

УДК 624.131

М.В. Аленичев

НАПРАВЛЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Проанализированы причины образования потерь полезного компонента на россыпных месторождениях и приведена их классификация по геологическим, горно-технологическим и техническим признакам. Обосновано создание кластерной структуры модели россыпи и предложены аналитические зависимости для определения потерь золота с учетом содержания глинистого материала в исходных песках и коэффициента недостаточной дезинтеграции.

Ключевые слова: россыпные месторождения, классификация, технологические потери, глинистый материал.

Перерабатывающие технологии характеризуются специальными видами добычных работ (подземное выщелачивание, скважинная гидродобыча, дражная, гидравлическая и механогидравлическая разработка россыпных месторождений), при которых технологический цикл выемки продуктивной массы и её обогащения представляет собой квазинепрерывный поток. Потери полезных компонентов при применении этих технологий связаны, с одной стороны, с производством горных или иных работ (например, выщелачивание) непосредственно в забое, с другой стороны, с переработкой продуктивной толщи на промывочном (обогащительном) оборудовании. Необходимость применения на россыпных месторождениях подобных технологий обусловлена их генезисом, формированием, морфологией и структурой. Специфические условия россыпных месторождений заключаются в том, что они представляют собой скопление ценных минералов, образующих концентрацию их в рыхлой массе горной породы определенного воз-

раста и генезиса, отвечающее требованиям кондиций и горнотехническим условиям эксплуатации.

Минералы, накапливающиеся в россыпях, обладают удивительными свойствами: высокой плотностью и повышенной устойчивостью к процессу выветривания и транспортирования.

Повышению эффективности использование недр способствует внедрение наукоемких технологий, характеризующихся следующими особенностями:

- малооперационность и поточность производства;
- возможность реализации самонастраивающихся режимов;
- привлечение банка знаний о новых эффективных методах и способах добычи и переработки минерального сырья;
- внедрение инвестиционных проектов с целью приобретения и использования новых фундаментальных знаний;
- опережающее увеличение производительности труда по сравнению

с затратами на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, обеспечивающие снижение себестоимости продукции и нагрузки на окружающую среду, улучшение условий труда и повышение потребительских показателей продукции.

Для достоверной оценки качества разработки россыпи необходимы:

- учет величины потерь и разубоживания продуктивной толщи;
- отбор и сравнение между собой различных методов ведения горных работ;
- использование в процессе разработки наиболее эффективных способов разработки;
- снижение и ликвидация потерь и разубоживания путем своевременного обозначения места и причин их возникновения;
- проведение опережающей разведки;
- определение гранулометрического состава продуктивной толщи и компонентов;
- контрольное опробование технологического процесса.

Объективная оценка потерь и разубоживания может основываться на достаточно точных и достоверных результатах учета.

При использовании перерабатывающей технологии на россыпных месторождениях потери при добыче подразделяются на эксплуатационные и технологические, первые из которых имеют место непосредственно в забое, вторые — при переработке (обогащении) продуктивной массы на обогатительных установках. Анализ потерь на золотодобывающих предприятиях показывает, что технологические потери в 5—10 раз превышают эксплуатационные.

Эксплуатационные потери образуются при ведении добычных работ дражным, гидравлическим и гидромеханизированным способами и перемещении горной массы к промывочному (обогатительному) оборудованию и определяются следующими факторами:

• **геологическими** (условия залегания россыпи; изменчивость поверхности кровли и почвы продуктивной толщи; изменчивость поверхности подошвы вскрышных и добычных уступов; тип пород, слагающих продуктивную горную массу; гранулометрического состава полезного компонента и продуктивной толщи; промывистость продуктивной толщи; наличие в продуктивной толще свободной воды, способствующей разжижению горной массы и затрудняющей доставку ее механическими средствами к промывочному оборудованию);

• **горно-технологическими** (способ и технология отработки; высота недомыва подошвы добычного уступа (при гидромониторном размыве); размеры межходовых, межшаговых и в углах забоя целиков (при дражной разработке); величина потерь продуктивной массы при доставке и разгрузке черпаков (при дражной разработке); величина потерь продуктивной массы при транспортировании продуктивной массы от забоя до обогатительных установок при гидравлическом и гидромеханизированном способах разработки; шаг передвижки гидромонитора и землесосной станции первого подъема);

• **техническими** (тип и рабочие параметры основного выемочного оборудования; вид вспомогательного оборудования).

