

УДК 622.271.1:621.879.443

М.В. Костромин, Д.М. Грешилов

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОТЕРИ ПЕСКОВ
В МЕЖШАГОВЫХ И МЕЖХОДОВЫХ ЦЕЛИКАХ
ПРИ ДРАЖНОЙ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПЕЙ
И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ**

Рассмотрен вопрос повышения эффективности дражной разработки россыпей. Представлены методики расчета эксплуатационных потерь в межшаговых и межходовых целиках, позволяющих аналитическим путем рассчитать объемы потерь или оценить запасы техногенных россыпей. В статье описана драга новой конструкции, с помощью которой россыпное месторождение может разрабатываться с минимальными эксплуатационными потерями.

Ключевые слова: драга, месторождение, песок, межшаговый целик.

В настоящее время дражные разработки россыпей в России ведутся на обширной территории Дальнего Востока, Северо-Востока, Якутии, Забайкалья, Восточной Сибири, Алтая, Западной Сибири и на Урале.

Характерной особенностью разрабатываемых месторождений является то, что большинство из них (до 90—95 %) относятся к труднорабатываемым, а входящие в их состав пески — к труднообогатимым вследствие расположения их в географо-климатических зонах с суровым климатом, где почти повсеместно (за исключением южных районов Западной Сибири, Алтая, и Урала) распространена многолетняя и глубокая сезонная мерзлота. Около 40 % россыпей являются глинистыми и высокоглинистыми или сцементированными. Кроме глубокозалегающих Ленских россыпей разведаны подобные месторождения на Дальнем Востоке, в Якутии, Забайкалье и других районах, которые, в большинстве своем имеют относительно небольшую мощность продуктивного пласта и мощную толщу пустых пород (до 30—40 м и более). Все это в значи-

тельной мере затрудняет разработку месторождений, является причиной низкой производительности, значительных потерь ценного компонента, снижения технико-экономических показателей работы драг в целом. Вышеописанные факторы являются предпосылками разработки технических и технологических решений, направленных на повышение эффективности дражной разработки россыпей.

При дражной разработке россыпных месторождений полезных ископаемых потери песков происходят как в ходе добычных работ (эксплуатационные потери), так и в процессе обогащения (технологические потери).

Количественная характеристика эксплуатационных потерь песков при разработке многих россыпей, особенно глубокозалегающих, таких как Ленские, части Амурских и Забайкальских, имеет существенное значение. При больших эксплуатационных потерях полнота извлечения из недр ценного компонента снижается, а предприятию наносится ощутимый экономический ущерб.

Наиболее характерными и значительными по абсолютному значению

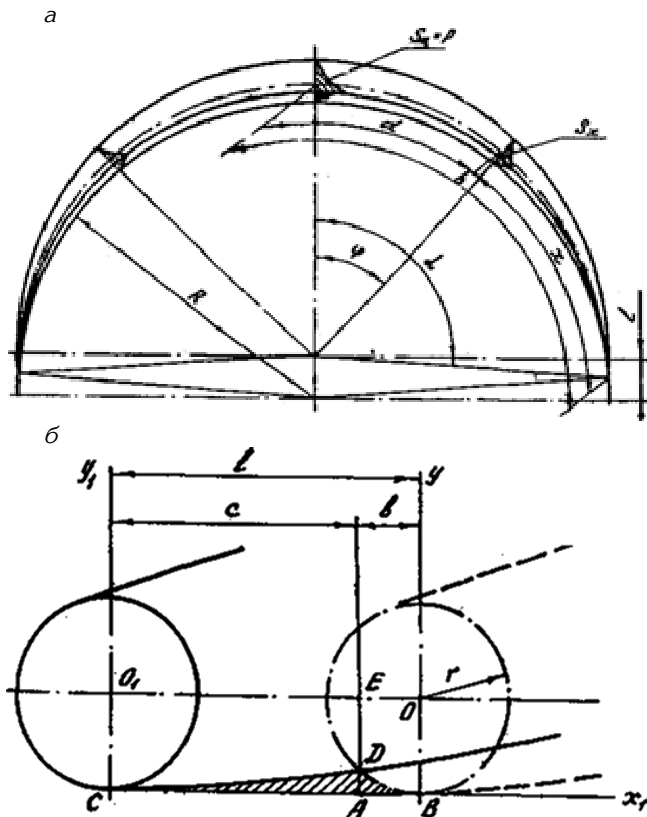


Рис. 1. Схема к определению величины межшагового целика

являются потери песков в межшаговых и межходовых целиках. Потери песков в межшаговых и межходовых целиках приурочены обычно к наиболее обогащенной приплотиковой части россыпи и если теряемые пески могут составлять относительно небольшой объем, то не извлекаемый металл занимает уже значительно большую часть запасов — 20—30 %, а иногда и более [1].

