



РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.271:622.339.3

<https://doi.org/10.31713/vt3202434>

Корнієнко В. Я., д.т.н., професор, Семенюк В. В., ст. викладач, Кучерук М. О., ст. викладач, Прощарук О. А., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, v.ia.korniienko@nuwm.edu.ua; v.v.semeniuk@nuwm.edu.ua; m.o.kucheruk@nuwm.edu.ua; o.a.proshcharuk@nuwm.edu.ua)

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ БУРШТИНОВИХ РОДОВИЩ

У статті представлені існуючі технології видобутку бурштину, які використовуються при розробці бурштиноносних родовищ в Рівненсько-Волинському регіоні та в світі. Проведено аналіз механічного, гідравлічного, гідромеханічного та комбінованого способів видобутку бурштину на території України. Встановлені переваги та недоліки даних способів видобутку бурштину та вплив їх на навколишнє середовище. Узагальнено, що на сьогодні необхідно впроваджувати альтернативні способи видобутку бурштину з піщаних і техногенних родовищ з мінімальними негативними наслідками на навколишнє середовище.

Ключові слова: бурштин; видобуток; механічний спосіб; вода; вібропристрій; інтенсифікатор.

Світовий запас бурштину в Україні становить близько шести відсотків. Основні поклади цього коштовного каміння знаходяться правобережній частині Полісся – Прип'ятському бурштиноносному басейні (північна частина Волинської, Рівненської, Житомирської та Київської областей). Промислова розробка ведеться в Рівненській області на родовищах в Сарненському (Клесівське, Вільне) та Володимирецькому районах. Загальні запаси оцінюються близько у 100 тис. т, які переважно залягають у піщаних та піщано-глинистих бурштиновмісних ґрунтах на глибині до 15 м [1].

Найбільшими бурштиновими родовищами є «Клесів», «Вільне», «Володимирець-Східний». Вони разом містять кілька сотень тонн бурштинової сировини, з яких розвіданими в промислових запасах є 128 т. Два із них сьогодні експлуатуються: Клесівське родовище (ділянка «Пугач») розробляється державним підприємством

«Бурштин України», «Володимирець-Східний» – ТОВ «Центр «Сонячне ремесло». Сумарний промисловий легальний видобуток бурштину за 2014 рік склав 2,61 тонни, за 2015 рік – 4,96 тонни. Станом на 01.01.2016 року у державному балансі запасів «Янтар» рахувались чотири родовища – Клесівське, Володимирець-Східний, Вільне та Золоте (Південно-Східна ділянка). Балансові запаси родовищ становлять: по категорії С1 – 63,61 т, по категорії С2 – 162,87 т [2; 3].

Рівненський бурштин відрізняється своїм хімічним складом. Він найбільш насичений домішками і включає 18 хімічних елементів. Крім, кремнію, магнію, заліза, кальцію, які присутні майже у всіх родовищах, додаються такі як свинець, цирконій та до 3.19% сірки. Зольність Клесівського бурштину – 8.7%. Це впливає на якість та колір затверділої смоли. Бурштин – це мінерал класу органічних з'єднань, смола хвойних дерев в основному палеогенового періоду. Склад бурштину: летуче ароматичне масло, дві розчинні фракції смоли, бурштинова кислота і 90% нерозчинних фракцій. Його хімічна формула – $C_{25}H_{40}O_4$. Бурштин – аморфний полімер, має безліч кольорів, дає специфічний ІК-спектр (в межах 700–1900 см⁻¹), що відрізняє бурштин від інших схожих смол. Температура плавлення $t=365...390^{\circ}C$. Питома вага – 1000–1100 кг/м³ (в Прибалтиці зустрічається і 970 кг/м³, а в Прикарпатті – 1220 кг/м³). Добре піддається механічній обробці. Не розчиняється у воді (частково в спирті – 20–25%, ефірі – 18–23%, хлороформі – до 20%), але може набухати і збільшуватись в об'ємі до 8% при тривалому перебуванні в ній. Повністю розпадається в гарячій концентрованій азотній кислоті, можна розм'якшити при $t=100^{\circ}C$ [1–5].

В світі бурштин зустрічається по берегах Балтійського моря в країнах Прибалтики, Польщі, Німеччині, Данії, Швеції, Білорусії. Найбільшим родовищем до цього часу було Приморське (Пальмнікенське) в Калінінградській області Російської Федерації.

