

УДК 622.012:658.2.016

**В. А. НАЛИВАЙКО** (ОАО «Гипроруда»)

**А. Г. СТАХЕЕВ, А. А. ОПАХИН** (ОАО «Архангельскгеолдобыча»)

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОКа им. В. ГРИБА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ АЛМАЗОВ



**В. А. НАЛИВАЙКО,**  
главный  
инженер проектов



**А. Г. СТАХЕЕВ,**  
директор ГОКа  
им. В. Гриба



**А. А. ОПАХИН,**  
зам. генерального директора  
по капитальному строительству

*Освещен опыт интенсивного проектирования промышленного освоения нового месторождения алмазов. Показаны предпроектные проработки и исследования по основным технико-технологическим проблемам добычи и обогащения кимберлитовых руд в сложных географических, климатических, горно-геологических и гидрогеологических условиях. Приведены основные соисполнители по разделам проекта и основные проектные решения. Подчеркнута эффективность поэтапного проектирования и экспертизы в условиях ограниченного лицензией срока начала освоения месторождения.*

**Ключевые слова:** месторождение алмазов, запасы, кондиции, гидрогеология региона, предпроектные проработки, поэтапное проектирование, способы разработки.

К проектированию освоения месторождения алмазов им. В. Гриба институт «Гипроруда» приступил в 2009 г., имея в своем арсенале опыт выпуска проектной документации по разработке месторождения им. М. В. Ломоносова — первого месторождения алмазов, открытого в европейской части России в 1997 г. Еще на стадии предварительной разведки нового месторождения обозначились сложные проблемы его освоения: наличие на его территории р. Кукомки и оз. Черного, а также значительная мощность покрывающих трубку пород, в связи с чем утвержденные на основе временных кондиций запасы предполагалось разрабатывать подземным способом. При этом в целях освоения месторождения в сроки, предусмотренные лицензией, было принято решение об одновременной и параллельной разработке постоянных кондиций и проектной документации.

Научное сопровождение было поручено Санкт-Петербургскому государственному горному институту (СПбГГИ). Аналогичные функции по поручению заказчика — ОАО «Архангельскгеолдобыча» НК «ЛУКОЙЛ» — выполняла английская фирма SRK Consulting. Она же параллельно с ОАО «Гипроруда» разрабатывала технико-экономическое обоснование (ТЭО) проекта, а затем и сам проект, одновременно критически оценивая ранее выполненные российскими специалистами работы. На регулярных совместных совещаниях обсуждали все спорные вопросы, оценивали исходные материалы и предлагаемые решения.

В рамках проекта кондиций были рассмотрены все возмож-

ные способы разработки месторождения: только открытый, только подземный; сначала открытый, затем подземный; сначала подземный, затем открытый; одновременно открытый и подземный. В соответствии с рассчитанными критериями экономической эффективности и полноты использования недр, оптимальным признан вариант последовательной комбинированной разработки месторождения сначала открытым, а затем подземным способом, со сроком окупаемости инве-

стиций менее 10 лет. На завершающей стадии проекта кондиций было обосновано увеличение нижнего предела крупности извлекаемых алмазов — с условного ситового класса (у. с. к.) +2 до у. с. к. +3 с целью исключения нерентабельного мелкозерного сырья.

Минимальное промышленное содержание алмазов рассчитано из условия обеспечения рентабельной отработки большей части запасов месторождения до абс. отм. –700 м. Запасы в треугольниках за бортом карьера и ниже горизонта –700 м признаны нерентабельными. С целью наработки представительного объема алмазов для оценки их качества, сортности и стоимости французской фирмой Foraso были пройдены 10 скважин большого диаметра, из керна которых получено 3300 карат алмазов (рис. 1). На основе выполненного фирмой WWW Diamond анализа определена и принята в дальнейших расчетах проектная цена карата.

Основными разработчиками ТЭО кондиций стали ОАО «Гипроруда» (открытые работы, общекорпоративная инфраструктура и сводная экономика), ОАО «Гипроникель» (подземные горные работы), ЗАО «Механобр инжиниринг» (технология обогащения, отвод р. Кукомки, осушение оз. Черного). Итогом работы стало утверждение ГКЗ РФ в конце 2010 г. постоянных кондиций и подсчитанных на их основе запасов алмазов у. с. к. +3 для условий комбинированной последовательной разработки месторождения до абс. отм. –700 м, что позволи-

ло в полном объеме развернуть работы по проектированию ГОКа с открытым способом добычи алмазов на первом этапе освоения нового месторождения.