Объем межшаговых целиков определяется площадью их поперечного сечения и шириной разреза (забоя) по плотнику россыпи, которые в свою очередь, зависят от величины шага, глубины черпания, мощности драги, физико-механических свойств

разрабатываемых пород, необходимой глубины задиры плотника, натяжения черпаковой цепи, формы шлейфа волочения черпаковой цепи и конструкции черпающего устройства (рис. 1).

В отраслевой инструкции [2] нормативные потери и разубоживание песков определяются по упрощенной методике, не учитывающей многие факторы, предопределяющие формирование целика. Эта методика имеет ряд существенных недостатков: для получения профилей поперечных сечений требуется большое количество измерений, производство которых затруднено во время работы драги; сами измерения являются очень трудоемкими и требуют привлечения дополнительных работников; площадь поперечного сечения целика и объем вычисляются весьма

приблизительно, по средним значениям, не учитывая криволинейную форму забоя в плане и поэтому необходимо было разработать метод определения потерь песков в межшаговых целиках, который учитывал бы тип драги, особенности черпания пород, процесс формирования целика и др.

Учитывая недостатки этой методики, нами была разработана методика аналитического определения потерь в межшаговых целиках. При разработке методики были учтены тип драги, особенности черпания пород, процесс формирования целика, параметры забоя и др.

Получена формула для определения объема межшагового целика:

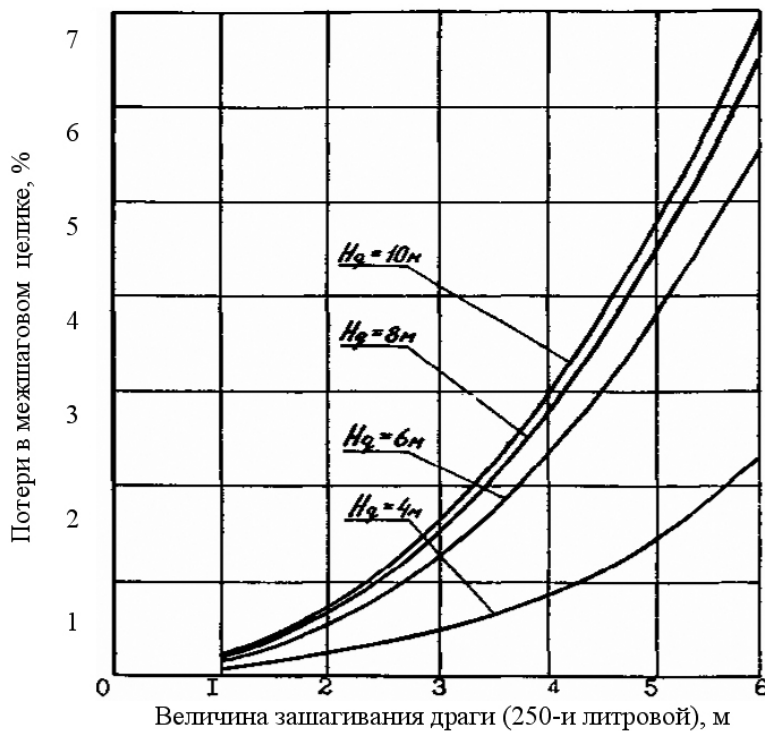


Рис. 2. Зависимость потерь песков в межшаговом целике от глубины драгирования H и величины зашагивания (для 250-и литровой драги)

$$V_{ц} = \frac{2PR}{3} \left[\alpha - \frac{(\alpha - \varphi)^3}{\alpha^2} \right],$$

где α — угол сектора от середины разреза до пересечения в пространстве линий забоев предыдущего и последующего ходов драги, радиан (рис. 1, а); φ — половина рабочего угла маневрирования драги (радиан); R — радиус черпания драги по плотик (м); P — площадь поперечного сечения целика, m^2 ;

$$\alpha = \arcsin \frac{l}{2R} + \frac{\pi}{2},$$

где l — величина шага (м).

