

И.Я. Илалтдинов

Пермский государственный национальный
исследовательский университет, г. Пермь

ЗНАЧЕНИЕ ШКАЛЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КРУПНОСТИ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА

Частицы россыпного золота являются составной частью терригенных осадков. При изучении крупности россыпного золота целесообразно использовать логарифмическую шкалу для объяснения процессов накопления золота и решения прикладных вопросов.

Ключевые слова: золото, крупность, логарифмическая шкала.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2021.88

В науках о Земле, как и в любой отрасли знания, широко используют количественные характеристики тех или иных объектов и (или) процессов. Основой измерений количественных шкал служат некоторые изменения в проявлении свойств по определенному вектору. Для шкал разностей и отношений по соглашению принимаются точки отсчета (нули) и единицы измерения. Общепринятой и стандартизированной шкалы для измерения частиц, слагающих осадочные горные породы, в России нет, в отличие от зарубежных работ. В последних используется исключительно Ф-шкала, в которой размерность частиц определяется как $\Phi = -\log_2 S$, где S – размер зерен в мм. Близка к шкале Φ γ -шкала В.П. Батурина, где размерность частиц измеряется как $\gamma = -\log_{10} S$.

При анализе гранулометрического состава терригенных осадков преобладает десятичная система счисления арабской нумерации по целочисленному основанию 10. Однако изменения природных явлений вряд ли нуждаются в использовании столь упрощенной системы. Значительно более естественной представляется природность логарифмических шкал [2].

Частицы россыпного золота являются составной частью обломочного или тонкого гипергенного материала, в котором образуются определенные концентрации в пределах какого-то горизонта [19]. Тем самым при анализе их крупности, как и для терригенных осадков, возможно применение различных шкал.

Крупность россыпного золота в практике изучения россыпей обычно отождествляется с ситовыми (гранулярными, гранулометрическими)

размерами и остается главной характеристикой россыпеобразующего золота [10].

Ситовые гранулометрические анализы производят с помощью набора сит, размер которых соответствует классам гранулометрической шкалы или приближен к ней. Обычно применяется следующий набор сит (в мм): 0,10; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 16,0 [9].

Размеры золотосодержащих минеральных выделений в россыпях в золотоносных провинциях мира имеют широкую амплитуду колебаний, но наиболее распространены месторождения, в которых преобладают фракции самородного золота крупностью от 0,2 до 20 мм. Характер сочетания различных фракций минералов самородного золота в россыпях, помимо общей гранулометрической характеристики минералов, отражает специфические особенности образования месторождений, включая формационную принадлежность коренных источников, их тектоно-магматическое положение и тип литогенеза, гидродинамику водного потока, определяет технологические свойства россыпей [19].

Рекомендованная методикой [9] шкала при анализе крупности россыпного золота используемая в большинстве производственных и научных организаций не позволяет с более высокой точностью оценить степень сортированности, среднюю крупность золота, в полной мере охарактеризовать процессы россыпеобразования.

Анализ литературных данных и собственных исследований по крупности золота, базирующихся на указанной выше гранулометрической шкале, показывает, что характер распределения частиц золота по крупности, как правило, одномодальный, реже бимодальный, с доминированием мелкого или среднего, крупного золота (табл.1).

Впервые логнормальный закон распределения частиц золота по крупности обоснован для россыпей Колымы Н.К. Разумовским [15]. Позднее логарифмически-нормальное распределение размеров частиц при их дроблении доказано А.Н. Колмогоровым в 1941 году [6].

Пермскими исследователями при анализе крупности мелко-россыпного золота используется дробная γ -шкала В.П. Батурина. Обработка результатов, получаемых при выполнении дробных гранулометрических анализов, позволяет строить кумулятивные и дифференциальные кривые и находить статистические параметры распределения.

