзов мелкого наполнения, которые значительно дешевле и эксплуатируются при несложных технологических параметрах, достигается очень высокий уровень извлекаемости золота среднего и мелкого класса и, соответственно, получение более существенного экономического эффекта по сравнению с ЦБК. Этот вопрос авторы более детально рассмотрят в последующих публикациях.

Проведенный анализ литературных данных также подтверждает, что и на других техногенных россыпях устанавливается зависимость гранулометрии золота от геологических особенностей исходных песков. В большей степени золото техногенных образований относится к среднему и мелкому классам. Так, по сводным данным в техногенных продуктах Енисейского кряжа 85 % золота приходится на класс $-0,25$ мм [4], в эфелях россыпей Читинской области золото в основном представлено классом $-0,5+0,25$ мм [2], хотя в этой же публикации по результатам, сведенным в таблицу, доля золота фракции $-1+0,5$ составляет от 24,35 до 38,03 %, доля класса $-2+1$ мм – 9,15–4,45%, при этом более 4% приходится на классы $-7+2$ мм (табл.). К категории тонкого золота можно отнести золото эфельных отвалов россыпей Джалиндинского района Амурской области, но здесь золото в исходных песках довольно мелкое, с преобладанием клас-

Таблица. Результаты ситовых анализов в эфелях [2].

Классы крупности, мм	Распределение золота, в %		
	Уч. "Трошиха"	Уч. "Горбица"	Уч. "Бухта"
-7+ 5	0.82	0.70	0.91
-5+3	1.43	1.41	1.55
-3+2	2.01	3.26	4.07
-2+1	9.15	14.75	11.05
-1+0.5	38.03	24.35	30.21
-0,5+0.25	39.68	36.02	35.73
-0,25+0,1	7.62	17.71	12.66
-0,1	1.26	2.10	3.82
Итого	100	100	100

са -0.315 мм [1]. В отличие от опубликованных данных [3, 5], в которых золото техногенных образований Хабаровского края отнесено к мелкому и тонкому, полученные авторами материалы, а также результаты ситования золота целиковых россыпных месторождений [3] позволяют отнести его к разряду среднего и мелкого. Золото техногенных россыпей в большинстве случаев будет иметь размерность от 0,1 до 5,0 мм, при этом доля золота размерности менее 0,1 мм в редких случаях вряд ли превысит уровень 10–12%.

В целом преобладание в техногенных образованиях россыпей золота среднего и мелкого класса, несмотря на разобшенность гале-эфельных отвалов в отработанном пространстве, позволяет более оптимистично оценивать перспективы их вовлечения в повторную обработку с применением существующих технологий, без существенного технического перевооружения, автотранспортно-экскаваторным способом разработки. При этом в качестве положительных моментов также могут рассматриваться лучшая промывистость эфельных отвалов в сравнении с целиковыми песками и гранулометрическая однородность материала отвалов, благоприятно влияющие на уменьшение фактических потерь золота при повторной промывке. Не очень высокие содержания золота в техногенных образованиях должны компен-

сироваться большими объемами промывки и вовлечением в обработку остаточных бортовых целиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альков С.П., Кардаш В.Т. Перспективы вовлечения в эксплуатацию техногенных россыпей в Джалиндинском районе Приамурья // Инф.-аналит. обзор проблем недропользования (Дальний Восток). Благовещенск. М.: "НБЛЗолото", дальневост. фил., 1998. № 5. С. 7–15.
2. Галич В.М. Пути повышения извлечения золота из отвалов эфелей россыпных золотосодержащих месторождений // Обогащение руд. 1998. №5. С.17–19.
3. Литвинцев В.С. Обоснование параметров геотехнологии комплексного освоения техногенных россыпных месторождений Дальнего Востока: Автореф. дис.... д-ра техн. наук. Хабаровск, 2000 г. 44 с.
4. Макаров В.А., Шрайнер А.Д. Проблемы геологической переоценки техногенных месторождений золота // Горн. журн. 1998. № 5. С. 29–33.
5. Мамаев Ю.А. Проблемы добычи золота из россыпей Дальнего Востока на современном этапе // Добыча золота. Проблемы и перспективы. Докл. науч.-практ. семинара 25–27 нояб. 1997 г. Хабаровск, 1997. С. 13–24.
6. Методика расчета технологических потерь. "Северовостокзолото" Дальстройпроект, 1977.
7. Мирзеханов Г.С. Качество отработок золотосодержащих россыпей // Добыча золота. Проблемы и перспективы. Докл. науч.-практ. семинара 25–27 нояб. 1997 г. Хабаровск, 1997. С. 67–75.

Поступила в редакцию 6 июня 2002 г.

Рекомендована к печати Л.В. Эйришем

G.S. Mirzekhanov, Ye.V. Kurbatov

Granulometry and morphology of gold of man-made placers in the Russian Far East

The granulometric and morphological peculiarities, and the pattern of distribution of gold in the man-caused formations of placer deposits depend on different industrial and geological factors.

The dimension of gold in the dump complex is of a wide spectrum, including also native gold. This allows the use of traditional flushing equipment for its repeated flushing. Incidentally, the actual gold loss during flushing is less than the calculated technological values.