

УДК 622.232.5:622.2

Корнієнко В. Я., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ДОСЛІДЖЕННЯ СЕГРЕГАЦІЇ ПРИ ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ З РОДОВИЩ

У роботі наведено аналіз існуючих досліджень сегрегації для видобутку бурштину з родовищ при застосуванні вібраційних засобів для збудження ґрунтових масивів.

Ключові слова: сегрегація, бурштин, родовище.

При розробці родовищ залягання бурштину застосовуються в основному механічний і гідравлічний способи. В НУВГП (Національному університеті водного господарства та природокористування, м. Рівне) для видобутку бурштину пропонується гідромеханічний спосіб, який ґрунтується на насиченні масиву водою, збудженню механічним способом та сегрегації бурштину на поверхню родовища за рахунок Архімедової сили. Таким чином, збудження масиву вібраційними засобами та їх вплив на середовище потребує аналізу і дослідження процесів, що відбуваються в ґрунтах.

Вібраційні засоби впливають на ґрунтове середовище зверху, або вводяться в середину збуджуваної маси ґрунту. Ґрунтова маса є трифазною дисперсною системою, що складається із твердої (скелету), рідкої фази (води), яка заповнює пори, і газоподібної (деякої кількості повітря, водяних парів). Газ знаходиться в затиснутому стані, тому переміщення бульбашок відносно скелета майже не відбувається. Щодо рідкої фази, то існує дві частини води: молекулярно зв'язана із скелетом вода і вільна вода, яка може переміщуватись під дією сили ваги та градієнта тиску [1].

Піщаний ґрунт переходить у стан зрідження при насиченні водою та механічній дії на середовище. Дослідженнями переходу піщаних ґрунтів в зріджений стан проводились в перших роботах К. Терцагі. В цих роботах перехід пісків в зріджений стан пояснювались руйнуванням їх структури і відтиском з пор води, а можливість розтікання ґрунту, пояснювалась, залежністю від його водопроникності.

В дослідженнях В.А. Флоріна встановлена експериментальна залежність для випадку переукладання шару повністю зрідженого піску. Дію вібрації на зрідження пісків вивчали Ш.А. Сидерас разом з

В.А. Поспеловим та Е.П. Акульшиной, Г.І. Покровським, Д.Д. Барканом і О.А. Савіновим [2].

Н.Н. Маслов займався експериментальними дослідженнями зрідження піщаних ґрунтів [3]. Теоретичні та експериментальні дослідження виконували також О.Е. Власов, Г.М. Ляхов, Н.М. Дмитрієв, В.І. Білокопитов, А.М. Аронов [4] та ін. Їхніми дослідженнями встановлено, що при зрідженні руйнується структура піщаного середовища. 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 віброснаряда, відбувається інтенсивний рух газу і води, які захоплюють із собою частинки ґрунту і викидають їх на поверхню. Утворені пори заповнюються твердою фазою.

При дії вібрації на піщаний масив ґрунту спостерігаються наступні стадії перетворення [5]:

- віброзрідження (максимальна підготовка до інтенсивного перемішування);
- віброкипіння (відрив частинок та перемішування в масиві);
- поступове ущільнення масиву піщаного ґрунту від периферії до джерела вібрації.

Точка переходу із стану віборозрідження до віброкипіння характеризується максимальним ущільненням матеріалу і максимальним опором шару ґрунту [5].

Ефект віброзрідження шару аналогічний явищу вібраційної лінеаризації сухого тертя, тобто при наявності вібрації для передачі частинці відносного руху в середовищі потрібно менше постійне зусилля, чим при його відсутності. При зменшенні ефективного коефіцієнта тертя у віброзрідженому стані частинки не відриваючись проковзують відносно один другого. Шар розтікаючись ущільнюється.

Дослідженнями впливу низькочастотних механічних коливань на структуру киплячого шару виконані вперше Н.І. Сиром'ятніковим. Дослідження віброкиплячого шару виконані В.А. Білим, А.С. Гінзбургом, З.Р. Горбісом, В.В. Жуковим, С.С. Забродським, П.Ф. Овчинниковим, Н.В. Тябіним, Г.С. Ходаковим, І.І. Чернобильським та іншими [5].