При изображении дробных анализов золота на логарифмически-вероятностном графике в виде кумулятивных кривых отмечено, что они имеют вид ломаных линий, которые могут быть аппроксимированы одной прямой, соответствующей логнормальному распределению с усечением конечных отрезков [11]. Логнормальность распределения частиц

россыпного золота свидетельствует о принадлежности их единой совокупности, формирование которой продолжалось в течение длительного времени за счет размыва промежуточных коллекторов (рис. 1) [13]. Было также высказано предположение, что усечение в части распределения, соответствующего крупным классам, связано с малым объемом разведочных проб, в связи, с чем крупные знаки золота в пробу не попадают. Усечение в области тонкого и пылевидного золота – возможные потери при обогащении [8].

Таблица 1

Гранулометрический состав золота россыпей, мас. %

№ п/п	Россыпь	Класс, мм						
		+5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
1	Федоровская (Куз. Алатау)	10	21	17	7	9	22	14
2	Мухтуйская (бас. Средней Лены)	1,25	2,02	13,34	48,88	30,75	3,76	
			4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
3	р. Маят (бассейн р. Анабар)		6	60	10	14	7	3
4	Зост Сайр (Монголия)		7,8	43,6	32,6	13,4	2,6	-
5	Кыввож (Тиман)		-	1	10	56	32	1
6	р. Миасс		11,16	14,57	24,02	25,5	18,81	5,94
7	Черноборская		8,78	37,03	34,95	17,74	4,38	0,12
8	Михайловская		-	33,14	28,28	22,04	16,06	0,48
9	Старопоклев- ская		-	29,33	20,42	26,50	22,55	1,20
10	Полигон-8		2,71	10,26	18,64	33,09	34,64	0,66
11	Воронинская		-	-	26,18	37,10	36,54	0,18
12	Саранпауль		-	-	4,92	32,93	55,63	6,52
13	р. Чирчик		-	6,4	42,3	28,5	16,0	6,8

Примечание: 1 – по Колпакову В.В. [7]; 2 – по Суринной А.А. и др. [17]; 3 – по Герасимову Б.Б., Никифоровой З.С. [3]; 4 – по Агафонову Л.В. и др. [1]; 5 – по Глухову Ю.В. и др. [4]; 6-13 – данные автора

Аналогичное распределение с усечением кумулятивной кривой в конечных отрезках было установлено в идеализированном терригенном

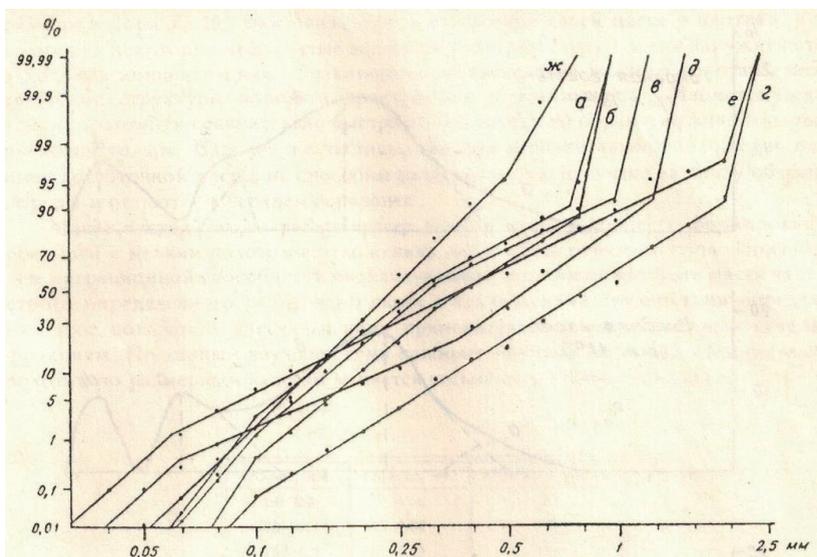


Рис. 1. Кумулятивные кривые распределения части золота по крупности (средние для россыпей): а – Старопоклевская; б – Михайловская; в – Полигон №8; г – Черноборская (Южный Урал); д – р. Тутуяс (Кузбасс); е – Кожим (Приполярный Урал); ж – р. Сололи (Якутия) [13]

осадке [16]. Интерпретация полученных данных показывает, что прямой отрезок, имеющий ведущее значение, соответствует логнормальному распределению и свидетельствует о переносе частиц в виде сальтации, представляющей их скачкообразное перемещение в потоке. Выделяемые на кумулятивной кривой точки перегиба в виде усеченных хвостов распределения говорят о смене способа переноса частиц или различных режимах потока. В частности, усечение в области тонких фракций свидетельствует о переносе во взвешенном состоянии (суспензионная популяция), а в области крупных фракций о переносе по дну, качением (донная популяция).

