

Код МРНТИ 38.35.91; 38.33.15

\*Г.К. Бекенова<sup>1</sup>, В.В. Перегудов<sup>1</sup>, В.Л. Левин<sup>1</sup>, К. Шаймуратқызы<sup>2</sup><sup>1</sup>Товарищество с ограниченной ответственностью «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева», Сатпаев университет (г. Алматы, Казахстан),<sup>2</sup>Частная компания «QAZAQDIAMONDS LTD» (г. Астана, Казахстан)

## ТОНКОДИСПЕРСНОЕ ЗОЛОТО ОТКРЫТЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ И АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ РУД КУМДЫКОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Аннотация.** Впервые в береговых песках озера Кумдыколь, в корях выветривания и коренных алмазосодержащих породах месторождения установлена золотоносность (механический ореол). Обработка проб проводилась в центробежных полях, усиленных высокочастотной вибрацией рабочих органов, улавливающих золото на каскаде вибровинтового сепаратора и виброцентробежного аппарата. Содержание золота в озерных песках (г/т) до 3,06; в корях выветривания до 2,14; в коренных рудах пироксенитов до 1,52; в кальцифирах и флотоконцентрате из алмазосодержащих графитизированных гнейсов до 80-100. Установлены особенности свободного самородного золота в коренных алмазосодержащих рудах (кальцифирах) и флотоконцентрате. Золото имеет сквозной характер распространения от коренных пород, коры выветривания и осадочных пород береговой зоны озера Кумдыколь.

**Ключевые слова:** тонкодисперсное золото, алмазосодержащие руды, кальцифиры, кора выветривания, гравитационное обогащение, технологические испытания проб, электроннозондовый микроанализ, рентгенофазовый анализ, Кумдыкольское месторождение алмазов, Казахстан.

### Кумдыкөл кен орнының ашық мору қыртысының және құрамында алмаз бар кендердің жұқа дисперсті алтыны

**Андатпа.** Алғаш рет Кумдыкөл көлінің жақын жағалау кумдарында. Кумдыкөл кен орнының мору қыртыстарында және құрамында алмаз бар Кумдыкөл кен орнының кендерінде алтын (механикалық ореол) табылды, ол тек Кумдыкөл кен орнын ғана емес, бүкіл өңірді игеруде жана перспективалар ашады. Өзірленген әдіс бойынша Кумдыкөл сынамаларын өңдеу алтынды вибровинтті сепаратор мен виброцентрифугалық аппараттың каскадында ұстайтын жұмыс органдарының жоғары жиілікті дірілімен күшейтілген ортадан тепкіш өрістерде жүргізілді. Көл кумдарындағы алтын мөлшері (г/т) 3,06-ға дейін; ауа райының қыртысында 2,14-ке дейін; пироксениттердегі байырғы кендерде 1,52-ге дейін; құрамында алмаз бар графиттелген гнейстерден жасалған кальцифирлер мен флотоконцентраттарда 80-100-ге дейін. Құрамында алмаз бар байырғы кендерде (кальцифирлерде) және флотоконцентратта бос саф алтынның ерекшеліктері анықталды. Алтын Кумдыкөл көлінің кенорнын тірейтін жағалау аймағының тау жыныстарынан, мору қыртысының қабығынан және шөгінді жыныстарында өткізгіш таралу сипатына ие.

**Түйінді сөздер:** жұқа дисперсті алтын, құрамында алмаз бар кендер, кальцифирлер, мору қыртысы, гравитациялық байыту, сынамаларды технологиялық сынау, электронды-зондтық микроанализ, рентгенфазалық талдау, Кумдыкөл алмаз кен орны, Қазақстан.

### Dispersed gold of weathering crusts and diamond-bearing ores of the Kumdykol deposit

**Abstract.** For the first time in coastal sands of the lake Kumdykol, in the weathering crusts and rough diamond-bearing rocks of the Kumdykol deposit, gold content (mechanical halo) has been established. The processing of Kumdykol samples was carried out in centrifugal fields enhanced by high-frequency vibration of working bodies that capture gold on the cascade of a vibrating separator and a vibration-centric apparatus. Gold content in lake sands (g/t) up to 3.06; in weathering crusts 2.14; in indigenous pyroxenite ores 1.52; in calcifires and flotation concentrate from diamond-containing graphitized gneiss 80-100. The features of free native gold in indigenous diamond-bearing ores (calcifires) and flotation concentrate have been established. Gold has a cross-cutting nature of spreading from bedrock, weathering crust and sedimentary rocks of the coastal zone supporting the deposit of Lake Kumdykol.

**Key words:** dispersed gold, diamond-bearing ores, calcifires, weathering crust, gravity enrichment, technological testing of samples, electron-probe microanalysis, X-ray phase analysis, Kumdykol diamond deposit, Kazakhstan.

