

УДК 553.81:622.143.1

Н. Ж. АМАНГУСОВ, Е. М. ВЕРИЧЕВ (ОАО «Архангельскгеолдобыча»)
А. В. ПОДЛЕВСКИХ (ЗАО «Архангельскгеолразведка»)

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА КРАТЕРНОЙ ЧАСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ им. В. ГРИБА



Н. Ж. АМАНГУСОВ,
 главный геолог
 ГОКа им. В. Гриба



Е. М. ВЕРИЧЕВ,
 зам. начальника
 геологического отдела,
 канд. геол.-минерал. наук



А. В. ПОДЛЕВСКИХ,
 начальник
 производственного
 отдела

Обоснованы необходимость и основные задачи опережающей эксплуатационной разведки кратерной части месторождения алмазов. Изложена методика определения массы представительных проб и геометрических параметров разведочной сети скважин колонкового бурения. Показаны организационно-технологическая схема проведения эксплуатационной разведки, ее техническое оснащение, технология подготовки и обогащения разведочных проб.

Ключевые слова: месторождение алмазов, кратерная часть, эксплуатационная разведка, представительность опробования, буровой комплекс, подготовка и обогащение проб.

Кратерная часть месторождения им. В. Гриба сложена разнообразными вулканокластическими и вулканогенно-осадочными породами — от кварцевых глинистых песчаников и брекчий осадочных пород до кимберлитовых туфов и туффитов. В ее разрезе выделяют четыре пачки пород, различающихся как по литологическим особенностям, так и по уровню алмазонасности. Среднее содержание алмазов изменяется от 0,04 карат/т в верхней (четвертой) пачке до 0,63 карат/т в нижней (первой). Характер распределения алмазов оценивается как неравномерный: наряду с большими практически неалмазонасными участками пород имеются локальные прослои, линзы, гнезда с достаточно высоким содержанием алмазов, геометризовать которые в пределах кратера на стадии геологоразведочных работ крайне сложно в связи не только с отсутствием четких границ между выделенными пачками пород, но и с недостаточной представительностью керновых проб при невысоких содержаниях алмазов.

Поэтому в настоящее время на месторождении проводится опережающая эксплуатационная разведка кратерной части месторождения, основными геологическими задачами которой являются:

- уточнение геологического разреза и положения контактов между перекрывающимися, вмещающими отложениями и поро-

дами кратера, а также литолого-петрографическими разновидностями пород кратера;