По принципу аналогии не исключено, что выявленная закономерность строения кумулятивных кривых для мелкого золота помимо технологических факторов имеет и природный фактор, а именно смена способа переноса частиц золота или различные режимы водного потока.

В 1960 году Дж. Керреем был предложен метод реставрации исходной популяции терригенных осадков посредством построения кумулятивной кривой распределения и производной от нее дифференциальной кривой с последующим расчленением полимодальной кривой распределения на отдельные компоненты распределения, каждое из

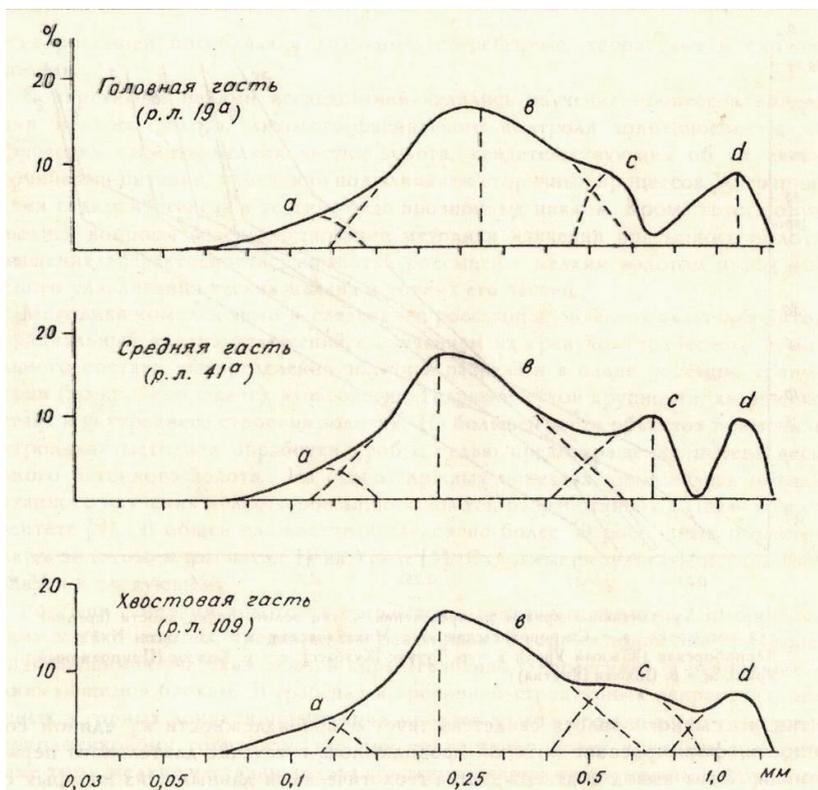


Рис. 2. Дифференциальные кривые распределения частиц золота россыпи Полигон №8 (Южный Урал) по крупности с выделением субраспределений (a-d) [13] которых является приблизительно логарифмически-нормальным [2].

Применительно к россыпям с мелким золотом отдельные компоненты полимодального распределения были выделены Б.М. Осовецким [11] с применением методики А. Хальда [18] и названы субраспределениями (микропопуляциями) золота (рис. 2). Появление данных популяций может быть связано с разнообразием морфологии частиц золота в одном источнике питания, с наличием нескольких источников питания, строением россыпи по латерали, различными динамическими фазами аллювия, степени зрелости отложений [12]. В хорошо сортированном зрелом аллювии одно из них резко преобладает, что является следствием сортировки мелких частиц золота в процессе их переноса в водно-аллювиальной среде [13].