### Введение

Кумдыкольское месторождение алмазов расположено в западной части алмазонасной зоны на южном берегу оз. Кумдыколь, в 30 км на юго-запад от г. Кокшетау. Геологическая обстановка описана в многочисленных источниках [1-10]. Свидетельства о комплексном характере минерализации алмазосодержащих пород заставили исследователей пересмотреть имеющийся материал и попытаться оценить перспективы Кумдыкольского месторождения как на алмазонасность, так и на присутствие золота, урана и, возможно, платиноидов. Работы проводились по оценке на золото открытых кор выветривания алмазосодержащих руд. Было отработано пять проб, характеризующих как кору выветривания, так и береговые отложения озера Кумдыколь. Пробы отбирались экскаваторным способом с глубины 1,0-1,5 м.

**Цель работы:** выявление золота на Кумдыкольском месторождении для повышения его коммерческой привлекательности.

### Задачи:

1. Получение продуктов обогащения береговых песков, кор выветривания и коренных алмазосодержащих пород по разработанной авторами методике;

2. Изучение продуктов обогащения для выявления золота различной размерности.

### Пробоподготовка и методы исследования

По разработанной методике обработка кумдыкольских проб проводилась в центробежных полях, усиленных высокочастотной вибрацией рабочих органов, с последующим улавливанием золота на каскаде вибровинтового сепаратора и виброцентробежного аппарата. На установке обрабатывались пробы весом от 60 г до 50 кг. В результате по каждой пробе были извлечены в концентратах центробежных аппаратов самородное золото с разным размером золотин от 10 и более микрон (при извлечении 90%), а в хвостах перемешки винтового сепаратора концентрировалось самородное золото в его минералах-носителях (пирит, арсенопирит, кварц и другие, т.е. богатые рудные микросростки) [11]. В окончательных хвостах обогащения находилось, главным образом, связанное тонкодисперсное золото, количество которого определялось термоактивационным (Патент РК №7613 [12]) анализом.

Изучение элементного и минерального состава береговых песков, золотосодержащих кор выветривания и руды

выполнено в лаборатории минералогии Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы): минеральный состав проб изучен под оптическим микроскопом LEICA DM2500P и полуколичественным рентгенофазовым анализом (ДРОН-3 с использованием дифрактометрических данных PDF 2 (Powder Diffraction File) Release 2022), валовый элементный состав – электроннозондовым микроанализом (JCSA-733 с энергодисперсионным спектрометром INCA ENERGY), содержание микроэлементов – спектральным (Thermo ICE 3500). Определение золота проводилось атомно-абсорбционным анализом в аккредитованной лаборатории (NKZ.T03.1460 от 28 февраля 2019 года) ТОО «ЭкоЛюкс-Ас» (г. Стеногорск).

**Результаты**

В береговых песках озера Кумдыколь экскаватором с разной глубины были отобраны две пробы (КМД-1 и КМД-2) в непосредственной близости от штольни месторождения. Результаты технологических испытаний проб приводятся в таблице 1.

**Таблица 1**

**Результаты гравитационного обогащения озерных песков**

**Кесте 1**

**Көл құмдарын гравитациялық байыту нәтижелері**

**Table 1**

**Results of gravity enrichment of lake sands**

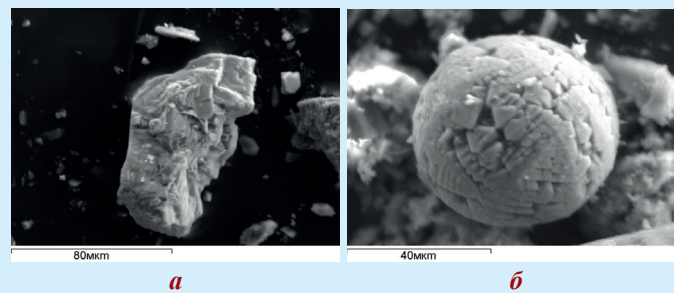
Продукты обогащения	Выход		Содержание Au, г/т	Распределение золота, %
	кг	%		
Проба КМД-1				
КПКВ	0,054	0,29	0,48	0,06
ХвПКВ	0,962	5,18	0,41	1,11
КЦА	0,09	0,48	0,79	0,22
Окончательный хвост	17,494	94,05	1,86**(12,28*)	98,61
Исходный (-2 мм)	18,60	100	1,80	100
Проба КМД-2				
КПКВ	0,34	0,33	1,69	0,16
ХвПКВ	0,575	5,42	1,86	3,30
КЦА	0,110	1,04	2,38	0,81
Окончательный хвост	9,881	93,21	3,15	95,73
Исходный (-2 мм)	10,600	100	3,06	100

Примечания: \* – не учитывался, из-за случайного попадания крупной золотины в навеску; \*\* – расчетный; КПКВ – концентрат пересортики концентрата винта; ХвПКВ – хвост пересортики концентрата винта; КЦА – концентрат центробежного аппарата.

