

Надуть В. П.

Корнієнко В. Я.

*Інститут
геотехнічної механіки
ім. М. С. Полякова
НАН України*

Nadutyu V. P.

Korniyenko V. Ya.

*M. S. Polyakov Institute of
Geotechnical Mechanics
under the NAS of Ukraine*

УДК 622.232.5:622.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЛУЧЕННЯ БУРШТИНУ З БУРШТИНОВІСНИХ РОДОВИЩ ВІБРАЦІЙНИМ КЛАСИФІКАТОРОМ

Досліджено закономірності вилучення бурштину з бурштиновмісних родовищ за допомогою вібраційного класифікатора.

Встановлено закономірності впливу води, газу і вібрації на розрідження піщаних середовищ, які залежать від інтенсивності параметрів вібрації і подачі в бурштиновмісний масив газорідної суміші.

Ключові слова: бурштин, масив, зрідження, вібрація, параметри, вібраційний класифікатор.

Вступ. Бурштин у різних країнах має свої характерні ознаки, що відрізняють його у порівнянні з іншими регіонами світу. Багатьох дослідників цікавлять фізико-хімічні властивості бурштину.

З аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що дослідників більше зацікавить коштовна цінність та унікальність бурштину, аніж технологія його видобутку.

В Рівненсько-Волинському регіоні України розвідано значні поклади бурштину. Видобувні роботи нині ведуться на Клесівському родовищі (Сарненський район) і на ділянках Володимирецького (с. Бережниця) та Дубровицького (с. Вільне) районів. Сумарні запаси оцінюються у 100 тис. т, які переважно залягають у піщаних та піщано-глинистих ґрунтах на глибині до 15 м і є достатніми для дослідження та впровадження нових технологій.

Відкриття промислових розсіпів бурштину в Україні розпочалося в 1980 р. з розробки Клесівського родовища, яке є діючим і донині. Подальші пошукові та пошуково-оцінювальні роботи в межах Клесівського бурштиноносного району, що здійснювались на протязі останніх 30-и років, розширили відомості про його геологічну будову і умови утворення первинних розсіпів бурштину.

Продуктивні (межигірські) відклади південно-східної частини Клесівського району (ділянки Пугач, Роднікова, Дюни та прояв Федорівка) заповнюють пониження між виходами на доберекську поверхню протерозойських кристалічних утворень та їх вивітрювання. Продуктивні відклади

Клесівського родовища залягають смугою шириною від 200 м до 700 м, яка простежується з південного сходу на північний захід між виходами на domeжигірську поверхню дрібних виступів фундаменту. Протяжність збагаченої бурштином смуги складає понад 2 км.

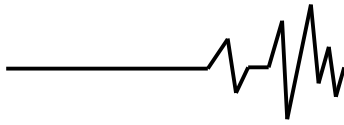
Добування бурштину в Україні здійснюється механічним та гідравлічним способами, які мають ряд недоліків. Зокрема, це великі експлуатаційні та економічні витрати, винос мінерального ґрунту на поверхню родовища, зміна структури ґрунтів, утворення порожнин і негативний екологічний вплив на навколишнє середовище.

Вилучення бурштину з бурштиновмісних родовищ проводиться застарілим методом з операціями миття, грохочення та ручного сортування корисної копалини за класами якості.

Тому актуальною науковою задачею при переробці бурштиновмісних родовищ є максимальне вилучення бурштину з масиву з найменшими технологічними витратами за рахунок впровадження новітнього вібраційного обладнання для класифікації корисної копалини із обґрунтуванням раціональних параметрів переробного обладнання.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Добування бурштину із піщаних родовищ в основному здійснюється двома способами: механічним та гідравлічним.

Науковцями Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (ІГТМ НАН України, м. Дніпро, Україна) та Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП,



м. Рівне, Україна) для переробки бурштину запропоновано вібраційний класифікатор, який дозволяє максимально вилучати бурштин з масиву з найменшими технологічними витратами, а за рахунок встановлення вертикального вібраційного гвинтового транспортера – підвищувати ефективність роботи вібраційного класифікатора і, як наслідок, зменшувати витрати пульпи [1, 2].

Вібраційний класифікатор містить корпус, гвинт, що має можливість кругового обертання від приводу і регулювання положення механізмом підйому нижніх частин гвинта. У верхній частині його корпусу встановлено

вертикальний вібраційний гвинтовий транспортер (рис. 1) [3].

