

Національна академія наук України
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова

КОРНІЄНКО Валерій Ярославович



УДК [622.02:539.2/.8]:622.236.52:622.339.3 (043.5)

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ПРОЦЕСІВ ВИДОБУТКУ І ВИЛУЧЕННЯ
БУРШТИНУ З ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ ПОКЛАДІВ**

05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Дніпро – 2018

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, (м. Дніпро) і Національному університеті водного господарства та природокористування Міністерства освіти і науки України (м. Рівне)

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор,
академік НАН України
БУЛАТ Анатолій Федорович,
Інститут геотехнічної механіки
ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпро),
директор інституту

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
САДОВЕНКО Іван Олександрович,
НТУ «Дніпровська політехніка»
МОН України (м. Дніпро),
професор кафедри гідрогеології та інженерної геології

доктор технічних наук, професор
ОЛІЙНИК Тетяна Анатоліївна,
ДНВЗ «Криворізький національний університет»
МОН України (м. Кривий Ріг),
завідувач кафедри збагачення корисних копалин та
хімії

доктор технічних наук, професор
ПОЛІЩУК Сергій Зіновійович
ДНВЗ «Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури» МОН України
(м. Дніпро),
завідувач кафедри опалення, вентиляції та якості
повітряного середовища

Захист відбудеться «19» жовтня 2018 р. о 13³⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.188.01 при Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України за адресою: 49005 м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 2а, факс (0562) 462426.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України за адресою: 49005, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 2а.

Автореферат розіслано «18» вересня 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук,
професор



В.Г. Шевченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Головний напрямок розвитку і вдосконалення технології видобутку бурштину реалізується шляхом свердловинного механіко-гідравлічного способу з використанням води, повітря і вібрації як основних факторів впливу. Але на тепер обмежено досвід його використання у зв'язку з величезним розходженням гірничо-геологічних характеристик родовищ і вміщуючих порід.

Враховуючи недоліки технології видобутку бурштину на кінцевих стадіях механічним чи гідравлічним методами, коли бурштин класом крупності $-5,0$ мм не видобувається в процесі переробки гірської маси, а іде у відвал, то потенційним джерелом його видобутку можуть стати відпрацьовані родовища із забалансовими запасами, які є техногенними покладами, але для цього потрібен розвиток технологічного процесу.

Не зважаючи на відомі переваги свердловинного гідровидобутку, втрати корисної компоненти у ціликах і відвалах перевищують 50 %, тому проблема добування бурштину як складової геотехнологічних способів видобутку корисних копалин потребує виявлення недоліків існуючої технології та усунення їх на більш високому науковому і технічному рівнях.

В існуючих технологіях видобутку бурштину із піщаних та піщано-глинистих порід не передбачено механізму скорочення його витрат.

На даний час енергоємність руйнування гірських порід, їхня сегрегація потребують удосконалення технології і устаткування для підвищення ефективності процесу з вилучення кінцевого продукту та скорочення витрат енергії, води та повітря.

У запропонованих технологічних схемах не передбачено екологічну складову, можливість рекультивації відходів видобутку, тоді як їхній техногенний характер потребує додаткових досліджень і розробки рекомендацій з технології та устаткування з урахуванням екологічної складової.

Україна має значні запаси бурштину, родовища яких знаходяться в умовах різних гірничо-геологічних характеристик і вміщуючих порід, що потребує додаткових досліджень для вдосконалення технології видобутку з урахуванням техногенних і екологічних обставин.

Таким чином, для підвищення ефективності процесу видобутку і вилучення бурштину необхідні додаткові дослідження зі встановлення залежностей впливу факторів на процес переробки бурштиновмісної гірничої маси, розробки методів вилучення бурштину, спрямованих на вирішення проблеми вдосконалення геотехнології для розробки родовищ бурштину у конкретних умовах, що потребує суттєвої реконструкції технологічного процесу з урахуванням гірничо-геологічних умов, вимог екології в комплексі з технічними рішеннями для реалізації запропонованих процесів.

Тому, **актуальною науковою проблемою** є встановлення залежностей впливу домінуючих факторів на процес вилучення бурштину в процесі переробки бурштиновмісної гірничої маси, порядку взаємодії і послідовності операцій з видобутку бурштину в умовах піщаних та піщано-глинистих родовищ методом

системного аналізу та розробці методів розрахунку параметрів процесів з урахуванням економічної доцільності використання запропонованого комплексного методу вилучення для підвищення пошарового видобутку бурштину з бурштиновмісної гірської маси.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота відповідає «Загальнодержавній програмі розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» (Закон України від 21 квітня 2011 року № 3268-VI), виконувалась в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (ІГТМ) за держбюджетною тематикою на тему: «Дослідження особливостей і аналіз параметрів динамічних режимів геотехнологічних систем» (№ держ. реєстрації 0117U003056) та науковою тематикою кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП) (тема: «Видобування та переробка корисних копалин», № держ. реєстрації 0114U001147), в якій автор був відповідальним виконавцем.

Робота відповідає «Стратегії розвитку Рівненської області на період до 2020 року» в розділі «Природні ресурси Рівненської області», «Програмі розвитку мінерально-сировинної бази Рівненської області» (рішення облради від 18.12.2014 № 1374).

Мета роботи і задачі досліджень

Метою роботи є встановлення закономірностей впливу домінуючих факторів на процес видобутку бурштину від властивостей гірничої маси та вдосконалення технології і устаткування для підвищення вилучення бурштину з бурштиновмісної гірської маси з вибором раціональних параметрів технологічної схеми з урахуванням екологічних обставин в регіоні.

Задачі дослідження. Для реалізації мети роботи поставлені наступні задачі:

1. Виконати аналіз стану геотехнічних способів, технологічних прийомів та техніки при видобутку бурштину в Україні.
2. Визначити основні фактори впливу при дезінтеграції бурштиновмісної суміші при вилученні бурштину.
3. Встановити залежності показників технологічного процесу переробки бурштиновмісної гірничої маси від її властивостей і параметрів устаткування.
4. Вдосконалити технологію за рахунок розробки комплексного методу і приладу при його реалізації для переробки бурштиновмісної сировини при вилученні бурштину.
5. Розробити та впровадити методичні пропозиції для практичного використання і реалізації результатів роботи та методики розрахунку основних технологічних параметрів процесу вилучення бурштину при використанні комплексної технології переробки гірничої маси.

Ідея роботи полягає у використанні встановлених закономірностей впливу вібрації, повітряних потоків у камері з оборотною водою підвищеної густини на процес видобутку бурштину гідромеханічним методом та вдосконаленні технології розробки піщаних і піщано-глинистих бурштиновмісних покладів за пошаровою схемою.

Об'єкт дослідження – процес видобутку та вилучення бурштину геотехнічним методом з піщаноглинистих покладів Рівненщини.

Предмет дослідження – закономірності та пошук ефективного методу видобутку і вилучення бурштину з бурштиновмісної гірської маси за рахунок використання вдосконаленої технології та устаткування.

Методи дослідження – експериментальні дослідження для встановлення залежності показників технологічного процесу переробки бурштиновмісної гірської маси від її властивостей і параметрів устаткування з використанням комп'ютерного математичного моделювання умов та середовища, класичної механіки, математичної статистики, теоретично обґрунтовано базові параметри технологічних процесів. Аналітичні дослідження виконувались із застосуванням диференційного та інтегрального обчислення, експериментальні – з використанням методів математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів.

У роботі захищаються такі **наукові положення**:

1. Фракції розміром до 5 мм ідуть у відходи, формують техногенні розсипи і становлять 40 ÷ 50 % бурштину від загального його вмісту в покладах при існуючих технологіях видобутку бурштину та мають екстремальний характер розподілу вмісту фракцій бурштину в бурштиновмісному масиві до 2 мм з поліномом третього порядку.

2. Вилучення з природних та техногенних покладів найменших фракцій бурштину масою до 15 г підвищує видобуток бурштину в межах 90 ÷ 95 % при створенні суспензії з вмістом солі або глини густиною 1650-2000 кг/м³, частотою вібрації 20-36,7 Гц, амплітудою коливань 1,0-2,75 мм, обсягом повітря 1,11-1,67 см³/с зі швидкістю спливання, що складає до 0,2 м/с та має екстремальний характер.

3. Швидкість стисненого спливання бурштину в піщано-глинистій гірській масі при збільшенні густини середовища має екстремальний характер та визначається регресійним рівнянням степеневого характеру. При цьому зерна піску випадають в осад зі швидкістю в 5-6 разів більшою, ніж швидкість підйому бурштину.

4. Збільшення швидкості спливання бурштину до $V = 0,21$ м/с залежить від збільшення розмірів і маси фракцій, одночасної дії вібрації, подачі в масив води і повітря та має експоненціальний характер з поліномом другого порядку, а залежність швидкості фракцій бурштину від фактора густини середовища та бурштину апроксимується логарифмічними функціями.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше експериментально доведено підвищення ефективності вилучення бурштину з бурштиновмісної гірської маси за рахунок комплексної дії вібрації, підвищеної густини гідравлічної суміші та повітряних потоків барботажу у гідравлічному середовищі при вилученні. На цій основі запропоновано комплексний метод переробки бурштиновмісної сировини.

2. Встановлено домінуючі фактори впливу на кількість вилучення бурштину у вигляді частоти коливань, амплітуди, густини середовища і дії барботажу.

3. Доведено, що швидкість спливання бурштину є технологічним показником, по якому розраховуються продуктивність установки та ефективність вилучення бурштину.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей впливу вібрації, повітряних потоків у камері з оборотною водою підвищеної густини на процес видобутку бурштину, властивостей гірської маси і особливостей устаткування для вибору раціональних параметрів технологічної схеми та розробці доказів можливості підвищення вилучення бурштину з бурштиновмісної гірської маси.

Обґрунтованість і достовірність результатів підтверджуються застосуванням фундаментальних методів теорії ймовірності, теоретичної механіки, адекватністю математичних моделей реальним процесам з розбіжністю теоретичних і експериментальних даних не більше 5 %, позитивними результатами випробувань.

Практичне значення одержаних результатів. На основі отриманих наукових положень обґрунтовано нові технічні рішення та технологія з видобутку бурштину з бурштиновмісної гірської маси. За результатами досліджень отримано:

1. Розроблені технічні пропозиції з вдосконалення технології видобутку бурштину з бурштиновмісних родовищ та підтверджена дієвість, екологічність, ефективність комплексної дії вібрації, підвищеної густини гідравлічної суміші і повітряних потоків барботажу в гідравлічному середовищі при вилученні бурштину гідромеханічним способом.

2. Створений вібраційний класифікатор для видобутку бурштину з бурштиновмісних родовищ, технічну новизну якого підтверджено патентами України.

3. Розроблена методика інженерного розрахунку вібраційного класифікатора для видобутку бурштину з бурштиновмісних родовищ.

Реалізація результатів дослідження. Розроблена «Технічна пропозиція і рекомендації удосконалення технології та устаткування видобутку бурштину комплексним методом з піщановмісних покладів в Рівненсько-Волинському регіоні» впроваджена в ДП «Бурштинові копальні» (акт про впровадження від 20.03.2018 р.), очікуваний економічний ефект складає 500 тис. грн. на 1 га та ДП «Бурштин України» (довідка № 63 від 20.03.2018 р.) при удосконаленні технології та устаткування з видобутку бурштину комплексним методом на Клесівському родовищі, очікуваний економічний ефект до 1 млн грн.; при проектуванні виробничої ділянки та устаткування з видобутку бурштину комплексним методом на Клесівському родовищі в ДП «УкрНДІпроект» (протокол № 1 від 05.04.2018 р.), очікуваний економічний ефект складає більше 4 млн грн.; в ПАТ «Рафалівський кар'єр» (довідка № 116 від 26.01.2018 р.) при проведенні техніко-економічних обрахунків доцільності видобутку бурштину комплексним методом з піщановмісних родовищ у Рівненській області, очікуваний економічний ефект – більше 1 млн грн.

Розроблену «Методику з впровадження технологічної схеми переробки бурштиновмісної гірничої маси» запроваджено на ділянці видобутку бурштину у

Володимирецькому районі Рівненської області (акт № 115 від 26.01.2018 р.). Очікуваний економічний ефект на стадії проектування складає більше 1 млн грн.

Результати досліджень використано Рівненською обласною державною адміністрацією при підготовці «Програми розвитку мінерально-сировинної бази» в розділі програми соціально-економічного розвитку області та «Стратегії розвитку Рівненської області на період до 2020 року» в розділі «Природні ресурси Рівненської області» (довідка № 01/6-375/2 від 27.04.2016 р.).

Методики рекомендується застосовувати при проектуванні засобів добування бурштину, що працюють в бурштиновмісних гірничих масивах.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні задачі, мети, ідеї, наукових положень, висновків, а також у теоретичному вирішенні поставлених задач, у проведенні експериментальних досліджень, обробці і аналізі отриманих результатів, встановленні закономірностей впливу домінуючих факторів на процес видобутку бурштину, сформульовані висновків, розробці технічних пропозицій та методик, програм, впровадженні результатів роботи. Основні положення роботи, які становлять суть дисертації, були сформульовані особисто автором. Текст дисертації викладено автором особисто.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень доповідались на 17 міжнародних, всеукраїнських наукових конференціях («Матеріали. Методи. Технології»: 13 міжнародної конференції, 18–22 лютого 2013 г., м. Плавья, Карпати), (Глобалізація науки: проблеми і перспективи: Міжнародна науково-практична конференція (13 жовтня 2014 г., г. Уфа), (The 1st International Academic Congress “Fundamental and Applied Studies in the Pacific and Atlantic Oceans Countries”. (Japan, Tokyo, 25 October 2014), (Міжнародна науково-технічна конференція «Сталий розвиток промисловості та суспільства». 20–22 травня 2015 р., м. Кривий Ріг, КНУ, Кривий Ріг, 2015), (Всеукраїнська екологічна ліга. Рекультивация територій, порушених внаслідок видобування бурштину. 4 вересня 2015 р.), (XIV–XVI Міжнародні науково-технічні конференції «Вібрації в техніці та технологіях», 21–25 вересня 2015 р., м. Дніпропетровськ; 20–21 жовтня 2016 р. м. Полтава; 26–27 жовтня 2017 р. м. Вінниця), (Всеукраїнська науково-технічна конференція «Актуальні дослідження в будівельному та сільськогосподарському машинобудуванні» присвячена 50-річчю кафедри БДМСГМ та О., 8–10 жовтня 2015 р., м. Рівне), (XIV, XV Всеукраїнські та XVI Міжнародна науково-технічні конференції «Потураєвські читання», 19 січня 2016 р., м. Дніпропетровськ; 20 січня 2017 р. м. Дніпропетровськ; 18 січня 2018 р. м. Дніпро), (Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі». Секція «Відкрита розробка родовищ корисних копалин». 14 грудня 2016 р. Кривий Ріг), (I і II Міжнародні науково-технічні інтернет-конференції «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі». Секція «Гірничі машини і обладнання». 14 грудня 2016 р., м. Кривий Ріг; 14 грудня 2017 р., м. Кривий Ріг), («Актуальні наукові дослідження в сучасному світі», 26–27 лютого 2018 р., Переяслав-Хмельницький).