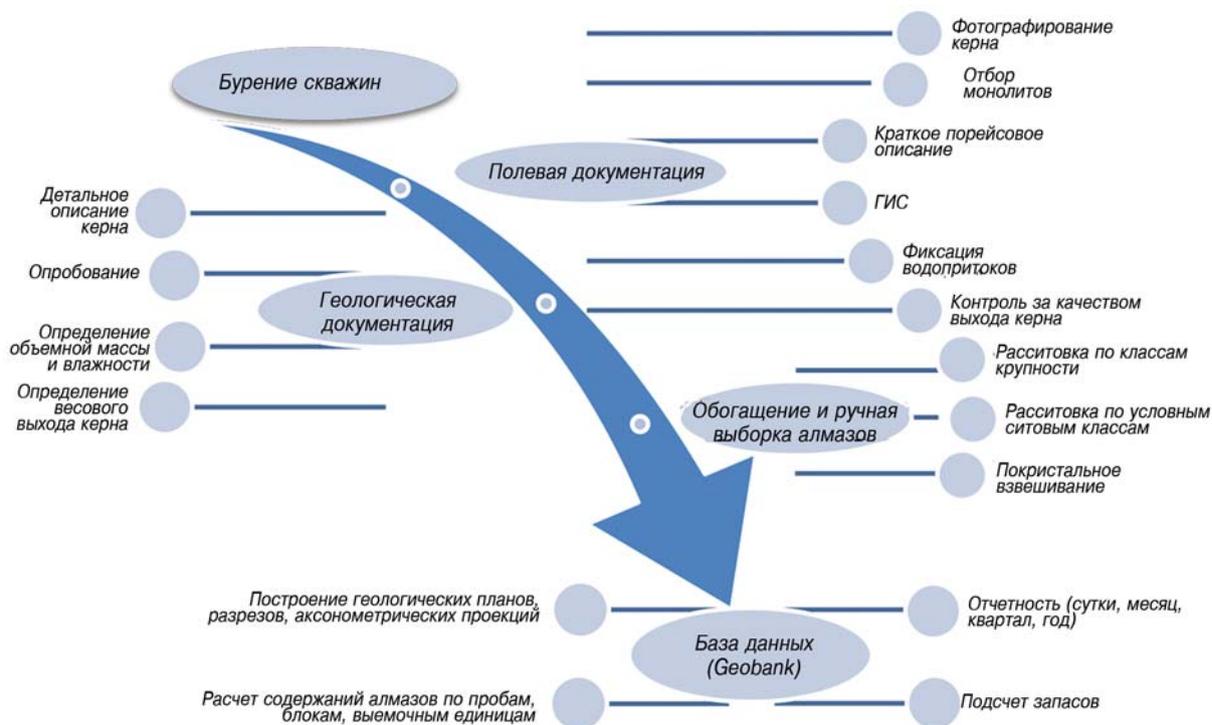
- выделение рудных блоков с кондиционным содержанием алмазов;
- оценка алмазонасности отдельных литолого-петрографических разновидностей пород;
- определение качества руды по выемочным единицам;
- оперативный подсчет запасов по выемочным единицам для текущего, оперативного и стратегического планирования добычных работ с целью качественной выемки запасов;

- уточнение гидрогеологических и инженерно-геологических условий разработки месторождения.

Существенным условием, определяющим методику эксплуатационно-разведочных работ в кратерной части месторождения, является получение представительных проб, что в итоге обуславливает как способ пробоотбора, так и параметры разведочных выработок. Учитывая стабильность гранулометрического состава алмазов по месторождению и близкое к нормальному их распределение (по количеству и массе кристаллов), расчет массы частной пробы, представительной для определения содержания алмазов того или иного класса крупности, проводили по классическому уравнению вариационной статистики:

$$V_i = \frac{Q_i}{\bar{C}_i} t, \quad (1)$$

где V_i — представительная масса пробы при опробовании алмазов заданной размерности, т; Q_i — масса элементарной количественной совокупности кристаллов алмазов заданной крупности, мг; \bar{C}_i — среднее ожидаемое содержание алмазов опробуемого класса, мг/т; t — вероятность, обеспечивающая заданную надежность фиксации пробой элементарной совокуп-



Организационно-технологическая схема опережающей эксплуатационной разведки (доизучения) месторождения алмазов им. В. Гриба по выемочным единицам

ности кристаллов определенного класса крупности.

Минимальной массой будут обладать пробы, обеспечивающие условие равновероятности попадания/непопадания в них любого индивидуума опробуемого материала. Квантиль для такого условия $t_{0,5} = 0,68$.

Определение массы элементарной количественной совокупности кристаллов алмаза заданной крупности проведено по методике*, в основу которой положена математическая модель количественного распределения кристаллов алмаза в месторождении по размерности (массе). Для трубки им. В. Гриба установлена подчиненность количественного распределения кристаллов алмаза по размерности (массе) степенной функции вида

$$N = ap^b \quad (b < 0), \quad (2)$$

где N — количество кристаллов; a — коэффициент, зависящий от объема выборки ($a = p^{-b}$ при $N = 1$); p — масса кристаллов, мг; b — показатель кривизны результирующей кривой (показатель степенной функции), равный $-1,0074$ для условий трубки им. В. Гриба.

