



А.А. Садыков
Московский политехнический университет¹
ассистент
artur.aleksovich@gmail.com

Параметры процесса гидромониторного размыва, исключяющие дробление янтаря на карьере Калининградского янтарного комбината

¹Россия, 117312, Москва, проспект им. 60-летия Октября д. 11.

Применяемая в настоящее время промышленная гидромеханизированная технология добычи янтаря, которая много лет реализуется на карьере Калининградского янтарного комбината, высоконапорными струями производит дробление наиболее ценных крупных кусков янтаря. Предлагается установить баланс параметров применяемого оборудования и прочностных свойств янтароносной породы («голубой земли»), который исключает дробление янтаря. Установлены графические зависимости изменения осевого динамического давления гидромониторных струй от величины рабочего напора воды перед насадкой гидромонитора, её диаметра и расстояния от гидромонитора до забоя. Определен диапазон изменения расстояния от гидромонитора до забоя, при котором эффективно разрабатывается «голубая земля» и исключается дробление янтаря

Ключевые слова: гидромеханизированная технология добычи янтаря; осевое динамическое давление гидромониторных струй; напор воды перед насадкой гидромонитора; диаметр насадки; расстояние от гидромонитора до забоя; баланс параметров гидромониторного размыва и прочностных свойств «голубой земли», исключаящий дробление янтаря

Применяемая в настоящее время промышленная гидромеханизованная технология добычи янтаря, которая много лет реализуется на карьере Калининградского янтарного комбината, имеет свою специфику [1] – необходимо эффективно производить разработку янтароносной породы (так называемой «голубой земли») высоконапорными струями, но исключить при этом дробление наиболее ценных крупных кусков янтаря (рис. 1).

На рис. 2 представлены фотографии наиболее крупных, уникальных кусков янтаря. Их цена нередко превышает один миллион рублей, но в результате дробления стоимость сокращается в несколько раз.

Необходимо установить баланс параметров применяемого оборудования и прочностных свойств разрабатываемых пород, который исключает дробление янтаря.

Анализ факторов, определяющих эффективность технологических процессов и операций при работе гидромонитора на добыче янтаря, позволил выбрать те из них, которыми можно регулировать главные показатели работы, определить их зависимость от горнотехнических условий и типа (характеристики) применяемого оборудования и обеспечить их баланс при добыче янтаря.

Основными физико-механическими свойствами горных пород, которые определяют интенсивность их размыва гидромониторной струей, являются: плотность, прочность, коэффициент сцепления, угол внутреннего трения, пластичность, гранулометрический состав, пористость, характер трещиноватости, влажность и коэффициент фильтрации.

Наибольшее влияние на эффективность работы гидромониторов оказывают гидродинамические характеристики струи, которые во

Рис. 1.
Гидромеханизованная технология добычи янтаря. Карьер Калининградского янтарного комбината





Рис. 2. Крупные, уникальные куски янтаря, потерявшие свою ценность в результате дробления при добыче

многим зависят от ее параметров на выходе из насадки. При этом качество гидромониторной струи определяется ее компактностью, которая, в свою очередь, оценивается такими гидродинамическими параметрами, как диаметр струи, осевое динамическое давление, сила удара о преграду и среднее удельное давление на забой.

Все эти параметры в той или иной степени влияют на эффективность разработки пород гидромониторами, т.е. на его производительность по твердому (по породе) и удельный расход воды.

Главным гидродинамическим параметром струи гидромонитора, определяющим ее разрушающую способность, является осевое динамическое давление p_m . На основании проведенных ранее исследований [2, 3, 4, 5, 6] было установлено, что величина осевого динамического давления, прежде всего, зависит от длины начального участка струи, который в свою очередь определяется параметрами: рабочим напором воды перед насадкой гидромонитора – H_n , её диаметром – d_n и расстоянием от насадки гидромонитора до забоя – l . При этом косвенно будут учитываться и некоторые горнотехнические факторы.

