

УДК 622.232.5:622.2

Надутый В.П., д-р техн. наук, профессор
(ИГТМ НАН Украины),

Маланчук Е.З., д-р техн. наук, доцент,

Корниенко В.Я., канд. техн. наук, доцент,

Маланчук З.Р., д-р техн. наук, профессор

(Национальный университет водного

хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина)

ОБОСНОВАНИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ ЯНТАРЯ

Надутьий В.П., д-р техн. наук, професор
(ИГТМ НАН України),

Маланчук Є.З., д-р техн. наук, доцент,

Корнієнко В.Я., канд. техн. наук, доцент,

Маланчук З.Р., д-р техн. наук, професор

(Національний університет водного

господарства та природокористування, м. Рівне, Україна)

ОБГРУНТУВАННЯ НОВИХ МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ

Naduty V.P., D.Sc. (Tech.), Professor
(IGTM NAS of Ukraine),

Malanchuk Ye.Z., D.Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

Korniienko V.Ya., Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof.,

Malanchuk Z.R., D.Sc. (Tech.), Professor

(National University of Water Management

and Nature Resources Use, Rivne, Ukraine)

JUSTIFICATION OF NEW METHODS FOR IMPROVED EXTRACTION OF AMBER

Аннотация. В работе рассмотрены методы добычи янтаря из песчаной массы карьера или скважины, особенность процесса течения струи гидромонитора при гидромеханической добыче в процессе разработки водонасыщенных песчаных пород с учетом возбуждения их массива вибрационным способом и подачей воды в массив. При использовании гидравлического способа добычи янтаря из песчаных месторождений с помощью гидромонитора анализировалось влияние силы удара струи на процесс. Рассмотрены и предложены методы расчета производительности процессов при гидравлическом и гидромеханическом способах добычи янтаря, а также параметры гидротранспортирования закладочного материала в выработанное пространство выемочных камер. Предложенные методы позволяют интенсифицировать добычу янтаря, а представленные зависимости – выбирать параметры технологии и оборудования.

Ключевые слова: янтарь, гидромеханический способ, гидравлический способ, методика.

Введение. Экспериментальные исследования по добыче янтаря гидромеханическим способом позволили объединить и систематизировать научные теоретические наработки и предложить методику подъема янтаря на поверхность песчаного месторождения.

Системный подход позволяет рассматривать объект как систему, состоящую из многих элементов, объединенных между собой внутренними связями, и является методологическим принципом научного анализа.

Во многих исследованиях данные процессы рассматриваются в статике и не дают полной картины процессов, происходящих в системе. Поэтому необходимы исследования, отражающие не только физическую сущность процессов и явлений, протекающих в элементах систем, но имеющие целостную направленность, связанную с выявлением механизма образования потерь полезного компонента в динамике и развитием элементов системы [1].

Обоснование и выбор рациональных систем разработок является обычно логическим завершением анализа и базируется на основных положениях технико-экономической оценки извлечения полезных ископаемых из недр.

В основу известных методик расчета затопленной гидромониторной струи положены результаты теоретических и экспериментальных исследований особенностей течения струи скважинного гидромонитора.

Гидромеханическая добыча применяется для разработки песчаных, в основном, водонасыщенных, пород, прочность которых характеризуется сопротивлением сдвига

$$\tau_s = c_0 + \sigma_e \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

где c_0 и $\operatorname{tg} \varphi$ – удельное сцепление и коэффициент внутреннего трения породы; σ_e – эффективное напряжение; $\sigma_e = \sigma - p_2$; σ – нормальная геостатическая нагрузка на породу; p_2 – поровое давление (давление в свободной воде, помещается в порах породы).

Разрушение водонасыщенной песчаной породы происходит под влиянием на нее удельной силы, что превышает величину сопротивления сдвигу, то есть

$$P_y \geq \tau_s \quad (2)$$

где P_y – удельная сила удара.

При применении гидромеханического способа добычи [2], в котором происходит возбуждение массива вибрационным способом и подача в массив грунта воды или воды и воздуха, необходимо определить расходы воды и воздуха [3], а именно:

- расход воды

$$Q_{pв} = \frac{ABv}{1+e} \left(\frac{[\rho_{ск}(1+W) - \rho_p(1+e)]}{\rho_p - \rho_в} \right), \quad (3)$$

где ρ_p – плотность рабочей среды; $\rho_{ск}$ – плотность скелета грунта; $\rho_в$ – плотность воды; e – коэффициент пористости; v – скорость процесса добычи; W – влажность среды; AB – рабочая площадь.

