

УДК 622.342(03)

**Черней Е. І., д.т.н., професор, Калько А. Д., д.геогр.н., доцент,
Морозюк С. В., асистент** (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОПРОБУВАННЯ І РОЗРОБКИ ВАЖКОПРОМИВНИХ РОЗСИПНИХ РОДОВИЩ

В статті проаналізовані аспекти застосування технології опробування і розробки важкопромивних розсипних родовищ.

Ключові слова: розсипне родовище, торф, бурштин, скрепер, пісок.

В будові розсипів розрізняють наступні основні елементи: торфи, піски і плотик [1].

Під *торфами* розуміють переважно піщано-глинисті або галькові відклади, які не містять корисних мінералів в промислових кількостях. Потужність торфів залежно від типу розсипу і умов його утворення різна. В елювіальних розсипах вона незначна (наприклад розсипи бурштину), а в алювіальних може досягати десятків і навіть сотень метрів.

Піски – глинисто-піщано-галькові відкладення іноді зі щебенем і валунами і часто з елювієм корінних порід, які містять корисні копалини в промислових кількостях. В більшості випадків піски залягають в нижній частині розсипу, включаючи нижню частину рихлих відкладень, елювій і верхню частину корінних порід.

Іноді пласт пісків цілком розміщується або в рихлих відкладеннях, або в корінних породах (тріщинистих). Потужність пісків буває різноманітною – від кількох сантиметрів до десятків метрів. Торфи і піски за літологічним складом не завжди чисто відокремлюються один від одного. Значною мірою ці поняття є умовними.

До *плотика* звичайно належать корінні породи, які підстилають розсип. Характер плотика може дуже впливати на розподіл корисного компонента. Породи, сприятливі для його вловлювання (тріщинуваті глинисті сланці і карстові вапняки), затримують більшу частину корисної копалини ще в процесі пересування, що об'єднує алювіальну частину пласта.

Іноді розсип складається з кількох горизонтів пісків, які залягають один над іншим. В цих випадках верхні піски залягають на несправжніх плотиках, представлених, звичайно, глинистими відкладами. Такі розсипи називають складними. Від плотика варто відрізнити повністю

розсипу, під яким розуміється поверхня, що обмежує знизу промисловий пласт.

Враховуючи викладене варто обґрунтувати ідею створення техногенного розсипу:

- на стадії вскришних робіт з торфів, які містять бурштин нижче промислових кількостей, створюють техногенний розсип, промислове освоєння буде визначатися науково-технічним прогресом;

- технічна характеристика землерийної техніки і її ходової частини, яка створює техногенний розсип, повинна відповідати вимогам неруйнування бурштину в статичних і динамічних умовах (русі і буксованні) експлуатації.

Відкрита розробка розсипних родовищ – поняття дещо умовне. Під ним прийнято розуміти розробку за допомогою землерийних і транспортних машин. В загальному вигляді гідравлічна розробка також є відкритою, однак вона, як правило виокремлюється в самостійний спосіб. Пропонований нами механо-гідравлічний видобуток також виділений в самостійний спосіб.

Відкрита розробка розсипів землерийно-транспортними машинами включає ряд робіт, які є ланками загального комплексу, однак відрізняються достатньою мірою для того, щоб їх розглядати нарізно.

Призначення вскришних робіт – оголення корисної копалини для можливості її безпосередньої розробки. Вскришні роботи складаються з безпосередньої вскриші торфів і їх перевалки. За об'ємами вскришні роботи є основними при відкритій розробці.

На рисунку представлений розріз по розсипному родовищу з утворенням техногенного розсипу з використанням землерийно-транспортних машин (скреперів).

Таким чином, для обґрунтування ідеї щодо торфів, потрібно навести наступні задачі: виявити фактори, які визначають енергоефективність роботи ходових землерийно-транспортних машин, дослідити їх залежність від властивостей торфів і умов взаємодії, розробити шляхи направленої дії на них.

Крім того, доцільним є і аналіз положень ідеї, які на стадіях оцінки запасів, проектування, пробної і промислової експлуатації суміщають технічні і технологічні параметри опробування і видобутку корисної копалини.