Бурштин застосовується в різних галузях. Цільовим напрямом використання бурштину є ювелірно-виробнича галузь, широко застосовуються продукти його хімічної переробки в медичній та хімічній промисловостях. У ювелірній справі використовуються фракції бурштину великих та середніх розмірів для виготовлення прикрас. У медицині застосовують бурштинову кислоту. Для того, щоб її отримати, бурштин подрібнюють у порошок. Також слугують і фракції розміром менше 5 мм, що становлять понад 40% загальної кількості бурштину, які знаходяться у родовищах.



Зазвичай розробка бурштиновмісних масивів здійснюється механічним та гідравлічним способами, які мають кілька недоліків. Механічний спосіб включає в себе механічну розробку масиву ґрунту у відкритому кар'єрі або під землею. Даний спосіб включає наступні етапи: розкриття продуктивного шару ґрунту, екскаваційні роботи, транспортування породи від місця розробки до грохоту, де відбувається відділення бурштину від породи шляхом миття, рекультивацію земель. Недоліками механічного способу є: великі експлуатаційні та економічні затрати, винос породи на поверхню і негативні екологічний вплив на навколишнє середовище.

Спосіб свердловинної гідравлічної розробки родовищ корисних копалин включає розкриття продуктивного горизонту свердловинами по контуру видобувної камери, їх обсадку, встановлення в них гідро видобувного обладнання з видавальним пристроєм. Також йде сполучення між свердловинами, підрізання продуктивного горизонту і заповнення підрізаної щілини водою. Наступним етапом йде руйнування порід продуктивного горизонту в підрізню щілину, гідророзмив породи в затопленому забої та підняття пульпи на поверхню по свердловині самовиливом за рахунок постійного надходження рідини в робочу зону в центрі видобувної камери.

Гідромеханічний видобуток передбачає збудження корисної копалини в рухомий стан шляхом впливу механічного органа, після чого вона гідросумішшю подається на поверхню через вертикальні гірничі виробки.

Подальший розвиток процесу видобутку можливий при удосконаленні механічного гідровидобутку з вібродією на масив, що інтенсифікує процес за рахунок обґрунтування і вибору форми та просторового рознесення вібровипромінювачів інтенсифікатора [1].

Відомий й інший спосіб свердловинного добування корисних копалин, наприклад, з використанням сумішей різної в'язкості. Так, в підготовлену свердловину подається в'язка незамерзаюча рідина, яка утворює з ґрунтовим масивом пульпу та за рахунок різниці густини, більш важкі фракції опускаються вниз свердловини, а більш легкі – виносяться разом з ґрунтовим масивом насосами, які викачують пульпу на поверхню родовища. Даний спосіб використовується для добування матеріалів з мерзлих ґрунтів, а також для сортування корисних копалин різної густини [4].

Проте всі вони супроводжуються виносом мінерального ґрунту на поверхню родовища, не забезпечують повного вилучення бурштину з родовищ, енергомісткі, призводять до зміни структури

ґрунтів, утворення пустот і відповідно справляють значний негативний техногенно-екологічний вплив на навколишнє середовище.

В Національному університеті водного господарства та природокористування (НУВГП) розроблений гідромеханічний спосіб підйому бурштину на поверхню піщаного родовища за допомогою вібропристрою видобутку бурштину, який поєднує механічну дію та гідравлічний вплив на масив та мінімізує недоліки, про які згадували вище. Суть наведеного способу полягає в тому, що масив, насичений водою активізується шляхом механічного збудження (вібрація) до утворення суцільного в'язкого шару такої густини, при якій виникає сила виштовхування, яка піднімає бурштин на поверхню родовища. Тобто механічною дією за наявності в масиві води доводимо його до повної втрати зв'язків між частинками, вивільнення бурштину та досягнення середовищем в'язкого стану з густиною, яка більша від питомої сили тяжіння бурштину, що дозволяє останньому спливати на поверхню родовища за рахунок архімедової сили [5].

Хоча цей спосіб і показав свою ефективність, але конструкція вібропристрою видобутку бурштину не досконала, ККД пристрою є низьким, а затрати енергії доволі значні. Також по глибині розробки не витримуються необхідні задані параметри, які впливають на ефективність видобутку. Тому конструкція вібропристрою потребує удосконалення та забезпечення необхідних вимог при видобутку.

Експериментальні і натурні дослідження з вилучення бурштину з бурштиновмісних покладів виконані на розробленому віброгідравлічному класифікаторі. Вібраційний класифікатор дозволяє максимально вилучати бурштин з масиву із найменшими технологічними витратами. Розроблена технологія дозволяє також за рахунок комплексної дії вібрації, густини пульпи і повітря підвищувати ефективність роботи вібраційного класифікатора та зменшувати витрати пульпи [1; 6].