Зменшити витрати пульпи можна за допомогою зміни параметрів вібраційного класифікатора. При встановленні у верхній частині корпусу вібраційного класифікатора вертикального вібраційного гвинтового транспортера відбувається більш ефективне добування та зневоднення частинок матеріалу, які мають меншу щільність, ніж у пульпи, що забезпечує технічний результат – підвищення ефективності роботи вібраційного класифікатора і, як наслідок, зменшення витрат пульпи.

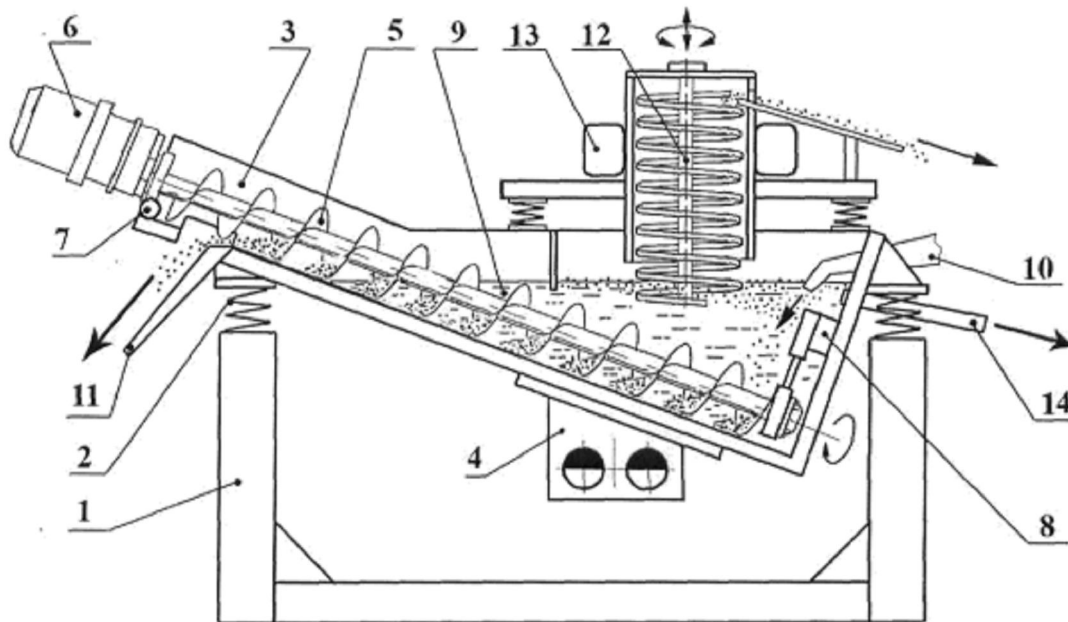


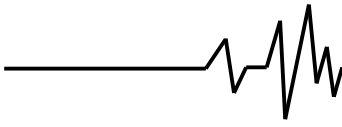
Рис. 1. Вібраційний класифікатор

Вібраційний класифікатор складається з основи 1, на яку за допомогою пружних елементів 2 встановлено корпус 3 з вібробудником 4, гвинта 5, приводу 6, опори 7, механізму підйому нижніх частин гвинта 8, пульпи 9, завантажувального 10 і розвантажувального 11 пристроїв, вертикального вібраційного гвинтового транспортера 12, вібробудників 13 та зливу 14.

Вібраційний класифікатор працює наступним чином. Матеріал у вигляді пульпи 9 за допомогою завантажувального пристрою 10 подається в порожнину, утворену корпусом 3, де під дією гвинта 5 та вібробудника 4 відбувається його перемішування. При перемішуванні здійснюється осадження найбільш важких та великих класів матеріалу, які виводяться з класифікатора через пристрій для розвантажування 11 у вигляді пісків, завдяки гвинту 5, що обертається приводом 6. При цьому матеріал не тільки вивантажується,

а й зневоднюється. Цьому процесу сприяє робота вібробудника 4. Існує також можливість зміни кута нахилу гвинта (завдяки тому, що його встановлено на опорі 7), що регулюється механізмом підйому 8. Частинок матеріалу, які мають щільність, меншу ніж у пульпи, під впливом гвинта 5 та вібробудника 4 підіймаються на поверхню, де під дією вертикальної та горизонтальної складової вібраційного впливу вібробудників 13, які встановлено на вертикальному вібраційному гвинтовому транспортері 12, підіймаються догори та в верхній частині гвинтового транспортера розвантажуються. При цьому відбувається не тільки переміщення матеріалу, а й його зневоднення. Злив 14 слугує для регулювання щільності пульпи, яка забезпечує середовище для класифікації матеріалу.