В песчаной фракции песков установлены аномально высокие содержания связанного золота от 1,80 до 3,06 г/т,

свидетельствующие о его нахождении в рудных обломках, принесенных с месторождения Кумдыколь (ближний механический ореол). Минеральный состав по данным рентгенофазового анализа указывает на то, что источником материала являлось Кумдыкольское месторождение. Минеральный состав проб КМД-1 и КМД-2 (%): кварц 43,1 и 43,8; КППШ-10,1 и 11,8; альбит-8,7 и 17,3; тремолит-20,4 и 25,9; хлорит 9,0 и 9,8, соответственно.

Оптической микроскопией в концентратах выявлено от 5 до 20 зерен свободного самородного золота в ассоциации с пиритом, арсенопиритом, гранатом, цирконом и др. минералами, указывающими на золото-сульфидный источник сноса Кумдыкольского месторождения и, возможно, барит-ярозитовую зону окисления. Это подтверждается растровой электронной микроскопией, установившей барит и микросферы оксида железа в режиме вторичных электронов (SEI) (рис. 1 а, б).



**Рис. 1. Морфология и размеры зерен барита – а; оксида железа – б из береговых песков озера Кумдыколь. SEI.**

**Сурет 1. Барит – а; темір оксид – б дәндерінің морфологиясы мен өлшемдері Құмдықөл көлінің жағалық құмдарынан. SEI.**

**Figure 1. Morphology and grain sizes of barite – а; iron oxide – б from the coastal sands of lake Kumdykol. SEI.**

Проба (КМД-3) весом 44,7 кг была отобрана из золотосодержащей коры выветривания. Обогащался класс крупности -2+0 мм, который составлял 31,78% от объема пробы (табл. 2-3). Достигнуты низкие показатели извлечения золота (табл. 3) в гравикоцентрират (0,09 + 6,22 + 0,05) = 6,36% с некондиционными концентратами, указывающие на присутствие и преобладание при данной крупности дробления связанного, негравитируемого золота.

Исходное содержание золота в пробе 2,28 г/т, в крупном классе – 1,90 г/т. По современным кондициям они отвечают рудным и требуют оценки на золото кор выветривания.

По данным полуколичественного рентгенофазового анализа состав пробы КМД-3 (окончательные хвосты) (%): кварц 58,3; слюда 21,0; хлорит 9,9; кальцит 6,0; калиевый полевой шпат 4,7 отвечает березитам – кварц-слюдистым (серцит-гидромусковит) сланцам с хлоритом, кальцитом и окисленным пиритом, арсенопиритом. Из рудных элементов-примесей спектральным анализом выявлены в повышенных концентрациях (г/т): серебро 1,5; молибден 30; барий 200 и др.

Таблица 2

*Результаты грубого гранулометрического анализа материала проб из золотосодержащих кор выветривания (КМД-3) и из золотосодержащих руд коры выветривания (КМД-4 и КМД-4/2) на золото*

Кесте 2

*Құрамында алтыны бар ауа райының қабығынан (КМД-3) және құрамында алтыны бар кендерден (КМД-4 және КМД-4/2) алтынға сынама материалын өрескел гранулометриялық талдау нәтижелері*

Table 2

*Results of rough granulometric analysis of samples from gold-bearing weathering crusts (KMD-3) and from gold-bearing ores of weathering crusts (KMD-4 and KMD-4/2) for gold*

Исходный материал	Класс крупности, мм	Выход		Содержание золота, г/т	Распределение золота, %
		кг	%		
Тонкодробленая руда – смесь песчано-глинистого материала коры выветривания. Проба КМД-3	+2	16,0	35,79	1,90	31,78
	-2+0	28,7	64,21	2,28	68,22
	Исходная проба	44,7	100	2,14	100
Золотосодержащая руда – смесь крупных обломков метаморфитов и песчано-глинистого материала коры выветривания. Проба КМД-4	+2	4,1	11,45	1,35	10,86
	-2+0	31,7	88,55	1,39	89,14
	Исходная проба	35,8	100	1,38	100
Дезинтегрированные щелочные выщелоченные, окисленные метаморфиты. Проба КМД-4/2	+2	4,4	9,22	0,30	10,77
	-2+0	43,3	90,78	0,29	89,23
	Исходная проба	47,7	100	0,28	

Таблица 3

*Результаты гравитационного обогащения песчано-глинистых фракций золотосодержащих кор выветривания (КМД-3), золотосодержащих руд коры выветривания (КМД-4 и КМД-4/2)*