Публікації. Результати наукових досліджень опубліковано в 41 роботі, із них: 3 монографії (2 в іноземних виданнях, російською та англійською мовами),

17 статей у фахових виданнях, 2 статті у SCOPUS, 1 стаття Web of Science, 5 – у іноземних виданнях, 6 тез, 1 навчальний посібник, технічну розробку захищено 6 патентами України на винахід.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація містить вступ, п'ять розділів, загальні висновки, список використаної літератури зі 178 найменувань та 13 додатків. Загальний обсяг дисертації складає 311 сторінок: обсяг основного тексту 266 сторінок, 54 рисунки, 26 таблиць, 45 стор. додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **першому розділі** виконано аналіз стану вивченості геотехнічних способів видобутку бурштину.

Аналіз досліджень мав на меті визначити напрямки розвитку систем розробки бурштиновмісних покладів та устаткування, яке застосовується для їхньої працездатності. На даний період часу досвід вивчення процесів вилучення бурштину, використання устаткування і визначення закономірностей у геотехнічних характеристиках їх взаємодії незначний. Крім того, він у значній мірі залежить від гірничо-геологічних характеристик родовищ і вміщуючих порід, тому потребує конкретних досліджень і технічних рішень для досконалості технологічних процесів і технічних засобів. Головним напрямком розвитку вдосконалення технології видобутку бурштину є розвиток свердловинного механіко-гідравлічного способу з використанням води, повітря і вібрації як основних факторів впливу. Недоліками технології видобутку бурштину на кінцевих стадіях механічним чи гідравлічним методами є залишки в родовищах у ціликах та техногенних відходах бурштину класом крупності –5,0 мм. Для повного видобутку бурштину з родовищ потрібен розвиток технологічного процесу. Незважаючи на відомі переваги свердловинного гідровидобутку, втрати корисної компоненти у ціликах і відвалах перевищують 50 %, тому проблема добування бурштину як складової геотехнологічних способів видобутку корисних копалин потребує виявлення недоліків існуючої технології і усунення їх на більш високому науковому і технічному рівнях. Бурштин залягає в піщаних та піщано-глинистих ґрунтах на глибині 10-15 м. В існуючих технологіях видобутку бурштину не передбачено механізму скорочення його витрат.

Проблемами удосконалення технології та устаткування при видобутку бурштину займалися в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова, Національному університеті водного господарства та природокористування, зокрема науковці: Булат А.Ф., Надутий В.П., Маланчук З.Р., Лустюк М.Г., Кравець С.В., Корнієнко В.Я., Романовський О.А., Маланчук Є.З., Нікітін В.Г., Кирикович В.Д., Кононенко Є.А., Сердобольський Б.Н., Христюк А.О., Криницька М.В. та інші.

На даний час енергоємність руйнування гірських порід, їхня сегрегація потребують удосконалення технології і устаткування для підвищення ефективності процесу з вилучення кінцевого продукту та скорочення витрат енергії, води та повітря.

У запропонованих технологічних схемах не передбачено екологічну складову, можливість рекультивації відходів видобутку, тоді як їхній техногенний характер потребує додаткових досліджень і розробки рекомендацій із вдосконалення технології та устаткування з урахуванням екологічної складової.

Україна має значні запаси бурштину, родовища яких знаходяться в умовах різних гірничо-геологічних характеристик і вміщуючих порід, що потребує для вдосконалення технології видобутку додаткових досліджень з урахуванням техногенних і екологічних обставин.

Таким чином, для підвищення ефективності процесу видобутку і вилучення бурштину необхідні додаткові дослідження із суттєвою реконструкцією технологічного процесу з урахуванням гірничо-геологічних умов, вимог екології в комплексі з технічними рішеннями.

У **другому розділі** наведено результати експериментальних досліджень впливу густини середовища і вібраційного збудження при гідромеханічному способі видобутку бурштину.

Експериментальні дослідження включали лабораторні та польові (експериментальні). Лабораторно-дослідні роботи проводились на експериментальній установці, розробленій в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України та Національному університеті водного господарства та природокористування МОН України, запатентованій та встановленій в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпро) у період з 2015 по 2018 роки.

Метою лабораторних та польових (експериментальних) досліджень є: дослідження впливу густини середовища і вібраційного збудження при гідромеханічному способі видобутку бурштину; визначення параметрів робочого процесу та вивчення характеристик робочого середовища; отримання додаткових дослідних даних для аналітичних розрахунків.

Виходячи з поставлених завдань досліджень та виявлених недоліків технологічного процесу видобутку бурштину, програмою експериментальних досліджень передбачено:

- дослідження ґрунтового масиву і характеристик родовищ;
- розробка та виготовлення лабораторної установки, в якій досліджується вплив густини середовища і вібраційного збудження при гідромеханічному способі видобутку бурштину;
- розробка та виготовлення експериментальних моделей для визначення оптимальних параметрів подачі води та повітря.

Для проведення експериментальних досліджень були вибрані існуючі родовища з видобутку бурштину в Сарненському та Володимирецькому районах Рівненської області, які розроблюються ДП «Бурштин України» та ДП «Укрбурштин».

Продуктивні піски за наявності бурштину різнозернисті, переважно дрібно-середньозернисті, сірого, темно-сірого, зеленувато-сірого забарвлення, інколи із вмістом до 3 ÷ 5 % кременю та уламків кристалічних порід. Шматки бурштину

мають різну форму і розміри, з кіркою окислення до 1-2 мм. Переважають розміри 1-2 см, рідко – 5-10 см.

Результати мінералогічного аналізу на бурштин у родовищах Володимирецького та Клесівського кар'єрів Сарненського району Рівненської області вказують на наявність у великій кількості бурштину (в середньому від 50 г/м^3 до 420 г/м^3 з розвіданих родовищ), що потребує інтенсифікації процесу видобутку та визначення параметрів середовища залягання, при яких досягається максимальний видобуток бурштину.

За ревізійними даними Рівненської геологічної експедиції ДП «Північгеологія» під час проведення видобувних робіт за рахунок недосконалої технології недовидобутими в бурштиновмісних покладах залишаються від 30 % до 50 % бурштину розміром, більшим за 2 мм, а фракції розміром до 2 мм ідуть у відходи та формують техногенні розсипи, що становить $20 \div 30 \%$ від загального вмісту бурштину в покладі.

У даний час істотно зросла потреба в бурштині, який, окрім ювелірної промисловості, почали широко використовувати і в фармацевтичній, а також – при виробництві високоякісних лаків. Тому вдосконалення технології його видобутку шляхом визначення істотних факторів, що впливають на процес, є **актуальним**.

Метою досліджень є визначення густини середовища, необхідної для спливання бурштину різного розміру, а також встановлення впливу факторів вібрації і барботажу на процес спливання бурштину.

Для проведення експериментальних досліджень на лабораторній базі Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України було створено лабораторний стенд, який представлено на рис. 1.

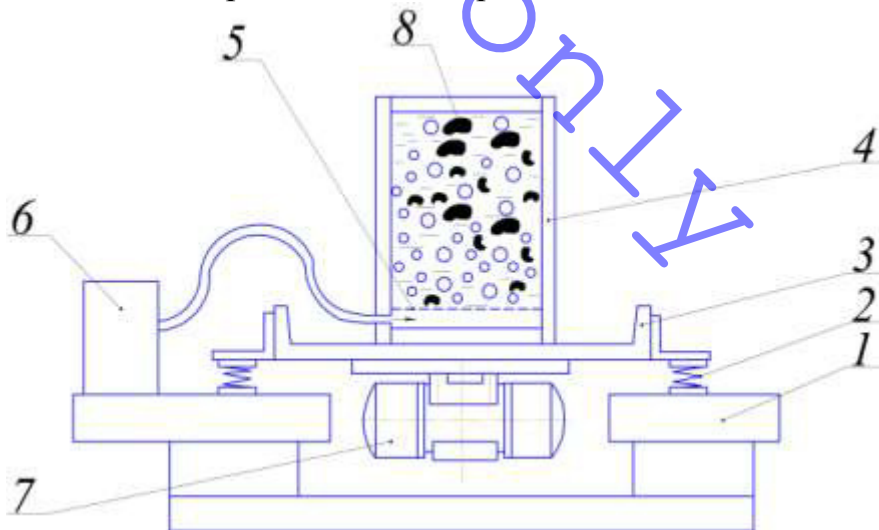


Рисунок 1 – Схема лабораторного стенду (1 – підстава; 2 – пружні опори; 3 – корпус; 4 – циліндричний бак; 5 – перфорована поверхня; 6 – компресор; 7 – електричний віброзбудник; 8 – бурштин)

Стенд складається з підстави 1, на якій на пружних опорах 2 встановлено корпус 3 з циліндричним баком 4, заповненим водою. Паралельно дну бака на деякій відстані від нього встановлено перфоровану поверхню 5, яка з дном і

стінками бака утворює порожнину, куди подається повітря компресором 6, продуктивністю 20 л/хв. До корпусу станда прикріплено електричний віброзбудник 7 марки EB63-4У3, 1420 об/хв, потужність двигуна – 0,18 кВт, максимальна збуджуюча сила – 1755 Н для створення кругових вібраційних коливань. Експерименти проводилися при збуджуючій силі 800 Н.

Принцип роботи стану полягає в наступному: в бак 4, заповнений водою, занурювалися шматочки бурштину 8 різної маси та додані сіль або «блакитна глина» для збільшення густини рідини до реєстрації спливання бурштину. Даний процес здійснюється також з подачею повітря (барботажем) і впливом кругових вібраційних коливань окремо один від одного та разом.

За результатами досліджень з визначення концентрації солі C , необхідної для спливання різних фракцій бурштину, для різних умов, отримано графічні залежності, які представлено на рисунках 2 та 3.

Встановлено, що використання барботажу істотно впливає на поліпшення спливання бурштину при меншій концентрації солі у воді.

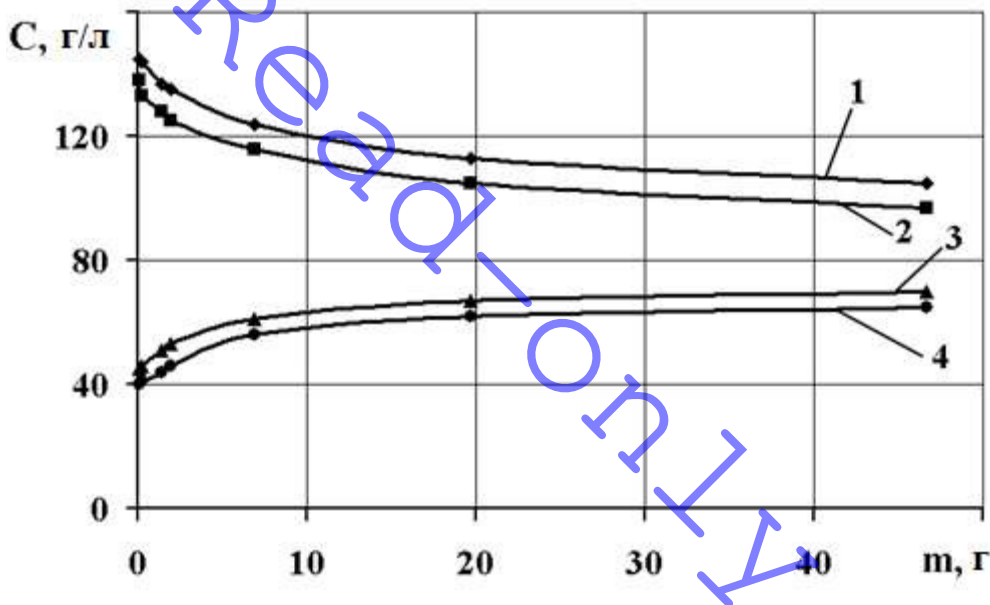


Рисунок 2 – Залежність необхідної концентрації солі C для спливання бурштину від маси шматків бурштину m (1 – без вібрації і барботажа; 2 – з вібрацією; 3 – з барботажем; 4 – з вібрацією і барботажем)

Дані проведених експериментальних досліджень з визначення концентрації глини C_g , необхідної для спливання бурштину різної маси, для різних умов, представлено графічними залежностями на рис. 3.

В результаті аналізу отриманих даних встановлено, що заміна солі на чисту глину істотно не впливає на концентрацію розчину, необхідного для спливання бурштину, але глини потрібно на 10 ÷ 15 % більше.

З огляду на позитивний вплив вібрації при реалізації технології видобутку бурштину в піщаних покладах, розроблено спеціальну конструкцію вібраційного класифікатора, яка дозволяє максимально вилучати бурштин навіть дрібних класів

крупності з найменшими технологічними втратами. Подальше вдосконалення цієї конструкції дозволило створити класифікатор комплексної дії, в якому передбачена інтенсифікація процесу спливання частинок бурштину за рахунок подачі повітряних бульбашок.