Эксплуатационные потери при проектировании и планировании дражных разработок обычно принимаются без достаточных обоснований в размере 2,5—3,5 %. Исходя из многолетнего опыта разработки и экспериментальных исследований, можно заметить, что истинные значения потерь в ряде случаев превышают плановые показатели в несколько раз. В результате снижается эффективность освоения россыпи, а государству и предприятию наносится существенный экономический ущерб.

С развитием и разработкой программного комплекса автоматизированной информационной системы «Геология» по моделированию пространственно-факторной связи геоданных целесообразно создание на этой основе модели россыпей, представляющих собой концентрацию полезных элементов в рыхлой массе горной породы. Потери, зависящие от горно-геологических условий, определяются (нормируются) на основе геоданных, получаемых из блочной модели месторождения, представленной в виде кластерной структуры. Модель отражает разновидности горной массы, гранулометрический состав полезного элемента и продуктивной толщи, содержание полезного компонента, условия залегания россыпи, поверхности раздела пустых пород и продуктивной толщи, характер и рельеф плотика.

С целью уменьшения потерь полезного компонента технология разработки россыпных месторождений предусматривает оставления «предохранительной рубашки» в кровле продуктивной толщи и производство задиры плотика, необходимость которых обусловлена изменчивостью кровли и почвы продуктивной толщи.

Увеличение мощности «предохранительной рубашки» и глубины задиры экономически нецелесообразно, поскольку это приводит к нерациональной отработке и необоснованному уменьшению содержания полезного компонента в промываемых песках.

Определение рациональной мощности «предохранительной подушки» и глубины задиры, влияющих на величину потерь и разубоживания является наиболее сложной задачей. Для решения этой задачи сотрудниками Иргиредмета предложена следующая последовательность вычислений, включающих определение [1]: стандарта изменчивости кровли и почвы пласта; показателя рациональной выемки в кровле и почве продуктивной толщи, характеризующего соотношение протяженностей границ выемки по полезному ископаемому и общей протяженности в разубоживающих породах и продуктивной толще; мощности «предохранительной рубашки» и глубины задиры плотика; мощности разубоживающих пород от оставления «предохранительной рубашки» и задиры плотика; объема потерь и разубоживания как произведения установленных мощностей по каждому забою на соответствующие площади.

Вышеуказанное решение задачи носит традиционный характер и не отвечает современным требованиям по извлечению геоданных из компьютерной модели месторождения. Безусловно, создание методики нормирования потерь и разубоживания продуктивной толщи на основе определения оптимальной мощности задиры и «предохранительной рубашки» является актуальной практической задачей.

Толщина слоя задиры в общем случае обусловлена миграцией полез-

ного компонента из продуктивной толщи в подстилающие ее породы. Строгих аналитических зависимостей для расчета толщины этого слоя не имеется, поэтому на практике ее величина принимается в интервале 0,2—0,25 мм в зависимости от сложности поверхности подошвы продуктивной толщи, типа подстилающих пород и их трещиноватости. Границу раздела продуктивной толщи и подстилающих пород можно оценить сложность аппроксимирующей ее поверхности, которая определяет величину потерь и разубоживания в зависимости от применяемого оборудования для зачистки подошвы.

Общая природная закономерность, отмечаемая на всех геологических образованиях, отражает неравномерность распределения содержания любых компонентов. Обусловлена она наличием геохимических полей и дизъюнктивных нарушений массивов, способствующих миграции рудообразующих растворов по трещинам и разрывам, приводящей к концентрации минералов и элементов. Неоднородность распределения химических элементов рассматривается на планетарном и региональном уровнях, по месторождению, рудным телам, залежам, линзам, гнездам, столбам, минеральным агрегатам и отдельным минералам.