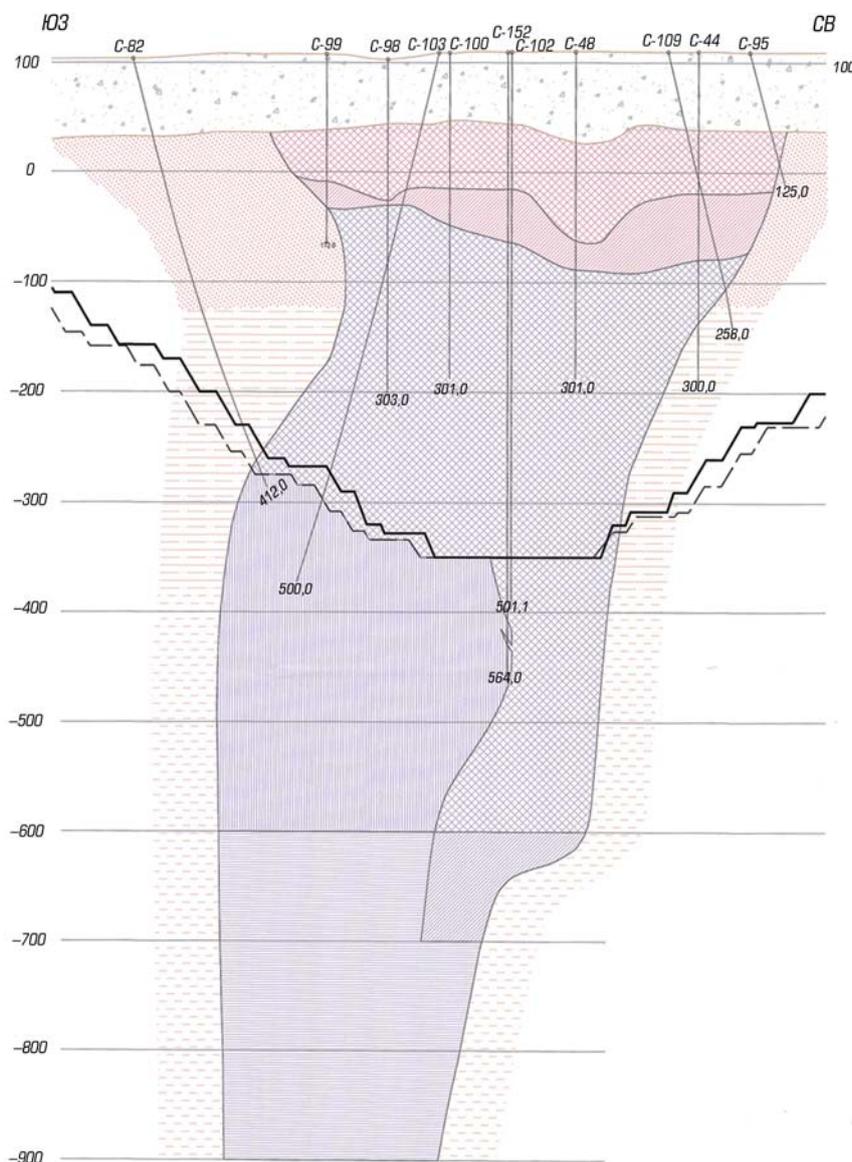
В статусе генпроектировщика институт «Гипроруда» привлек к разработке проектной документации ЗАО «Механобр инжиниринг» — обогатительная фабрика, хвостохранилище, отвод р. Кукомки; ГУП ПИ «Архгражданпроект» — вахтовый поселок; ЗАО «Ленводоканалпроект» — внешнее водоснабжение и водоотведение; ЗАО «НГ-Энерго» — энергоснабжение; ЗАО «ЛУКОЙЛ-Информ» — внешняя связь; ЗАО «Нордэко-Евразия» — оценка воздействия ГОКа на окружающую природную среду и полигон отходов. Технологические регламенты разрабатывали ОАО «ВИОГЕМ», СПбГИ, ЗАО «Механобр инжиниринг», НТЦ «Геотехнология», ИГД УрО РАН и др. Инженерные изыскания для всех стадий проектных работ проводило ОАО «АрхТИСИЗ», инженерно-экологические — ЗАО «Нордэко-Евразия». Всего в разработке проекта приняли участие 24 ведущих проектных и научных организаций.