Величина l – расстояние от насадки гидромонитора до забоя (проще – от гидромонитора до забоя), пожалуй, является наиболее удобным параметром, который позволяет управлять величиной осевого динамического давления для обеспечения искомого баланса параметров применяемого оборудования и прочностных свойств разрабатываемых пород, при котором эффективно высоконапорными струями размывается «голубая земля», но исключается дробление наиболее ценных крупных кусков янтаря. Минимальная величина расстояние от гидромонитора до забоя определяется условиями безопасности:

$$l_{\min} = \varepsilon \cdot H_n, \text{ м}, \quad (1)$$

максимальное расстояние определяется эффективностью размыва:

$$l_{\max} = l_{\text{раб}}, \quad (2)$$

где ε – коэффициент приближения гидромонитора к забоя; H_n – высота разрабатываемого уступа (м), $l_{\text{раб}}$ – рабочий участок струи гидромонитора (м).

В результате были установлены графические зависимости изменения осевого динамического давления гидромониторных струй от величины рабочего напора воды перед насадкой гидромонитора, её диаметра и расстояния от гидромонитора до забоя, которые позволяют эффективно разрабатывать полезное ископаемое («голубую землю») и исключают дробление янтаря. На **рис. 3** представлен расчет величины осевых динамических давлений гидромониторных струй в зависимости от расстояния гидромонитора до забоя при различных значениях напора перед насадкой и её диаметра, при применении гидромонитора ГМД-250М.

Согласно логике исследования, необходимо обеспечить специфические требования добычи янтаря, т.е. определить такие параметры гидромониторного размыва, которые позволяют эффективно разрабатывать полезное ископаемое, но не дробить янтарь.

Исследованиями [7] установлено, что разрушение пород при их гидромониторном размыве происходит при условии:

$$p_m = (0,5 \div 1,2) \cdot Z_{\text{ск}}, \text{ кгс/см}^2, \quad (3)$$

где $Z_{\text{ск}}$ – временное сопротивление сжатию, кгс/см².

В работах [8, 9] для натурального янтаря приведен диапазон изменения величины $Z_{\text{ск}}$ – от 17,66 до 38,40 кг/мм². С целью гарантиро-