Ретроспективный анализ геологических данных свидетельствует о ярко выраженном кластерном строении россыпных месторождений. В связи с этим ранее принятая гипотеза образования россыпей, основанная на струйчатом характере распределения полезного компонента, заменяется другой — гнездообразное concentra-

ция металла на фоне бедной металлоносности.

Весьма неравномерное распределение характерно также для алмазных россыпей, аналогичная картина распределения полезных компонентов наблюдается на коренных месторождениях рудного золота.

Обособленные в пространстве скопления минеральных компонентов по аналогии с кластерами в таксономии и распознавания образов (скопление точек, изображающих некоторые объекты) называются кластерами. Кластерное строение характерно для абсолютного большинства россыпных и рудных месторождений, когда 10—30 % и иногда до 60 % объема подсчетного блока приходится на зону скопления полезного компонента, в которой содержится более 85 % запаса металла. При этом линейные размеры изолированных кластеров (скопление кондиционных участков руд и песков) варьируют от долей до десятков метров и разделены между собой убогими песками и рудами.

Кластер, характеризующий объединение нескольких однородных элементов, рассматривается как самостоятельная единица, обладающая определенными свойствами. Объекты разных кластеров существенно отличаются. С точки зрения статистики это класс родственных элементов статистической совокупности.

Основная задача кластерного анализа заключается в разбиении заданной выборки объектов (ситуаций) на подмножества и нахождение групп схожих объектов. Решению этой задачи базируется на разработке типологии или классификации, исследо-

вании полезных концептуальных схем группирования объектов, порождении гипотез и проверке их на соответствии выделенных групп исходным данным.

В последнее время особенности и закономерности кластерной организации геологических объектов достаточно активно изучают геологи с целью совершенствования методики проведения геологоразведочных работ для последующей оценки месторождения, а также разработки методов представительного опережающего и эксплуатационного опробования. Использование закономерностей формирования в недрах дискретных скоплений минеральных компонентов в виде кластеров позволяет при моделировании месторождений повысить достоверность пространственных данных и атрибутивных признаков, характеризующих определённые свойства конкретного кластера, за счет сокращения области оценки, т.е. уменьшения неопределённости информации о недрах. Повышенная достоверность геоданных обеспечит выбор оптимальных геотехнологических схем и параметров оборудования для выемки полезного ископаемого из массива при обычной, а также режимов при физико-технических и физико-химических процессах добычи.

Моделирование отдельных участков россыпи и месторождения в целом на основе кластерной структуры позволяет разнести по отдельным конкретным слоям атрибутивные показатели, определяющие технологию разработки, режимы и оборудование для последующей переработки продуктивной толщи. Изменчивость подошвы вскрышных и добычных уступов и рельефа кровли и почвы продуктивной толщи, наличие в ней сво-

бодной воды, способствующей разжижению горной массы, затрудняющему доставку ее на обогащение механическими средствами, влияют на размеры эксплуатационных потерь. На основании гранулометрического состава полезного компонента и продуктивной толщи по участкам и месторождению, представленного в виде кривых распределения и плотности распределения в виде отдельных информационных слоев, представляется возможным провести выделение технологических блоков и оценить различные варианты перерабатывающей технологии исходя из крупности полезного элемента. Дополнительными сведениями при этом может выступать промывистость продуктивной толщи, определяющая возможность освобождения частиц полезного компонента от глинистых частиц. На основании модели, представленной в виде кластерной структуры по содержанию полезных компонентов, возможно планирование порядка развития горных работ, исключающего выборочную (хищническую) отработку месторождения.