В составе проектной документации предстояло решить следующие наиболее сложные и актуальные проблемы:

- отвод р. Кукомки и части оз. Черного с площади месторождения при сохранении сложившегося водного баланса региона;
- форсированная разработка мощной обводненной покровной толщи пород для вскрытия рудного тела;
- разработка в границах карьера еще более мощной обводненной толщи вмещающих пород, в том числе содержащих соленые воды;
- проведение общестроительных работ при наличии на площади застройки просадочных пород и карста;
- низкая несущая способность покрывающих и вмещающих пород и отсутствие скальных пород для производства строительного щебня в радиусе 1,5 тыс. км;
- утилизация соленых вод, откачиваемых из карьера и обеспечение обогатительной фабрики водой в первый период ее работы.

Еще в период разработки кондиций с участием основных субподрядных организаций были выполнены предпроектные проработки, что позволило позднее приступить к формиро-

ванию проектной документации с учетом наработанных ранее решений. В рамках предпроектных работ детально и многовариантно рассмотрены: вопросы выбора источника и системы электроснабжения ГОКа, видов и типоразмеров горнотранспортного оборудования, типов приводов; основные условия и регламенты строительного проектирования зданий, сооружений, систем водоснабжения и канализации; основные технико-технологические решения по обогатительной фабрике и хвостовому хозяйству, системе осушения карьера, водоотливу, внутреннему электроснабжению, ремонтно-складскому хозяйству, составу объектов промплощадки, вахтовому поселку, очистке карьерных вод, внешнему водоснабжению и водоотведению, сводному генплану предприятия (рис. 2). Выполненные к пери-



**Рис. 1. Геологический разрез (линия 5) по трубе им. В. Гриба с глубокими колонковыми скважинами большого диаметра для проектной оценки качества, сортности и стоимости алмазов месторождения**

оду утверждения кондиций и запасов предпроектные проработки позволили уверенно приступить к форсированному завершению проекта.

Рельеф местности в районе месторождения представляет собой плоскую равнину с абс. отм. 105–112 м. Долина р. Кукомки и ложе оз. Черного прорезают четвертичные отложения. Уровень воды в озере находится на абс. отм. 75 м. Специалисты ЗАО «Механобр инжиниринг» рационально и с минимальным ущербом для окружающей среды решили проблему отвода р. Кукомки с площади залежи (трубки) и ликвидации части оз. Черного. Поскольку рельеф местности не позволял отвести русло реки в сторону от контура карьера, проектом был предусмотрен поворот стока реки с южного направления на северное путем перекрытия русла дамбой и направления стока в оз. Волчье по сопрягающему каналу. При этом тело водоудерживающей дамбы было совмещено с технологической дорогой на отвал, что исключило возможность прорыва речных вод в карьер. Северо-западная часть оз. Черного попадает в проектный контур карьера. В связи с этим в ложе озера на участке южнее границы карьера на 600 м запроектирована отсечная дамба и откачка воды из изолированной отсеченной части с ее последующей засыпкой вскрышными породами.

Большая работа проведена по поиску и оценке наиболее подходящего места для размещения хвостохранилища. По результатам технико-экономического сравнения нескольких вариантов хвостохранилище запроектировано в 2 км к северо-западу от карьера. Учитывая закарстованность территории и обу-

словленную этим интенсивную фильтрацию вод, проектом предусмотрены меры по изоляции дна хвостохранилища, что обеспечит защиту гидросферы района от загрязнения, а также нормальные условия для снабжения обогатительной фабрики обратной технологической водой.