Дія вібраційних засобів на масив потребує аналізу і дослідження процесів, що відбуваються в бурштиновмісних піщаних



ґрунтах [4].

Оскільки бурштин на Клесівському родовищі залягає в піщаних ґрунтах, то піщаний ґрунт вібраційним класифікатором переводиться у стан зрідження при насиченні водою та механічній дії на середовище.

Експериментальними дослідженнями зрідження піщаних ґрунтів займалися багато дослідників. Дослідженнями впливу вібраційної техніки на ґрунтове середовище займалися [4-6].

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є максимальне вилучення бурштину з масиву з найменшими технологічними витратами за рахунок використання вібраційного класифікатора з вертикальним вібраційним гвинтовим транспортером.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовано наступні завдання:

– встановити вплив густини бурштиновмісного середовища та вібрації на розділення бурштиновмісних пісків вібраційним класифікатором з метою прискореного підйому бурштину з пульпи до вертикального вібраційного гвинтового транспортера;

– встановити залежності впливу витрат води і повітря на інтенсивність вилучення бурштину вібраційним класифікатором.

Дослідження видобутку бурштину з піщаних бурштиновмісних родовищ вібраційним класифікатором.

Основні експериментальні дослідження було виконано в лабораторіях Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Національного університету водного господарства та природокористування, Рівненській геологічній експедиції ДП “Укрпівнічгеологія” та Клесівському бурштиновмісному піщаному родовищі, яке є найбільш характерним для даного бурштиновмісного регіону. Дослідженнями встановлено, що при зрідженні руйнується структура піщаного бурштиновмісного середовища. Піщані частинки в зоні дії вібрації відділяються від загального масиву і приводяться в коливальні рухи біля свого рівноважного положення, а також переміщуються по деякій траєкторії відносно гвинта. При цьому відбувається інтенсивний рух газу і води, які захоплюють із собою піщані частинки і бурштин та відкидають їх до вертикального вібраційного гвинтового транспортера. Оскільки поверхня бурштину значно перевищує за розміром площу частинок, то під дією Архімедової та виштовхувальної сил куски бурштину переміщуються на поверхню, де підхоплюються вертикальним вібраційним гвинтовим транспортером.

Швидкість підйому частинки знизу до верху залежить від інтенсивності вібраційного збудження масиву, розрідження середовища, насичення повітряними бульбашками та в'язкості середовища.

Перепад тиску залежить від частоти та амплітуди збудника коливань, висоти шару, розміру частинок і вологості піщаного ґрунту, а також коефіцієнта тертя частинок одну об одну.

На створення віброкиплячого шару ґрунту впливають такі параметри: 1) амплітуда коливань; 2) частота коливань; 3) змушуюча сила; 4) тиск води; 5) тиск повітря; 6) геометричне розташування гвинтів. В значній мірі дані параметри визначаються експериментально.

Різноманітний вплив динамічних навантажень на зріджені водонасичені піщані ґрунти досліджено в [5]. В цих роботах теоретично і експериментально досліджуються поведіння пісків при дії різних збудників на середовище, його змінах та, зокрема, питання зміни пористості. Зрідження середовища оцінюється пористістю віброкиплячого шару. Дослідженнями встановлено, що пористість віброкиплячого шару залежить від прискорення вібрації.

Досліджуючи вплив прискорення вібрації бурштиновмісного середовища на його пористість та змінюючи частоту коливань вібратора встановлено, що відбувається інтенсивне перемішування шару ґрунту, яке призводить до суттєвого збільшення виходу бурштину до вертикального вібраційного гвинтового транспортера. На виході бурштин розділяється за класами грохотами та передається до споживачів за допомогою конвесрів.

Вібраційний класифікатор дозволив створювати необхідне середовище, вилучати за рахунок сегрегації в бурштиновмісному піщаному шарі бурштин та доправляти до вертикального вібраційного гвинтового транспортера.