З досліджень [5] відомо, що переміщення піску у віброкиплячому шарі не підлягає закону руху частинок в безповітряному просторі. Крім сили ваги, на траєкторію переміщення шару піску суттєвий вплив має середовище. При підкиданні утворюється розрідження, при падінні – підвищення тиску середовища. На нижні шари піщаного ґрунту

припадає більший перепад тиску, ніж на верхні, тому, повітря витісняється знизу та проводиться ущільнення між частинками [6].

Отже, віброкиплячий шар піщаного ґрунту веде себе, як перекачувальний насос, що переміщує газорідинну суміш на поверхню, захоплюючи з собою частинки та транспортує їх на верх. При цьому 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 однієї об одну. Інтенсивність насосної дії віброкиплячого шару характеризується трьома параметрами: тиском над і розрідженням під віброкиплячим шаром, перепадом тиску в шарі.

Насосний ефект забезпечується при вібрації в наступних послідовностях: 24...26 Гц; 48...52 Гц; 96...104 Гц [5, 7].

Таким чином, на створення віброкиплячого шару ґрунту впливають такі параметри:

- амплітуда коливань;
- частота коливань;
- змушуюча сила;
- тиск води;
- тиск повітря;
- геометричне розташування збудників коливань.

В значній мірі дані параметри визначаються експериментально.

Суттєвим фактором, який впливає на розпушення піщаної маси є пористість середовища.

Пористість (n_1) визначається [3, 5]

$$n_1 = \frac{(V_w - V_c)}{V_w}, \quad (1)$$

де V_w – повний об'єм шару ґрунту; V_c – об'єм власних твердих частинок.

Вплив динамічних навантажень на зрідженні водонасичені піщані ґрунти досліджував П.Л. Іванов [1, 8]. Він теоретично і експериментально провів дослідження з поводження пісків при дії різних збудників на зміни в середовищі та, зокрема, питанням зміни пористості. При дії на масив піщаного ґрунту вібраторів спостерігалися незначні зміни пористості масиву, а саме в межах $\Delta\eta = 1...1,5\%$. Зрідження середовища оцінюється пористістю віброкиплячого шару. Дослідженнями встановлено, що пористість віброкиплячого шару залежить від прискорення

вібрації.

При дослідженні впливу прискорення вібрації на пористість сухого кварцового піску після дії вібрації з прискоренням нижчим за прискорення вільного падіння відбувається ущільнення шару (пористість знижується). Із збільшенням прискорення вище критичного, шар переходить в стан віброзрідження. Чим нижча частота вібрації, тим більша кінцева пористість.

Дослідженням амплітуди коливань (A_k) віброкиплячого шару В.А.Членовим і Н.В.Михайловим [5] встановлений зв'язок між початковою пористістю середовища і приростом останньої при віброкипінні

$$\frac{\Delta h}{h_{\text{поч}}} = K A_k, \quad (2)$$

де K – експериментальний коефіцієнт; Δh – приріст віброкиплячого шару ґрунту від початкового завантаження; $h_{\text{поч}}$ – початкова висота завантаження установки.

Амплітуди перемішень окремих частинок будуть зменшуватись із збільшенням відстані від центра вібрації, і повністю затухати, коли сили інерції будуть менше сил щеплення і тертя між ними. Масив і далі коливається, але зменшується інтенсивність вібрації, переміщення зникає, проходять лише пружні деформації. Чим більше щеплення між частинками середовища, тим менше радіус дії віброснаряда. Звідси, для найкращого впливу на середовище, потрібно підбирати параметри машини в залежності від властивостей масиву ґрунту. При роботі з глиною і деякими суглинками ефективність роботи вібраторів мала. Дослідження М.П. Зубанова [9] з переміщення часток піщаного ґрунту при дії на середовище вібратора вказують на обмеженість зони дії вібраційного снаряда.

Дослідження по створенню віброкиплячого шару ґрунту проводилися в основному у замкнених установках [5, 10, 11] і в порівнянні з відкритими системами параметри вібрації можуть мати інші характеристики, що потребують додаткових експериментальних досліджень.

Віброгідралічний інтенсифікатор дозволяє створити віброкиплячий шар ґрунту та вилучити за рахунок сегрегації в шарі бурштин на поверхню родовища [12, 13].