Такая зависимость в распределении кристаллов алмаза по размерности (массе) является базовой характеристикой и для всех ранее изученных отечественных трубок.

Количественное содержание кристаллов алмазов по массе внутри каждого класса крупности подчиняется той же законо-

мерности, что и для полной выборки кристаллов, и описывается функцией

$$N_i = a_i p_i^b \quad (b < 0), \quad (3)$$

где a_i — коэффициент, зависящий от объема принятой в расчет выборки, численно равный p_i^{-b} , где p_i — теоретическая масса крупнейшего зерна в выбранном классе крупности кристаллов.

Наименьшей массой обладает такая группа (элементарная совокупность) кристаллов данного класса, когда число кристаллов верхней граничной крупности для данного класса равно 1, а все более мелкие зерна содержатся в соотношениях, определяемых зависимостью (3). После математических преобразований выражения (3) масса элементарной количественной совокупности кристаллов алмаза заданной крупности (мг) определяется по формуле

$$Q_i = \int_{p_{i1}}^{p_{i2}} a_i p^b dp = \frac{a_i}{b+1} (p_{i2}^{b+1} - p_{i1}^{b+1}), \quad (4)$$

где p_{i1} и p_{i2} — граничные массы кристаллов выбранного класса крупности.

При определении содержания алмазов по пробам в кратер-

* Зуев В. М. О роли изучения кимберлитовых рудных тел в развитии отечественной геологии // Региональная геология и металлогения. 2005. № 26.



Эксплуатационная разведка

ной части месторождения по результатам анализа данных геологического опробования в качестве базового массового принимается класс $-16+1$ мг. Масса элементарной количественной совокупности кристаллов алмаза для этого класса Q_i с учетом полученных значений b, p, a будет равна 44,8 мг.

Вычисленная по формуле (1) масса представительной пробы для оценки содержания алмазов класса $-16+1$ мг при ожидаемом среднем содержании алмазов в представительном классе 0,298 карат/т составит 511 кг. В соответствии с принятой системой разработки месторождения за базовый интервал опробования при планировании эксплуатационно-разведочных работ (см. рисунок) принята мощность эксплуатационного горизонта (выемочной единицы), равная 18 м. В этом случае представительность результатов опробования обеспечивается при получении керна диаметром не менее 150 мм (при объемной массе руды 1,9 т/м³ и выходе керна 85 %). Параметры разведочной сети рассчитаны на основе необходимого объема опробования для надежной оценки среднего содержания и гранулометрического состава алмазов в эксплуатационном блоке

годовой производительностью 4,5 млн т руды по методике, предложенной в работе В. Е. Минорина и др.***, с учетом морфологических параметров рудного тела, а именно: разведочная сеть 40×40 м, глубина скважин от 72 до 108 м.

Бурение скважин осуществляли буровым станком DeltaBase 540 компании Voart Longyear (Канада) с применением мобильной системы приготовления и очистки бурового раствора MP 255-2sc компании Tibban NEG Inc. (США), что позволило увеличить ресурс бурового инструмента, сократить расход порошка глины и химических реагентов, а также оптимизировать монтажные работы. Учитывая климатические условия проведения работ, специалистами ЗАО «Архангельскгеолразведка» разработана конструкция единого обогреваемого бурового комплекса, включающего модуль-контейнер блока приготовления и очистки бурового раствора, брезентовый шатер-укрытие буровой установки с мачтой в рабочем положении, бурового инструмента и труб, что позволило обеспечить стабильный температурный режим работы всего комплекта оборудования, сократить непроизводительные потери времени, вызванные неблагоприятными климатическими условиями.

** Минорин В. Е., Гречишников Д. Н., Горохов Ю. И., Солопанов А. Т. Оценка и разведка коренных месторождений алмазов / под ред. А. И. Кривцова. — М. : ЦНИГРИ, 2000.