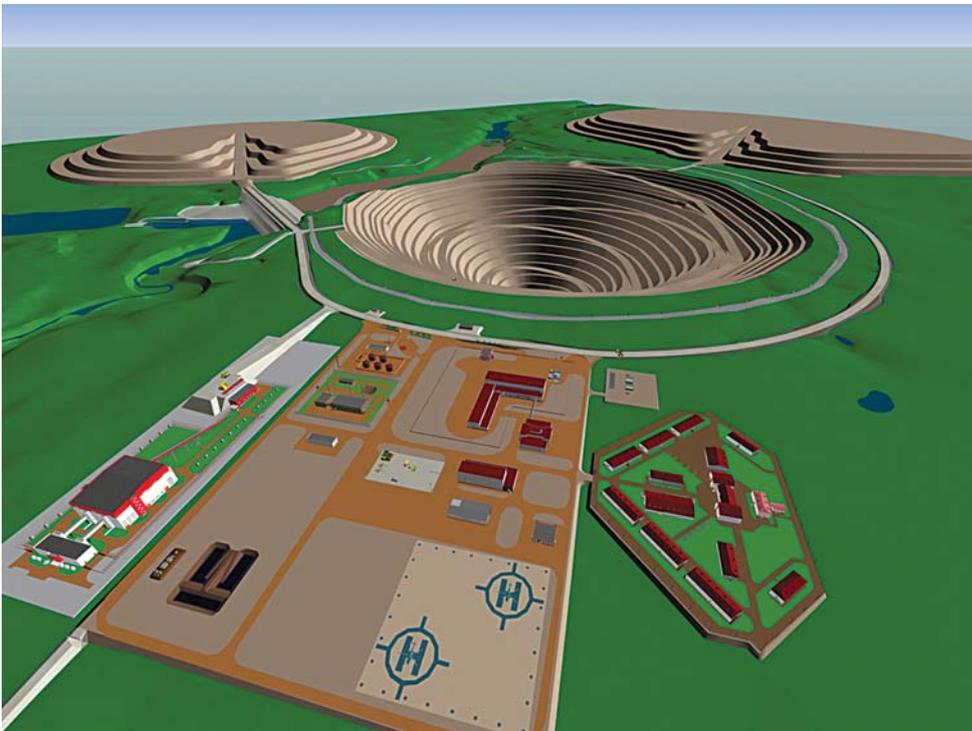
Наличие в разрезе месторождения 11 водоносных горизонтов требовало основательных решений по осушению карьера. Кроме отвода р. Кукомки и осушения части оз. Черного, проектом предусмотрено создание по периметру карьера кольца из водопонижающих скважин (ВПС) с установкой фильтров на все интервалы обводненных пород, начиная с абс. отм. +35 м и до подошвы падунской толщи — главного коллектора подземных вод и источника обводнения карьера. Всего проектом обосновано строительство 75 ВПС глубиной до 240 м с общим дебитом воды около 5 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Остаточный приток в карьер предусмотрено удалять средствами карьерного водоотлива.

Серьезную проблему представляло осушение самого нижнего, вскрываемого карьером мезенского водоносного горизонта, представленного переслаиванием водопроницаемых и непроницаемых слоев и содержащего соленые воды. Низкая водоотдача и высокое гидростатическое давление в прибортовом массиве обуславливали возможность потери устойчивости отдельных участков борта карьера. Поэтому, кроме общего снятия напоров в вышелегающей толще, проектом было предусмотрено снятие остаточных напоров и отодвигание депрессионной воронки в глубь массива путем бурения нескольких ярусов горизонтальных скважин длиной до 200 м или разгрузочных — глубиной 40–50 м с уступов. Моделирование показало, что эти

меры позволяют обеспечить безопасные условия ведения добычных работ в рассматриваемом интервале.

Проведенная оценка показала, что в меженный период при выемке запасов в пределах мезенского водоносного горизонта в карьер будет поступать не более 40 м<sup>3</sup>/ч воды с минерализацией до 7 г/л. Расчетами обосновано, что эти воды будут разбавляться до содержания значительно менее 1 г/л пресными карьерными и дренажными водами из 75 водопонижающих скважин. Поэтому специальных мероприятий по утилизации соленых вод в проекте разрабатывать не потребовалось.

Наиболее серьезной проблемой было обоснование предельных углов накло-



**Рис. 2. Модель промышленной площадки и вахтового поселка строящегося ГОКа им. В. Гриба**



### Производственное совещание

на конечных бортов и уступов карьера глубиной 460 м. Вскрываемая толща на 95 % представлена рыхлыми или слабосцементированными отложениями, не требующими применения буровзрывных работ. Породы интенсивно обводнены. В рамках решения этой проблемы Научным центром СПбГГИ проведены исследования и разработан регламент. Обоснование углов откосов бортов и уступов на конечном контуре карьера выполнила фирма SRK Consulting. На основе этих работ ОАО «Гипроруда» рассчитаны углы откосов бортов и уступов в проектном контуре карьера. По результатам расчетов общий устойчивый угол наклона борта карьера на его конечном контуре принят 36,5° с учетом проведения всех мероприятий по осушению. В результате в сравнении с ТЭО кондиций обоснованный в проекте контур карьера содержит на 10 % больше руды и на 12 % меньше вскрышных пород.

Месторождение алмазов им. В. Гриба расположено в необжитом лесотундровом районе. Поэтому ГОК им. В. Гриба проектировали как автономное предприятие с собственными инфраструктурой и системой жизнеобеспечения, включающими: дизельную электростанцию для электро- и теплоснабжения;

собственную подъездную автодорогу; вахтовый поселок; водозабор питьевой воды; минимально необходимую промзону (капремонт — в Архангельске); обеспечение местным минеральным сырьем для стройматериалов — песчано-гравийной смесью, щебнем и др.