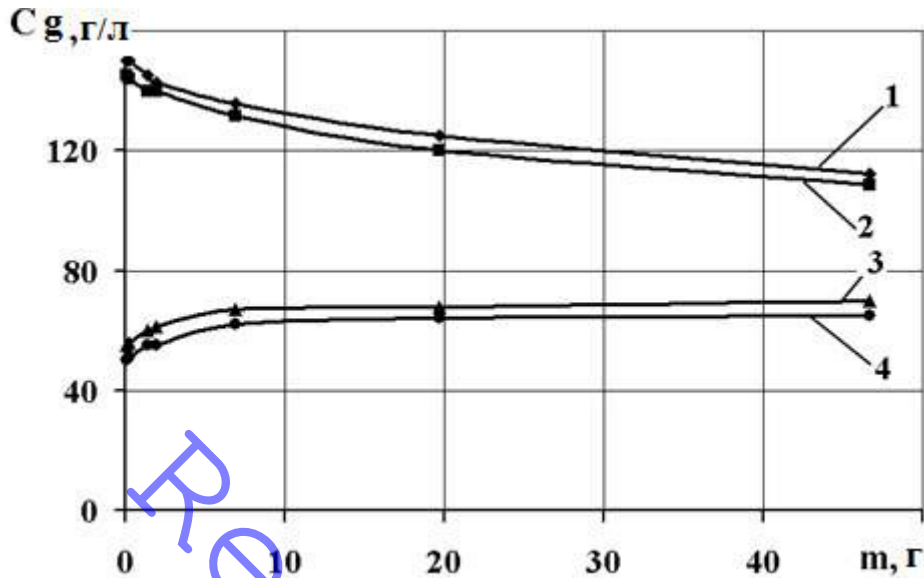


Рисунок 3 – Залежність необхідної концентрації чистої глини C_g для спливання бурштину від маси шматків бурштину m (1 – без вібрації і барботажа; 2 – з вібрацією; 3 – з барботажем; 4 – з вібрацією і барботажем)

Вібраційний класифікатор (рис. 4) складається з основи 1, на яку за допомогою пружних елементів 2 встановлено корпус 3 з вібророзбудником 4, гвинта 5, привода 6, опори 7, механізму підйому нижніх частин гвинта 8, завантажувального 10 і розвантажувального 11 пристроїв, лопаткових захватів для вилучення корисної копалини 12, роторного живильника 13, приймального жолобу зливу 14 та повітряпроводів 15.

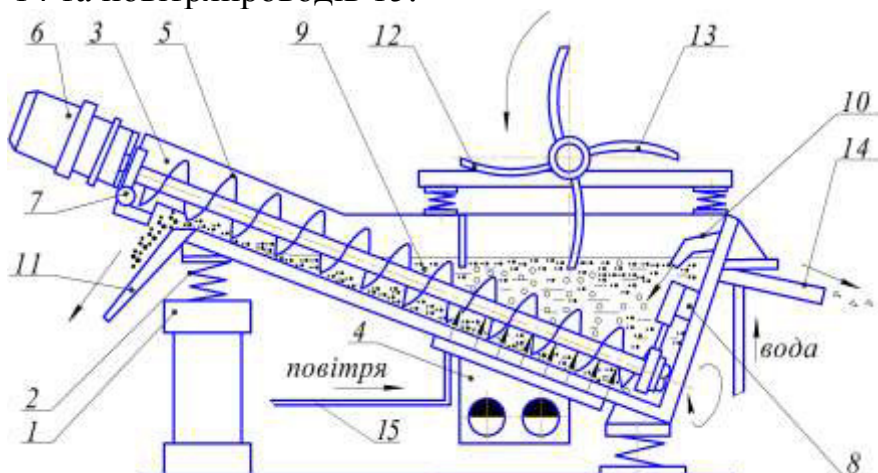


Рисунок 4 – Вібраційний класифікатор з лопатковими захватами для вилучення корисної копалини

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 віброзбудника 4 відбувається його перемішування. При перемішуванні здійснюється осадження найбільш важких та великих класів крупності матеріалу, які виводяться з класифікатора через розвантажувальний пристрій 11 у вигляді пісків, завдяки гвинту 5, що обертається приводом 6. При цьому матеріал не тільки вивантажується, а й зневоднюється. Цьому процесу сприяє робота віброзбудника 4. Також існує можливість зміни кута нахилу гвинта завдяки тому, що його встановлено на опорі 7, який регулюється механізмом підйому 8. Частинки матеріалу, які мають щільність, меншу ніж у пульпи, під впливом гвинта 5 та віброзбудника 4 підіймаються на поверхню, де під дією вертикальної та горизонтальної складової вібраційного впливу віброзбудників 4 знімаються лопатковими захватами та подаються в приймальний жолоб зливу 14. Для інтенсифікації процесу спливання частинок в пульпу подається повітря по повітряпроводах 15. Розвантажувальний пристрій 11 слугує для регулювання густини пульпи, яка забезпечує середовище для класифікації матеріалу.

На основі експериментальних даних отримано графічні залежності густини середовища (ρ_c) (рис. 5), швидкості спливання бурштину (V) (рис. 6) від частоти вібрації (ω) при дослідженнях на вібраційному класифікаторі.

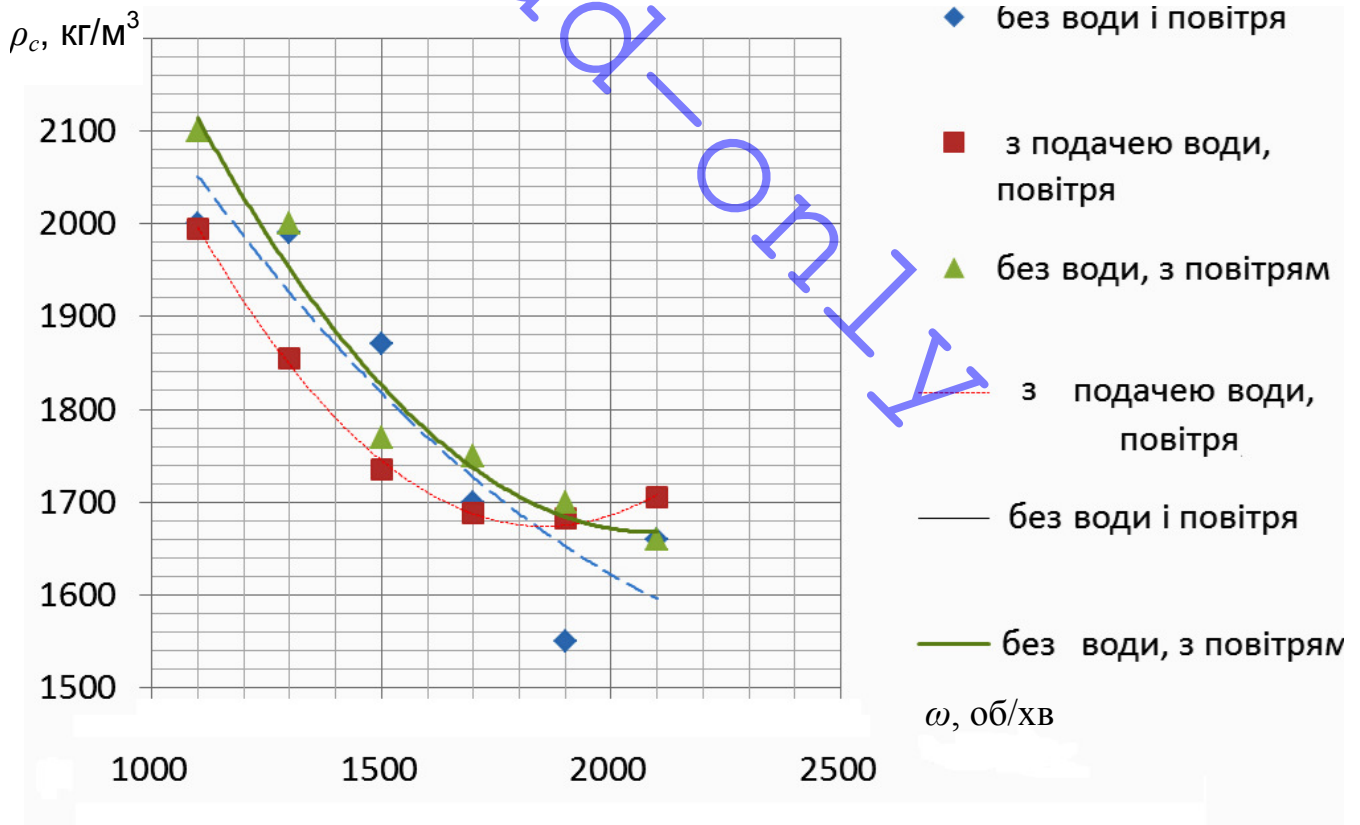


Рисунок 5 – Залежність густини середовища від частоти вібрації

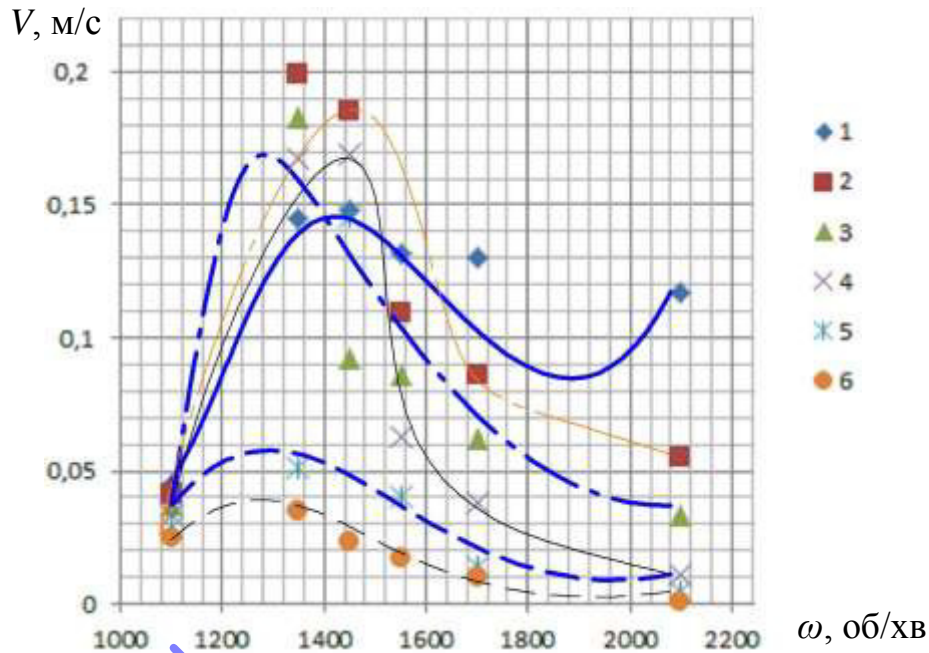


Рисунок 6 – Залежність швидкості спливання бурштину від частоти вібрації при подачі повітря:

1 – $q_n = 0,0055 \text{ м}^3/\text{год}$; 2 – $q_n = 0,0025 \text{ м}^3/\text{год}$; 3 – $q_n = 0,0035 \text{ м}^3/\text{год}$;
 4 – $q_n = 0,0045 \text{ м}^3/\text{год}$; 5 – $q_n = 0,0065 \text{ м}^3/\text{год}$; 6 – $q_n = 0,0070 \text{ м}^3/\text{год}$

За результатами проведених досліджень встановлено густину середовища, при якій досягається 95 % спливання бурштину з відповідними параметрами зі швидкістю спливання бурштину $V =$ до 0,2 м/с.

Також отримано графічні залежності швидкості спливання бурштину (V) (рис. 7) від масової частки бурштину (m) при різних режимах роботи вібраційного класифікатора. Найменші фракції бурштину спливають повільніше, ніж великі.

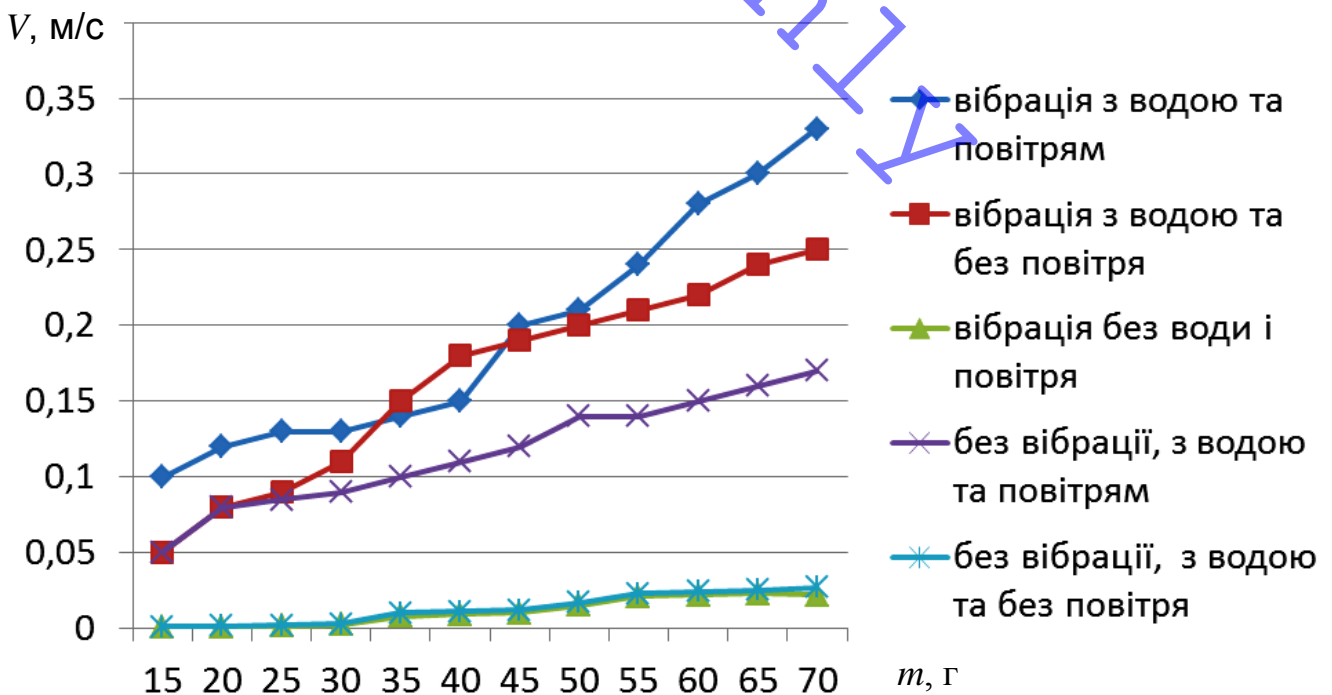


Рисунок 7 – Графічні залежності швидкості спливання різних частинок бурштину на поверхню при різних режимах роботи установки

За результатами експериментальних даних отримано регресійну модель впливу вібрації (a), густини (ρ_c) та барботажу (q_n) на швидкість спливання бурштину (V)

$$V = 46010,55 - 68499,7 \rho_c + 3,294 a + 22046,3 \rho_c^2 - 1,131 \rho_c a + 61,522 \rho_c q_n - 0,003 a q_n - 43,052 q_n^2, \quad R^2 = 0,999. \quad (1)$$

Регресійне рівняння з високою адекватністю описує зміну швидкості спливання бурштину від густини середовища, віброприскорення і подачі повітря. Встановлено, що домінуючими факторами впливу на кількість вилучення бурштину є частота коливань, амплітуда, густина середовища і дія барботажу.