Экспериментально-лабораторный комплекс на стадии строительства



Керновый склад



Изучение керновых проб

Проходку скважин выполняют двойными колонковыми трубами ТДН-200 с коронками диаметром 200 мм, армированными твердосплавными вставками либо синтетическими алмазами. Колонковые трубы ТДН-200 для подъема керна диаметром 150 мм и коронки с твердосплавными вставками разработаны и изготовлены в ЗАО «Горнопромышленная группа «ЭЗТАБ» (г. Санкт-Петербург), алмазные коронки — в ОАО «Терек-алмаз». Длина колонкового набора 3 м, бурильные трубы СБТ-114. Режим бурения по породам IV–V категорий: осевая нагрузка на забой — 1000–1500 кгс; число оборотов бурового инструмента — от 83 до 300 мин⁻¹; расход промывочной жидкости — 150–300 л/мин. В первый период эксплуатации колонковых труб ТДН-200 возникли проблемы с извлечением из них керна с сохранением при этом его качества. Специалистами ЗАО «Архангельскгеолразведка» был разработан способ извлечения керна из двойной колонковой трубы, суть которого заключается в укладке и фиксации внутренней керноприемной трубы на специальные зажимы и выдавливании керна из нее поршнем, приводимым в действие гидроцилиндром буровой установки. За время эксплуатации труб ТДН-200 проведены две модернизации, направленные на оптимизацию полезного использования оборудования, повышение выхода и качества керна. Средний

выход керна диаметром 150 мм при выполненном объеме бурения 4500 м составил 88 %, среднемесячная проходка на буровой станок — 500–550 м.

Обогащение керновых проб осуществляют на экспериментально-лабораторном комплексе «ОК-Комплекс-500», разработанном и изготовленном в ЗАО «НПК «Технология, оборудование и комплектация» (г. Санкт-Петербург). Комплекс состоит из двух модулей: подготовки и первичного обогащения проб (модуль 1) и отделения доводки концентратов первичного обогащения (модуль 2), смонтированных в одном помещении. Производительность комплекса — до 5 керновых проб массой до 500 кг каждая в смену. Пробу взвешивают на платформенных электронных весах ВЭП-1000 и транспортируют скиповым погрузчиком СЗГР-025 в бункер двухвалковой спиральной зубчатой дробилки Д-2ВСЗ-200/50. Максимальный размер куска, поступающего на дробление, 200 мм. Дробление происходит при обильной подаче воды. Дробленный продукт крупностью 25 мм поступает в роторные дезинтеграторы-мельницы РД-МНП-500, оснащенные полиуретановыми разгрузочными дисками с ячейкой 8 мм. Измельченный продукт непрерывно поступает в элеватор Б-ЭЛК100, багер которого оснащен регулируемым по высоте переливным порогом для удаления посторонних предметов и



Экспериментально-лабораторный комплекс

тонких ($-0,5$ мм) рудных шламов. Шахты элеватора имеют цилиндрическую форму, рабочие поверхности футерованы износостойкой резиной ИРП 1370. Частично обесшламленный и обезвоженный материал пробы подается элеватором на грохот ГМР-072. Продукты грохочения ($+4$, $-4+1$ и $-1+0,5$ мм) поступают в отсадочные машины ОМГР-02-СЦК, класс $-0,5$ мм через контрольное сито направляют в отвал. Отсадочные машины, работающие в режиме надрешетной концентрации тяжелой фракции, оснащены съемными камерами, которые по окончании процесса отсадки снимают и вместе с концентратом направляют в модуль 2. После очистки машины на место снятых камер устанавливают комплект чистых. На подрешетных сливах отсадочных машин установлены контрольные сита СК-300/50/0,5 с ячейками размером 0,5 мм. Подрешетные продукты отсадочных машин после обезвоживания в спиральных