Для реалізації нової технології запропонований спосіб вилучення бурштину, що включає створення й активацію суспензії, її розшарування шляхом осадження у висхідних потоках води. В ємності із суспензією створюють дві ділянки з різною густиною. У першій, з більшою густиною, піддають суспензію вібраційному впливу й аерації бульбашками повітря. Верхній продукт спрямовують на ділянку з меншою щільністю, але більшою за щільність бурштину, де висхідними потоками виводять у верхній продукт бурштиновий концентрат, а нижні продукти обох ділянок виводять із процесу як відходи. Вібраційний вплив дозволяє розосередити глинисті



конгломерати бурштину з породою. Аерація бульбашками повітря веде до рівномірного розпушування частинок породи, інтенсивної промивки оброблюваного матеріалу від мулистій та глинистій складовій. Крім того, оскільки бурштин має вкрай низьке змочування, бульбашки повітря допомагають забезпечити його виринання на поверхню суспензії. Отже, у першій ділянці відбувається виділення на поверхню суспензії не тільки крупного бурштину, а й виділення дуже дрібних часток за рахунок дії на них бульбашок повітря, що сприяє підвищенню вилучення бурштинового концентрату. У цьому полягає технічний результат підвищення вилучення бурштину через збільшення його кількості і якості. На відміну від розповсюдженого свердловино-гідравлічного способу, це досягається за рахунок:

- 1) застосування пошарового виймання продуктивної породи без обмеження ціликами;
- 2) відсутності ручної вибірки бурштину;
- 3) менших витрат води завдяки введенню в обіг води, отриманої при зневоднюванні концентрату;
- 4) зменшення витрат електроенергії на перекачування великої кількості води на значні відстані. Розроблена нами технологічна лінія з видобування бурштину дозволяє переробляти також техногенні родовища, де крупність бурштину 5,0 мм і менше (відвали, хвости).

Добування корисної копалини проводиться видобувним агрегатом (навантажувач сировини) пошарово з завантаженням у транспортні елементи для доставки гірничої маси до місця переробки. Пошарове завантаження бурштиновмісної маси у транспортні елементи доставки сировини здійснюється завантажувачем сировини, що являє собою машину з лопатковими захватами та скребкового конвеєра. Бурштиновмісна маса переміщується по нерухомому жолобу за допомогою скребоків, закрплених на кількох тягових ланцюгах з певним кроком і занурених у шар насипного вантажу.

Багаторічні дослідження дозволили запропонувати для видобутку бурштину з бурштиновмісних родовищ комплексний спосіб, який включає в себе ряд технологічних операцій із застосуванням різної техніки. Цей спосіб включає в себе пошарову розробку бурштинових масивів із застосуванням технологічного обладнання по вскришним, добувним роботам та переробкою гірничої маси на місці розробки. Застосування комплексу машин дозволяє ефективно вилучати найменші фракції бурштину.

Запропонована технологія пошарового видобутку бурштину має чимало переваг над існуючою гідромеханічною і свердловинною технологіями, але для повної оцінки її економічної ефективності необхідно визначити впливові фактори, зокрема: необхідну продуктивність нової технології, перелік та вартість необхідного обладнання, режими його роботи і необхідність обслуговування, енерго- і водопостачання технологічного процесу, а також цінову політику реалізацій бурштину різних класів крупності. Такі дані враховуються при виконанні проєкту на впровадження нової технології згідно з його вихідними вимогами.

Однак великий парк техніки змушує робити значні економічні затрати на початкових стадіях розробки, що впливає на собівартість видобутку.

Висновок. Отже, після проведеного аналізу можна сказати, що відомі способи розробки бурштинових родовищ мають значні недоліки, які завдають негативні наслідки навколишньому середовищу (механічний, гідравлічний) та незначні, які у процесі дослідження та вдосконалення можна вирішити. Тому, на сьогодні добування бурштину потребує новітніх комплексних технологій та удосконалення засобів для інтенсифікації процесу видобутку, при якому досягається вища продуктивність та ефективність, а також зменшується негативний екологічний вплив на навколишнє середовище.