У зв'язку з розвитком і впровадженням геотехнологічних способів видобутку корисних копалин виникає необхідність у визначенні нових і уточненні низки сталих у гірничій науці понять, які стосуються предмету дослідження. Становлення і впровадження свердловинного

гідралічного опробування як способу геотехнології для розвідки і пробної експлуатації родовищ зроблено вперше проф. Е.І. Чернеєм [2].

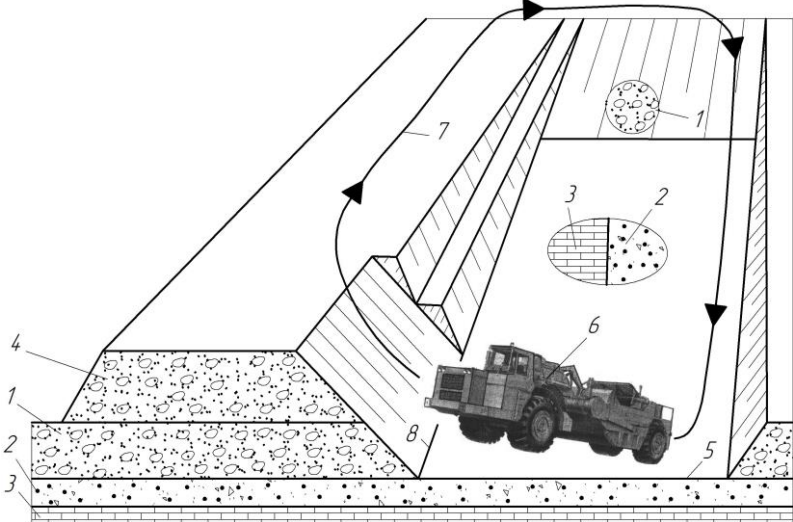


Рисунок. Схема утворення техногенного розсипу скрепером при вийманні торфів нахиленими шарами: 1 – торфи; 2 – піски; 3 – плотик; 4 – техногенний розсип; 5 – межа між пісками і торфами, які не містять корисних мінералів в промисловій кількості; 6 – скрепер з двома двигунами; 7 – спіральна схема руху скрепера; 8 – виїзд

Існуюча термінологія, пов'язана з поняттям свердловинного гідровидобутку, не є безперечною. Наприклад, В.Ж. Аренс вважає [3], що свердловинний гідровидобуток (СГД) – спосіб підземного видобутку твердих корисних копалин, заснований на приведенні руди на місці залягання в рухомий стан шляхом гідромеханічного впливу і видачі її у вигляді гідросуміші на поверхню. Розкриття сутності СГД як способу підземного видобутку заперечень не викликає, за винятком терміну “гідромеханічний вплив”.

На наш погляд, не слід обмежуватися гідромеханічним впливом, тому що метою геотехнології і її складової частини СГД є вплив робочими агентами на корисну копалину в процесі видобутку для переводу її в рухомий стан. Є системи, у яких свердловина (свердловина), як елемент системи, відсутній. Наприклад виймальні камери, які є розвідувальними виробками, в системах механо-гідралічного опробування (МГО механо-гідралічного добування (МГД)).

Якщо під СГД мати на увазі весь комплекс заходів підземної розробки без присутності робітників в очисному просторі, таке визначення не розкриває сутності, закладеної в назві.

Спосіб розкриття родовища – свердловинами, відкритими і підземними гірничими виробками, а також комбінованим варіантом є чітко вираженою ознакою, особливо важливою для характеристики геотехнологічних методів видобутку як за формою, так і за змістом.

Стосовно механізму впливу на корисну копалину, що є засобом для переведення його в рухомий стан, то на наш погляд, варто дотримуватись розподілу на термін «робочий агент» [2, 4], що включає тверді, рідкі, газоподібні речовини і їх комбінації, а також механічну дію.

Термін гідровидобуток на даному етапі є прийнятним, оскільки питома вага енергетичної води, яка подається для руйнування, розмиву, дезінтеграції, самотічного гідротранспорту та інших операцій у загальному енергобалансі переважає порівняно зі стисненим повітрям, поверхнево-активними речовинами, твердими компонентами і т.п.

З врахуванням запропонованої класифікаційної ознаки і розширення поняття «робочий агент», як предмет впливу на корисну копалину, доцільно виділити наступні способи гідровидобутку і дати їм визначення [2].