- расход воздуха

$$Q_{нов} = \frac{n_1 ABv(\rho_в - \rho_p) + \frac{ABv}{1+e} [\rho_{ск}(1+W) - \rho_p(1+e)]}{\rho_p}, \quad (4)$$

где n_1 – пористость среды в естественном состоянии.

При использовании гидравлического способа добычи из песчаных месторождений [4] и воздействии на породу гидромониторной струей удельная ударная сила будет

$$P_y = \frac{P_{см}}{s}, \quad (5)$$

где $P_{см}$ – сила удара струи; s – площадь сечения разрушения.

Из курса гидромеханики известно, что сила удара гидромониторной струи на плоский забой определяется из выражения:

$$P_{см} = \frac{10\gamma_в}{g} u_0 V (1 - \cos \alpha), \quad (6)$$

где u_0 – средняя скорость потока струи; V – расход воды по данному сечению; $\gamma_в$ – плотность воды; g – ускорение силы тяжести; α – угол между осью струи и направлением его растекания после встречи с забоем.

Определить силу удара струи в затопленной камере на различных расстояниях от насадки можно, рассмотрев закономерности изменения средней скорости струи и расхода воды по длине.

Известно, что в результате утечки гидромониторной струи в затопленную камеру скорость потока воды по ее длине с удалением от насадки резко уменьшается [5]. Экспериментальные данные для различных диаметров насадок хорошо описываются гиперболическим уравнением вида

$$\frac{u_m}{u_0} = \frac{0,96}{0,29 + \frac{al}{r_n}}, \quad (7)$$

где u_m – скорость струи по её оси; u_0 – начальная скорость истечения струи из насадки с радиусом выходного отверстия r_n ; l – расстояние от насадки до забоя; a – коэффициент структуры потока струи.

Значение коэффициента $a = 0,0625$ (для затопленной свободной струи при отсутствии дополнительного гидростатического давления (p_z)). Значение коэффициента a в зависимости от p_z по экспериментальным данным определяется по формуле

$$a = \frac{1}{m - np_z}, \quad (8)$$

где $m = 1/a$; n – экспериментальная величина, определяемая из зависимости от значения p_z . Полученные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Зависимость экспериментальной величины n от значения p_z

p_z , МПа	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
n	1,870	1,471	1,002	0,561	0,20

Давление струи на выходе из насадки определяется

$$p_0 = p - \Delta p_c + p_z - \Delta p_z \quad (9)$$

где p – давление воды, которое создается насосом; Δp_c – потери давления, вызванные гидравлическим сопротивлением при течении воды по трубопроводу.

$$\Delta p_c = R_c Q^2, \quad (10)$$

где R_c – коэффициент гидравлического сопротивления различных элементов трубопровода; Q – подача насоса; p_c – давление столба воды

$$p_z = \gamma_e H, \quad (11)$$

где H – геодезическое превышение насоса над насадкой; γ_e – удельный вес воды.

Скорость потока струи определяется

$$u = 0,5u_m, \quad (12)$$

где u_m – осевая скорость потока.

Распределение скорости потока по разным сечением струи представляется в виде безразмерной зависимости с его радиусами $r_{0,5um}$

$$\frac{u}{u_m} = e^{-\left(\frac{r_{cm}}{r_{0,5u_m}}\right)^2} \ln 2, \quad (13)$$

где в пределах основного участка струи существует соотношение $r_{cm} = 2,27r_{0,5u_m}$.

Расход воды по сечению определяется

$$Q_{вод} = \frac{\pi u_m r_{0,5u_m}^2}{\ln 2} \left(e^{-\frac{r_{cm}^2}{r_{0,5u_m}^2}} - 1 \right) \quad (14)$$

Расстояние от насадки до забоя, где возможно разрушение с применением гидромонитора и насоса, можно определить, когда известны закономерности изменения средней скорости u , расходы потока V и сечения струи s по его длине для конкретных горных пород.

Методика расчета производительности гидравлического разрушения

Производительность гидравлического разрушения определяется как отношение затраченной энергии струи воды за единицу времени к удельной энергоемкости процесса разрушения пород данной прочности

$$\Pi = \frac{Qp_0}{E}, \quad (15)$$

где Q – расход воды; p_0 – давление воды; E – удельная энергоемкость процесса разрушения пород.

Для конкретных пород экспериментальным путем в натуральных условиях получают зависимость производительности разрушения от давления и расхода воды.

При исследовании Клесовского месторождения янтаря в Ровенской области можно использовать зависимость производительности разрушения от давления воды

$$\Pi = kp_0, \quad (16)$$

где k – опытный коэффициент, зависящий от диаметра насадки (d_n); для $d_n = 11$ мм, 15 мм, 23 мм k соответственно равен 1,2; 2; 4,8.