Если производится зачистка плотика на величину Z , то уравнение примет вид

$$V_{ц} = \frac{2PR(H_{ц} - Z)^2}{3H_{ц}^2} \left[\alpha - \frac{(\alpha - \varphi)^3}{\alpha^2} \right],$$

где $H_{ц}$ — высота межшагового целика до начала зачистки плотика (м).

Используя данные зависимости, можно определить величины межшагового целика и разубоживание при зачистке плотика для любой драги при различных горнотехнических условиях. По расчетам потери в целиках достигают 1,0—2,86 % от всего объема горной массы, по отношению к пескам они составляют значительно большую величину (до 7—9 %) (рис. 2).

Зная количество песков, остающихся в межшаговых целиках при разработке, можно реализовать известные мероприятия для их устранения. Методику также можно использовать при оценке количества остаточного металла в техногенных россыпях.

На основе разработанной методики составлена программа для ЭВМ определения величины межшагового целика для всех типов драг, эксплуатируемых в различных горнотехнических условиях.

Одними из самых больших по абсолютному значению являются потери песков в межходовых целиках, образующихся на границе смежных ходов при отработке россыпи взаимнопротивоположными параллельными ходами. Площадь поперечного сече-

ния таких целиков может достигать значений в десятки и даже сотни (при глубоком драгировании) квадратных метров и составлять до 20 %, в ряде случаев и более, потерь песков.

Однако существующие методики определения потерь песков в межходовых целиках имеют ряд существенных недостатков. Так, например, в отраслевой инструкции [2] потери в межходовых целиках устанавливаются путем графического построения сечений в масштабе 1:50 по створам через каждые 20 м хода драги.

Исходными данными для построения вертикального сечения служат результаты тахеометрической съемки верхних границ разреза, отметки фактического уровня воды и данные параметров глубин по откосам бортов разреза и дну котлована.

Площади целиков по каждому створу замеряют планиметром. Объем промышленных песков (горной массы), оставленных в целиках, определяют путем умножения расстояния между створами на среднюю площадь по соседним створам. Количество полезных компонентов в теряемых породах целика определяют путем умножения объема песков в целике на среднее содержание в нем полезного компонента, уточненное эксплуатационным опробованием. Все это представляет очень трудоемкую работу, иногда даже невозможную, если борта разреза окажутся подваленными дражными отвалами.

Размеры межходовых целиков, в определенных условиях, достигают больших величин, это зависит в первую очередь от глубины черпания, ширины забоя, физико-механических свойств слагающих россыпь пород, системы разработки и организации добычных работ. Дополнительные трудности по дальнейшей ликвидации межходовых целиков возникают из-за

возможной подсыпки (подваливания) бортов разреза отвалами. Поскольку выявление и сокращение эксплуатационных потерь песков при дражной разработке россыпей является важной задачей, разработана методика с целью проведения инженерных расчетов объемов потерь песков и использования при проектировании горнодобывающих предприятий [1].

Величину потерь в межходовых целиках можно определить аналитическим путем, зная мощность россыпи (высоту дражного разреза) — H , форму целика, угол откоса борта разреза (целика) — $\alpha_0(\alpha_T)$, величину перекрытия смежного хода — b . При этом отпадает необходимость проведения работ тахеометрической съемки, трудоемких графических построений и вычислений. Появляется возможность использовать высокопроизводительную вычислительную технику на базе ЭВМ.

По данным профессора В.А. Кудряшова форма откоса борта разреза (целика) различна для неглубокого (до 8—10 м) и глубокого (свыше 10—12 м) драгирования. При неглубоком драгировании вследствие выполаживания форма откоса близка к прямой линии, а поперечное сечение целика можно представить в виде треугольника. По данным профессора В.Г. Лешкова [3] угол откоса бортов дражного разреза в этом случае составляет 36—50° в зависимости от физико-механических свойств пород россыпи. При глубоком драгировании (по В.А. Кудряшову) форма откоса борта разреза (целика) описывается кривой линией близкой к гиперболе (рис. 3).

Таким образом, величину межходового целика необходимо определять отдельно для условий неглубокого (до 8—10 м) и для условий глубокого черпания (свыше 10—12 м).