Госэкспертизу проекта на государственном и региональном уровне проводили в пять этапов — по мере готовности документации, начиная с конца 2010 г., что позволило заблаговременно и активно приступить к строительству объектов и развернуть горно-подготовительные работы на первом этапе. Далее, по мере завершения проектных работ, отдельными этапами провели экспертизу следующих объектов: вахтового поселка; обогатительной фабрики и хвостохранилища; энергокомплекса. Последний этап экспертизы проекта успешно прошел в июне 2012 г. Поэтапная организация проектных работ позволила максимально быстро, последовательно и на законном основании осуществить строительство объектов и приступить к освоению месторождения.

#### Библиографический список

1. *Наливайко В. А.* Проект алмазодобывающего предприятия на месторождении им. М. В. Ломоносова // Обогащение руд. 2003. № 3. С. 21–26.
2. *Богданов В. Л., Наливайко В. А., Сердюков А. Л.* Особенности проектирования горных работ на месторождении алмазов им. М. В. Ломоносова // Горный журнал. 2012. № 7. С. 47–49;
3. *Наливайко В. А.* Инновации для ускорения процесса // Направление — Дальний Восток. 2012. № 7. С. 46–47. **ГЖ**

*Наливайко Владимир Александрович,  
 e-mail: vnalivayko@giproruda.ru  
 Стахеев Анатолий Геннадьевич,  
 e-mail: AStakheev@agd.lukoil.com  
 Опахин Алексей Анатольевич,  
 e-mail: AOpahin@agd.lukoil.com*

#### DESIGNING OF V. GRIB MINING AND PROCESSING COMBINE AT DIAMOND DEPOSIT

**Nalivayko V. A.**<sup>1</sup>, Chief Design Engineer, e-mail: vnalivayko@giproruda.ru

**Stakheev A. G.**<sup>2</sup>, Director of the V. Grib Mining and Processing Combine

**Opakhin A. A.**<sup>2</sup>, Deputy Chief Executive Officer for Capital Construction, Head of Capital Construction Department

<sup>1</sup> «Giproruda» JSC (Saint Petersburg, Russia)

<sup>2</sup> «Arkhangelskgeoldobycha» JSC (Arkhangelsk, Russia)

The "Giproruda" Institute launched a diamond mine planning at Grib diamond deposit in 2009. Scientific supervision was charged to the Saint-Petersburg State Mining Institute. In addition, by order of the customer—"Arkhangelskgeoldobycha" JSC within "Lukoil" Oil Company, SRK Consulting Company of Great Britain carried out the project supervision and, in team-work with "Giproruda" JSC, accomplished the project feasibility study and the engineering design. All in all, the project involved 24 top design and scientific institutions.

The scope of the project included all possible mining methods: open pit mine only, underground mine only, first open pit mining transferred then to underground mining; first underground mine later on transferred into open pit mine; simultaneous surface and underground mining. In accord with the calculated criterion of economic effect and completeness of mineral extraction, the in-series open pit-to-underground mining scenario was selected, with the payback period less than 10 years. The commercial diamond content minimum was calculated under the condition of profitable extraction of the better deposit part (down to the depth mark –700 m).

Grib diamond deposit is situated in the tundra forest outback. The closest Lomonosov Deposit only runs a test field. For this reason, V. Grib Mining and Processing Combine (MPC) has been designed as a self-contained plant, with its own infrastructure and life-support system including: diesel engine power plant for energy and heat supply, a wholly own motorway, shift camp, drinking water intake, minimum required industrial zone (complete overhaul is to be done in Arkhangelsk); the feedstock to manufacture building material is local—sand-and-gravel aggregate, break stone and other local reserves. The state expertise review at the governmental and regional levels took 5 stages since 2010. Owing to this, construction and preliminary mining activities were started well in advance, at the first expertise review stage. The final stage of the state expertise review was successfully accomplished in June 2012.

**Key words:** diamond deposit, reserves, quality requirements, regional hydrogeology, pre-project exploration survey, stage-wise planning, mining methods.

#### REFERENCES

1. Nalivayko V. A. *Obogashchenie Rud – Mineral processing*, 2003, No. 3, pp. 21–26.
2. Bogdanov V. L., Nalivayko V. A., Serdyukov A. L. *Gornyi Zhurnal – Mining Journal*, 2012, No. 7, pp. 47–49.
3. Nalivayko V. A. *Napravlenie – Dalniy Vostok – Direction – Far East*, 2012, No. 7, pp. 46–47.