В результаті проведених досліджень встановлено, що:

- застосування вібраційного класифікатора дозволяє вилучати 90 ÷ 95 % бурштину з родовища, при цьому густина середовища та вібрація впливають на розрідження бурштиновмісного піску;

- оптимальна густина середовища (ρ_c) становить 1790-1875 кг/м³, частота коливання 20-30 Гц, амплітуда $A = 1,5-2,55$ мм;

- максимальна швидкість спливання бурштину $V = 0,1-0,21$ м/с досягається при зміні подачі повітря та витрат води для конкретних бурштиновмісних масивів. Таким чином, доведено перше та друге наукові положення.

У **третьому розділі** проведено теоретичний аналіз умов процесу спливання бурштину в щільних піщано-глинистих суспензіях з густиною 1,3-1,7 г/см³.

Для цього досліджено процес розділення та розподілу фракцій в полідисперсній рідині на віброкласифікаторі комплексної дії з визначенням коефіцієнта кінематичної в'язкості пульпи. Також проведено розрахунок швидкості вільного осадження фракцій піску і спливання бурштину та визначено швидкості стиснутого осадження фракцій піску і спливання бурштину.

Метою досліджень було встановити залежності швидкості руху фракцій піску і бурштину в ванні віброкласифікатора від їхньої крупності і густини суспензії, акцентуючи увагу на найменших фракціях бурштину (до 5 мм).

Живленням віброкласифікатора є бурштиновмісні породи Клесівського родовища з вміщуючими породами, що складаються з дрібної і середньої крупності фракцій піску з невеликою кількістю глини. Породи змішуються з водою і подаються в ванну віброкласифікатора. За водно-шламовою схемою (рис. 8), густина піщано-глинистої суспензії (пульпи) у ванні становить 1565 г/л або $\approx 1,6$ г/см³.

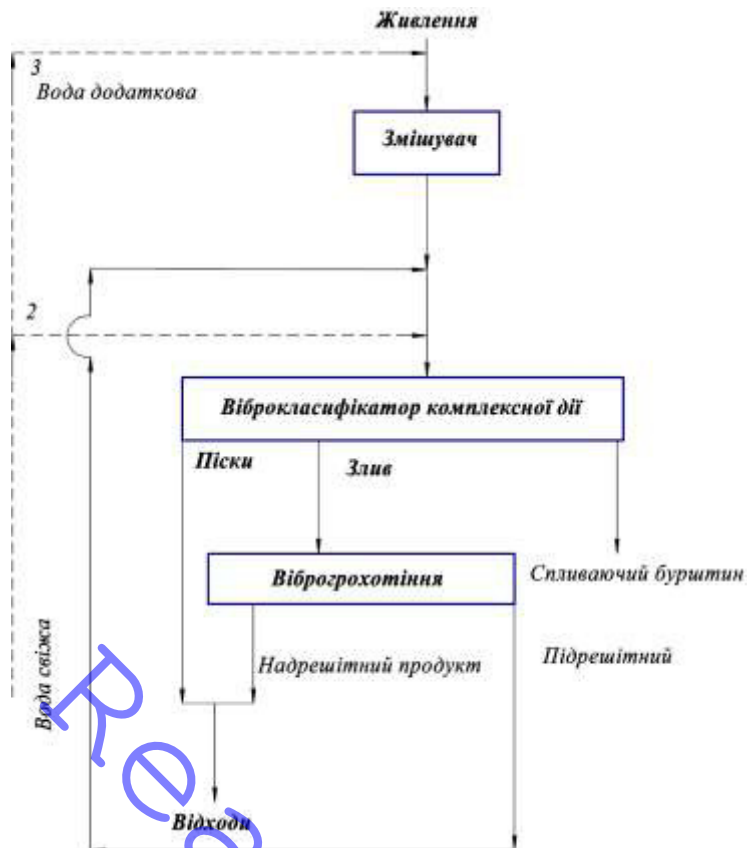


Рисунок 8 – Водно-шламова схема

Принцип поділу засновано на різній швидкості осадження твердих фракцій в зоні поділу (рис. 9). Згідно з технологією необхідно, щоб вертикальна компонента швидкості була такою, щоб у злив разом з крупними кусками бурштину, потрапляли фракції розміром, меншим за 5 мм. За існуючими на сьогодні технологіями бурштин, дрібніший за 5 мм, не вилучається. Другою умовою є те, щоб у злив не надходили фракції піску, більші за 1 мм. При цьому вертикальна компонента швидкості спливання бурштину не повинна перевищувати горизонтальну компоненту швидкості переміщення частки вздовж поверхні дзеркала пульпи. На зливі встановлено віброгрохот з відповідними чарунками сита.

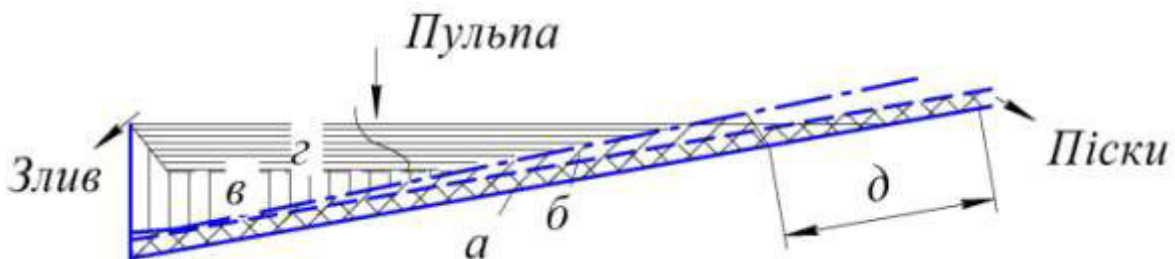


Рисунок 9 – Схема класифікації (а – площина з великих фракцій; б – зона переміщення пісків до розвантаження; в – зона розшарування; г – зона горизонтального потоку води; д – ділянка зневоднення пісків)

Для визначення крупності фракцій, що виносяться в злив, спочатку потрібно визначити швидкість вільного руху фракцій піску і бурштину, потім стисненого, а далі визначити ступінь впливу додаткових факторів – вібрації і барботації.

Розрахунок швидкості вільного осадження виконували за залежністю (2) з врахуванням введеного нами **безрозмірного критерію A** , який враховує області кривої Релея (ламінару, турбулентну, початок та кінець перехідної області, середину). По ним можна визначити швидкість осадження та спливання фракцій бурштину та піску.

$$A = \frac{\pi d^3}{6} \frac{g \Delta}{\nu^2}, \quad (2)$$

d – діаметр фракцій, см; g – прискорення вільного падіння, 981 см/с²; $\rho_{тв}$, $\rho_{ж}$ – густина твердого середовища та пульпи, відповідно, г/см³; ν – кінематична в'язкість пульпи, см²/с; $\Delta = \frac{\rho_{тв} - \rho_{ж}}{\rho_{ж}}$.

Таблиця 1 – Формули для розрахунку швидкості вільного осадження частинок в рідині в залежності від критерію A

№ з/п	Критерій A	Область на кривій Релея / автор формули	Швидкість вільного осадження
1	2	3	4
1	Від 0 до 5,25	Ламінарний / Стокс	$V = 54,481 \cdot d^2 \nu^{-1} \Delta$
2	Від 5,25 до 720	Початок перехідної області	$V = 23,6 \cdot d^{3/2} \nu^{-2/3} \Delta^{5/6}$
3	Від 720 до 23000	Середина / Аллен	$V = 24,3 \cdot d \nu^{-1/3} \Delta^{2/3}$
4	Від 23000 до $1,4 \cdot 10^6$	Кінець перехідної області	$V = 37,2 \cdot d^{2/3} \nu^{-1/9} \Delta^{5/9}$
5	Від $1,4 \cdot 10^6$ до $1,7 \cdot 10^9$	Турбулентна/Н'ютон-Риттінгер	$V = 57,5 \cdot d^{1/2} \Delta^{1/2}$

Визначити коефіцієнт кінематичної в'язкості піщано-глинистої суспензії (ν) можна за формулою Венді, що скорегована коефіцієнтом об'ємної концентрації твердого в суспензії та враховує навантаження на класифікатор по воді і твердому (3).

$$\nu = \nu_0 \exp \frac{2,5\beta + 0,675\beta^2}{1 - 0,609\beta}, \quad (3)$$

де $\nu_0 = 0,001$ см²/с – кінематична в'язкість води при 20° С; β – об'ємна частина твердого або коефіцієнт об'ємної концентрації твердого в суспензії

$$\beta = \frac{Q_{тв}}{Q_{тв} + Q_{ж}},$$

$Q_{ж}$, $Q_{тв}$ – об'єм рідкого та об'єм твердого в пульпі, відповідно.

Густину пульпи у ванні класифікатора ρ розраховуємо через відсоток твердого $\Pi_{тв}$ за залежністю:

$$\rho = \frac{100}{100 - \Pi_{тв} + \Pi_{тв} / \rho_{кв}}, \quad (4)$$

$$\Pi_{тв} = \frac{T_{тв}}{T_{тв} + T_{ж}},$$

де $T_{ж}$ і $T_{тв}$ – навантаження на класифікатор по воді і твердому визначається по водно-шламовій схемі.

На підставі формул (3) і (4) отримано залежність кінематичної в'язкості від густини пульпи у ванні класифікатора (рис. 10). Враховано, що кінематична в'язкість води при температурі 20° С становить 0,001 см²/с.

Встановлено, що для розглянутих піщано-глинистих суспензій залежність кінематичної в'язкості від густини пульпи (ρ_c) носить експоненціальний характер і, з високою адекватністю ($R^2 = 0,99$), описується залежністю

$$\nu = 0,0008 \cdot \exp(2,4082 \cdot \rho_c). \quad (5)$$

Формула (4) полегшує розрахунок в'язкості і може використовуватися для густини пульпи до 1,7 г/см³, характерних для реального процесу класифікації.

Отримано інтерполяційні формули для розрахунку швидкості вільного осадження піску і спливання бурштину (табл. 2).

В'язкість,
 ν , см²/с

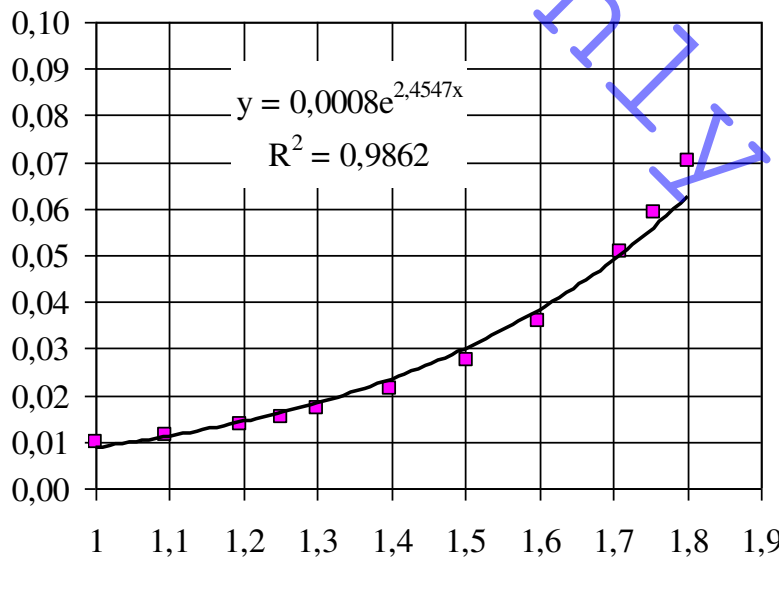


Рисунок 10 – Залежність кінематичної в'язкості суспензії від густини пульпи

Сучасні комп'ютерні можливості дозволяють отримувати більш прості інтерполяційні формули, ніж формули, що наведені в табл. 1. Такі формули для двох значень $\rho_c = 1,5$ г/см³ та $\rho_c = 1,6$ г/см³, характерних для виробничого процесу,

наведено в табл. 2 і 3. Вони мають високу ступінь апроксимації в оцінці по квадрату коефіцієнта кореляції $R^2 = 1$, і їх використання полегшує розрахунки.

Таблиця 2 – Інтерполяційні формули для розрахунку швидкості вільного осадження піску і спливання бурштину

Пісок				
Густина, г/см ³	1,6		1,5	
Крупність, d мм	0,27-1,38	1,4-4,5	0,21-1,09	1,1-3,5
Швидкість $V_{\text{вільн.}}$, мм/с	$48,188 \cdot d^{1,5}$	$55,58 \cdot d$	$66,452 \cdot d^{1,5}$	$67,85 \cdot d$
Бурштин				
Густина, г/см ³	1,6		1,5	
Крупність, d мм	0,39-1,97	2-6,4	0,4-1,78	1,8-5,7
Швидкість $V_{\text{вільн.}}$, мм/с	$19,748 \cdot d^{1,5}$	$27,22 \cdot d$	$19,249 \cdot d^{1,5}$	$25,18 \cdot d$

У табл. 3 наведено деякі результати розрахунку швидкостей, що дозволяють провести якісний аналіз домінуючих факторів.