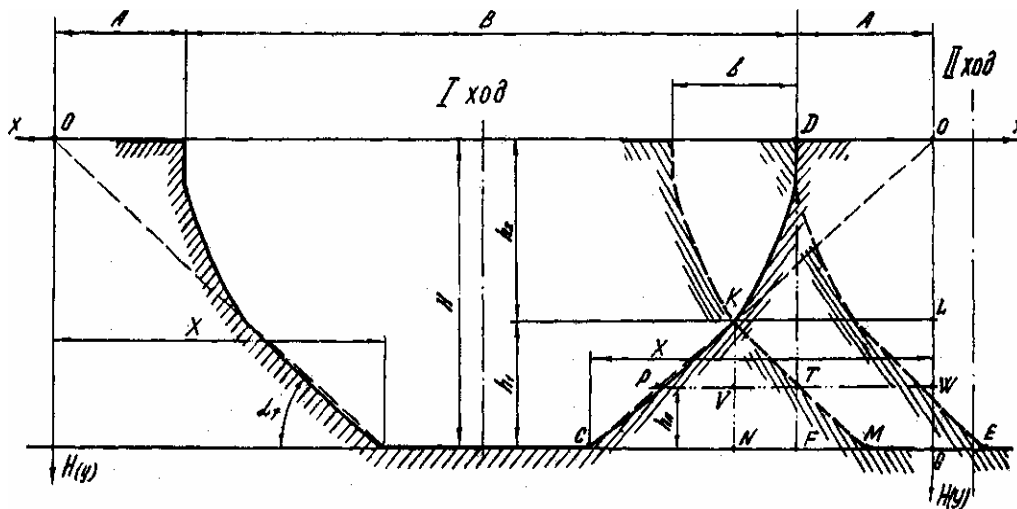


Рис. 3. Схема к определению величины межходового целика

При неглубоком драгировании в общем случае площадь поперечного сечения целика $S_{ц}$ при равных углах откоса бортов разреза определяется как площадь треугольника:

$$S_{ц} = \frac{(H - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \alpha_{\sigma})^2}{\operatorname{tg} \alpha_{\sigma}},$$

где H — глубина россыпи, м; α_{σ} — угол естественного откоса слагающих россыпь пород в их сыпучем состоянии, градус.

В случае, когда углы откоса бортов разреза не равны $\alpha_{\sigma_1} \neq \alpha_{\sigma_2}$, площадь целика определяется следующим выражением:

$$S_{ц} = \frac{[H(\operatorname{tg} \alpha_{\sigma_1} + \operatorname{tg} \alpha_{\sigma_2}) - b \operatorname{tg} \alpha_{\sigma_1} \operatorname{tg} \alpha_{\sigma_2}]^2}{2 \operatorname{tg} \alpha_{\sigma_1} \operatorname{tg} \alpha_{\sigma_2} (\operatorname{tg} \alpha_{\sigma_1} + \operatorname{tg} \alpha_{\sigma_2})},$$

При глубоком драгировании площадь поперечного сечения межходового целика $S_{ц}$ при работе драги без перекрытия смежного хода равна площади фигуры CDE ограниченной гиперболами:

$$S_{ц} = H \sqrt{\frac{H^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha_T} + A^2} + A^2 \operatorname{tg} \alpha_T \ln \left(\frac{H^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha_T} + \right.$$

$$\left. + \sqrt{\frac{H^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha_T} + A^2} \right) - 2AH$$

где H — глубина россыпи, м; A — некоторая постоянная для данного откоса величина, зависящая от характера пород, имеющая размерность длины, м; $\alpha_T = \alpha_{\sigma}$ угол естественного откоса слагающих россыпь пород в их сыпучем состоянии, градус.

При работе драги с перекрытием смежного хода на величину b площадь целика $S_{ц}$ равна площади фигуры $СКМ$.

$$S_{ц(СКМ)} = HC + A^2 \operatorname{tg} \alpha_T \ln \left(\frac{H}{\operatorname{tg} \alpha_T} + C \right) - DF - A^2 \operatorname{tg} \alpha_T \ln \left(\frac{D}{\operatorname{tg} \alpha_T} + F \right) - 2 \left(F + \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha_T} \right) (H - D),$$

$$\text{где } C = \sqrt{\frac{H^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha_T} + A^2}; \quad F = \sqrt{b(4A + b) + A^2};$$

$$D = \frac{\operatorname{tg} \alpha_T}{2} \sqrt{b(4A + b)}.$$

По результатам маркшейдерских замеров, нанесенных на план полигона, известны местоположения дражных ходов, величина перекрытия смежных ходов, глубина драгирова-