Технологические потери полезного компонента на промывочном (обогащительном) оборудовании зависят от большого числа факторов: типа и конструкции; водонаполнения шлюза, удельной нагрузки, продольного уклона промывочного аппарата, скорости потока, соотношения $J : T$, равномерности подачи материала; гранулометрического, петрографического и минералогического состава продуктивной толщи; степени дезинтеграции продуктивной массы и ситовой характеристики (гранулометрического состава) содержащихся полезных компонентов; соотношения скоростей передвижения в потоке полезного

компонента и частиц породы различной крупности; формы зерен полезного компонента, коэффициентов трения скольжения и качения полезного компонента и частиц породы различных размеров и формы в воде по дереву, железу и резине при различной скорости потока пульпы на уровне частиц; промывистости продуктивной массы, зависящей от содержания глинистых фракций, обволакивающих полезный компонент; продолжительности уплотнения постели шлюза, наличия тяжелых минералов (гематита, магнетита и др.), препятствующих выносу обломков более легких пород; крупности материала, размеров отверстий и площади перфорации решет грохота; режима потока пульпы на шлюзах по глубине, скорости движения пульпы и её консистенции в зависимости от угла наклона шлюзов; частоты сполоска шлюзов, загрязненности оборотной воды, влияющей на процесс улавливания полезных компонентов.

Как показывает практика и исследования, проведенные в «Иргиредмет», оптимизация режимов работы шлюзов может сократить потери золота в хвостах в 1,5—2,0 раза. В общем случае технологические потери зависят от крупности металла и улавливающей способности применяемых промывочных установок. Следует отметить, что достаточно надежной теории работы шлюзов как процесса разделения в возмущенной постели в настоящее время не имеется. Отсутствие математического описания процесса извлечения полезных компонентов на шлюзах не позволяет достаточно объективно устанавливать величину технологических потерь. Процесс обогащения на шлюзах, с использованием которых в последнее

время извлекается до 50% золота, можно разделить на следующие стадии [2]: 1) выпадение из потока и осаждение на шлюзе мелкого песка, содержащего металл, и вынос водой более крупной гали, валунов и мельчайших частиц (шлама), находящихся во взвешенном состоянии; 2) накопление в углублениях трафаретов осевших песков; 3) разрыхление в углублениях трафаретов осевших песков под действием турбулентного потока; 4) образование в углублениях трафаретов из тяжелых минералов слоя первичной концентрации, препятствующего проникновению частиц легких минералов.

Несмотря на широкое применения шлюзов количественных показателей их работы очень мало. Детальные исследования по выявлению зависимости извлечения золота от скорости потока на шлюзе, выполненные в Иргиредмете, позволили сделать следующие практические выводы:

- обогащение на шлюзе необходимо вести при минимально возможной скорости потока, обеспечивающей надежную транспортировку породы по шлюзу без его эфеления;
- наиболее эффективным способом повышения извлечения золота является уменьшение скорости потока за счет снижения максимальной крупности обогащаемого материала.

На шлюзах промывочных установок с гидроэлеваторной и землесосной подачей песков возможны потери золота из-за длительной подачи воды без нагрузки, что приводит к размыву концентрата и большой вероятности выноса мелкого золота особенно на шлюзах мелкого наполнения. Неотъемлемые условия эффективной работы шлюзов является выбор оптимальных углов его продоль-

ного наклона и ввода пульповода в головную часть шлюза, снижающего скорость вытекания пульпы. Нормализация скорости потока наблюдается после первого-второго его звена, что соответственно уменьшает эффективную рабочую длину шлюза.

На величину потерь влияют конструкция применяемых шлюзов и их состояние, степень дезинтегрированности продуктовой массы, загрязненность воды, поступающей на шлюз. По данным Иргиредмета, увеличение потерь золота на 10% отмечается при содержании глинистых частиц более 50—100 мг/л.

Задача расчета параметров шлюза (длины, ширины, угла продольного наклона) не имеет однозначного аналитического решения. В общем случае при уменьшении длины шлюза сокращается количество осаждаемого на нем полезного элемента и, наоборот, с увеличением длины шлюза наблюдается уменьшение потерь. Увеличение длины шлюза связано с ростом его массы и затрат на изготовление и обслуживание.

Для обогащения мелкого и весьма мелкого золота применяют винтовые сепараторы, отсадочные машин, концентраторы, центробежные концентраторы, центробежно-отсадочные машин (ЦОМ), центробежно-сегрегационные сепараторы (ЦСС), шлюзы мелкого наполнения длиной 4—9 м, для среднего (Ме 1—2 мм) и крупного (Ме > 2 мм) золота — шлюзы глубокого наполнения длиной соответственно 20—27 м и 12—15 м [1—9, 11—17].