Кесте 3

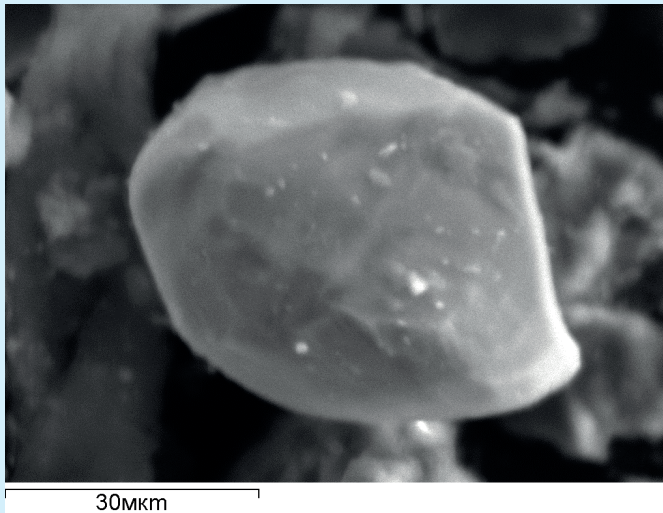
*Құрамында алтыны бар ауа райының қыртысының құмды-сазды фракцияларын (КМД-3), құрамында алтыны бар ауа райының қыртысының кендерін (КМД-4 және КМД-4/2) гравитациялық байыту нәтижелері*

Table 3

*Results of gravity enrichment of sand-clay fractions of gold-bearing weathering crusts (KMD-3), gold-bearing ores of weathering crust (KMD-4 and KMD-4/2)*

Продукты обогащения	Выход		Содержание золота, г/т	Распределение золота, %
	кг	%		
Проба КМД-3 (класс крупности -2+0 мм). Песчано-глинистая фракция золотосодержащих кор выветривания				
КПКВ	0,059	0,21	0,77	0,09
ХвПКВ	1,551	5,40	2,63	6,22
КЦА	0,022	0,08	0,97	0,05
Окончательный хвост	27,068	94,31	2,27	93,64
Исходный (-2 мм)	28,700	100	2,28	100
Проба КМД-4 (класс крупности -2+0 мм). Песчано-глинистая фракция золотосодержащих руд коры выветривания				
КПКВ	0,047	0,16	0,53	0,07
ХвПКВ	2,278	7,18	5,69	29,35
КЦА	0,150	0,47	0,87	0,29
Окончательный хвост	29,225	92,19	1,07	70,29
Исходный (-2 мм)	31,700	100	1,39	100
Проба 4/2 (класс крупности -2+0 мм). Песчано-глинистая фракция золотосодержащих руд коры выветривания				
КПКВ	0,039	0,09	1,12	0,34
ХвПКВ	3,038	7,02	1,21	29,31
КЦА	0,073	0,17	1,21	0,68
Окончательный хвост	40,15	92,72	0,22	69,67
Исходный (-2 мм)	43,30	100	0,29	100

В концентрате доводки обнаружены единичные зерна свободного самородного золота (3 зерна размером ~ 0,1 мм), микросферы магнетита, циркон, пирит, арсенипирит. Химический состав окатанного зерна циркона (рис. 2) из концентрата доводки концентрата центробежного аппарата (мас. %, нормированный): О 38,38; Si 14,33; Zr 47,29.

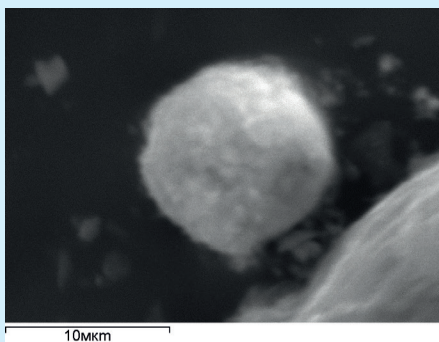


**Рис. 2. Окатанный кристалл циркона из коры выветривания. SEI.**

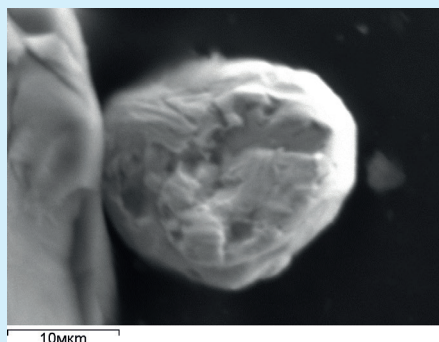
**Сурет 2. Ауа райының қабығынан Цирконның дөңгелектелген кристалы. SEI.**

**Figure 2. A rounded zircon crystal from the weathering crust. SEI.**

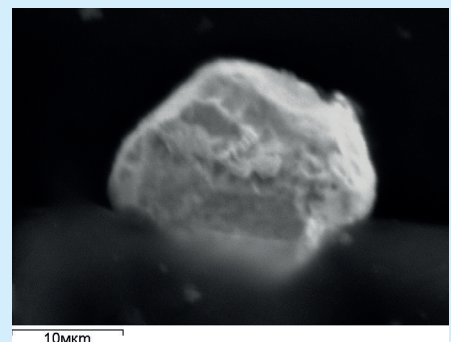
Пробы (КМД-4 и КМД-4/2) из золотосодержащей руды забойной крупности состоят из крупных обломков метаморфитов и песчанистого материала с глинистым наполнителем. Результаты грубого гранулометрического анализа материала проб на золото и технологических испытаний приводятся в таблицах 2-3.