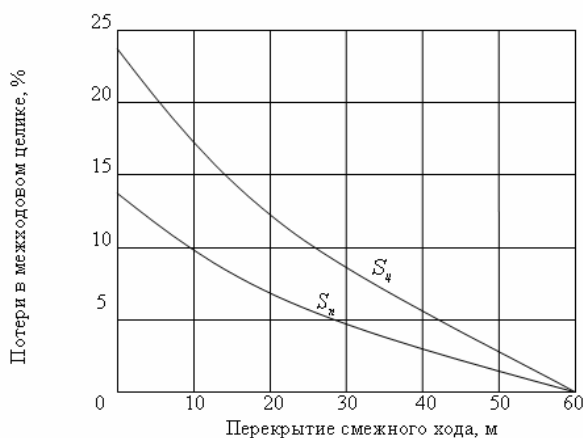


Рис. 4. Зависимость потерь песков в межходовых целиках от величины перекрытия смежного хода (при глубине $H=30\text{м}$)

ния (мощность россыпи). Зная физико-механические свойства пород по таблицам или по результатам опытно-исследовательских работ определяется угол откоса борта разреза. Объем промышленных песков или горной массы, оставленных в целиках, находится путем произведения площади поперечного сечения пласта (целика) и расстояния соответствующего примерно одинаковой величине перекрытия смежного хода или изменяющейся незначительно.

Потери песков в межходовых целиках могут составлять значительные величины и достигать по расчетам (особенно при глубоком драгировании) до 22 % (рис. 4), что существенно влияет на полноту использования недр и технико-экономические показатели работы драги или прииска. Даже при неглубоком драгировании в ряде случаев потери могут составлять 10 % и более. Уменьшить или ликвидировать эти потери возможно изменением системы разработки (например, смежно-продольная система дражной разработки россыпного месторождения) или перекрытием смеж-

ного хода. Так, при глубине драгирования 30 м перекрытие смежного хода на величину 20 м уменьшает потери до 10 %, а перекрытие на величину 50 м сокращает потери до 1 % (см. рис. 4).

При этом необходимо учитывать, что часто происходит подсыпка бортов разреза дражными отвалами, поэтому при перекрытии смежного хода возможна повторная переработка отвалов, которая приводит к разубоживанию песков [1].

Используя данную методику, составлена программа (для ЭВМ) по определению потерь в межходовых целиках и оперативного ведения расчетов. При этом можно рассчитать величину перекрытия смежного хода, когда потери будут минимальные или ликвидированы совсем. Применяя программу для определения потерь в межходовых целиках при дражной добыче в условиях ПК с/а «Даурия» используя результаты вычислений на практике, удалось снизить эксплуатационные потери песков на 9,1 %, тем самым достичь экономического эффекта от доизвлечения золота в размере 3 700 тыс. руб.

Высота засыпки бортов дражного разреза отвалами, определяемая по известным методикам, может быть значительной, достигающей в некоторых случаях, половины мощности россыпи, а иногда и более. В оставляемом, во избежание разубоживания, целике потери относительно всей горной массы достигают до 5 % и более, относительно пласта песков возрастают до 10 % и более (не глубокое драгирование, до 10 м). При отработке целика разубоживание

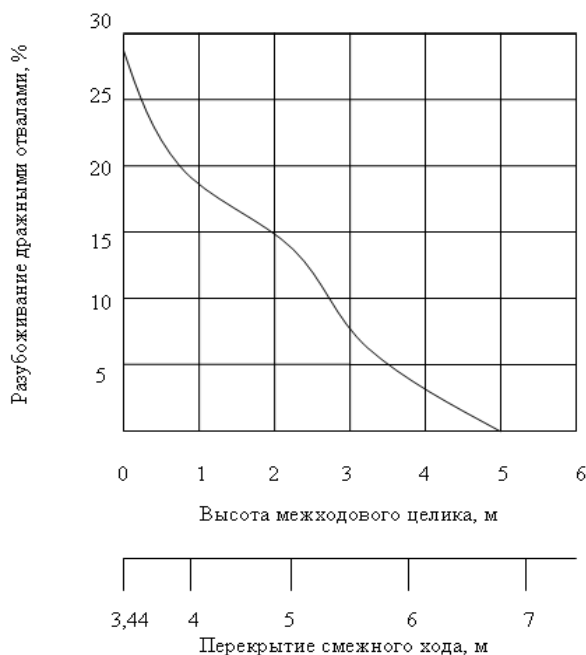


Рис. 5. Зависимость разубоживания песков дражными отвалами от высоты межходового целика и величины перекрытия смежного хода