Максимальні розрідження колоїдної маси (густина середовища (ρ_c)) спостерігалось в піщаних ґрунтах при подачі повітря в киплячий шар ґрунту $q_n = 0.02 \text{ м}^3/\text{год}$. густина колоїдної маси (ρ_c) склала $0.8 \div 0.9 \text{ кг/м}^3$ при частоті вібрації 30 Гц (рис. 2, 3).

Мінімальна густина середовища (ρ_{min}) 1800 кг/м^3 при подачі повітря (q_n) $0.004 \text{ м}^3/\text{год}$. досяглась при частоті вібрації $30 \div 35 \text{ Гц}$.

Аналогічні залежності отримання при подачі в масив більшої кількості повітря, мінімальна густина середовища (ρ_{min}) 1780 кг/м^3 при подачі повітря (q_n) $0.006 \text{ м}^3/\text{год}$. досяглась при частоті вібрації $34 \div 36 \text{ Гц}$.

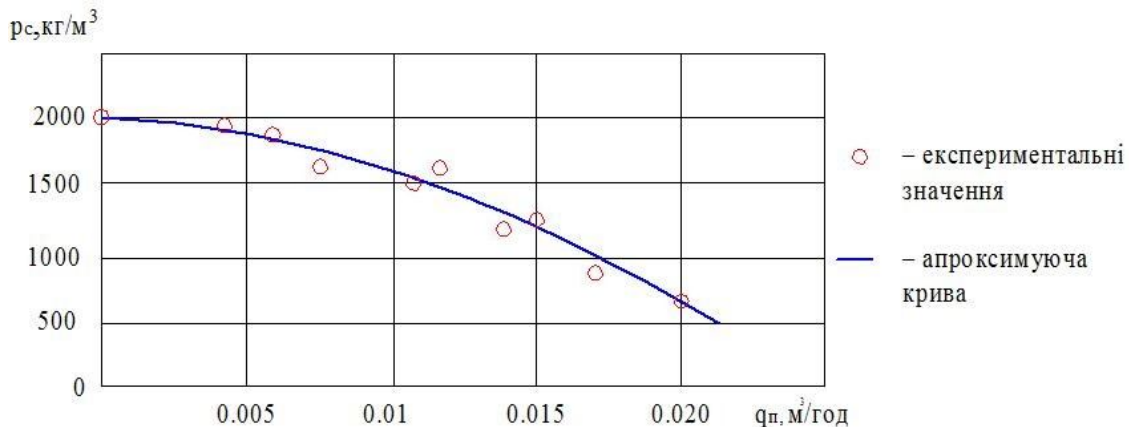
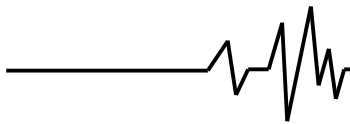


Рис. 2. Залежність густини середовища від подачі повітря (q_n) при частоті вібрації 30 Гц

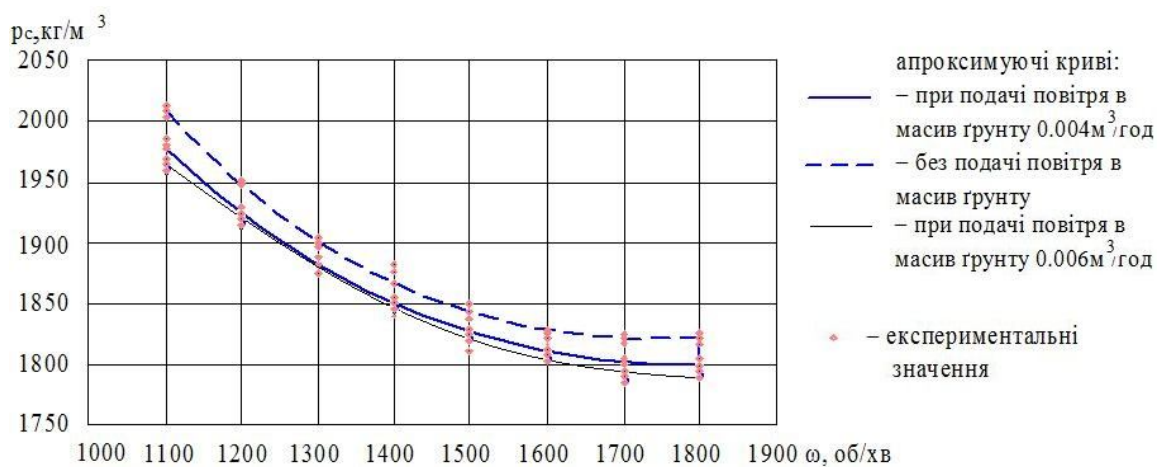


Рис. 3. Залежність густини середовища від частоти вібрації (ω) при подачі в масив повітря