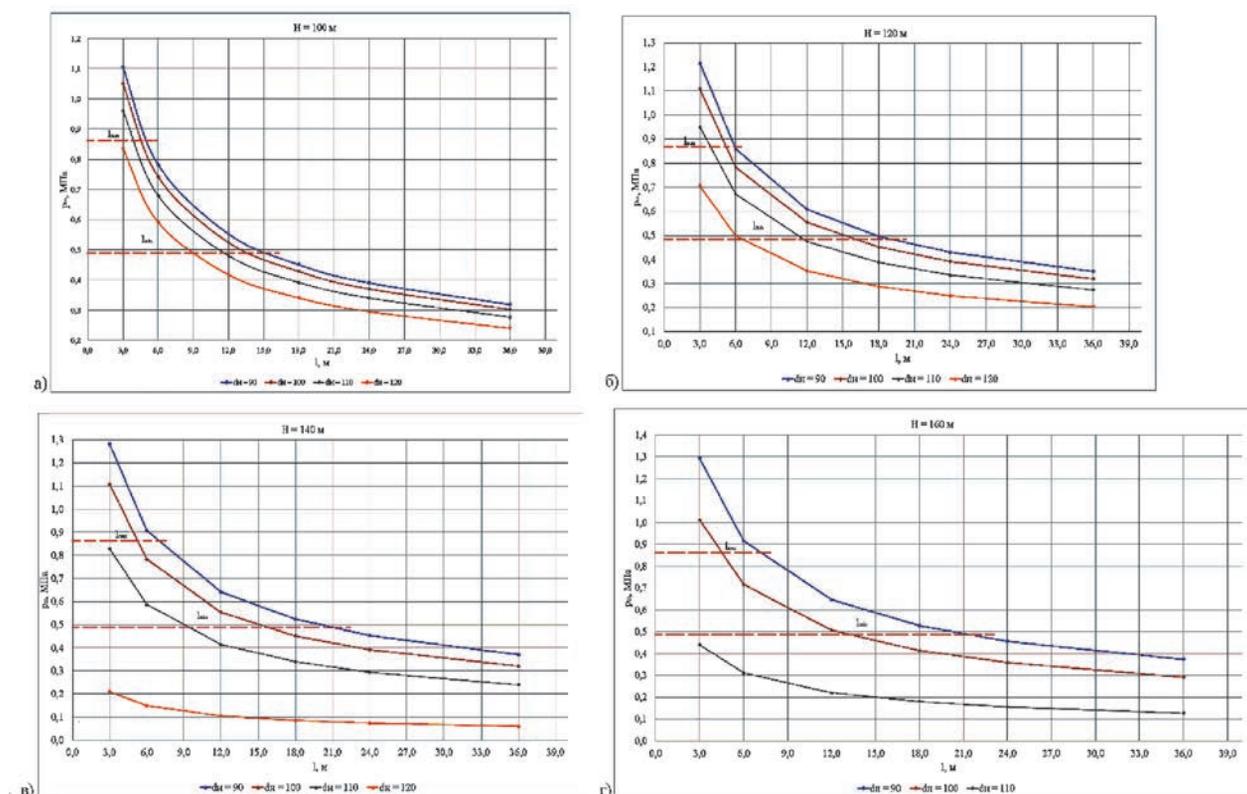


Рис. 3.

Графики изменения величины осевых динамических давлений гидромониторных струй в зависимости от расстояния гидромонитора ГМД-250М до забоя: а) $H_H = 100$ м; $d_n = 90, 100, 110, 120$ мм; б) $H_H = 120$ м; $d_n = 90, 100, 110, 120$ мм; в) $H_H = 140$ м; $d_n = 90, 100, 110, 120$ мм; г) $H_H = 160$ м; $d_n = 90, 100, 110$ мм

ванного исключения разрушения кусков янтаря при размыве принимаем меньшее значение «абсолютной» величины твердости, т.е. $17,66 \text{ кг/мм}^2 = 1,732 \text{ МПа}$. Подставив численное значение этой величины в зависимость (3), получим величину максимально (предельно допустимого) осевого динамического давления, при котором исключается возможность разрушения кусков янтаря:

$$p_{m \max} = (0,5) \cdot 1,732 = 0,866 \text{ МПа} \quad (4)$$

В работе [15] приведена единая классификация горных пород, по которой «голубая земля») может быть отнесена к породам второй категории. При этом следует учитывать, что при предварительном механическом рыхлении пород перед размывом их категория снижается на единицу, следовательно, в нашем случае величина временного сопротивления разрушению «голубой земли») составляет 10 кг/см^2 (0,981 МПа). Таким образом, подставив численное значение этой величины в зависимость (3), мы получим величину минимально допустимого осевого динамического давления $p_{m \min}$, при котором достигается нормативная эффективность размыва массива горных пород:

$$p_{m \min} = (0,5) \cdot 0,981 = 0,491 \text{ МПа} \quad (5)$$

Нанесем установленные значения величины $p_{m \min}$ и $p_{m \max}$ на графики в виде горизонтальных линий (рис. 3). В результате их пересечения с графическими зависимостями изменения осевого динамического давления гидромониторных струй становится возможным установить диапазон изменения расстояния от гидромонитора до забоя, при котором обеспечивается искомый баланс параметров для работы гидромонитора ГМД-250М в случае разработки навала разрыхленных пород. Например, при работе гидромонитора ГМД-250М с напором воды $H_H = 100$ м и насадкой $d_n = 100$ мм, диапазон изменения величины расстояния от гидромонитора до забоя, при котором эффективно размывается «голубая земля», но исключается дробление наиболее ценных крупных кусков янтаря, составляет $l_{\min} = 4,5$ м, $l_{\max} = 13,5$ м. Таким же способом можно установить диапазон изменения величины расстояния от гидромонитора до забоя, который позволяет эффективно разрабатывать полезное ископаемое, но не дробить янтарь для других параметров: типов гидромониторов, величины рабочего напора воды перед насадкой гидромонитора и её диаметра. III