классификаторах КС-200 поступают в роторные дезинтеграторы, в которых измельчаются до крупности -2 мм, подаются в багерную часть элеватора и далее — по схеме. После обработки пробы все элементы технологической схемы очищают, продукты очистки направляют в модуль 2. Все продукты, поступившие в модуль 2 после сушки в печи ПС-2К/250, разделяют на грохоте ГСР-300 на классы $+4$, $-4+2$, $-2+1$, $-1+0,5$ и $-0,5$ мм. Класс $-0,5$ мм направляют в отвал. Продуктивные фракции грохочения сепарируют на рентгенолюминесцентных сепараторах РЛА-ДК. Материал класса $-1+0,5$ мм сепарируют дважды. Хвосты сепарации крупных классов додрабливают до крупности -2 мм в лабораторной дробилке ДВГ 200 \times 125, затем вновь сепарируют по отдельным классам крупности. Все концентраты РЛС поступают в спец-

лабораторию для выборки из них алмазов. Выборку и минералогическое изучение алмазов проводят под стереомикроскопом Leica M60. Выделенные алмазы разделяют на тканых ситах на классы $-8+4$, $-4+2$, $-2+1$, $-1+0,5$ и $-0,5$ мм и на ситах стандарта ДТС с круглыми отверстиями, проводят их покрystalное взвешивание и минералогическое описание. Вся информация по обогащению оформляется в виде базы данных Geobank. **ГЖ**

*Амангусов Назар Жарикович,
e-mail: NAmangusov@agd.lukoil.com
Веричев Елисей Михайлович,
e-mail: EVerichev@agd.lukoil.com
Подлевских Андрей Валерьевич,
e-mail: APodlevskih@agd.lukoil.com*

OPERATIONAL EXPLORATION OF CRATER PART OF GRIB DEPOSIT

Amangusov N. Zh.¹, Chief Geologist of Verkhotinsk Ore Dressing and Processing Enterprise

Verichev E. M.¹, Deputy Head of Geological Department, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, e-mail: EVerichev@agd.lukoil.com

Podlevskikh A. V.², Head of Manufacturing Department

¹ «Arkhangelskgeoldobycha» JSC (Arkhangelsk, Russia)

² «Arkhangelskgeolrazvedka» JSC (Arkhangelsk, Russia)

Diamonds occur extremely nonuniform in the crater zone: large, nearly diamond-free layers contain local interbeds, lenses and bonnies with high diamond content. The main objective of the advanced operational exploration is the detection of commercial diamond content areas within the crater zone. Considering the sampling representativity as the essential condition of the exploration procedure, the article presents the elementary diagram of calculating a sample increment for the representative evaluation of diamond content of a size grade. The reference size grade in the diamond content evaluation per sampling in the crater zone is selected the size 16+1 mg. Using the described formula, the authors have calculated the weight of a sample for the representative evaluation of diamond content—511 kg. With sampling at 18-m spacing (an extraction unit thickness), that weight sampling is obtained using core bore not less than 150 mm in diameter. The boring is implemented with the boring rig DeltaBase 540, twin core barrels, with reinforced tungsten-carbide inserts or synthetic diamond bits 210 mm in diameter. The core recovery is 88% at single boring rig advance rate of 500–550 m/month. The samples are processed at the preparation plant located nearby. The processing includes crushing, grinding, classification, screening, jigging and X-ray fluorescent separation.

Key words: diamond deposit, crater zone, operational exploration, sampling representativity, drilling rig, sample preparation and processing.

REFERENCES

1. Zuev V. M. *Regionalnaya geologiya i metallogeniya — Regional geology and metallogeny*, 2005, No. 26.

2. Minorin V. E., Grechishnikov D. N., Gorokhov Yu. I., Solopanov A. T. *Otsenka i razvedka korennykh mestorozhdeniy almazov* (Assessment and exploration of primary diamond deposits). Under the editorship of A. I. Krivtsov. Moscow: Central Scientific-Research Geological Prospecting Institute of Non-Ferrous and Noble Metals, 2000.