Удельный расход (q) воды на разрушение определяется по зависимости от удельного динамического давления струи (p_m) на контакте с забоем

$$q = \frac{M}{P_m^n} \quad (17)$$

где M - опытный коэффициент, зависящий от условий применения гидравлического разрушения в забое; n - исследовательский показатель эффективности гидравлического разрушения.

Методика расчета производительности гидромеханическим способом

Для определения объемов обработки массива грунта принимается производительность установки по добыче янтаря.

Производительность установки определяется

$$P_{уст} = 3600 \cdot \frac{nV_e K_e K_{nep}}{t_u} \quad (18)$$

где V_e – объем обрабатываемого массива грунта; t_u – время работы установки; n – количество циклов углубления и изъятия из массива грунта; K_e – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени; K_{nep} – коэффициент, учитывающий время на перестановку установки.

Методика расчета почвенного насоса для гидротранспортировки закладочного материала в выработанные пространства выемочных камер

Часовая производительность, дальность транспортировки, рельеф местности, гранулометрический состав закладочного материала и показатели его свойств являются величинами, определенными для конкретного месторождения. Зная гранулометрический состав, плотность и прочностные показатели, можно задаться удельными затратами воды на разрушение единицы объема.

Часовая производительность насоса по гидросмеси:

$$Q_c = Q_{m\epsilon} [(1-m) + q], \quad (19)$$

где $Q_{m\epsilon}$ – часовая производительность; m – пористость закладочного материала; q – удельный расход воды.

Плотность гидросмеси:

$$\rho_{гс} = \frac{q + \rho_{m\epsilon}(1-m)}{q + (1-m)}, \quad (20)$$

где $\rho_{m\epsilon}$ – плотность массива закладочного материала.

Проверка величины критической скорости гидросмеси производится по следующей зависимости:

$$v_{кр} = \sqrt{gD} \sqrt{\frac{\rho_z - \rho_e}{K\Psi\lambda_0\rho_z}} C, \quad (21)$$

где g – ускорение свободного падения; ρ_e, ρ_z – плотности воды и гидросмеси; K – эмпирический коэффициент для породы; Ψ – коэффициент сопротивления (при свободном падении в среде плотностью ρ_{cp} твердой частицы диаметром D , плотностью $\rho_{тв}$ со скоростью v).

$$\Psi = \frac{\pi q D (\rho_{Tв} - \rho_e)}{C v^2 \rho_e}, \quad (22)$$

Коэффициент гидравлического сопротивления (λ_0) при движении по трубопроводу чистой воды для отшлифованных грунтом труб составляет

$$\lambda_0 = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,8)^2}, \quad (23)$$

где Re – число Рейнольдса. C – коэффициент весового содержания мелких классов.

При транспортировке кускового материала значение $u_{кр}$ следует увеличивать на 15-20 %.

Значение скорости транспортировки (v) определяется по формуле Риттенгера

$$v = a \sqrt{d (\rho_{Tв} - \rho_e)}, \quad (24)$$

где $a = 29$ (для кварца).

Расчетный диаметр пульпопровода

$$D_{II} = \sqrt{\frac{4Q_z}{\pi v_{кр}}}, \quad (25)$$

Когда задана производительность по гидросмеси Q_z выбранный диаметр пульпопровода должен обеспечить гидротранспортировку гидросмеси со скоростью большей критической.

Величина фактической скорости гидросмеси в пульпопроводе составляет

$$v = \frac{4Q_z}{\pi D_{II}^2} \quad (26)$$

Если $v > v_{кр}$, то принимается предварительно выбранный диаметр пульпопровода, а при $v < v_{кр}$, по расчетам подбирается D_{II} таким образом, чтобы $v > v_{кр}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bulat, A. Modern technology of extraction of amber from sand deposits /Bulat A., Naduty V., Korniyenko V. // Harvard Journal of Fundamental and Applied Studies, 2015, No.1. (7) (January-June). Volume VIII. "Harvard University Press", 2015. P. 514-519.
2. Корнієнко, В.Я. Сучасні технології видобутку бурштину з родовищ / Корнієнко В.Я. // Вісник НУВГП : Зб. наукових праць / Рівне, 2014. – Вип. 1(65). – С. 449-457.
3. Романовський, О. Л. Дослідження витрат води і повітря штангового віброгідрравлічного витягача / О. Л. Романовський, В. Я. Корнієнко // Зб. наукових праць. Вісник НУВГП, № 2 (46), част. 1, - Рівне. - 2009. - С. 330-336.
4. Malanchuk, Z. Modern condition and problems of extraction of amber in Ukraine/ Malanchuk Z., Korniyenko V.// Canadian Journal of Science and Education, no. 2(6), July-December, Volume I. "Toronto Press", 2014. P. 372-376.
5. Лустюк, М.Г. Теоретичні та прикладні основи механо-гідрравлічної технології опробування, проектування та розробки родовищ бурштину в Україні / І.О. Садовенко, М.Г. Лустюк // Рівне: Європ. ун-т, 2008. - 280 с.