Литература

1. Кононенко Е.А., Садыков А.А. Гидромеханизированная технология на карьере Калининградского янтарного комбината // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 11. С. 105–113.
2. Алексеев А.Д. Определение производительности гидромонитора и расхода воды при разработке россыпных месторождений гидравлическим способом // Труды ЦНИГРИ, 1962. Выпуск 47.
3. Кузьмич И.А., Гольдин Ю.А., Тимме А.А. Способы разрушения и выемки угля тонкими струями воды различных параметров. М. 1970. С. 104.
4. Ку克林 И.С., Штукатуров К.М. Новое в методах изучения структуры гидромониторных струй // Труды ИГД УФ СССР. 1962. № 3. С. 53–61.
5. Лешков В.Г. Разработка россыпных месторождений. М.: Горная книга. 2007. С. 906.
6. Шавловский С.С. Основы динамики струй при разрушении горного массива. М.: Наука. 1979. С. 173.
7. Мерзляков В.Г., Бафталовский В.Е. Физико-технические основы гидроструйных технологий в горном производстве. М.: ННЦГП-ИГД. 2004. С. 645.
8. Сребродольский Б.И. Янтарь. М.: Наука. 1984. С. 112.
9. Мошков Н.Н. Исцеляющее тепло янтаря (история, медицина, косметология). Калининград. 2006. С. 151.
10. Единые нормы выработки (времени) на разработку россыпных месторождений открытым способом (МЦМ СССР). Магадан. 1981. С. 300.

UDC 622.271.3

A.A. Sadykov, assistant, Moscow Polytechnic University¹, artur.aleksovich@gmail.com

¹11 Avenue of the 60th anniversary of October, Moscow, 117312, Russia.

Parameters of hydraulic mining excluding a possibility of amber crushing in the Kaliningrad Amber Combine quarry

Abstract. The currently used industrial technology of hydraulic mining, which was implemented in the Kaliningrad Amber Combine quarry many years ago causes crushing of the most valuable large pieces of amber with high-pressure jets. It is proposed to set the balance between the parameters of the equipment used and the strength properties of the amber-bearing rock ("blue earth") to eliminate crushing of amber. Curves of variations of axial dynamic pressure of monitor washing jet as a function of water operating pressure head before the jet nozzle, its size and distance between the monitor and quarry face were built. The range of variation of distance between the monitor and quarry face is determined, at which the "blue earth" is effectively mined and the amber crushing is excluded.

Keywords: technology of amber hydraulic mining; axial dynamic pressure of monitor washing jet; water operating pressure head before the jet nozzle; nozzle size; distance between hydraulic monitor and quarry face; balance between parameters of monitor washing and strength properties of "blue earth" that eliminates crushing of amber