Технологические потери в значительной мере связаны с дезинтеграцией глинистого материала продуктивной толщи [10]. Эффективность

дезинтеграции зависит от содержания глинистого материала в исходных песках и технологических параметров процесса обогащения (удельного расхода воды, интенсивности механического воздействия, времени дезинтеграции и других показателей технологии обогащения).

Для полного извлечения полезного элемента целесообразно дезинтеграция производится до полного высвобождения частиц полезного минерала (золота, платины, олова) от глинистого материала. Степень дезинтеграции характеризуется разделением глинистого материала до крупности частиц извлекаемого материала и определяется следующим соотношением:

$$\varepsilon_i = \frac{G_i}{G_0},$$

где ε_i — степень дезинтеграции глинистого материала до d_i -й крупности, доля ед.;

G_0 — общее количество глинистого материала в исходных песках, кг/м³;

G_i — количество глинистого материала, разделенного до d_i -й крупности, кг/м³.

Степень дезинтеграции глинистого материала в зависимости от содержания частиц крупностью 0,1 мм рассчитывается по формуле [18, 19]:

$$\varepsilon_i = \frac{d_i}{d_i + 0,001D_{0,1}}, \quad (1)$$

где $D_{0,1}$ — содержание глинистого материала крупностью менее 0,1 мм в исходных песках, %;

d_i — крупность, до которой продезинтегрирован глинистый материал, мм.

За крупность фракции принимается верхний предел фракции — размер верхнего сита. Для стандартного набора сит принято [11]: — 0,1; 0,25;

Параметры для расчета коэффициента потерь по формуле (3)

Оборудование и режим обогащения	Параметры		Расчетные формулы
	b	n	
Обогащение – на шлюзах глубокого наполнения песков крупностью < 50 мм,	4,4	1,37	$K_{ni}^{ШГН} = \exp(-4,4d_i^{1,37})$
– на шлюзах мелкого наполнения песков крупностью < 20 мм.	3,6	1,0	$K_{ni}^{ШМН} = \exp(-3,6d_i)$
Прямая отсадка песков крупностью < 20 мм	5,0	0,77	$K_{ni}^{О.М} = \exp(-5,0d_i^{0,77})$

0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0 мм. На практике используются также размеры сит 0,043; 0,074; 0,315 мм и др. [12].

Количество глинистого материала, не размытого до d_i -й крупности, учитывается коэффициентом недостаточной дезинтеграции, доли ед. [19]:

$$r_i = 1 - \varepsilon_i = \frac{0,001D_{0,1}}{d_i + 0,001D_{0,1}}.$$

Расчет потерь металла с непродезинтегрированной частью глинистого материала P_D (%) проводится в порядке увеличения крупности фракции золота ($d_{i1} < d_{i2} < \dots < d_{im}$) [18]:

$$\begin{aligned} P_{Di1} &= 0,001D_{0,1} r_{i1} C_{i1}; \\ P_{Di2} &= 0,001D_{0,1} r_{i1} r_{i2} C_{i2}; \\ P_{Dim} &= 0,001D_{0,1} r_{i1} r_{i2} \dots r_{im} C_{im}; \\ P_D &= \sum_{i=1}^m P_{Di}. \end{aligned} \quad (2)$$

где P_{Di} — величина потерь с непродезинтегрированной частью глинистого материала по фракциям крупности золота, %;

$C_{i1}, C_{i2} \dots C_{im}$ — содержание золота по фракциям крупности, %.

Технологические потери, обусловленные несоответствием режима обогащения крупности золота, представлены в виде таблиц и графиков

[4, 10, 13—16]. Проведенные исследования позволили установить аналитические зависимости потерь золота от его крупности [18]:

$$K_{ni} = \exp(b \cdot d_i^n), \quad (3)$$

где K_{ni} — коэффициент потерь золота i -й фракции, доли ед.;

d_i — крупность частиц или фракции золота, принимается так же, как и крупность глинистого материала в формуле (1), мм;

b, n — параметры из таблицы.