REFERENCES

1. Bulat, A., Naduty, V. and Korniyenko, V. (2015). «Modern technology of extraction of amber from sand deposits», *Harvard Journal of Fundamental and Applied Studies*, No.1. (7) (January-June). Volume VIII. "Harvard University Press", P. 514-519.
2. Korniyenko, V.Ya. (2014), "Modern technologies of amber extraction out of their deposits", *Visnyk NUVHP*, no. 1(65), pp. 449-457.
3. Romanovskii, O.L. and Korniyenko, V.Ya. (2009), "The research of water and air consumption for vibrating hydraulic rod tractor", *Bisnyk NUVHP*, no. 2(46), pp. 330-336.
4. Malanchuk, Z. and Korniyenko, V. (2014), «Modern condition and problems of extraction of amber in Ukraine», *Canadian Journal of Science and Education*, no. 2(6), July-December, Volume I. "Toronto Press", P. 372-376.
5. Lustyuk, M.G. and Sadovenko I.O. (2008), *Teoretychni ta prykladni osnovy mekhano-hidravlichnoyi tekhnolohiyi oprobuvannia, proektuvannia ta rozrobky rodovyshch burshtynu v Ukrayini* [Theoretical and practical bases of mechanical and hydraulic testing technology, design and amber exploitation in Ukraine], Yevropeyskii universytet, Rivne, Ukraine.

Об авторах

Надутьий Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом механики машин и процессов переработки минерального сырья, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, nadutyvp@yandex.ua.

Маланчук Евгений Зиновьевич, доктор технических наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП), Ровно, Украина, malanchykez@mail.ru.

Корниенко Валерий Ярославович, кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений и добычи полезных ископаемых, Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП), Ровно, Украина, kvja@mail.ru.

Маланчук Зиновий Романович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой открытых горных работ, Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП), Ровно, Украина, malanchykr@ukr.net.

About the author

Naduty Vladimir Petrovich, D.Sc. (Tech.), Professor, Head of Department of Geodynamic Systems and Vibration Technologies, M.C. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, nadutyvp@yandex.ua.

Malanchuk Yevgeniy Zinovyevich, D.Sc. (Tech.), Associate Professor of development of mineral deposits, National University of water management and nature resources use, Rovno, Ukraine, malanchykez@mail.ru.

Korniyenko Valeriy Yaroslavovich, Ph.D. (Tech.), Associate Professor of development of mineral deposits, National University of water management and nature resources use, Rovno, Ukraine, kvja@mail.ru.

Malanchuk Zinoviy Romanovich, D.Sc. (Tech.), Professor, Head of the Department of open cast mining, National University of water management and nature resources use, Rovno, Ukraine, malanchykr@ukr.net.

Анотація. У роботі розглянуто методи видобутку бурштину з піщаної маси кар'єру чи свердловини. Розглянуто особливості процесу плинну струменя гідромонітора при гідромеханічному видобутку в процесі розробки водонасичених піщаних порід з урахуванням збурення їхнього масиву вібраційним способом і подачею води в масив. При використанні гідравлічного способу видобутку бурштину з піщаних родовищ за допомогою гідромонітора аналізувався вплив сили удару струменя на процес. Розглянуто і запропоновано методи розрахунку продуктивності процесів при гідравлічному і гідромеханічному способах видобутку бурштину, а також параметри гідротранспортування закладного матеріалу у вироблений простір виймальних камер. Запропоновані методи дозволяють інтенсифікувати видобуток бурштину, а представлені залежності – вибрати параметри технології й устаткування.

Ключові слова: бурштин, гідромеханічний спосіб, гідравлічний спосіб, методика.

Abstract. The paper discusses methods of amber extraction of sand masses career or well. Consider the features of the jet flow jetting process when hydro production in the development of water-saturated sand rocks with allowance for excitation of an array of vibration method and the water supply to the array. When using the hydraulic method of sandy deposits of amber extraction using jetting analyzed the effect of the jet force of impact on the process. Examined and proposed methods for calculating the performance of processes in hydraulic and hydro methods of amber production, as well as the parameters hydro transportation packing material in goaf excavation chambers. The proposed methods allow to intensify the production of amber, and presented according to - choose the parameters of technology and equipment.

Keywords: amber, hydro-mechanical method, hydraulic method, methods.

Статья поступила в редакцию 11.01.2016

Рекомендовано ки публикации д-ром техн. наук. Б.А. Блюссом