*a*



*б*



*в*

**Рис. 3. Морфология микроразмерных зерен золота: низкопробного – а; чистого без примесей – б и с примесью Ag 4,25% – в. SEI.**

**Сурет 3. Микроөлшемді алтын дәндерінің морфологиясы: төмен сынамалы – а; қоспасыз таза – б және Ag 4,25% – в. SEI.**

**Figure 3. Morphology of micro-sized grains of gold: base – а; pure without impurities – б and with an admixture of Ag 4.25% – в. SEI.**

**Таблица 4**  
**Химический состав (мас. %) свободного самородного золота в алмазосодержащих рудах (кальцифиров) и флотоконцентрате**

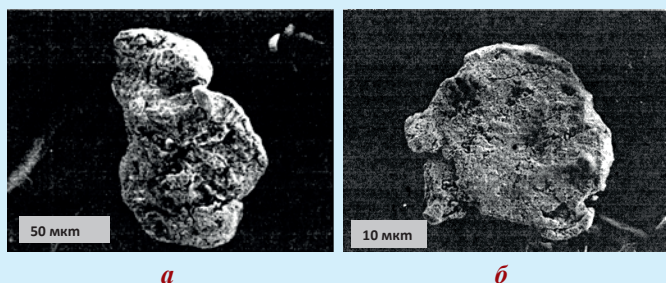
**Кесте 4**  
**Химиялық құрамы (мас. %) құрамында алмаз бар кендердегі (кальцифирлер) және флотоконцентраттағы бос табиғи алтын**

**Table 4**  
**Chemical composition (wt. %) of free native gold in diamond-containing ores (calcifyres) and flotation concentrate**

Алмазосодержащие руды (кальцифиров)			Алмазосодержащий флотоконцентрат		
Cu	Ag	Au	Cu	Ag	Au
1,24	0,00	98,76	0,65	0,00	99,35
0,00	23,35	76,65	0,00	2,19	97,81
0,00	12,68	87,32	0,00	1,94	98,06

Во всех пробах установлены значимые содержания золота от 0,29 г/т (борт) до рудных 1,39-2,28 г/т, свидетельствующие о наличии золотого оруденения в корах выветривания. По минеральному составу (%): кварц 66,1-67,4, калиевый полевой шпат 9,2-18,8; слюдяные образования 15,1-23,4, наложены на метаморфиты.

Под микроскопом в концентратах выявлены единичные зерна остаточного свободного самородного золота сложной морфологии с отростками, отпечатками вмещающих минералов. Совместно с золотом установлены в разной степени окисления пирит, арсенипирит. Кроме золота отмечаются мелкие зерна алмаза, количественная оценка которых не проводилась. Из микроэлементов по данным спектрального анализа выделяются повышенными содержаниями серебро, молибден, висмут, свинец, медь, цинк и барий.



**Рис. 4. Форма и характер поверхности золотин из месторождения Кумдыколь. Свободное самородное золото из алмазосодержащего флотоконцентрата – а; свободное самородное золото из алмазосодержащих руд (кальцифиры) – б. SEI.**

**Сурет 4. Құндықол кен орнынан алынған золотиналар бетінің пішіні мен сипаты.**

**Құрамында гауһар бар флотоконцентраттан жасалған бос алтын – а; құрамында алмаз бар кендерден (кальцифирлер) бос табиғи алтын – б. SEI.**

**Figure 4. The shape and nature of the surface of gold from the Kumdykol deposit. Free native gold from diamond-containing flotation concentrate – а; free native gold from diamond-bearing ores (calcifyres) – б. SEI.**

Впервые на месторождении в концентратах доводки концентрата перемешки концентрата винта и концентрата центробежного аппарата электроннозондовым микроанализом установлены микроразмерные зерна свободного самородного золота (мас. %): микросферы (рис. 3 а) низкопробного золота (Ag 76,05; Au 23,95), изометричного чистого (100%) (рис. 3 б) и с примесью (Ag 4,25) (рис. 3 в) золота, а также выявлены оксид вольфрама и галенит.

Электроннозондовым микроанализом изучены микроразмерные золотины из алмазосодержащих руд (кальцифиры) и флотоконцентрата (табл. 4). При сравнении элементного состава (Au от 98,76 до 99,35%, Cu от 0,65 до 1,24%) и характерных форм выделения (рис. 4) устанавливается идентичность золота в рудах и флотоконцентратах. В алмазосодержащих кальцифирах выявлено серебристое золото (Ag от 12,68 до 23,35%).