Дослідження сегрегації бурштину, які проведені в піщаних ґрунтах при створенні суцільного суспензного середовища вказують на те, що на процес всплуття при дії вібрації та подачі в масив води і повітря діють Архімедова і вібраційна сили. Встановлено експериментальними дослідженнями раціональна густина середовища ($\rho_c = 1600 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$), що досягається частотою коливання $30 \dots 35 \text{ Гц}$, ампліту-

дою 1,07...2,5 мм, подачі повітря $q_{п} = 0,004...0,006 \text{ м}^3/\text{год.}$, при якій швидкість спливання бурштину $v = 0,1...0,15 \text{ м/с}$ (рис. 1).

Дослідження, що проведені в глинистих ґрунтах [14] вказують, що на швидкість спливання бурштину впливає величина кусків бурштину (швидкість зростає із збільшенням кусків) та оптимальна густина середовища.

Оптимальна густина середовища, при якій досягається швидкість спливання бурштину $v = 0,5...0,6 \text{ м/с}$ складає $\rho_c = 1450...1500 \text{ кг/м}^3$.

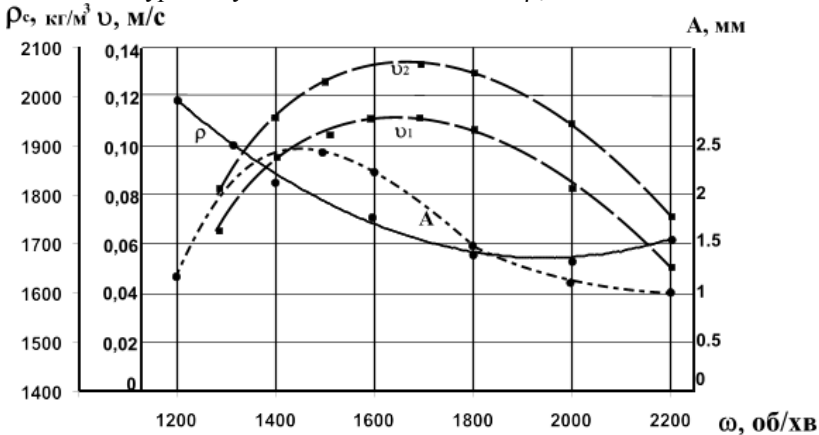


Рис. 1. Залежність густини середовища, швидкості спливання бурштину, амплітуди інтенсифікатора від частоти вібрації при експериментальних дослідженнях (A – амплітуда коливань вібронаряда; ρ – густина середовища; v_1 – швидкість спливання бурштину при подачі повітря $q_{п} = 0,004 \text{ м}^3/\text{год.}$; v_2 – швидкість спливання бурштину при подачі повітря $q_{п} = 0,006 \text{ м}^3/\text{год.}$)

Визначення потужності вібраційних установок в переважній більшості здійснюється за залежністю

$$N = P \cdot \overline{\omega} \cdot A_k \cdot \sin \delta, \quad (3)$$

де $P = MA_k \overline{\omega}^2$ – максимальна збуджуюча сила; $\overline{\omega}$ – частота вібрації; $M = mgA_k$ – кінетичний момент; m – маса обладнання; g – прискорення вільного падіння; A_k – амплітуда коливань; $\delta = 20^\circ$ – кут фаз.

Таким чином, проведений аналіз науково-технічної інформації дозволив виявити, що процес добування бурштину знаходиться на етапі застосування енергомістких, з негативним впливом на навколишнє середовище засобів добування, що не забезпечують повного вилучення бурштину з родовища. Це в свою чергу вимагає удосконалення засобів

для інтенсифікації процесу видобутку, при якому досягається вища продуктивність та ефективність, а також зменшення негативного екологічного впливу на навколишнє середовище. Із аналізу технологій встановлено, що на сьогодні вібраційний вплив на ґрунтовий масив вібраційної техніки дозволяє в піщаних ґрунтах видобувати бурштин за рахунок сегрегації в шарі, в ґрунтах інших категорій (наприклад, глинистих) вібрація малоефективна. На швидкість підйому частинок при сегрегації впливає густина середовища, амплітуда та частота вібрації.