Анализ кумулятивных и дифференциальных кривых имеет и

прикладной аспект, о котором говорилось ранее [5]. Кратко его можно сформулировать следующим образом. Это нахождение статистических характеристик распределения средней крупности M и сортированности – S , имеющих значение для определения размера отверстий грохотов, оценки потерь золота при обогащении. Если исключены нарушения технологии производства ситового анализа, то причины систематических отклонений от логнормальной функции могут заключаться либо в аномалиях исходной природной совокупности золота, при наличии нескольких генераций кривые распределения имеют несколько вершин, либо в особенностях процесса обогащения, промывки [14].

Частицы россыпного золота, как и терригенные породы, сложены зернами различного диапазона, поэтому вопрос применения той или иной шкалы важен во всех отношениях, включая практическое использование результатов.

Библиографический список

1. Агафонов Л.В., Жмодик С.М., Лхамсури Ж., Айриянц Е.В., Белянин Д.К. Золото-МПП россыпи Южно-Гобийского сектора Центрально-Азиатского складчатого пояса // Материалы XIV международного совещания «Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения» / Новосибирск: Изд-во ООО «Апельсин», 2010. С. 29-34.
2. Алексеев В.П., Амон Э.О. Седиментологические основы эндолитологии. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 476 с.
3. Герасимов Б.Б., Никифорова З.С. Золотоносность Лено-Анабарского междуречья // Материалы XIII международного совещания «Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения». Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2005. С. 45-47.
4. Глухов Ю.В., Кузнецов С.К., Котречко Е.Ю. Аллювиальное золото Среднего Кывожа (Тиман) // Материалы XVI международного совещания «Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология» / Пермь: Изд-во Перм.гос. нац. исслед. ун-та, 2015. С. 42-44.
5. Илалдинов И.Я. О прикладном значении гранулометрических характеристик россыпного золота // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Вып. 20. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2017. С. 9-12.
6. Колмогоров А.Н. О логарифмически-нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении // ДАН АН СССР. 1941. Т.31. №2. С.99-101.
7. Колпаков В.В. Типоморфизм самородного золота Федоровского месторождения (Кузнецкий Алатау) // Материалы XIV международного совещания «Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения» / Новосибирск: Изд-во ООО «Апельсин», 2010. С. 324-329.
8. Лунев Б.С., Осовецкий Б.М. Методика поэтапного изучения россыпного золота // Кольма. №11. 1979. С. 36-37.
9. Методика разведки россыпей золота и платиноидов. М.: ЦНИГРИ. 1992. 307 с.
10. Нестеренко Г.В. Прогноз золотого оруденения по россыпям (на примере районов юга Сибири). Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. 191 с.
11. Осовецкий Б.М. К вопросу о концентрации мелкого золота в аллювиальных россыпях // Геология рудных месторождений. 1980. №1. С. 107-113.
12. Осовецкий Б. М. Тяжелая фракция аллювия. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1986. 259 с.

13. *Осовецкий Б.М., Илалтдинов И.Я.* Проблемы мелкого россыпного золота // Геология 2, М.: Изд-во МГУ. 1995. С. 219-224.
14. *Поляницын А.В.* Статистические характеристики гранулометрии золота Ленских россыпей // Вопросы геологии и золотоносности Ленского района. Иркутск. 1969. С. 218-235.
15. *Разумовский Н.К.* Механический состав россыпного золота и новые данные по методике подсчета запасов россыпей // Золотая промышленность. №12. 1939. С. 39-48.
16. *Романовский С.И.* Физическая седиментология. Л.: Недра. 1988. 240 с.
17. *Сурнина А.А., Сурнин А.А., Никифорова З. С.* Мухтуйская золотоносная площадь и проблемы извлечения золота мелких классов // Материалы XIII международного совещания «Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения». Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2005. С. 274-275
18. *Хальд А.* Математическая статистика с техническими приложениями. М.: Изд-во ИЛ, 1956. 625 с.
19. *Шило Н.А.* Учение о россыпях. Владивосток: Дальнаука, 2002. 576 с.

SCALE VALUE IN STUDYING THE SIZE OF PLACER GOLD

I.J. Ialtdinov

Ialtdinov@psu.ru

Placer gold particles are an integral part of terrigenous sediments. When studying the size of placer gold, it is advisable to use a logarithmic scale to explain the processes of gold accumulation and solve applied problems.

Keywords: gold, size, logarithmic scal