### Обсуждение результатов

Благодаря разработанной методике обработки кумдыкольских проб в центробежных полях, усиленных высокочастотной вибрацией рабочих органов, улавливающих золото на каскаде вибровинтового сепаратора и виброцентробежного аппарата в концентратах центробежных аппаратов стало возможным извлечение самородного золота, а в хвостах перемешки винтового сепаратора – самородного золота в минералах-носителях: пирит, арсенопирит, кварц и др. Содержание золота в озерных песках (г/т) от 1,80 до 3,06; в корках выветривания от 1,38 до 2,14; в коренных рудах пироксенитов – от 1,06 до 1,52; в кальцифирах и флотоконцентрате из алмазосодержащих графитизированных гнейсов до 80-100. Свободное самородное золото в коренных алмазосодержащих рудах (кальцифирах) по составу и форме выделений идентично золоту во флотоконцентратах (Au от 98,76 до 99,35%, Cu от 0,65 до 1,24%). Выявленное серебристое золото (Ag от 12,68 до 23,35%) в алмазосодержащих кальцифирах указывает на проявление многостадийной золотой минерализации в пределах Кумдыкольского рудного поля.

### Заключение

Полученные результаты ставят «точку» в длительной дискуссии «есть» или «нет» золото в алмазных рудах Кумдыколя. Золото имеет сквозной характер распространения от коренных пород, коры выветривания и осадочных пород береговой зоны озера Кумдыколь. В связи с чем необходимо проведение оценочных работ на золото и алмазы кор выветривания и материнских пород, что, несомненно, повысит коммерческую привлекательность месторождения.

### Благодарность

*Авторы благодарят сотрудников ИГН им. К.И. Сатпаева – кандидата физико-математических наук А.П. Слюсарева и кандидата химических наук Т.А. Озерову за проведение рентгеновского и спектрального изучения проб.*

*Работа выполнена при финансовой поддержке научного проекта BR10264324 «Микро- и наноминеральные компоненты руд, как ресурс восполнения запасов полезных ископаемых Казахстана для развития технологий их освоения».*

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдулкабиров М.А. Алмазоносные формации ювелирных сортов. Отчет (заключительный). – Алматы. – 1999. – С. 291 (на русском языке)
2. Абдулкабиров М.А., Касымов М.А. Алмазоносные (на ювелирные сорта) геологические формации Северного и Южного Казахстана с представлением карты прогнозов. Отчет. – Алматы. – 1997. – С. 168 (на русском языке)
3. Абдулкабиров М.А., Касымов М.А. Алмазоносные формации ювелирных сортов. Отчет (заключительный). – Алматы. – 1996. – С. 92 (на русском языке)
4. Авдеев А.В., Абдулкабиров М.А. и др. Алмазоносные геологические формации Кокшетауской глыбы. Отчет по работам 1993-1995 гг., тема 1.б. – Алматы. – 1995. – С. 85 (на русском языке)
5. Лаврова Л.Д. и др. Новый генетический тип алмазных месторождений. // М.: Научный мир. – 1999. – Т. 228. – С. 16 (на русском языке)
6. Месторождения алмазов Казахстана. Справочник. Изд-е 2-е. – Алматы. – 2014. – С. 100 (на русском языке)