Свердловинний гідровидобуток (СГД) – спосіб, заснований на приведенні корисної копалини на місці залягання в рухомий стан шляхом впливу робочого агента і видачі гідросуміші на поверхню через свердловини, які є виробками розкриття.

Підземний гідровидобуток (ПГД) – спосіб, заснований на приведенні корисної копалини на місці залягання в рухомий стан шляхом впливу робочого агента і видачі гідросуміші на поверхню через підземні гірничі виробки.

Комбінований гідровидобуток (КГД) – спосіб, який включає елементи СГД, підземного і відкритого засобів розробки корисних копалин, заснований на приведенні корисної копалини на місці залягання в рухомий стан шляхом впливу робочого агента і видачі гідросуміші на поверхню через свердловини чи підземні гірничі виробки.

Механо-гідравлічне добування (МГД) – спосіб, заснований на приведенні корисної копалини на місці залягання в рухомий стан шляхом впливу механічного виконавчого органа і видачі гідросуміші на поверхню через вертикальні гірничі виробки, які розкривають родовище. На відміну від свердловин, виробки розкриття як правило є прямокутного перерізу.

Опробування родовищ є найважливішим елементом розвідки, а його результати являють собою одну з головних складових оцінки родовищ. На думку В.М. Крейтера опробування, що виявляє склад і властивості корисної копалини, розуміється нами в широкому змісті як спосіб, який встановлює якість мінеральної сировини [5]. З врахуванням близькості гідровидобутку і гідравлічного опробування як за механізмом впливу на корисну копалину, так і за використаним устаткуванням, а також логічного зв'язку між принципами розвідки і опробування, як способу, професор Е.І. Черней виділив наступні його різновиди [2].

Свердловинне гідравлічне опробування (СГО) – спосіб реалізації принципів розвідки, заснований на приведенні необхідного обсягу досліджуваного об'єкта на місці залягання в рухомий стан шляхом впливу робочого агента і видачі гідросуміші на поверхню через свердловини для наступної обробки й випробувань.

Підземне гідравлічне опробування (ПГО) – спосіб аналогічний, але з видачею гідросуміші на поверхню через підземні виробки для наступної обробки й випробувань.

Комбіноване гідравлічне опробування (КГО) – спосіб реалізації принципів розвідки, що включає елементи СГО і ПГО.

Механо-гідравлічне опробування (МГО) – спосіб реалізації геологічної розвідки, заснований на приведенні необхідного обсягу досліджуваного об'єкта на місці залягання в рухомий стан шляхом впливу механічного виконавчого органа і видачі гідросуміші на поверхню через вертикальні гірничі виробки для наступної обробки й випробувань.

Необхідною складовою частиною способів МГО, СГО, ПГО, КГО, МГД, СГД, ПГД і КГД та їх технологією є, відповідно, системи опробування і розробок.

Академік Н.В. Мельников визначив предмет гірничої справи як “систему знань про способи і засоби пошуку, розвідки, видобутку і збагачення корисних копалин” [6]. Як складова частина гірничої справи і її наукових основ, ці знання підпорядковані єдиній меті – вивченню процесів, явищ, форм і їх проявів у природі, зв'язків і закономірностей на стадіях розвідки, пробної експлуатації і розробки родовищ.

Запозичуючи деякі технічні і технологічні засоби у дослідженні наукових основ МГО і МГД значно ширше використовується науково-практичний потенціал суміжних знань. Ефективними системами опробування і розробок запропонованих способів повинні бути такі, котрі в силу сукупності поєднань якісних і кількісних складових, технічних і технологічних параметрів дозволяють одержувати на місці залягання

концентрат, залишивши в надрах вміщуючі породи, що буде доведено в дослідженнях.

Трудомісткість прогнозування і визначення напрямку розвитку систем опробування і розробок, устаткування, яке застосовується для забезпечення їх працездатності і в цілому технології опробування і видобутку цінних корисних компонентів розглянутими способами полягає не тільки в тому, що на даний час обмежений досвід їх застосування, а бурштину практично відсутній, але й у величезному розходженні гірничо-геологічних характеристик родовищ і вміщуючих порід.