Учет кластерной структуры распределения полезных компонентов при моделировании месторождений позволит повысить достоверность пространственных данных и атрибутивных признаков за счет сокращения области оценки, т.е. уменьшения неопределенности информации о недрах. Повышенная достоверность геоданных обеспечит выбор оптимальных параметров технологии и оборудования для выемки полезного ископаемого из массива при обычной геотехнологии, а также режимов физико-технических и физико-химических процессов добычи.

Моделирование отдельных участков россыпи и месторождения в целом на основе кластерной структуры позволяет разнести по отдельным

конкретным слоям пространственные и атрибутивные показатели, определяющие технологию разработки, режимы и оборудование для последующей переработки продуктивной толщи.

Манипулирование геоданными, полученными предыдущими исследователями [20—27], обеспечивает оценку эксплуатационных потерь полезного компонента на стадии выемки горной массы из забоя с учетом содержания полезных компонентов, изменчивости поверхностей раздела вмещающих пород и продуктивной массы, сложности залегания полезного ископаемого, обводненности горной массы и других факторов на основе модели

месторождения, представленной в кластерной форме в виде информационных слоев.

При расчете технологических потерь крупного, среднего и мелкого золота манипулирование геоданными сводится к трансформации, извлечению и вычислению из кластерной модели месторождения кривых распределения и плотностей вероятности гранулометрического состава полезного элемента и продуктивной толщи, хранимых в информационных слоях, и использованию коррелируемых показателей, характеризующих заданную степень и коэффициент недостаточной дезинтеграции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чемезов В.В., В.Л. Коврыжников. Методика нормирования потерь и разубоживания песков при задирке плотика и оставлении «предохранительной рубашки». Инф-рекл. бюлл. «Золотодобыча», — Иргиредмет. — Февраль, № 123, 2009. — С. 39—43.
2. Замятин О.В. Обогащение золотосодержащих песков на шлюзах [текст] / Замятин О.В., Кавчик Б.К. — Инф-рекл. бюлл. «Золотодобыча». — Иргиредмет. — Март, № 76, 2005. — С. 6—11.
3. Замятин О.В. Обогащение золотосодержащих песков на шлюзах [текст] / О.В. Замятин, Б.К. Кавчик. Инф-рекл. бюлл. «Золотодобыча». — Иргиредмет. № 77, 2005. — С. 10—14.
4. Замятин О.В. Расчет потерь золота при обогащении песков и выбор оптимального обогатительного оборудования [текст] / О.В. Замятин, Б.К. Кавчик. — Инф-рекл. бюлл. «Золотодобыча». — Иргиредмет. — Май, № 42, 2002. — С. 7—11.
5. В.В. Невский. Обогащение россыпей — М.: Металлургиздат. — 1947. — 335 с.
6. Маньков В.М., Замятин О.В., В.С. Томин. Извлечение мелкого золота из песков россыпных месторождений. Техника и технология для извлечения мелкого самородного золота. Материалы международной школы-семинара. Иркутск, Иргиредмет, 1996, с. 10—30.
7. Замятин О.В., Маньков В.М., Крехов А.В. и др. Применение развитой технологии для извлечения мелкого золота из песков россыпных месторождений. Добыча и переработка золото- и алмазосодержащего сырья. Сб. науч. трудов. Иркутск, Иргиредмет, 2001, — с. 302—314.
8. Замятин О.В. Зависимость извлечения зерен тяжелых минералов от длины шлюзов. — Цветные металлы. — № 6, 1973. — с. 37 — 40.
9. Обогащение золотосодержащих песков на шлюзах. Основные закономерности и технологические возможности процесса. Анализ, добыча и переработка полезных ископаемых. Сб. науч. трудов Иркутск, Иргиредмет, 1998, — с. 108—120.
10. Замятин О.В. Технологическая эффективность отсадочной технологии обогащения золотосодержащих песков [текст] / О.В. Замятин, В.М. Маньков, В.С. Томин // Цветные металлы. — 1991. — № 11. — С. 64—66.
11. Ломтадзе В.Д. Физико-механические свойства горных пород. Методы лаборатор-

ных ис следований. — Л.: Недра, 1990. — 328 с.