7. Гаранин В.К. Полигенность и дискретность – фундаментальные основы генезиса природного алмаза. // Проблемы минерагении, экономической геологии и минеральных ресурсов. Смирновский сборник-2017. – М.: Макс-Пресс. – 2017. – С. 88-129 (на русском языке)
8. Екимова Т.Е., Лаврова Л.Д., Надеждина Е.Д., Петрова М.А., Печников В.А. Условия образования алмазного месторождения Кумдыколь. // Геология рудных месторождений. – 1994. – Т. 36. – №5. – С. 455-565 (на русском языке)
9. Летников Ф.А., Лось В.Л., Нарсеев В.А. Месторождение технических алмазов Кумдыколь (Северный Казахстан). // Проблемы минерагении, экономической геологии и минеральных ресурсов. – 2017. – С. 197-206 (на русском языке)
10. Третьякова Л.И., Люхин А.М. Импактно-космогенно-метасоматическое происхождение микроалмазов месторождения Кумды-Коль, Северный Казахстан. // Отечественная геология. – 2016. – №2. – С. 69 (на русском языке)
11. Амдур А.М., Ватолин Н.А., Павлов В.В. и др. Содержание примесей в дисперсных частицах золота в зависимости от их размера. Докл. РАН. – 2016. – Т.470. – №6. – С. 471-476 (на русском языке)
12. Термоактиватор. Бюллетень НИИС МЮ РК №47 от 25.11.2022 г. (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абдулкабиров М.А. Алмазды сорттардың зергерлік формациялары. Есепнама (қорытынды). – Алматы. – 1999. – Б. 291 (орыс тілінде)
2. Абдулкабиров М.А., Қасымов М.А. Солтүстік және Оңтүстік Қазақстанның алмазды (зергерлік бұйым үшін) геологиялық түзілімдерінің болжамдық картасымен таныстыру. Есепнама. – Алматы. – 1997. – Б. 168 (орыс тілінде)
3. Абдулкабиров М.А., Қасымов М.А. Зергерлік сорттардың алмазды формациялары. Есепнама (қорытынды). – Алматы. – 1996. – Б. 92 (орыс тілінде)
4. Авдеев А.В., Абдулкабиров М.А. және т. б. Көкшетау блогының алмазды геологиялық түзілімдері. 1993-1995 жылдардағы жұмыстар туралы есепнама. – 1.6-тақырып. – Алматы. – 1995. – Б. 85 (орыс тілінде)
5. Лаврова Л.Д. және т. б. Алмаз кенорындарының жаңа генетикалық типтері. // М.: Ғылыми әлем. – 1999. – Т. 228. – Б. 16 (орыс тілінде)
6. Қазақстанның алмаз кенорындары. Анықтамалық. Басылым-2. – Алматы. – 2014. – Б. 100 (орыс тілінде)
7. Гаранин В.К. Полигендік және дискреттік-табиғи алмаз генезисінің негіздері. // Минерагения, экономикалық геология және минералды ресурстар мәселелері. Смирнов жинағы-2017. – М.: Макс-Пресс. – 2017. – Б. 88-129 (орыс тілінде)
8. Екімова Т.Е., Лаврова Л.Д., Надеждина Е.Д., Петрова М.А., Печников В.А. Құмдықөл алмаз кенорының қалыптасу шарттары. // Кеніштік кенорындарының геологиясы. – 1994. – Т. 36. – №5. – Б. 455-565 (орыс тілінде)
9. Летников Ф.А., Лось В.Л., Нарсеев В. А. Құмдықөл (Солтүстік Қазақстан) техникалық алмаз кенорны. // Минерагения, экономикалық геология және минералдық ресурстар мәселелері. – 2017. – Б. 197-206 (орыс тілінде)
10. Третьякова Л.И., Люхин А.М. Құмдықөл кенорындағы микроалмаздардың импактілі-космогендік-метасоматикалық шығу тегі, Солтүстік Қазақстан. // Отандық геология. – 2016. – №2. – Б. 69 (орыс тілінде)
11. Амдур А.М., Ватолин Н.А., Павлов В. В. және т. б. Дисперсті алтын бөлшектеріндегі қоспалардың мөлшері олардың мөлшеріне байланысты. ДОК. РАН. – 2016. – Т. 470. – №6. – Б. 471-476 (орыс тілінде)
12. Термоактиватор. ҚР ӘМ ҒЗИ 25.11.2022 ж. – №47 Бюллетені (орыс тілінде)

#### REFERENCES

1. Abdulkabirova M.A. Almazonosnye formacii juvelirnyh sortov [Diamond-bearing formations of jewelry grades]. // Otchet (zakljuchitel'nyj). = Report final. – Almaty. – 1999. – P. 291 (in Russian)
2. Abdulkabirova M.A., Kasymov M.A. Almazonosnye (na juvelirnye sorta) geologicheskie formacii Severnogo i Juzhnogo Kazahstana s predstavleniem karty prognozov [Diamond-bearing (for jewelry varieties) geological formations of Northern and Southern Kazakhstan with the presentation of a forecast map]. // Otchet. = Report. – Almaty, 1997. – P. 168 (in Russian)
3. Abdulkabirova M.A., Kasymov M.A. Almazonosnye formacii juvelirnyh sortov [Diamond-bearing formations of jewelry grades]. // Otchet (zakljuchitel'nyj). = Report (final). – Almaty. – 1996. – P. 92 (in Russian)