Таблиця 3 – Швидкість вільного осадження піску і спливання бурштину

Густина пульпи, г/см ³	1,4			1,6		
1	2	3	4	5	6	7
Крупність, d , мм	1,5	1	0,5	1,5	1	0,5
V осадження піску, мм/с	122,5*	81,7*	31,5	83,4*	48,2	17,0
V спливання бурштину, мм/с	29,6	16,1	5,7	36,3	19,7	7,0
Крупність фракцій $d = 1$ мм						
Густина пульпи, г/см ³	1,24	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
V осадження піску, мм/с	106,7*	96,6*	81,7*	63,4	48,2	33,9
V спливання бурштину, мм/с	0	8,7	16,1	18,4	19,7	18,5

Розрахунок швидкості: * – по Алену, інші – початок перехідної області – табл. 1, або по спрощеним формулам табл. 2; густина бурштину 1,24 г/см³, піску – 2,65 г/см³.

Залежність швидкості вільного спливання бурштину від густини суспензії має екстремальний характер. Вона зростає при підвищенні густини, досягає максимуму при 1,5-1,6 г/см³ і далі має тенденцію до зниження, тоді як швидкість осадження піску лінійно зменшується у всьому дослідженому діапазоні густини.

При класифікації бурштиновмісних пісків у віброкласифікаторі виділяються піски і злив. Злив містить спливаючі фракції бурштину, а також дрібні фракції

піску. Розрахунок крупності фракцій піску в зливі прямо пов'язаний зі швидкістю стисненого осадження піску, тому важливо вибрати для розрахунку швидкості найбільш обґрунтовану формулу.

Вище розглядалася теоретична швидкість вільного осадження, тобто осадження окремих фракцій у в'язкій рідині. При значній концентрації фракцій в суспензії вони впливають одна на одну і порушують режим вільного осадження. Таке осадження є обмеженим, опір осадження тут складається з опору середовища, а також опору від тертя і ударів фракцій одна об одну. Швидкість стисненого осадження в порівнянні з вільним зменшується.

Відомо багато емпіричних і напівемпіричних формул для розрахунку швидкості стиснутого падіння. Всі вони є наближеними, оскільки експерименти лише моделюють процес.

Для визначення швидкості стисненого осадження ($V_{cm.}$) використовуємо експериментальну формулу

$$V_{cm.} = V_{вільн.} m^\lambda. \quad (6)$$

Скористаємось оберненим до коефіцієнту переходу від вільного до стисненого падіння для піску або спливання для бурштину коефіцієнтом K . $K = 1/m^\lambda$. В результаті отримано прості інтерполяційні формули для визначення K в залежності від густини пульпи і крупності фракцій.

Для розрахунку швидкості стиснутого спливання бурштину та осадження піску використовуємо скориговану формулу Тодеса-Розенбаума з введеним коефіцієнтом, який враховує фракції бурштину і суспензії (7)

$$V_{cm} = \frac{v}{d} \frac{Arm^{4.75}}{18 + 0,6\sqrt{Arm^{4.75}}}, \quad (7)$$

де $m = \frac{Q_{жс}}{Q_{тв} + Q_{жс}}$ – коефіцієнт розпушення, іноді названий порозністю

середовища, або об'ємна частка рідкого в суспензії, $Ar = \frac{g\Delta d_e^3}{\nu^2}$ – критерій Архімеда.

Формула (7) дозволяє визначати швидкості вільного та стисненого осадження фракцій піску і спливання бурштину розміром 1 мм та вагою 1-5 г при різній густині пульпи (табл. 4).

З проведених досліджень встановлено, що швидкість стисненого спливання бурштину в піщано-глинистій гірській масі в 5-6 разів менша за швидкість випадіння зерен піску в осад, а швидкість стисненого спливання бурштину в піщано-глинистій гірській масі при збільшенні густини середовища має експоненціальний характер (рис. 11).

Таблиця 4 – Швидкість вільного та стисненого осадження фракцій піску і спливання бурштину розміром 1 мм при різній густині пульпи

Густина, г/см ³	Швидкість, мм/с				
	Вільне	Пісок		Бурштин	
		по (6)*	по (7)**	Вільне	по (7)**
1	2	3	4	5	6
1,4	81,7	39,1	34,8	16,1	6,3
1,5	63,4	24,6	19,3	18,4	5,3
1,6	48,2	14,6	9,5	19,7	3,6

* – по П.В. Лященко, ** – по формулі (7) Годеса-Розенбаума.

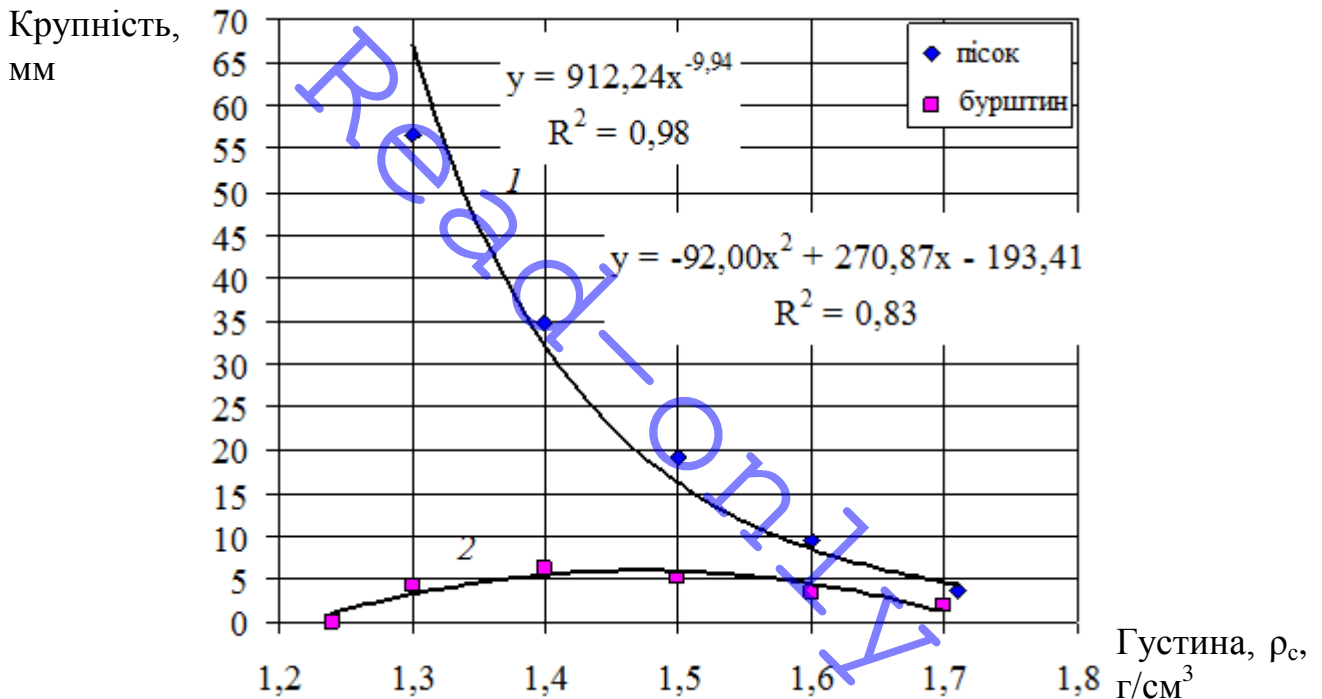


Рисунок 11 – Залежності швидкості стисненого падіння піску (1) та стисненого спливання бурштину (2) при крупності частинок 1 мм від густини пульпи.

Розрахунок за формулою (7) Годеса-Розенбаума

Таким чином, швидкість спливання бурштину є технологічним показником, за яким розраховуються продуктивність установки та ефективність вилучення бурштину, а характер встановлених залежностей є доказом третього наукового положення.

В четвертому розділі розроблено математичну модель процесу гідромеханічного видобутку бурштину, а саме, математичне моделювання процесу спливання фракцій бурштину в суміші «вода-пісок», моделювання процесів спливання фракцій бурштину в дисперсних середовищах, моделювання розподілу концентрації бурштину на поверхні родовища з визначенням часу спливання

різних фракцій бурштину на поверхню при різних режимах роботи вібраційного класифікатора.

Отримано модель спливання бурштину, що враховує модель спливання комплексу (бульбашка газу з мінералізацією на границі).

$$\begin{cases} \nabla \bar{u} = 0, \\ \frac{\partial \rho \bar{u}}{\partial t} + \nabla(\rho \bar{u} \bar{u}) = -\nabla p + \nabla \tau + \rho f + \int_s \sigma'_i n' \delta(x - x') dS, \\ \frac{\partial \alpha_i}{\partial t} + \bar{u} \nabla \alpha_i = 0, \end{cases} \quad (8)$$

де τ – тензор в'язких сил; ∇ – градієнт; ρ – густина рідини; α_i – концентрації частинок різних типів в суміші; u – вектор швидкості; f – об'ємні сили, що включають сили плавучості; σ – коефіцієнт поверхневого натягу.

Математичні моделі спливання фракцій бурштину з урахуванням особливостей їхніх параметрів представлено залежностями

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= u, & f_r &= f_\mu + f_m + f_B, & m \frac{du}{dt} &= f_r + f_g + f_A + j(u_{pc} - u), \\ f_\mu &= -\frac{1}{8} C_\mu \pi d \rho_t^0 u^2, & f_A &= V \rho_t^0 g, & f_g &= -mg, & f_B &= -\beta \int_0^t \frac{du}{dt} \frac{dt_1}{\sqrt{t-t_1}}, \\ f_m &= -\frac{1}{2} V \rho_t^0 \left[\frac{du}{dt} + \frac{3}{d} \frac{dd}{dt} u \right], & m &= m_b + m_p, & V &= V_b + V_p, & V_b &= \frac{\pi d_b^3}{6}, & V_p &= \frac{\pi d_p^3}{6} n_p, \end{aligned} \quad (9)$$

де $f_A = V \rho_t g$ – сила Архімеда; $f_m = m_q g$ – сила тяжіння та сила супротиву, яка може бути представлена у вигляді $f_r = f_\mu + f_m + f_B$, f_μ – сила в'язкого супротиву; f_m – сила приєднаної маси; f_B – сила Басе; β – коефіцієнт сили Басе; C_μ – коефіцієнт спротиву середовища; s – площа поперечного перерізу частинки.

Будемо розглядати систему диференціальних рівнянь (9) та розв'язувати її наближеними методами в середовищі Mathcad 14.0. Для постановки задачі Коші вибрано наступні початкові умови: глибина, з якої будуть спливати фракції бурштину (у наведених результатах 5 м); початкова швидкість фракцій рівна 0. При цьому для чисельних експериментів діаметри фракцій вибрані такими: 1 мм, 3 мм, 5 мм, 1 см, 2 см, 3 см, 5 см та 10 см. У випадку неправильної форми фракцій бурштину використано поправочні коефіцієнти. Коефіцієнт опору середовища ~3-5, число Рейнольдса ~8-10. Часовий інтервал вибрано таким, щоб можна було зафіксувати момент спливання фракцій на поверхню водно-піщаної суміші (100 с в наведених результатах). Густина середовища та густина фракцій бурштину, що

спливають, будемо варіювати у діапазонах $1000-1800 \text{ кг/м}^3$ та $900-1100 \text{ кг/м}^3$ з кроком 100.

На рис. 12, 13 наведено приклад розрахунків для випадку густини водно-піщаної суміші 1500 кг/м^3 та густини фракцій бурштину 1100 кг/м^3 . На рис. 12 наведено графіки зміни швидкостей для фракцій вказаних розмірів відповідно (нижня суцільна лінія – частинки діаметром 1 мм). На рис. 13 – координати положень фракцій відповідних розмірів у часі. При аналізі рис. 12 встановлено, що швидкості фракцій з часом стають константами, що є цілком природнім. Відповідні стаціонарні швидкості спливання для даного випадку є такими: $0,034 \text{ м/с}$, $0,059 \text{ м/с}$, $0,076 \text{ м/с}$, $0,108 \text{ м/с}$, $0,152 \text{ м/с}$, $0,187 \text{ м/с}$, $0,241 \text{ м/с}$, $0,341 \text{ м/с}$.