12. Замятин О.В. Обогащение золотосодержащих песков и конгломератов [текст] / О.В. Замятин, Маньков В.М. и др. — М. Недра, 1975. — 264 с.

13. Практическое руководство по эксплуатации промывочных установок и шлихообогатительных фабрик. — Магадан: Гл. упр. драгмет. и алмазов при СМ СССР, ПО «СВЗ», ВНИИ-1, 1990.

14. Замятин О.В. Применение отсадочной технологии обогащения золотосодержащих песков на драгах [текст] / О.В. Замятин, В.М. Маньков // Горн. журн. — 2003. — № 12. — С. 65—68.

15. Замятин О.В. Современные технологии обогащения золотосодержащих песков россыпных месторождений [текст] // О.В. Замятин, В.М. Маньков // Горн. журн. — 2001. № 5. — С. 45—48.

16. Костромин Н.С. Обогащение золотосодержащих песков на шлюзах промприборов и драг. Колыма. — 1993. — № 2. — С. 22 — 25.

17. Справочник по разработке россыпей. — М.: Недра. 1973. — С. 478 — 479.

18. Багазеев В.К. Расчет технологических потерь при промывке золотоносных песков [текст] / Багазеев В.К., Валиев Н.Г., Аленичев М.В. — Горный журнал. Известия вузов, — № 6, 1998. — С. 66 — 70.

19. Аленичев М.В. Обоснование потерь песков при открытой разработке россыпных месторождений [текст] / Аленичев М.В., Валиев Н.Г. Международный научно-промышленный симпозиум «Уральская школа» — регионам, 21—28 апреля 2009. — г. Екатеринбург. — С. 44—46.

20. Практическое руководство по эксплуатации промывочных установок и шлихо-

обогатительных фабрик. — Магадан: ВНИИ-1, 1975. — С. 14, 37.

21. Методические указания по нормированию, определению и учету потерь и разубоживанию золотосодержащей руды (песков) при добыче. Иркутск. ОАО «Иргиредмет», 1994, 265 с.

22. Леонтьев А.А., Костромин М.В., Якимов А.А. Обоснование технологии переработки эфельных отвалов гидромеханизированной разработки глубокозалегающих россыпей [текст] // Леонтьев А.А., Костромин М.В., Якимов А.А. // Маркшейдерия и недропользование № 3 (47), май—июнь 2010. — С. 5—6.

23. Замятин О.В. Применение отсадочной технологии обогащения золотосодержащих песков на драгах [текст] // Замятин О.В., Маньков В.М. // — Горн. журн. — 2003. — № 12. — С. 65—68.

24. Козловский В.Т. Применение отсадочной технологии обогащения песков на ГОКе «Алданзолото» [текст] // Козловский В.Т., Ушаков В.И. и др. // — Колыма, 1990. — № 10. — С. 11—13.

25. Замятин О.В. Опыт эксплуатации драг ИЗТМ с отсадочными машинами [текст] // Замятин О.В., Чугунов А.Д., Соломин К.В. // Цветная металлургия: Бюл. — 1975. — № 15. — с. 6—9.

26. Маньков В.М. Опыт применения отсадочных машин для обогащения золотосодержащих песков на драгах [текст] // Маньков В.М., Воронцов Г.Н., Мельникова В.Н. // Технология добычи и обогащения песков россып. местный: Сб. научн. тр. — Иркутск. — 1978. — № 33. — С. 23—25.

27. Митин Л.А. Интенсификация процесса отсадки для повышения извлечения мелкого и тонкого золота из песков россып. местный [текст] // Обогащение руд. — 2002. — № 4. — С. 31—42. **ПИСЬ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Аленичев М.В. — аспирант, Уральский государственный горный университет, научный сотрудник ИГД УрО РАН, direct@igd.uran.ru