Подача повітря в межах $0.01 \div 0.12 \text{ м}^3/\text{год}$. розріджує бурштиновмісне піщане середовище та інтенсифікує процес спливання бурштину. Однак збільшення витрат повітря призводить до зменшення швидкості спливання. При цьому кількість вилученого бурштину становить $90 \div 95 \%$ від загальної кількості в родовищі.

Подача газорідинної суміші дозволяє інтенсифікувати процес підйому бурштину до максимальних значень. Максимальна швидкість спливання бурштину на денну поверхню спостерігається при зміні подачі газорідинної суміші в масив у межах від 0 до $0,020 \text{ м}^3/\text{год}$.

Сегрегація в шарі бурштину і швидкості його спливання є визначними в робочих режимах інтенсифікаторів [7].

Обговорення результатів досліджень вилучення бурштину з піщаних бурштиновмісних масивів. Проведеними дослідженнями вилучення бурштину з піщаних бурштиновмісних масивів встановлено, що:

– швидкість вилучення бурштину залежить від частоти вібрації, амплітуди та густини середовища і має свій оптимум;

– існують при різних значеннях частоти

вібрації оптимальні значення подачі води і повітря, при яких досягається найбільша швидкість спливання бурштину;

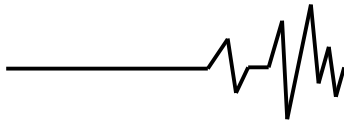
– густина середовища істотно впливає на створення умов швидкого виходу на поверхню бурштину, що, в свою чергу, впливає на продуктивність вібраційного класифікатора.

Експериментальними дослідженнями встановлено раціональну густину середовища ($\rho_c = 1600 \div 1800 \text{ кг/м}^3$), що досягається частотою коливання $30 \div 35 \text{ Гц}$, амплітудою $A = 1.07 \div 2.5 \text{ мм}$, подачі повітря $q_n = 0.004 \div 0.006 \text{ м}^3/\text{год}$., при якій швидкість спливання бурштину $v = 0.1 \div 0.25 \text{ м/с}$.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що:

– застосування вібраційного класифікатора з вилучення бурштину дозволяє вилучати $90 \div 95 \%$ бурштину з родовища, при цьому густина середовища та вібрація впливають на розрідження бурштиновмісного піску, а саме, раціональна густина середовища (ρ_c) становить $1600 \div 1800 \text{ кг/м}^3$, частота коливання $30 \div 35 \text{ Гц}$, амплітуда $A = 1.07 \div 2.5 \text{ мм}$;

– максимальна швидкість підняття



бурштину досягається в залежності від зміни витрат води і повітря для конкретних бурштиновмісних масивів; при проведенні лабораторних і натурних експериментальних досліджень встановлено значення подачі повітря 0,02 м³/год.

Список використаних джерел

1. Malanchuk, Z. Modern condition and problems of extraction of amber in Ukraine / Malanchuk, Z. and Korniyenko, V. // Canadian Journal of Science and Education. – 2014. – v. 2, № 6. – P. 372–376.

2. Bulat, A. Substantiations of technological parameters of extraction of amber in Ukraine / Bulat, A., Naduty, V. and Korniyenko, V. // American Journal of Scientific and Educational Research. – 2014. – v. 2, № 5. – P. 591–597

3. Патент України № 102869. Вібраційний класифікатор. Надутий В. П., Чолишкіна В.В., Сухарев В. В., Корнієнко В. Я. 3. u 2015 04518., ДСІВУ, 2015, Бюл. № 22.

4. Булат А.Ф. Опыт применения вибрационных установок в технологии добычи янтаря / А.Ф. Булат, В.П. Надутый, В.Я. Корнієнко // Вібрація в техніці та технологіях: Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця. – № 4(80). – 2015. – С. 128–131.