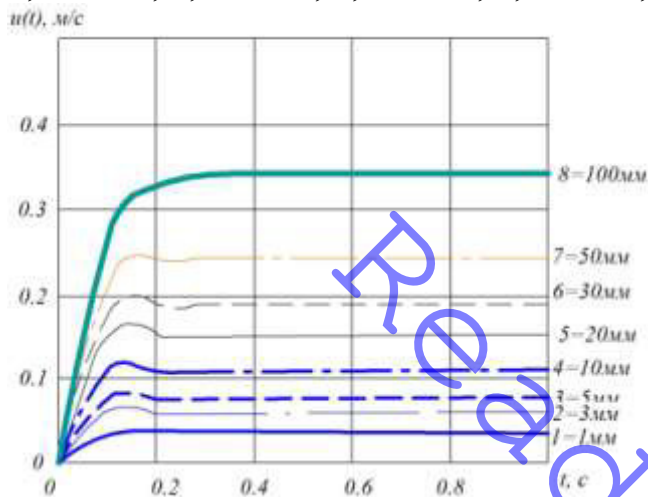


Рисунок 12 – Залежність швидкості фракцій бурштину діаметром 1 мм, 3 мм, 5 мм, 1 см, 2 см, 3 см, 5 см та 10 см, відповідно, від часу t . Суцільна нижня лінія відповідає фракції бурштину діаметром 1 мм

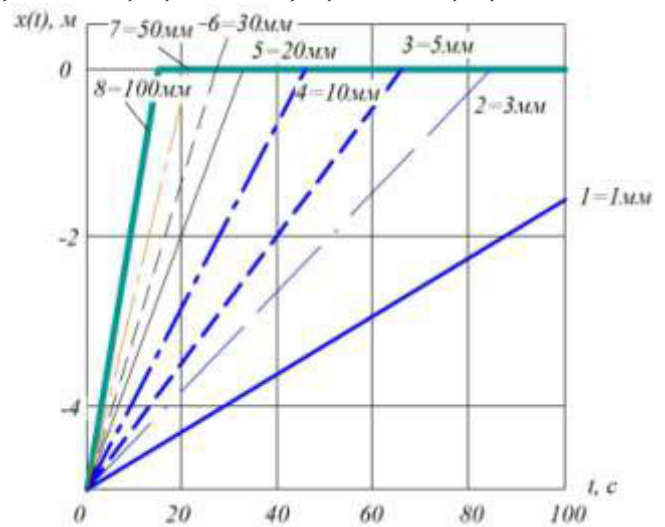


Рисунок 13 – Залежність координат фракцій бурштину діаметром 1 мм, 3 мм, 5 мм, 1 см, 2 см, 3 см, 5 см та 10 см, відповідно, від часу t . Суцільна нижня лінія відповідає фракції бурштину діаметром 1 мм

Це дозволило отримати залежності швидкості різних фракцій бурштину діаметром від 1 мм до 10 см, відповідно, від часу t та залежність координат фракцій бурштину діаметром від 1 мм до 10 см відповідно від часу t .

Для спрощення обрахунку швидкості спливання бурштину в залежності від густини середовища та густини бурштину введено коефіцієнт – фактор густини:

$$\rho_{\Phi} = \frac{\rho_c}{\rho_u} \quad (10)$$

Тоді можемо дослідити залежність стаціонарних швидкостей спливання частинок відповідного діаметра від фактору густини. Відповідні залежності наведено на рис. 14.

Моделювання процесів проведено в програмному середовищі Mathcad та Matlab з використанням М-функції *pdepe*.

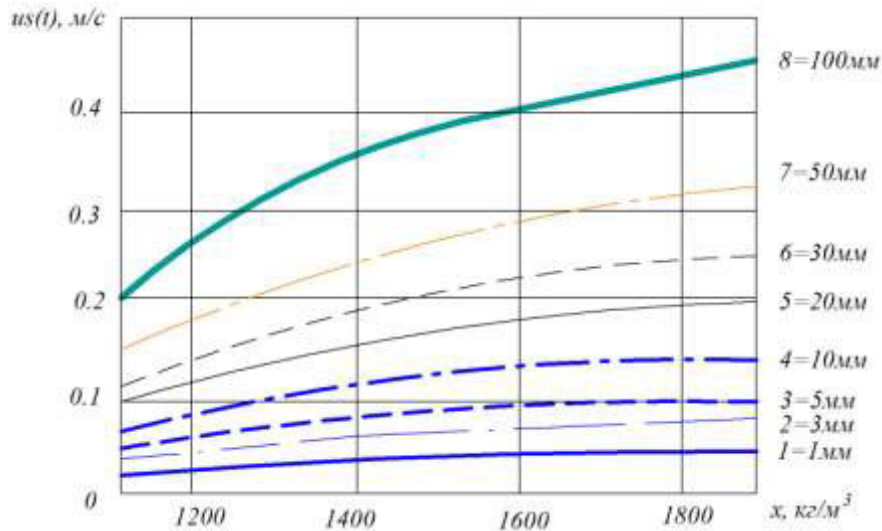


Рисунок 14 – Залежність стаціонарних швидкостей фракцій бурштину діаметром 1 мм, 3 мм, 5 мм, 1 см, 2 см, 3 см, 5 см, 10 см та фактору густини, густина фракцій бурштину 900 кг/м^3

Побудуємо графічні розподіли отриманого комп'ютерного експерименту (рис. 15-20):

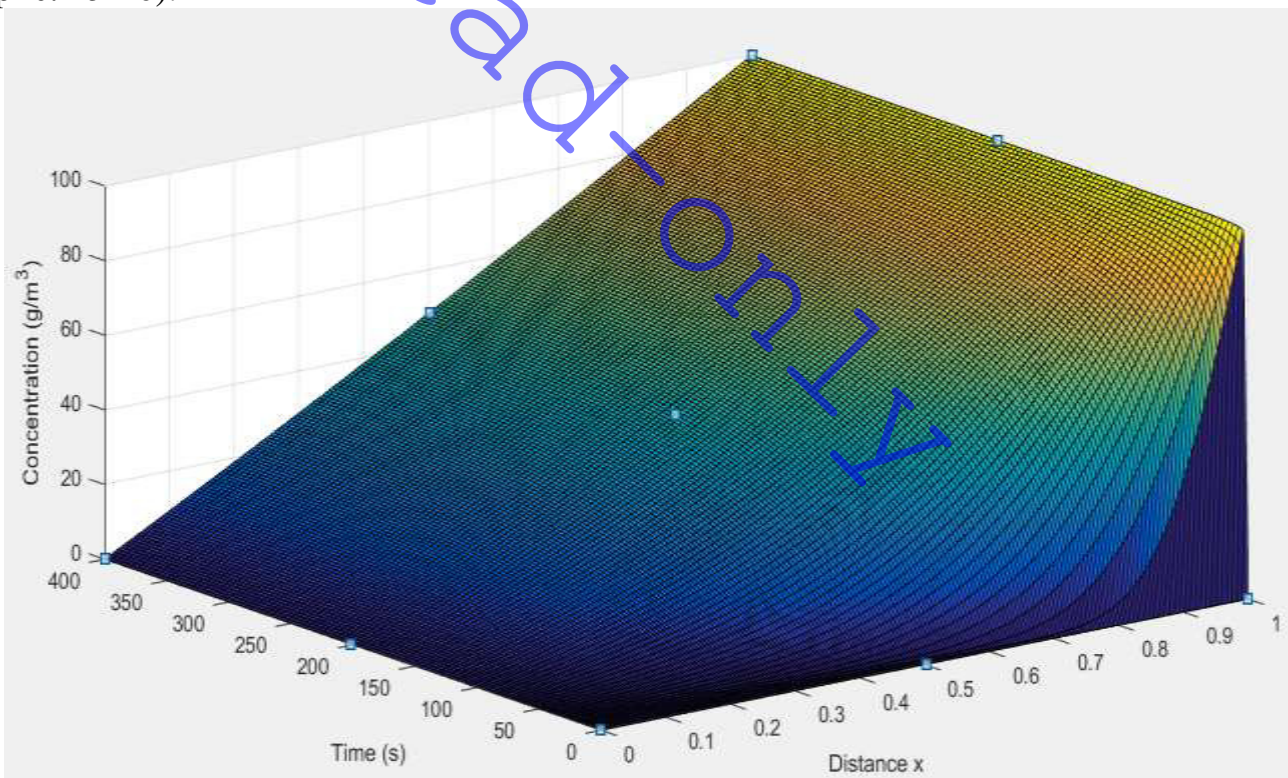


Рисунок 15 – Просторовий розподіл концентрації бурштину в бурштиновмісному масиві

Результати моделювання по розподілу концентрації бурштину на поверхні родовища подано у вигляді просторового розподілу концентрації бурштину в бурштиновмісному масиві та графічних залежностей, які отримано комп'ютерним моделюванням при різних режимах роботи установки (поєднання вібрації, подачі води та повітря – **В-В-П**; подача води та повітря – **В-П**; подача води без повітря та

вібрації – в) для різних фракцій бурштину.

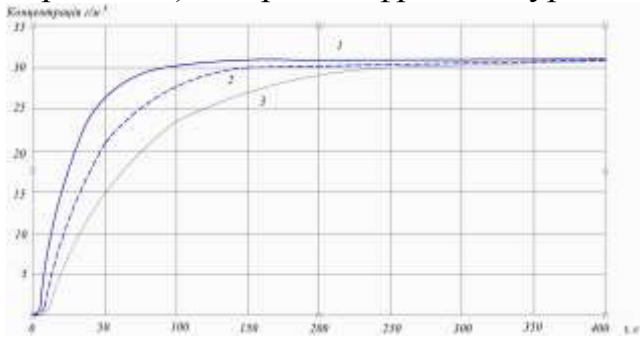


Рисунок 16 – Розподіл концентрації бурштину на поверхні родовища в результаті видобутку: 1 – в-в-п, 2 – в-п, 3 – в (фракція 2 мм)

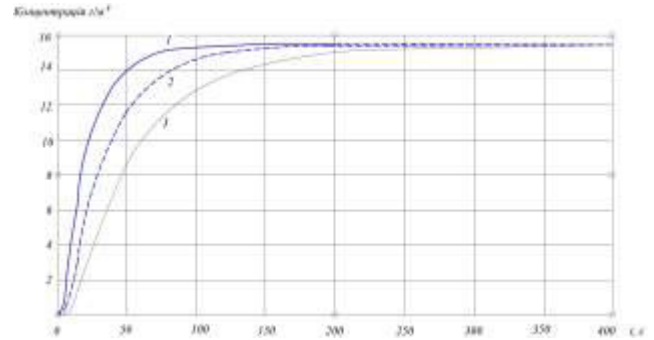


Рисунок 17 – Розподіл концентрації бурштину на поверхні родовища в результаті видобутку: 1 – в-в-п, 2 – в-п, 3 – в (фракція 5 мм)

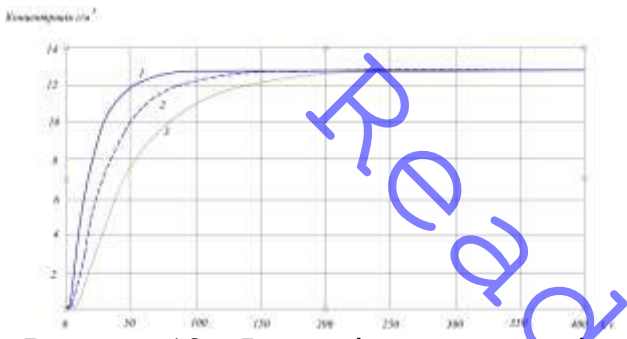


Рисунок 18 – Розподіл концентрації бурштину на поверхні родовища в результаті видобутку: 1 – в-в-п, 2 – в-п, 3 – в (фракція 10 мм)

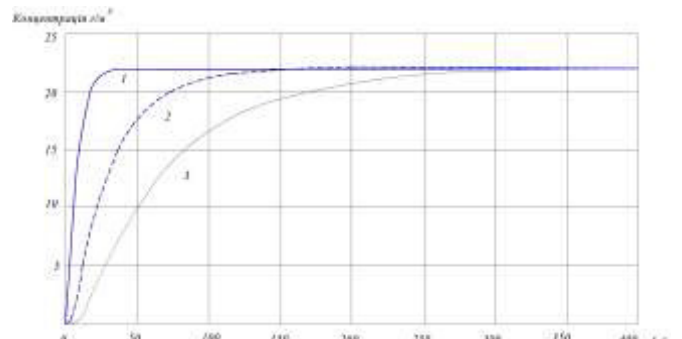


Рисунок 19 – Розподіл концентрації бурштину на поверхні родовища в результаті видобутку: 1 – в-в-п, 2 – в-п, 3 – в (фракція 30 мм)

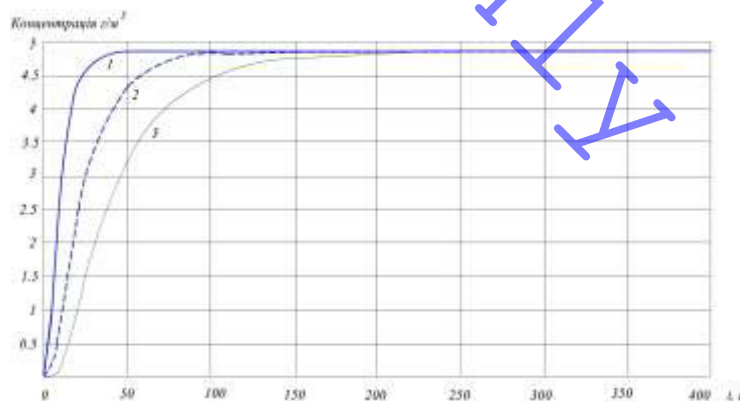


Рисунок 20 – Розподіл концентрації бурштину на поверхні родовища в результаті видобутку: 1 – в-в-п, 2 – в-п, 3 – в (фракція 50 мм)

За результатами досліджень отримано апроксимуючі залежності (11) та регресійна модель швидкості спливання бурштину з урахуванням впливу на пульпу вібрації і барботації повітрям (12).

$$m = -2,147e^{-15} \cdot t^2 - 6,667 \cdot t + 76,67. \quad (11)$$

$$V = -1401,859 + 2,451 \omega + 1867,767 \rho_c - 0,151 \omega^2 + 5,659 \omega A + 0,115 \omega q_n - 604,904 \rho_c^2 - 34,342 A^2 + 3,36 A q_n - 17,549 q_n^2, \quad (12)$$

$$R^2 = 0,999.$$

Відповідно до рівняння (12) найбільш високе значення швидкості спливання бурштину 130-140 мм/с має місце при $\rho_c = 1,65 \text{ г/см}^3$, $q_n = 1,11 \text{ см}^3/\text{с}$, $\omega = 28,0 \pm 3 \text{ Гц}$, $A = 1,5-2,3 \text{ мм}$. Таким чином, доведено четверте наукове положення.

У **п'ятому розділі** за результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано практичну реалізацію результатів досліджень з розробкою технологічної пропозиції впровадження технології пошарової переробки бурштиновмісних піщаних та піщано-глинистих ґрунтів комплексним методом. Запропонована технологічна схема пошарової переробки піщано-глинистої бурштиновмісної сировини представлена на рис. 21 і пропонує комплексний метод видобутку бурштину з технологічним обладнанням, що використовує комплекс факторів для вилучення бурштину при класифікації у вібраційному класифікаторі. На рис. 22 представлено водно-шламову схему технології вилучення бурштину з використанням віброкласифікатора комплексної дії.