Для створення ефективних систем опробування і розробок має значення визначення конкретних технічних рішень, що забезпечують зниження питомих витрат на випробування об'єкта, пробну експлуатацію і видобуток корисної копалини за рахунок: ступеня сприятливості гірничо-геологічних умов; використання резервів добування; ступеня досконалості технологічних процесів і технічних засобів; надійності устаткування, свердловин і виробок, що забезпечують процес; коефіцієнта оптимальності елементів і параметрів систем; ступеня автоматизації систем; забезпечення високої якості і простоти вузлів устаткування і різноманіття взаємозамінних елементів конструкції робочих органів.

Під *ступенем сприятливості гірничо-геологічних умов* варто розуміти сукупність факторів, що при опробуванні і розробці родовищ традиційними способами звичайно стримували застосування систем чи призводили до подорожчання якоїсь із них, а в досліджених методах грають або позитивну роль, або не призводять до значної зміни економічних показників порівняно із системами традиційних способів.

По-друге, при опробуванні родовищ геотехнологічними способами є необхідною пробна експлуатація, за результатами якої прогнозуються тенденції використання можливостей геотехнології для розробки родовищ.

Використання резервів добування. До резервів добування варто віднести ті родовища, запаси яких не затверджені ДКЗ з причин відсутності ефективних способів і технологій розробки через несприятливі гірничо-геологічні умови. Потенційним джерелом видобутку мінеральної сировини можуть служити родовища, відпрацьовані традиційними відкритим і підземним способами із забалансовими запасами. Становить великий інтерес доробка родовищ, які відпрацьовуються підземним способом. Використання гірничих виробок для цілей експлуатаційної розвідки і розробки способами МГД, ПГД і КГД дозволить переглянути кондиції, розширити межі балансових запасів за рахунок

зниження питомої ваги капітальних витрат, застосування некапіталоемного добувального устаткування і менш енергоємного робочого агента.

Ступінь досконалості технологічних процесів і технічних засобів – невідмінна вимога розвитку і розширення використання і способів видобутку корисних копалин.

Коефіцієнт надійності в умовах МГО, СГО, ПГО, КГО, МГД, СГД, ПГД і КГД набуває першорядного значення через те, що вихід з ладу устаткування призводить до значних втрат корисної копалини при видобутку і збільшення термінів вивчення об'єкта, при пошуках і розвідці.

Вибір оптимальних елементів і параметрів систем опробування і розробок звичайно пов'язаний з гірничо-геологічними умовами і з характеристикою стандартного устаткування. В умовах безлюдного виймання показник оптимальності впливає на якість видобутку і повноту виймання. Однією з переваг способів МГО, СГО, ПГО, КГО, МГД, СГД, ПГД і КГД є *можливість цілком автоматизувати процес*.

Якість виконання окремих вузлів (насадок, дифузорів, всмоктуючих пристроїв і т.д.) і устаткування в цілому набуває особливого значення через те, що робочим агентом є в основному вода, і неякісне виготовлення не просто погіршує техніко-економічні показники, але і призводить до неможливості здійснення процесу в цілому.

Межі досліджень по глибині опробування і розробки обмежені рамками максимально можливої висоти підйому гідросуміші ерліфтами і допустимим розміром виймальних камер за умовами стійкості гірських порід. Застосування води як робочого агента для розмиву і енергоносія в гідроелеваторних приладах дозволяє створювати конструкції гідроагрегатів, виконаних як єдиний механізм для руйнування корисної копалини і підйому гідросуміші з властивою йому маневреністю і системою автоматичного керування.

Застосування екскаваторів зі зворотною лопатою в якості виймального устаткування в системах МГО і МГД не має альтернативи за винятком граничної глибини використання екскаваторів, які випускаються серійно.

Системний підхід є методологічним принципом наукового аналізу, при якому об'єкт розглядається як система, що складається з багатьох елементів, об'єднаних між собою внутрішніми зв'язками. Під елементами системного підходу розуміється технічна проблема гідровидобутку бурштину вважаються елементи систем опробування і розробок як умовно неподільні, а характер взаємозв'язку між ними не виявлений. Висновок неподільності елементів викликаний наступними причинами: не розроблені необхідні теоретичні складові, що могли б служити

ядром для створення універсальних елементів систем, таких як вилучення корисного компонента з тріщин підстилаючих порід, самопливного гідротранспорту, самопливного гідротранспорту через штучну перешкоду; не розроблені єдині технологічні підходи гідравлічного руйнування і дезінтеграції вміщуючих гірських порід і корисного компонента.