5. Членов В.А. Виброкипящий слой. Монография / В.А. Членов, Н.В. Михайлов. – М.: Наука, 1972. – 344 с.

6. Корнієнко В.Я. Дослідження сегрегації при видобутку бурштину з родовищ / В.Я. Корнієнко / Вісник НУВГП: Зб. наукових праць. – Рівне. – 2014. – Вип. 3(67). – С. 120–126.

7. Теория турбулентных струй. Изд. 2-е, перераб. и доп. Монография / Г.Н. Абрамович, Т.А. Гиршович, С.Ю. Крашенинников, А.Н. Секундов, И.П. Смирнова / Под ред. Г.Н. Абрамовича. – М.: Наука, 1984. – 745 с.

Список джерел в транслітерації

1. Malanchuk, Z. Modern condition and problems of extraction of amber in Ukraine / Malanchuk, Z. and Korniyenko, V. // Canadian Journal of Science and Education. – 2014. – v. 2, № 6. – P. 372–376.

2. Bulat, A. Substantiations of technological parameters of extraction of amber in Ukraine / Bulat, A., Naduty, V. and Korniyenko, V. // American Journal of Scientific and Educational Research. – 2014. – v. 2, № 5. – P. 591–597.

3. Pat. № 53632 UA, МПК В 03 В 5/52 (2006.01). Vibratsiynny klasyfikator / Naduty V.P., Cholyskhina V.V., Sukharyev V.V., Korniyenko V.Ya. Z. № u 201504518; Zayavl. 08.05.2015, Opubl. 25.11.2015. Bul. № 22.

4. Bulat A.F. Opyt primeneniya vibratsionnykh ustanovok v tekhnolohiyi dobychy

yantaria / A.F. Bulat, V.P. Naduty, V.Ya. Korniyenko // Vibratsiyyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh: Vseukr. nauk.-tekhn. zhurnal. – Vinnytsia. – Vyp. 4(80). – 2015. – S. 128–131.

5. Chlenov V.A. Vibrokypiaschiy sloy / V.A. Chlenov, N.V. Mikhaylov. – M.: Nauka, 1972. – 344 s.

6. Korniyenko V.Ya. Doslidzhennia sehrehatsii pry vydobutku burshtynu z rodovyshch / V.Ya. Korniyenko // Visnyk NUVHP : Zbirka nauk. prats. – Rivne. – 2014. – Vyp. 3(67). – S. 120–126.

7. Teoriya turbulentykh struy. Izd. 2-ye, pererab. I dop. Monografiya / Abramovich G.N., Hershovich T.A., Krashennnikov S.Yu., Sekundov A.N., Smirnov I.P. / Pod red. G.N. Abramovicha. – M.: Nauka, 1984. – 745 s.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЯНТАРЯ ИЗ ЯНТАРОНОСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВИБРАЦИОННЫМ КЛАССИФИКАТОРОМ

Аннотация. Исследованы закономерности извлечения янтаря из янтароносных месторождений с помощью вибрационного классификатора.

Установлены закономерности влияния воды, газа и вибрации на разжижение песчаных сред, зависящие от интенсивности параметров вибрации и подачи в янтароносный массив газожидкостной смеси.

Ключевые слова: янтарь, массив, ожужение, вибрация, параметры, вибрационный классификатор.

RESEARCH OF PROCESS OF EXTRACTION AMBER FROM AMBER CONTAINING DEPOSITS VIBRO CLASSIFIER

Annotation. In the article examined the patterns of extraction of amber from amber deposits using vibrating classifier. For processing amber from amber deposits proposed vibrating classifier that maximizes removes brand of array technology with the least cost. Also, by installing vertical vibrating screw conveyor can increase the efficiency of the vibrating classifier, and as a result, reduce the cost of pulp.

As a result of the research established laws to water, gas and liquefaction of sandy vibration environments that depend on the intensity of vibration parameters and feeding from amber deposits of gas-liquid mixture.

The use of vibrating classifier amber extraction allows removing deposits of amber, and amber raising the maximum speed achieved depending on changes in the cost of water and air for specific from amber deposits and during experimental studies established the optimal value.

Key words: amber, array, liquefaction, vibration settings, vibrating classifier.