В Україні продуктивні шари залягання бурштину представляються піщаними ґрунтами на глибину до 15 м. Запаси бурштину значні. Одним із перспективних способів, який забезпечує повне вилучення з родовища бурштину, інтенсифікує процес та має мінімальний техногенний вплив на навколишнє середовище є гідромеханічний. Для реалізації гідромеханічного способу в піщаних родовищах раціональний є робоче обладнання, яке включає вібрснаряд з певним чином розташованими біконічними вібровипромінювачами. Зрідження масивів ґрунту вібрснарядами вивчені недостатньо, тому широка реалізація останнього вимагає додаткових досліджень і обґрунтувань.

Використання віброгідралічного інтенсифікатора для видобутку бурштину з родовищ дозволяє досягти повне вилучення бурштину з родовища, збільшити продуктивність праці, зменшити енергоємність та негативний техногенно-екологічний вплив на навколишнє середовище.

1. Иванов П. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. Механика грунтов / П. Л. Иванов. – М. : Высш. шк., 1991. – 447 с. 2. Савинов О. А. Вибрационная техника уплотнения и формирование бетонных смесей / О. А. Савинов, Е. В. Лавринович // – Л. : Стройиздат, Лен.отд., 1986. – 278 с. 3. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов / Н. Н. Маслов. – М. : Выща школа, 1982. – 511 с. 4. Ляхов Г. М. Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах / Г. М. Ляхов. – М. : Наука, 1982. – 288 с. 5. Членов В. А. Виброкопящий слой / В. А. Членов, Н. В. Михайлов. – М. : Наука. – 1972. – 344 с. 6. Теория турбулентных струй / Абрамович Г. Н., Гиршович Т. А., Крашенинников С. Ю., Секундов А. Н., Смирнова И. П. – 2-е изд. перераб. и доп. / Под ред. Г. Н. Абрамовича. – М. : Наука, 1984. – 745 с. 7. Животовский Л. С. Техническая механика гидросмесей и грунтовые насосы / Л. С. Животовский, Л. А. Смойловская. – М. : Машиностроение, 1986. – 224 с. 8. Иванов П. Л. Разжижение песчаных грунтов / П. Л. Иванов. – М.-Л. : Государственное энергетическое изд., 1962. – 260 с. 9. Зубанов М. П. Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей и грунта / М. П. Зубанов. – 2-е изд., испр. и дополненное. – М.-Л. : Машиностроение, 1964. – 195 с. 10. Абрамов А. А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископае-

мых. – Т. I. Обогащительные процессы и аппараты: Учебник для вузов / А. А. Абрамов. – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2001. – 472 с. **11.** Вибрации в технике. Справочник в 6-ти томах / Ред.совет: В.Н.Челомей (пред.). М.: Машиностроение, 1981. – Т. 4. Вибрационные процессы и машины: [Под ред. Э. Э. Лавендела.] – М. : Машиностроение, 1981. – 509 с. **12.** Корнієнко В. Я. Аналіз сучасних технологій та вибір обладнання для вилучення бурштину із піщаних родовищ з найменшим техногенно-екологічним впливом на навколишнє середовище / В. Я. Корнієнко // Вісник НУВГП, Збірник наукових праць, № 2 (38). – Рівне, 2007. – С. 352–358. **13.** Патент України на корисну модель № 84108. Вібропристрій / Корнієнко В. Я., Романовський О. Л., Хітров І. О., Мачук Е. Ю. // Заявка у 2013 04557, ДСІВ України, Київ, 2013, Бюл. № 19. **14.** Романовський О. Л. Дослідження флотаційних властивостей бурштину / О. Л. Романовський, В. Д. Кирикович // Вісник УДУВГП. – Рівне, № 2(26), 2004. – С. 323–328.

Рецензент: д.т.н., професор Маланчук З. Р. (НУВГП)

Kornienko V. Y., Candidate of Engineering, Associate Professor
(National University of Water Management and Nature Resources Use,
Rivne)

RESEARCH OF SEGREGATION AMBER MINING FROM DEPOSITS

In work the analysis of existing researches segregation of amber from deposits is resulted at application of vibrating devices for excitation of earth files.

Keywords: segregation, amber, deposit.

Корниенко В. Я., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕГРЕГАЦИИ ПРИ ДОБЫЧИ ЯНТАРЯ С МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В работе приведен анализ существующих исследований сегрегации для добычи янтаря из месторождений при применении вибрационных средств для возбуждения грунтовых массивов.

Ключевые слова: сегрегация, янтарь, месторождение.