З цих причин названі елементи систем у перспективі можуть бути розглянуті як самостійні системи з багатьма неподільними структурними одиницями на більш високих структурних рівнях.

На цій підставі представлені дослідження відбивають не тільки фізичну сутність процесів і явищ, які протікають в елементах систем, а мають спрямованість, пов'язану з виявленням механізму утворення втраг корисного компонента в динаміці і розвитком елементів [7, 8].

Вибір раціональних систем опробування і розробок на підставі економічних критеріїв в рамках обмеження – є логічним завершенням аналізу і базується на основних положеннях техніко-економічної оцінки вилучення корисних копалин з надр, розроблених під керівництвом академіка М.І. Агошкова [9].

На цій підставі синтез стадій розв'язання проблеми визначається переліком питань, який необхідно вирішити для реалізації поставленої мети. В основу методики розрахунку затопленого гідромоніторного струменя покладені результати експериментальних досліджень особливостей течії струменя свердловинного гідромонітора.

Механо-гідравлічне добування застосовується для розробки пухких і слабосцементованих, в основному, водонасичених, піщано-глинистих порід, міцність яких характеризується опором зрушення

$$\tau_s = c_0 + \sigma_e tg\varphi, \quad (1)$$

де c_0 і $tg\varphi$ – питоме зчеплення і коефіцієнт внутрішнього тертя породи; σ_e – ефективна напруга: $\sigma_s = \sigma - p_{зідр}$; σ – нормальне геостатичне навантаження на породу; $p_{зідр}$ – поровий тиск (тиск у вільній воді, що вміщується в порах породи).

Руйнування водонасиченої піщано-глинистої породи відбувається впливом на неї питомої сили, рівної опору зрушення, тобто

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

де P_y – питома сила удару.

У випадку впливу на породу гідромоніторним струменем питома ударна сила буде

$$P_y = \frac{P_{cm}}{s_{cm}}, \quad (3)$$

де P_{cm} – сила удару струменя; s – площа перерізу руйнування.

З гідромеханіки відомо, що сила удару гідромоніторного струменя на плоский вибій визначається з виразу

$$P_{cm} = \frac{10\gamma_w}{g} u_0 V (1 - \cos \alpha), \quad (4)$$

де u_0 – середня швидкість потоку струменя; V – витрата води по даному перетину; γ_w – густина води; g – прискорення сили тяжіння; α – кут між віссю струменя і напрямком його розтікання після зустрічі з вибоєм.

Для визначення сили удару струменя в затопленій камері на різних віддалях насадки слід розглянути закономірності зміни середньої швидкості струменя і витрати води по її довжині.

Відомо, що внаслідок витікання гідромоніторного струменя в затоплену камеру швидкість потоку води по довжині її з віддаленням від насадки різко зменшується. Експериментальні дані для різних діаметрів насадок добре описуються гіперболічним рівнянням виду

$$\frac{u_m}{u_0} = \frac{0,96}{0,29 + \frac{al}{r_n}}, \quad (5)$$

де u_m – швидкість струменя по його осі; u_0 – початкова швидкість витікання струменя із насадки з радіусом вихідного отвору r_n ; l – відстань від насадки до забою; a – коефіцієнт структури потоку струменя.

Для затопленого вільного струменя при відсутності додаткового гідростатичного тиску ($p_{зідр}$), a дорівнює 0,0625. Значення коефіцієнта a в залежності від $p_{зідр}$ за експериментальними даними, визначається за формулою

$$a = \frac{1}{m - np_{зідр}}, \quad (6)$$

де $m=1/a$; n – експериментальна величина, обумовлена залежністю від значення $p_{гидр}$ (табл. 1).