4. Avdeev A.V., Abdulkabirova M.A. i dr. *Alamazonosnye geologicheskie formacii Kokshetauskoj glyby* [Diamond-bearing geological formations of the Kokshetau block]. // *Otchet po rabotam 1993-1995, tema 1.6.* = Report on the work of 1993-1995, topic 1.6. – Almaty. – 1995. – P. 85 (in Russian)
5. Lavrova L.D. i dr. *Novyj geneticheskij tip almaznyh mestorozhdenij* [New genetic type of diamond deposits]. // *M.: Nauchnyj mir.* = M.: Scientific world. – 1999. – T. 228. – P. 16 (in Russian)
6. *Mestorozhdenija almazov Kazahstana* [Deposits of diamonds in Kazakhstan]. // *Spravochnik. Izd-e 2-e.* = Directory. 2nd edition. – Almaty. – 2014. – P. 100 (in Russian)
7. Garanin V.K. *Poligennost' i diskretnost' – fundamental'nye osnovy genezisa prirodnoho almaza* [Polygenicity and discreteness are the fundamental foundations of the genesis of natural diamonds]. // *Problemy mineragenii, jekonomicheskoy geologii i mineral'nyh resursov. Smirnovskij sbornik-2017.* = Problems of minerageny, economic geology and mineral resources. Smirnovsky collection. – M.: Maks-Press. – 2017. – P. 88-129 (in Russian)
8. Ekimova T.E., Lavrova L.D., Nadezhdina E.D., Petrova M.A., Pechnikov V.A. *Uslovija obrazovaniya amazonosnogo mestorozhdenija Kumdykol'* [Conditions for the formation of the Kumdykol diamond deposit]. // *Geologija rudnyh mestorozhdenij.* = Geology of ore deposits. – 1994. – T. 36. – No.5. – P. 455-565 (in Russian)
9. Letnikov F.A., Los' V.L., Narseev V.A. *Mestorozhdenie tehniceskikh almazov Kumdykol' (Severnyj Kazahstan)* [Industrial diamond deposit Kumdykol' (Northern Kazakhstan)]. // *Problemy mineragenii, jekonomicheskoy geologii i mineral'nyh resursov.* = Problems of minerageny, economic geology and mineral resources. – 2017. – P.197-206 (in Russian)
10. Tret'jakova L.I., Ljuhin A.M. *Impaktno-kosmogenno-metasomaticheskoe proishozhdenie mikroalmazov mestorozhdenija Kumdy-Kol', Severnyj Kazahstan* [Impact-cosmogenic-metasomatic origin of microdiamonds from the Kumdy-Kol deposit, Northern Kazakhstan]. // *Otechestvennaja geologija.* = Domestic geology. – 2016. – No.2. – P. 69 (in Russian)
11. Amdur A.M., Vatolin N.A., Pavlov V.V. i dr. *Soderzhanie primesej v dispersnyh chasticah zolota v zavisimosti ot ih razmera* [The content of impurities in dispersed gold particles depending on their size]. // *Dokl. RAN.* = Report RAS. – 2016. – Vol. 470. – No.6. – P. 471-476 (in Russian)
12. *Termoaktivator* [Thermal activator]. – *Bjulleten' NIIS MJu RK.* = Bulletin of NCIP MJ RK No.47. 25.11.2022 (in Russian)

#### Сведения об авторах:

**Бекенова Г.К.**, д-р геол.-мин. наук, заведующая лабораторией минералогии Товарищества с ограниченной ответственностью «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева», Сатпаев университет (г. Алматы, Казахстан), [bekanova@mail.ru](mailto:bekanova@mail.ru); <http://orcid.org/0000-0002-0633-199X>

**Перегудов В.В.**, старший научный сотрудник Товарищества с ограниченной ответственностью «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева», Сатпаев университет (г. Алматы, Казахстан), [pereval1946@mail.ru](mailto:pereval1946@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1931-5155>

**Левин В.Л.**, канд. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник Товарищества с ограниченной ответственностью «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева», Сатпаев университет (г. Алматы, Казахстан), [levin\\_v@inbox.ru](mailto:levin_v@inbox.ru); <http://orcid.org/0000-0002-7524-0864>

**Шаймуратқызы К.**, акционер частной компании «QAZAQDIAMONDS LTD» (г. Астана, Казахстан), [qazaqdiamonds@gmail.com](mailto:qazaqdiamonds@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0007-2488-978X>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Бекенова Г.К.**, геол.-минер. ғылым. докторы, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Геология ғылымдар институты» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің Минералогия зертханасының меңгерушісі, Сәтбаев университеті (Алматы қ., Қазақстан)

**Перегудов В.В.**, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Геология ғылымдар институты» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің аға ғылыми қызметкері, Сәтбаев университеті (Алматы қ., Қазақстан)

**Левин В.Л.**, геол.-минер. ғылым. кандидаты «Қ.И. Сәтбаев атындағы Геология ғылымдар институты» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің жетекші ғылыми қызметкері, Сәтбаев университеті (Алматы қ., Қазақстан)

**Шаймуратқызы К.**, «QAZAQDIAMONDS LTD» Акционерлік қоғамы (Астана қ., Қазақстан)

#### Information about the authors:

**Bekanova G.K.**, Doctor of Sciences (Geology-Mineralogy), head of Mineralogy Laboratory Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Peregudov V.V.**, scientific researcher Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Levin V.L.**, Candidate of Sciences (Geology-Mineralogy), Leading Researcher of Mineralogy Laboratory Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Shaimuratkyzy K.**, Shareholder of a private company «QAZAQDIAMONDS LTD» (Astana, Kazakhstan)