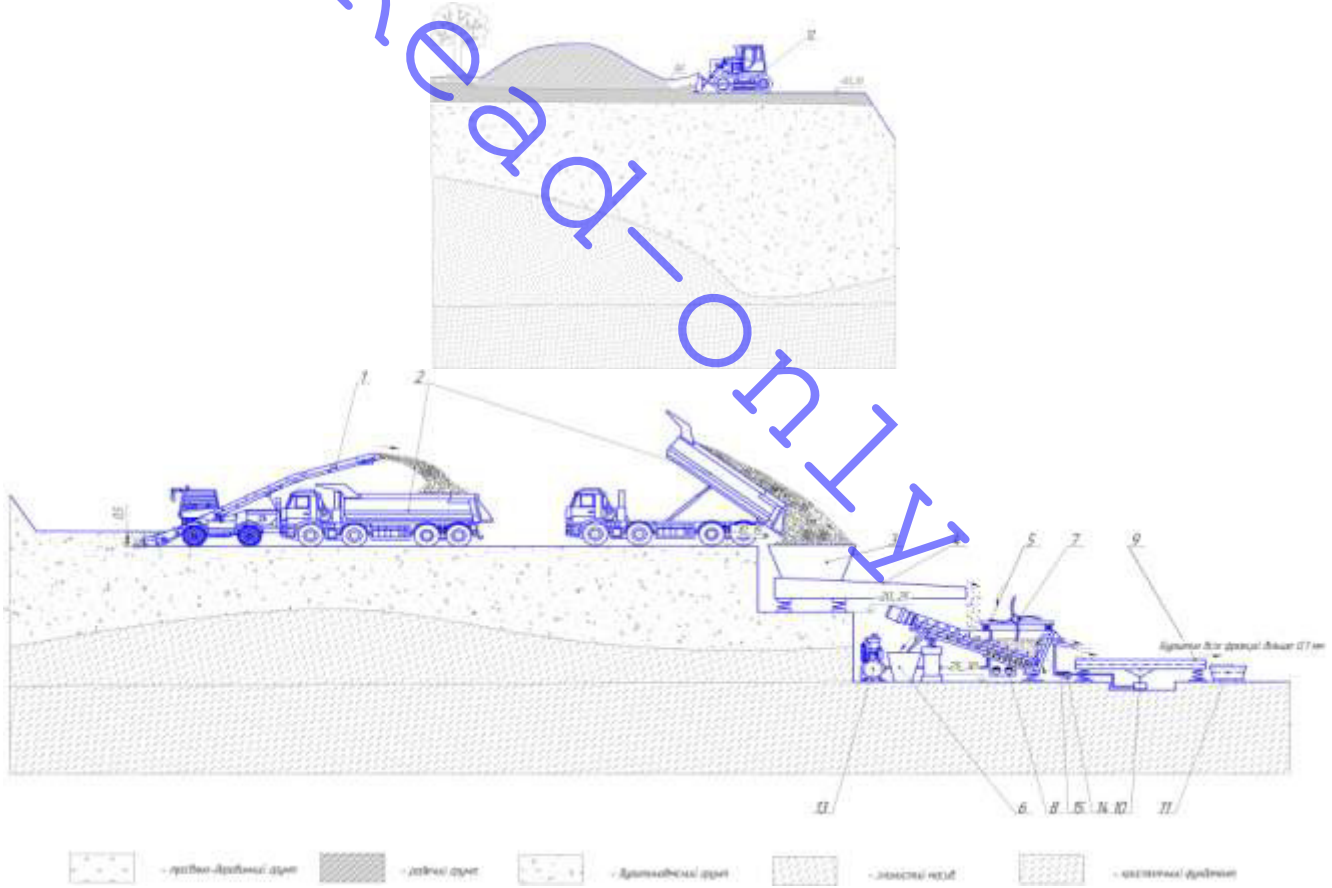


Рисунок 21 – Запропонована технологічна схема пошарової переробки піщано-глинистої бурштиновмісної сировини (1 – навантажувач сировини; 2 – транспортні елементи доставки сировини; 3 – бункер; 4 – віброживильник; 5 – вібраційний класифікатор; 6 – бункер; 7 – лопаткові захвати; 8 – вібратор; 9 – грохот; 10 – злив; 11 – ванна для класифікації з соляним розчином; 12 – вскришні роботи з використанням бульдозера; 13 – компресор; 14 – фільтр; 15 – насос)

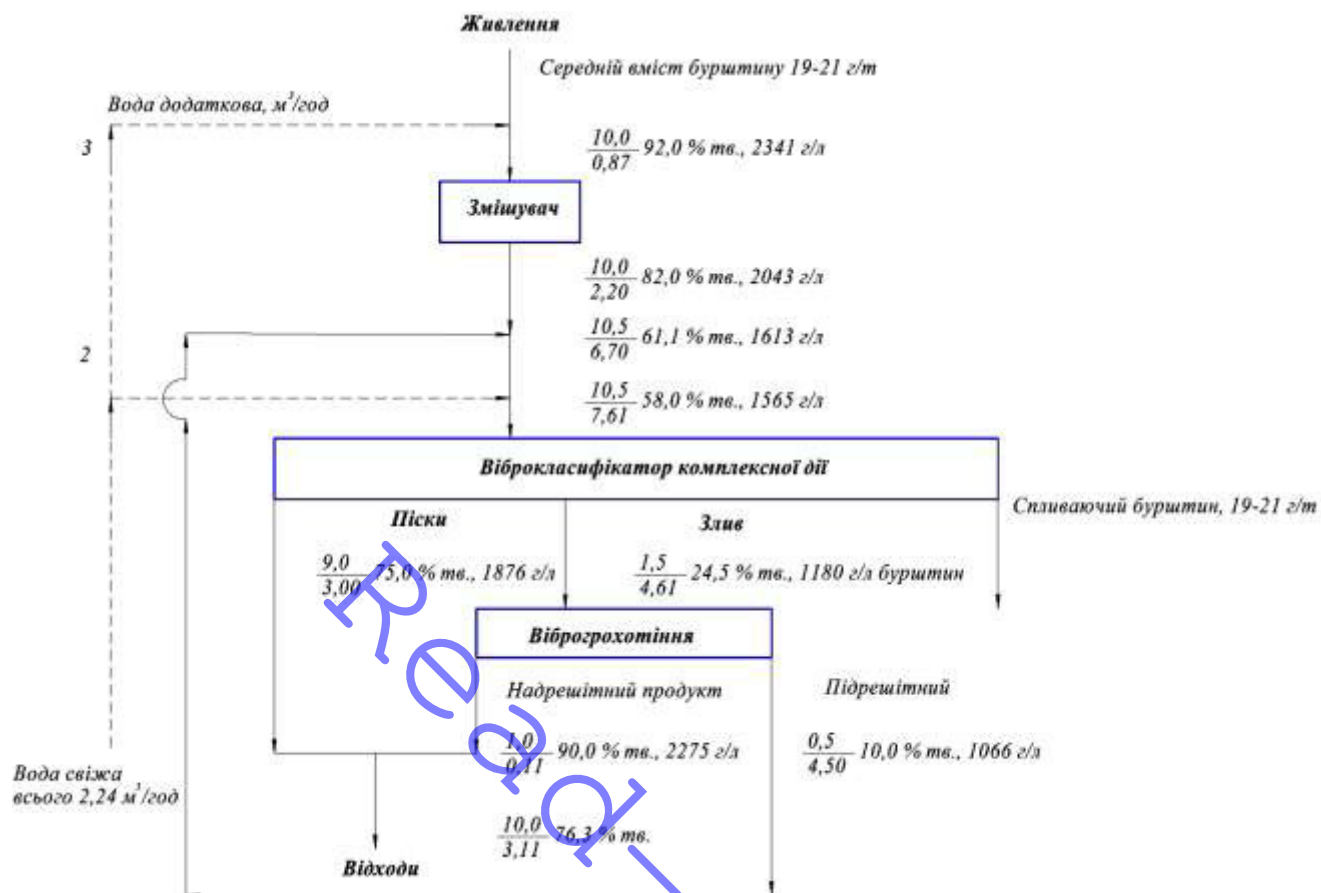


Рисунок 22 – Водно-шламова схема технології вилучення бурштину з використанням віброкласифікатора комплексної дії

Запропонована технологія пошарового видобутку бурштину має цілий ряд переваг над існуючою гідромеханічною та свердловинною технологіями. Основними є:

- вилучення бурштину складає 90 ÷ 95 %;
- технологія вилучення бурштину дозволяє залучати в процес видобутку максимальні масові фракції бурштину, що залишаються в масиві при інших способах;
- більша продуктивність комплексу;
- екологічність технології з максимально стислими термінами введення вироблених площ у сільськогосподарське виробництво.

В результаті досліджень підтверджено дієвість, екологічність, ефективність комплексної дії вібрації, підвищеної густини гідравлічної суміші і повітряних потоків барботажу у гідравлічному середовищі при вилученні бурштину гідромеханічним способом, реалізований вібраційним класифікатором нової конструкції для видобутку бурштину з бурштиновмісних родовищ, технічну

новизну якого підтверджено патентами України № 84108, 102869, 115313, 113977, 120248, 120504, розроблено методику його інженерного розрахунку.

ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науковою роботою з вирішення актуальної наукової проблеми, в якій вперше встановлено, що в техногенних піщано-глинистих покладах бурштину його втрати складають близько 50 %, при цьому запропоновано на рівні винаходу пошарову технологію видобутку з використанням комплексного методу вилучення бурштину до 95 % з піщано-глинистої суміші за рахунок використання вібрації, густини пульпи, подачі повітря на вібраційному класифікаторі, виконаному на рівні винаходів, а також встановлено регресійні залежності, які носять степеневий та експоненціальний характер впливу домінуючих параметрів на властивості гірської маси і устаткування, на базі чого розроблено методику розрахунку конструктивних та технологічних параметрів запропонованої схеми пошарового видобутку бурштину з бурштиновмісних родовищ, використання якої дозволяє отримувати очікуваний економічний ефект більш ніж 6,5 млн грн. на рік.

1. Доведено, що при гідромеханічному способі видобутку бурштину з піщаної і піщано-глинистої гірської маси використання суспензійного середовища у вигляді рідини підвищеної густини, вібрації і повітря у вигляді бульбашок дозволяє підвищувати інтенсивність спливання шматочків бурштину різної крупності при цьому використання вібрації дозволяє знижувати концентрацію суспензії на 10 %, барботажа – у 1,5-3,0 рази, а також сприяє сегрегації шматків бурштину при їх відділенні від піску і глини, що сприяє його максимальному вилученню.

2. Встановлено, що застосування вібраційного класифікатора дозволяє вилучати 90 ÷ 95 % бурштину з родовища. При цьому оптимальна густина середовища (ρ_c) становить 1650-1850 кг/м³, частота коливання 22,5-28 Гц, амплітуда вібрації $A = 1,51-2,75$ мм. Максимальна швидкість спливання бурштину досягається в залежності від зміни витрат води і повітря для конкретних бурштиновмісних масивів. При проведенні лабораторних та натурних експериментальних досліджень встановлено їхні оптимальні значення, $V = 0,1-0,2$ м/с. При цьому реалізується замкнутий цикл по рідкій фазі впливу, що дозволяє обґрунтувати розроблену технологію видобутку бурштину.

3. Удосконалені технологічні параметри гідромеханічного способу видобутку бурштину з бурштиновмісних пісків, які охоплюють діапазон зміни параметрів: частота вібрації: 20-36,7 Гц; амплітуда вібрації: 1-2,5 мм; густина середовища:

1,6-2,0 г/см³; обсяг повітря для барботації суспензії: 1,11-1,67 см³/с. При цьому швидкість спливання бурштину становить 40-135 мм/с.

4. Моделюванням процесу гідромеханічного видобутку бурштину модифіковано математичні моделі спливання фракцій бурштину з урахуванням дилатантності суміші «вода-пісок» та досліджено поведінку фракцій бурштину при русі з опором типу сухого тертя. Отримано:

- розв'язки відповідних систем нелінійних диференціальних рівнянь для випадку, коли вплив сили Басе вважався незначним;

- чисельні результати, які дозволяють провести аналіз швидкостей спливання фракцій різних розмірів та густини у різноманітних за своїми характеристиками середовищах.

4. Встановлено залежність стаціонарних швидкостей спливання бурштину від параметру густини середовища та доведено, що максимальний час спливання фракцій бурштину діаметром 10 см, 5 см, 3 см, 2 см, 1 см, 5 мм, 3 мм, 1 мм, при густині 900 кг/м³ становить відповідно 23 с, 34 с, 45 с, 53 с, 77 с, 110 с, 147 с та 235 с. Таким чином, максимальний час спливання фракцій бурштину, діаметр яких перевершує 1 мм не перевищує 4 хв, що робить можливим ефективно застосовувати технології видобутку бурштину, що пропонуються. Відповідні результати стосуються питомої ваги бурштину 1000 кг/м³. При зростанні густини середовища відповідний час монотонно зменшується. Для густини 1700 кг/м³ він становить відповідно 10, 15, 19, 24, 35, 48, 63 та 124 с.

5. За результатами комп'ютерного моделювання процесу спливання бурштину на поверхню з бурштиновмісного масиву отримано математичну модель для розв'язання одномірних крайових задач для систем параболічних і еліптичних диференціальних рівнянь в частинних похідних (PDE) першого порядку по одній просторовій змінній і часу, що з високою точністю (до 100 %) описує процес спливання бурштину та дозволяє стверджувати, що час спливання бурштину на поверхню залежить від розмірів та масової частини бурштину. Чим більші фракції бурштину, тим менше необхідно часу для його спливання на поверхню бурштиновмісного масиву.

6. Вперше встановлено, що швидкість стисненого спливання бурштину в піщано-глинистій гірській масі в 5-6 разів менша за швидкість випадіння зерен піску в осад, а швидкість стисненого спливання бурштину в піщано-глинистій гірській масі при збільшенні густини середовища має експоненціальний характер. Таким чином, швидкість спливання бурштину є технологічним показником, по якому розраховуються продуктивність установки та ефективність вилучення бурштину.