1. Промислові технології видобутку бурштину : монографія / Булат А. Ф., Надутий В. П., Маланчук Є. З., Маланчук З. Р., Корнієнко В. Я. Дніпро-Рівне : ІГТМ-НУВГП, 2017. 237 с. **2.** Корнієнко В. Я., Мачук Е. Ю. Технологічний процес видобутку бурштину за допомогою віброгідравлічного витягача. *Вісник НУВГП* : зб. наук. праць. Сер. *Технічні науки*. Рівне : НУВГП, 2013. Вип. 3(63). С. 412–418. **3.** Корнієнко В. Я. Дослідження сегрегації при видобутку бурштину з родовищ. *Вісник НУВГП* : зб. наук. праць. Сер. *Технічні науки*. Рівне : НУВГП, 2014. Вип. 3(67). С. 120–126. **4.** Маланчук З. Р., Маланчук Є. З., Корнієнко В. Я. Спеціальні технології видобутку корисних копалин : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2017. 290 с. **5.** Спосіб вилучення бурштину з родовища: пат. 32201А Україна: опубл. 15.12.2000, Бюл. № 7-II. **6.** Вібраційний класифікатор: пат. 102869 Україна: МПК9 B03B 5/52. Заявл. u 2015 04518; опубл. 08.05.2015, Бюл. № 22. Київ, 2015.

REFERENCES:

1. Promyslovi tekhnologii vydobutku burshtynu : monohrafiia / Bulat A. F., Nadutyi V. P., Malanchuk Ye. Z., Malanchuk Z. R., Korniienko V. Ya. Dnipro-Rivne : IHTM-NUVHP, 2017. 237 s.
 2. Korniienko V. Ya., Machuk E. Yu. Tekhnolohichniy protses vydobutku burshtynu za dopomohoiu vibrohivnichnoho vytiahacha. *Visnyk NUVHP* : zb. nauk. prats. Ser. *Tekhnichni nauky*. Rivne : NUVHP, 2013. Vyp. 3(63). S. 412–418.
 3. Korniienko V. Ya. Doslidzhennia sehrehatsii pry vydobutku burshtynu z rodovyshch. *Visnyk NUVHP* : zb. nauk. prats. Ser. *Tekhnichni nauky*. Rivne : NUVHP, 2014. Vyp. 3(67). S. 120–126.
 4. Malanchuk Z. R., Malanchuk Ye. Z., Korniienko V. Ya. Spetsialni tekhnologii vydobutku korysnykh kopalyn : navch. posib. Rivne : NUVHP, 2017. 290 s.
 5. Sposib vyluchennia burshtynu z rodovyshcha: pat. 32201A Ukraina: opubl. 15.12.2000, Biul. № 7-II.
 6. Vibratsiinyi klasyfikator: pat. 102869 Ukraina: MPK9 V03V 5/52. Zaiavl. u 2015 04518; opubl. 08.05.2015, Biul. № 22. Kyiv, 2015.
-

Korniienko V. Ya., Doctor of Engineering, Professor, Semeniuk V. V., Senior Lecturer, Kucheruk M. O., Senior Lecturer, Proshcharuk O. A., Post-graduate Student (Department of Development of Deposits and Mining, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine)

ANALYSIS OF THE MAIN TECHNOLOGICAL METHODS OF THE DEVELOPMENT OF AMBER DEPOSITS

In article presents the existing technologies of amber mining which are used in the development of amber deposits in the Rivne-Volyn region and in the world. An analysis of mechanical, hydraulic, hydromechanical and combined methods of amber mining in Ukraine. The advantages and disadvantages of these methods of amber mining and their impact on the environment are identified. The mechanical method includes the mechanical development of the soil in the open pit or underground and includes: opening of the productive layer of soil, excavation work, transportation of rock, screening, rock washing, land reclamation. This method of amber mining is carried out by a complex of machines and is now obsolete. The disadvantages of this method are high operating and economic costs, removal of rock to the surface and the negative environmental impact on the environment. The hydraulic method is carried out by erosion of the productive layer of soil by high pressure jets, and removal of amber on the surface of the field by hydraulic flows. The method is accompanied by the

removal of mineral soil on the surface of the field, does not provide complete extraction of amber from deposits, energy-intensive, leads to changes in soil structure, formation of cavities and, accordingly, has a significant negative man-made impact on the environment. Hydro-mechanical extraction involves the excitation of a mineral into a mobile state by the action of a mechanical organ, after which it is fed to the surface by a hydraulic mixture through vertical mine workings. The combined method includes layer-by-layer development of amber massifs with the use of technological equipment for overburden, mining and processing of rock mass at the development site. The use of a set of machines allows you to effectively remove the smallest fractions of amber. However, a large fleet of equipment forces to make significant economic costs in the initial stages of development, which affects the cost of production. It is generalized that today it is necessary to introduce alternative methods of amber extraction from sand and man-made deposits with minimal negative consequences for the environment.

***Keywords:* amber; extraction; mechanical method; water; vibrating device; intensifier.**