Таблиця 1

$p_{гидр}$, МПа	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
n	1,870	1,471	1,002	0,561	0,20

Тиск струменя на виході з насадки

$$p_0 = p - \Delta p_c + p_z - \Delta p_z, \quad (7)$$

де p – тиск води, що розвивається насосом; Δp_c – втрати тиску, викликані гідравлічним опором при течії води по трубопроводу

$$\Delta p_c = R_c Q^2, \text{ м вод. ст.}, \quad (8)$$

де R_c – коефіцієнт гідравлічного опору різних елементів трубопроводу (коліна, засувки, розширення і звуження, прямолінійні ділянки), який

визначається за довідниками [10]; Q – подача насоса, м³/с; p_z – тиск стовпа води

$$p_z = \gamma_v H, \quad (9)$$

де H – геодезичне перевищення насоса над насадкою; γ_v – питома вага води; Δp_z – втрати напору в гідромоніторі, що визначаються або експериментально, або обчислюються як сума складових втрат напору в різних його елементах.

Швидкість потоку струменя по перерізу змінюється від нуля на границі до осьової u_m , тому для практичних розрахунків приймається середнє значення [11]

$$u = 0,52u_m. \quad (10)$$

Розподіл швидкості потоку за різними перерізами струменя подається у вигляді безрозмірної залежності за його радіусами (r_{ct}) та $r_{0,5u_m}$, де швидкість вдвічі менша за осьову:

$$\frac{u}{u_m} = e^{-\left(\frac{r_{cm}}{r_{0,5u_m}}\right)^2} \ln 2. \quad (11)$$

В межах основної ділянки струменя існує співвідношення [11].

$$r_{cm} = 2,27r_{0,5u_m}. \quad (12)$$

Таким чином, користуючись залежностями (10) і (11), можна визначити швидкість потоку в межах основної ділянки струменя в будь-якій точці її перетину. Витрата води по даному перерізу визначається з виразу

$$V = \frac{\pi u_m r_{0,5u_m}^2}{\ln 2} \left(e^{-\frac{r_{cm}^2}{r_{0,5u_m}^2}} - 1 \right). \quad (13)$$

Користуючись залежностями (4), (5) і (12), можна визначити силу удару затопленого струменя, для чого необхідно знати площу поперечного перерізу струменя на різних відстанях від насадки:

$$s_{cm} = \pi r_{cm}^2. \quad (14)$$

Ступінь розширення затопленого струменя в межах основної ділянки практично величина постійна (за дослідними даними) і характеризується відношенням [11] $\frac{r_{cm}}{e} \approx 0,22$, тобто кут між границею струменя

і її віссю на основній ділянці дорівнює 12° 30'.

Таким чином, знаючи закономірності зміни середньої швидкості u , витрати потоку V і перерізу струменя s по його довжині для конкретних гірських порід можна обчислити відстань від насадки до вибою, де можливе руйнування із застосуванням гідромонітора і насоса. Можна вирішити і зворотню задачу, а саме – по необхідній годинній продуктивності руйнування гірської породи з відомою міцністю визначаються

параметри струменя, а отже, і параметри свердловинного гідромонітора і напірного насоса.

Методика розрахунку продуктивності гідравлічного руйнування. Продуктивність гідравлічного руйнування визначається як відношення витраченої енергії струменя води за одиницю часу до питомої енергоємності процесу руйнування порід даної міцності

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

де Q – витрата води; p_0 – тиск води; e – питома енергоємність процесу руйнування порід.

На даний час відсутні встановлені залежності питомої енергоємності руйнування гірських порід від їх характеристик міцності. Тому для конкретних порід дослідним шляхом в натурних умовах отримують залежність продуктивності руйнування від тиску і витрати води.

Н.Ф. Цяпко для вугілля Кузбасу ($f=0,8-1,2$) цю залежність одержав у вигляді [12]

$$\Pi = Ap_0^{2,5}d_n^2 10^{-4}, \text{ т/год}, \quad (16)$$

де A – дослідний коефіцієнт, залежний від міцності вугілля (для вугілля шару Інського I-III $A=1,2$, для Полісаєвського II – 1,7); d_n – діаметр насадки гідромонітора.

При відбиванні вугілля Донбасу ($f=1,12-1,45$) залежність (16) в міру збільшення тиску води зростає повільніше [13]

$$\Pi = A_1 d_n^2 p_0^{1,5}, \text{ т/год}. \quad (17)$$

При дослідженні МГД Клесівського родовища бурштину встановлена майже лінійна залежність продуктивності руйнування від тиску води

$$\Pi = kp_0, \text{ т/год}, \quad (18)$$

де k – дослідний коефіцієнт, залежний від діаметру насадки; для $d_n=11, 15, 23$ мм k відповідно дорівнює 1,2; 2; 4,8.