References

1. Kononenko E.A., Sadykov A.A. *Gidromekhanizirovannaya tekhnologiya na kar'ere Kaliningradskogo iantarnogo kombinata* [Hydromechanized technology in the quarry of the Kaliningrad Amber Plant]. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy biulleten'* [Mountain News and Analysis Bulletin], 2015, no. 11, pp. 105–113.
2. Alekseev A.D. *Opredelenie proizvoditel'nosti gidromonitora i raskhoda vody pri razrabotke rossypnykh mestorozhdenii gidravlicheskim sposobom* [Determination of hydraulic monitor performance and water flow when developing placer deposits hydraulically]. *Trudy TsNIGRI* [Proceedings TsNIGRI], 1962, issue 47.
3. Kuz'mich I.A., Gol'din Yu.A., Timme A.A. *Sposoby razrusheniya i vyemki uglia tonkimi struiami vody razlichnykh parametrov* [Methods for the destruction and removal of coal by thin jets of water of various parameters]. Moscow, 1970, p. 104.
4. Kuklin I.S., Shtukaturov K.M. *Novoe v metodakh izucheniya struktury gidromonitornykh strui* [New in methods for studying the structure of jet jets]. *Trudy IGD UF SSSR* [Proceedings of the IGD UV USSR], 1962, no. 3, pp. 53–61.
5. Leshkov V.G. *Razrabotka rossypnykh mestorozhdenii* [Placer mining]. Moscow, Gornaia kniga Publ., 2007, p. 906.
6. Shavlovskii S.S. *Osnovy dinamiki strui pri razrushenii gornogo massiva* [The basics of jet dynamics in the destruction of a rock mass]. Moscow, Nauka Publ., 1979, p. 173.
7. Merzlyakov V.G., Baftalovskii V.E. *Fiziko-tekhnicheskie osnovy gidrostruinykh tekhnologii v gornom proizvodstve* [Physicotechnical fundamentals of hydro-jet technologies in mining]. Moscow, NNTsGP-IGD Publ., 2004, p. 645.
8. Srebrodol'skii B.I. *Iantar'* [Amber]. Moscow, Nauka Publ., 1984, p. 112.
9. Moshkov N.N. *Istseliayushchee teplo iantaria (istoriya, meditsina, kosmetologiya)* [The healing heat of amber (history, medicine, cosmetology)]. Kaliningrad, 2006, p. 151.
10. *Edinye normy vyrabotki (vremeni) na razrabotku rossypnykh mestorozhdenii otкрытым sposobom (MTsM SSSR)* [Unified norms of production (time) for the development of alluvial deposits in the open pit (MPM USSR)]. Magadan, 1981, p. 300.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ
АГЕНТСТВО
ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ



В соответствии с приказом № 123 от 05.04.2019 года Федерального агентства по недропользованию

25–27 сентября 2019 года

в актовом зале Министерства природных ресурсов и экологии

(Москва, Большая Грузинская, 4/6)

ЦКР-ТПИ Роснедр при поддержке ФБУ «ГКЗ»

проводит ежегодный объединенный семинар

«Совершенствование государственной экспертизы запасов и согласования технических проектов разработки месторождений ТПИ»

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ОПЕРАТОР КОНФЕРЕНЦИИ:
АООН -НАЭН-



ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

1 и 2 день:

– Пленарные заседания

3 день:

– Профессиональная переподготовка и повышение квалификации специалистов горнодобывающего сектора

– Посещение Центра стратегического менеджмента и конъюнктуры сырьевых рынков Горного института НИТУ МИСиС

Основные темы семинара:

- Ключевые вопросы государственной экспертизы запасов и согласования технических проектов разработки месторождений ТПИ
- Вопросы электронного взаимодействия недропользователей и органов управления фондом недр
- Применение технологий искусственного интеллекта при государственной экспертизе проектной документации
- Влияние полного технологического цикла добычных работ на величину НДПИ
- Электронная экспертиза проектов – перспективы
- Совместимость с международными стандартами и значимость проекта новой Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых ТПИ
- Некоторые особенности обоснования районных и индивидуальных кондиций для подсчета запасов россыпных месторождений
- Технико-экономическое обоснование кондиций и государственная экспертиза запасов твердых полезных ископаемых (механизмы экспертизы, основные ошибки выбора обоснования кондиций для подсчета запасов угля)
- Об изменениях порядка проведения экспертизы проектной документации и правил подготовки проектной документации на проведение геологического изучения недр и разведки месторождений полезных ископаемых

По всем вопросам участия в семинаре обращаться

к Анне Токаревой (+7 (926) 543-89-98, tokareva@naen.ru)

Екатерине Бойковой (+ 7 (916) 511-69-29, boykova@naen.ru).

Более подробная информация на сайтах: www.gkz-rf.ru и www.naen.ru