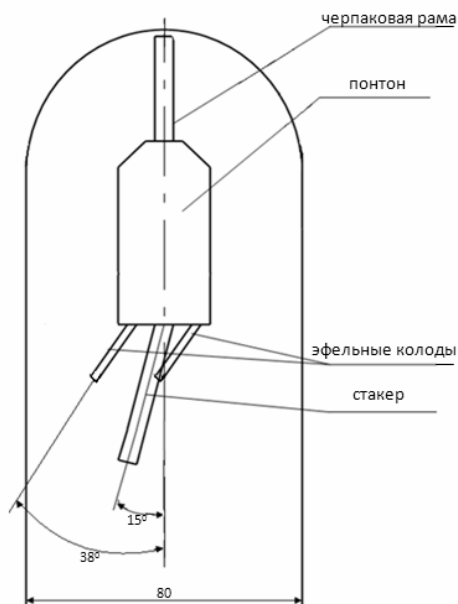


Рис. 6. Схема 250-литровой драги с поворотными отвалообразователями, при разработке россыпи с эфельностью 62 %

песков дражными отвалами может возрасти до 25 % и более (рис. 5).

В целях сокращения разубоживания разработана месторождения косым забоем. Однако при этом резко снижается производительность драги, а полностью устранить подсыпки борта разреза отвалами и разубоживание не удаётся.

Для предотвращения подсыпки бортов дражного разреза дражными отвалами нами была разработана драга с конструктивными изменениями галечного отвалообразователя и эфельных колод (решение федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам о выдаче патента на изобретение по заявке №2008127014/03(033054)). Драга данной конструкции изготавливается так, чтобы галечный отвалообразователь и эфельные колоды имели возможность поворота в левую и правую стороны относительно продольной оси драги. При работе стакер и хвостовые колоды поворачиваются в сторону, противоположную сухому борту разреза, и таким образом становятся под некоторым углом к продольной оси драги. Угол поворота галечного отвалообразователя и эфельных колод определяется в зависимости от высоты засыпки и площади условного перекрытия

борта разреза отвалами, вычисляемой по известным методикам.

Так, например, при работе 250-литровой драги с глубиной черпания 10-12 м, эфельностью 62 % стакер нужно повернуть от продольной оси драги на $14-15^{\circ}$, а эфельные колоды на $38-39^{\circ}$ (рис. 6). Работа драги новой конструкции предусматривается

системами поперечных ходов или смежно-продольными лентами.

Применение драги с изменённой схемой отвалообразования позволяет отработывать россыпь без подсыпки бортов дражного разреза дражными отвалами, что исключает увеличение разубоживания песков при увеличении величины перекрытия смежного хода драги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Костромин М.В.* Проблемы дражной разработки континентальных россыпей / М.В. Костромин, Г.А. Юргенсон, С.Г. Позлутко// — Новосибирск: Наука, 2007. — 180 с.

2. *Сборник* инструктивных материалов по охране и рациональному использованию

полезных ископаемых. — М.: Недра, 1977. — С. 71—78.

3. *Лешков В.Г.* Теория и практика разработки россыпей многочерпаковыми драгами/ В.Г. Лешков// — М.: Недра, 1980. — 352 с. **ГЛАВ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Костромин М.В. — доктор технических наук, профессор, e-mail: kostromin@mail.chita.ru,
Грешилов Д.М. — аспирант, горный инженер, e-mail: altvista@mail.ru,
Читинский государственный университет.



ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ

- 4,5 тысяч лет назад древние китайцы использовали алмазы для полировки церемониальных топоров. Сами топоры делались из корунда (второй по твердости минерал, ненамного отстающий от алмаза).

- Сейчас около 80 % добываемых алмазов, не говоря уже об искусственных камнях, используются для сверления, резки, полирования и других промышленных целей.

- Алмаз — не самый твердый материал на Земле. Он является лишь самым твердым природным материалом. В 2005 году Наталья Дубровинская с коллегами из Университета Гейдельберга смогла создать вещество, на 11% превышающее по твердости алмаз. Новый материал получил название «гипералмаз».

- В 2004 году астроном Тревис Меткальф обнаружил алмаз весом в 10 миллиардов триллионов триллионов карат. Этот огромный алмаз некогда являлся ядром погасшей звезды, и его нынешний диаметр составляет 4 тысячи километров. Расположен он примерно в 50 световых годах от Земли. Астрономы решили назвать этот гигантский алмаз «Люси», в честь песни Битлз «Lucy in the Sky with Diamonds».

- За последние десять лет технология производства алмазов настолько улучшилась, что ученые могут выращивать камни, практически неотличимые от природных.