В останні роки було багато спроб в ці емпіричні залежності включити природні і технологічні фактори. Наприклад, ДонУГІ пропонує формулу середньої продуктивності [13] залежно від кута падіння, потужності шару, характеру вибою і т.д.

Уявлення про питому витрату води (q) на руйнування дає його залежність від питомого динамічного тиску струменя (p_m) на контакт з вибоєм, отримана в роботі [14]

$$q = \frac{M}{p_m^n}, \quad (19)$$

де M – дослідний коефіцієнт, залежний від умов застосування гідравлічного руйнування у вибої; n – дослідний показник ефективності гідравлічного руйнування.

Методика розрахунку ґрунтового насоса для гідротранспортування закладного матеріалу у вироблені простори виймальних камер. Годинною продуктивністю по твердому задаються. Дальність транспортування, рельєф місцевості, гранулометричний склад закладного матеріалу і його властивостей є величинами, визначеними для даного родовища. Знаючи гранулометричний склад, густину і міцнісні властивості, можна задатися питомими витратами води на руйнування одиниці об'єму [15]. Тоді розрахунок складається з наступних елементів.

Годинна продуктивність насоса по гідросуміші

$$Q_z = Q_{mv} [(1-m) + q], \text{ м}^3/\text{год}, \quad (20)$$

де Q_{mv} – годинна продуктивність по твердому, $\text{м}^3/\text{год}$; m – пористість закладного матеріалу, %; q – питома витрата води, $\text{м}^3/\text{м}^3$. Густина гідросуміші

$$\gamma_z = \frac{q + \gamma_{mv}(1-m)}{q + (1-m)}, \text{ кг/м}^3, \quad (21)$$

де γ_{mv} – густина масиву закладного матеріалу, кг/м^3 .

Величина критичної швидкості гідросуміші перевіряється за формулою

$$u_{кр} = \sqrt{gD} \sqrt{\frac{\gamma_z - \gamma_e}{K\psi\lambda_0\gamma_z}} C, \text{ м/с}, \quad (22)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; γ_e , γ_z – густини води і гідросуміші, кг/м^3 ; K – емпіричний коефіцієнт для породи $K \approx 1,4$; ψ – коефіцієнт опору при вільному падінні в середовищі густиною γ_{cp} (кг/м^3) твердої частки діаметром D (м), густиною $\gamma_{тв}$ (кг/м^3) зі швидкістю W (м/с) визначається

$$\psi = \frac{\pi q D (\gamma_{тв} - \gamma_e)}{C W^2 \gamma_e}, \quad (23)$$

коефіцієнт гідравлічного опору (λ_0) при русі по трубопроводу чистої води, для відшліфованих ґрунтом труб складає

$$\lambda_0 = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,8)^2}, \quad (24)$$

де Re – число Рейнольдса; C – коефіцієнт вагового вмісту дрібних класів (при транспортуванні кускового матеріалу значення $u_{кр}$ слід збільшувати на 15-20%); значення швидкості транспортування визначається за формулою Ріттенгера

$$W = a \sqrt{d(\gamma_{тв} - \gamma_e)}, \text{ м/с}, \quad (25)$$

де для кварцу, $a=29$. Розрахунковий діаметр пульпопроводу

$$D_p = \sqrt{\frac{4Q_z}{\pi u_{кр}}} \quad (26)$$

При заданій продуктивності по гідросуміші Q_z обраний діаметр пульпопроводу повинен забезпечити гідротранспортування гідросуміші із швидкістю більшою за критичну.

Величина фактичної швидкості гідросуміші в пульпопроводі буде

$$u = \frac{4Q_z}{\pi D^2} \quad (27)$$

Якщо $u > u_{кр}$, то приймається попередньо обраний діаметр пульпопроводу, а при $u < u_{кр}$, то розрахунками підбирається D так, щоб $u > u_{кр}$. Необхідний напір насоса:

$$H = i_z l + h_m + (h_{звод} + h_{вс}) i_0 + (h_{звод} + h_{вс}) \gamma_z + h_{ост}, \quad i_{z,l} = \left[i_0 \gamma_f + C \frac{\sqrt{gD(\gamma_f - \gamma_b)}}{K_{vu}} \right] l \quad (28)$$

де h_m – місцеві втрати [10]; $h_{геод}$ – геодезичне перевищення початку і кінця пульпопроводу; $h_{вс}$ – опір лінії всмоктування; $h_{ост}$ – залишковий напір на кінці пульпопроводу.

Споживана потужність насоса

$$N = \frac{Q_z H \gamma_z}{102 \eta 3,6}, \quad \text{кВт}, \quad (29)$$

де $\eta = 0,7$ – ККД насоса.

Висновок. Отож, за результатами детальної розвідки бурштинових розсипів доцільно встановити межу між торфами і пісками, при цьому вскришу торфів здійснювати землерийною технікою з утворенням техногенного розсипу. Експлуатаційне опробування і видобуток бурштину пропонується здійснювати запропонованою механо-гідравлічною технологією.

1. Справочник по разработке россыпей. – М., Недра, 1973. – 590 с. 2. Черней Э. И. Перспективы использования геотехнологических комплексов для отбора проб и разработки месторождений золота и алмазов : докт. дисс. / Э. И. Черней. – Москва, МГРИ, 1987. 3. Арнс В. Ж. Скважинная гидродобыча полезных ископаемых / Арнс В. Ж., Исмагилов Б. В., Шпак Д. Н. – М. : Недра, 1980. – 227 с. 4. Калабин А. И. Добыча полезных ископаемых подземным выщелачиванием и другими геотехнологическими методами / А. И. Калабин. – М. : Атомиздат, 1981. – 302 с. 5. Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых / В. М. Крейтер. – М. : Гостеоилтехиздат, 1960. – Т. 1. – 328 с.; 1961. – Т. II. – 386 с. 6. Мельников Н. В. Горные инженеры / Н. В. Мельников. – М. : Наука, 1981. – 270 с. 7. Афанасьев В. Г. Программно-целевое планирование и управление / В. Г. Афанасьев. – М. : Знание, 1981. – С. 16-33. 8. Добров Г. М. Прогнозирование науки и техники / Г. М. Добров. – М. : Наука, 1969. – 208 с. 9. Агошков М. И. Технико-экономическая оценка извлечения

полезных ископаемых из недр / М. И. Агошков. – М. : Недра, 1974. – 312 с. **10.** Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П. Г. Киселева. – М. : Энергия, 1972. **11.** Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй / Г. Н. Абрамович. – М. : Физматгиз, 1960. **12.** Цяпко Н. Ф. К вопросу выявления резервов производительности гидромонитора и энергоемкости гидроотбойки / Цяпко Н. Ф., Гефт Ю. Б., Плетнев О. Н. // Вопросы гидравлической добычи угля. – Новокузнецк, 1968 (ВНИИГ гидроуголь). – Вып. XIII. **13.** Кривченко А. А. Экспериментальные исследования гидроотбойки угля на гидрошахтах Донбасса / А. А. Кривченко // Вопросы добычи угля гидравлическим способом. – М. : Госгортехиздат, 1963. – Вып. 30. **14.** Хныкин В. Ф. Гидровскрышные работы на карьерах горнорудной промышленности / Хныкин В. Ф., Хузин Ю. Ш., Триандафилов М. С. – М. : Недра, 1973. **15.** Научные основы гидравлического разрушения углей / Г. П. Никонов, И. А. Кузьмич и др. – М. : Наука, 1973.

Рецензент: д.т.н., профессор Власюк А. П. (НУВГП)

Cherney E. I., Doctor of Engineering, Professor, Kalko A. D., Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Moroziuk S. V., Assistant (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

SUBSTANTIATION OF ASSAY TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT OF HARD WASHING PLACER DEPOSITS

In the article the aspects of application of technology of assay and development of hard washing placer deposits are analysed.

Keywords: placer deposit, peat, amber, scraper, sand.

Черней Э. И., д.т.н., профессор, Калько А. Д., д.геогр.н., доцент, Морозюк С. В., ассистент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПРОБОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ТРУДНОПРОМЫВНЫХ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В статье проанализированы аспекты применения технологии опробования и разработки труднопромывных россыпных месторождений.

Ключевые слова: россыпное месторождение, торф, янтарь, скрепер, песок.