7. Для визначення швидкості спливання бурштину з урахуванням впливу на пульпу вібрації і барботації повітрям відповідно до регресійної моделі отримано апроксимуючі залежності та рівняння регресії. Найбільш високе значення

швидкості спливання бурштину 130-140 мм/с отримано при $\rho_c = 1,65 \text{ г/см}^3$, $q_n = 1,11 \text{ см}^3/\text{с}$, $\omega = 28,0 \pm 3 \text{ Гц}$, $A = 1,5-2,3 \text{ мм}$.

8. За результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологічну пропозицію впровадження технології пошарової переробки бурштиновмісних піщаних та піщано-глинистих ґрунтів комплексним методом з технологічним устаткуванням, що використовує комплекс факторів для вилучення бурштину при класифікації у вібраційному класифікаторі.

9. В результаті досліджень підтверджені дієвість, екологічність, ефективність комплексної дії вібрації, підвищеної густини гідравлічної суміші і повітряних потоків барботажу у гідравлічному середовищі при вилученні бурштину гідромеханічним способом, реалізований вібраційним класифікатором нової конструкції для видобутку бурштину з бурштиновмісних родовищ, технічну новизну якого підтверджено патентами України № 84108, 102869, 115313, 113977, 120248, 120504, розроблено методику його інженерного розрахунку.

10. Прибуток підприємств з видобутку бурштину в Рівненсько-Волинському регіоні від впровадження у виробництво розроблених методик, технічних пропозицій і рекомендацій з удосконалення технологій та устаткування для видобутку бурштину комплексним методом з бурштиновмісних покладів складає понад 6,5 млн грн. на рік.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Корнієнко В. Я., Мачук Е. Ю. Технологічний процес видобутку бурштину за допомогою віброгідравлічного витягача / Вісник НУВГП, Зб. наукових праць. – Вип. 3 (63). – Рівне, 2013. – С. 412–418.

2. Malanchyk Z., Korniyenko V. Modern condition and prospects of extraction of amber in Ukraine / Proceedings of the 1st International Academic Congress «Fundamental and Applied Studies in the Pacific and Atlantic Oceans Countries». (Japan, Tokyo, 25 October 2014). Volume II. «Tokyo University Press». – 2014. – P. 318–321. (Іноземне видання)

3. Bulat A., Naduty V., Korniyenko V. Substantiations of technological parameters of extraction of amber in Ukraine / American Journal of Scientific and Educational Research. – No 2 (5) (July-December). Volume II. «Columbia Press». – New York. – 2014. – P. 591–597. (Іноземне видання)

4. Malanchyk Z., Korniyenko V. Modern condition and problems of extraction of amber in Ukraine / Canadian Journal of Science and Education. – № 2 (6), July-December, Volume I. «Toronto Press». – 2014. – P. 372–376. (Іноземне видання)

5. Корнієнко В. Я. Сучасні технології видобутку бурштину з родовищ / Вісник НУВГП, Зб. наукових праць. – Вип. 1 (65). – Рівне, 2014. – С. 449–457.

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

7. Корнієнко В. Я. Перспективи та сучасний стан видобутку бурштину в Україні / Вісник НУВГП, Зб. наукових праць. – Вип. 3 (67). – Рівне, 2014. – С. 127–133.

8. Bulat A., Naduty V., Korniyenko V. Features spread occurrence of amber deposits in the world / Oxford Review of Education and Science. – № 1 (9), January-June 2015. – P. 60–65. (*Іноземне видання*)

9. Булат А. Ф., Надутый В. П., Корнієнко В. Я. Опыт применения вибрационных установок в технологии добычи янтаря / Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрація в техніці та технологіях». – Вінниця. – № 4 (80). – 2015. – С. 128–131.

10. Корнієнко В. Я. Кількісна оцінка параметрів гідравлічного та гідромеханічного способів видобутку бурштину / Вісник НУВГП, Зб. наукових праць. – Вип. 4 (72). – Рівне, 2015. – С. 235–241.

11. Корнієнко В. Я. Сучасні технології видобутку бурштину з родовищ гідравлічного та гідромеханічного способів видобутку бурштину / Бібліотека всеукраїнської екологічної ліги. Проблеми видобування бурштину в Україні та шляхи їх розв'язання. Серія «Стан навколишнього середовища». – № 9. – Київ. – 2015. – С. 10–17.

12. Булат А. Ф., Надутый В. П., Корнієнко В. Я. Сучасні технології видобутку бурштину з піщаних покладів / Harvard Journal of Fundamental and Applied Studies, – No 1. (7) (January-June). Volume VIII. «Harvard University Press». – 2015. – P. 514–519. (*Іноземне видання*)

13. Маланчук Е. З., Корниенко В. Я., Маланчук З. Р. Перспективы внедрения новых технологий добычи янтаря в Ровенской области / Вісник КНУ. Зб. Наук. Праць. – № 41. – Кривий Ріг, 2016. – С. 74–78.

14. Дослідження процесу вилучення бурштину з бурштиновмісних родовищ вібраційним класифікатором / Надутый В. П., Сухарев В. В., Чолишкіна В. В., Корнієнко В. Я. – Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрація в техніці та технологіях». – Вінниця. – № 3(83). – 2016. – С. 117–122.

15. Надутый В. П., Маланчук З. Р., Корниенко В. Я. Модернизация технологического оборудования для добычи янтаря гидромеханическим методом / Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. – № 131. – Дніпро, 2016. – С. 59–67.

16. Корнієнко В. Я., Семенюк В. В. Удосконалення технологічного обладнання для видобутку бурштину гідромеханічним способом / Вісник НУВГП, Зб. наукових праць. – Вип. 1 (73). – Рівне, 2016. – С. 116–122.

17. Надутый В. П., Маланчук Є. З., Корнієнко В. Я. Дослідження впливу показників вібрації на видобуток бурштину з піщаних родовищ / Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. – Вип. № 126. – Дніпропетровськ, 2016. – С. 27–35.

18. [Results of experimental studies of amber extraction by hydromechanical method in Ukraine](#) / Malanchuk Z., Korniyenko V., Malanchuk E., Khrysyuk A. – Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, v. 3. – № 10 (81). – 2016. – P. 24–28. – DOI: 10.15587/1729-4061.2016.72404. (SCOPUS)

19. Examining features of the process of heavy metals distribution in technogenic placers at hydraulic mining / Malanchuk Z., Malanchuk Ye., Korniyenko V., Ignatyuk I. – Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – № 1/10 (85). – 2017. – P. 45–51. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.92638. (SCOPUS)

20. Korniyenko V., Naduty V., Syharev V. Results of studies of the influence of the density and vibrational disturbance in the process of hydromechanical amber mining / Журнал «Вібрації в техніці та технологіях» ВНТУ. – Вінниця, 2017. – С. 11–20.

21. Корнієнко В. Я., Романовський В. Я. Аналіз досліджень існуючих способів видобутку бурштину і перспектива їх застосування в Рівненсько-Волинському регіоні / Вісник НУВГП. Зб. Наук. Праць. – № 41 (2). – Рівне, 2017. – С. 74–78.

22. Маланчук З. Р. Корнієнко В. Я., Маланчук Е. З. Результати досліджень видобутку бурштину гідромеханічним способом / Mining of Mineral Deposits. – 11(1). – 2017. – P. 93–99. – Режим доступу до ресурсу: <http://doi.org/10.15407/mining.11.01.093>. (Web of Science)

23. Корнієнко В. Я., Сорока В. С., Васильчук О. Ю. Ефективні технології видобутку бурштину з бурштиновмісних родовищ / Збірник наукових праць "Актуальні наукові дослідження в сучасному світі", 26–27 лютого 2018 р. – Переяслав-Хмельницький. – Вип. 2(34), ч. 6. – 2018. – С. 85–87.

24. Криницька М. В., Корнієнко В. Я. Обґрунтування геологічних умов та технологічні основи видобутку поліського бурштину / Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. – Вип. № 135. – Дніпро, 2018. – С. 61–68.

25. Надутый В. П., Корниенко В. Я., Чолишкіна В. В. Разработка обобщенной математической модели при комплексном извлечении янтаря из песчано-глинистой горной массы / Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. – Вип. № 137. – Дніпро, 2018. – С. 18–24.

26. Высокоэффективная технология добычи янтаря из песчаных месторождений / Корниенко В. Я., Маланчук З. Р., Гринюк Т. Ю., Стриха В. А. // Полифункциональные химические материалы и технологии. Сборник тезисов. Т. 2. / Под ред. В. В. Козика, Г. М. Мокроусова. – Томск: Изд. Дом ТГУ. – 2013. – С. 45–46.

27. Корниенко В. Я., Маланчук З. Р. Современное оборудование для добычи янтаря из песчаных месторождений / Глобализация науки: проблемы и

перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции (13 октября 2014 г., г. Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС. – 2014. – С. 41–42.

28. Корнієнко В. Я. Розробка бурштиновмісних родовищ гідромеханічним способом / Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі». Секція – Відкрита розробка родовищ корисних копалин. 14 грудня 2016 р. – Кривий Ріг. – С. 56.

29. Маланчук З. Р. Корнієнко В. Я., Маланчук Е. З. Технологія видобутку бурштину удосконаленим добувним обладнанням / Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі». Секція – Гірничі машини і обладнання. 14 грудня 2016 р. – Кривий Ріг. – С. 232.

30. Надутий В. П., Корнієнко В. Я., Сухарев В. В. Результати досліджень впливу щільності середовища і вібраційного збудження при гідромеханічному способі видобутку бурштину / XVI Міжнародна науково-технічна конференція «Вібрації в техніці та технологіях» 26–27 жовтня 2017 р. – Вінниця, 2017. – С. 11–12.

31. Корнієнко В. Я. Романовський В. Я. Перспективи розробок бурштиновмісних родовищ гідромеханічним способом / II Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі». Секція – Відкрита розробка родовищ корисних копалин 14 грудня 2017 р. – Кривий Ріг. – С. 51.

32. Вібропристрій. Пат. № 84108 Україна. МПК⁹ В03В 5/46, В03В 7/00, Е04G 21/08 / Корнієнко В. Я. Романовський О. Л., Хітров І. О., Мачук Е. Ю. // ДСІВ України. – Заявл. у 2013 04557 від 11.04.2013. – Київ, 2013. – Бюл. № 19.

33. Вібраційний класифікатор. Пат. № 102869 Україна. МПК⁹ В03В 5/52 / Корнієнко В. Я. Надутий В. П., Чолишкіна В. В., Сухарев В. В. // ДСІВ України. – Заявл. у 2015 04518 від 08.05.2015. – Київ, 2015. – Бюл. № 22.

34. Спосіб видобутку бурштину. Пат. № 120504 Україна. МПК⁹ Е21С 45/00 / Маланчук З. Р., Маланчук Є. З., Корнієнко В. Я., Христюк А. О., Загоровський В. Н., Ковальчук Ю. Т. // ДСІВ України. – Заявл. у 2017 03320 від 06.04.2017. – Київ, 2017. – Бюл. № 21.

35. Спосіб з видобування бурштину. Пат. № 120248 Україна. МПК⁹ В03В 5/00, В03В 5/12, В03В 5/28, В03В 5/30 / Надутий В. П., Маланчук З. Р., Корнієнко В. Я., Чолишкіна В. В. // ДСІВ України. – Заявл. у 2017 04378 від 03.05.2017. – Київ, 2017. – Бюл. № 20.

36. Вібропристрій для видобування бурштину. Пат. № 115313 Україна. МПК⁹ В03В 5/46, В03В 7/00, Е04G 21/08 / Корнієнко В. Я., Руденко Г. В., Маланчук Є. З., Загоровський В. Н., Ігнатюк І. З., Маланчук З. Р. // ДСІВ України. – Заявл. у 2016 11150 від 07.11.2016. – Київ, 2017. – Бюл. № 7.

37. Пат. № 113977 Україна. МПК⁹ B03B 5/52. Класифікатор комплексної дії / Корнієнко В. Я., Надутий В. П., Сухарев В. В. // ДСІВ України. – Заявл. у 2016 08378 від 29.07.2016. – Київ, 2017. – Бюл. № 4.

38. 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.

39. Природообустройство Полесья. Украинское Полесье / Маланчук З. Р., Корниенко В. Я., Маланчук Е. З., Жомырук Р. В., Игнатюк И. З., Сольвар Л. М., Маланчук Л. О, Тимощук И. И., Мошич С. З., Романчук С. С. // Международное научное издание. Коллективная монография / за ред. д.с-х.н., проф. Мажайского Ю. А., д.т.н., проф., Рокочинського А. М., д.геог.н., проф. Волчека А. А., к.т.н., доц. Мешика О. П., Ежи Езнах. – Брест: 2017. – Книга 2, Т.1. – 556 с. «Глава 5. Полезные ископаемые Ровенщины». – С. 140–156. (Іноземне видання)

40. Malanchuk Z. R., Malanchuk E. Z., Korniyenko V. Ya. Modern geotechnical methods of management of the process of amber extraction / Multi-authored monograph: "Innovative development of resource-saving technologies of mining of minerals" Publishsng house «St. Ivan Rilsky» Mining and Mining University of Geology (Sofia, Bulgaria). – 2018. – P. 80–103. (Іноземне видання)

41. Маланчук З. Р., Маланчук Є. З., Корнієнко В. Я. Спеціальні технології видобутку корисних копалин. Навчальний посібник / – Рівне: НУВГП, 2017. – 290 с.

Внесок автора у роботи, опублікованих у співавторстві:

У роботах [1; 2; 4; 16] – виконаний аналіз досвіду попередніх наукових досліджень технологій та обладнання, дольова участь автора складає 50 %; [3; 8; 9; 12-15] – аналіз проблеми та перспектив розробки родовищ бурштину гідромеханічним способом; [18-21] – досліджені домінуючі фактори впливу на процес видобутку параметрів технології та обладнання; [17-20; 22; 24; 25] – результати експериментальних досліджень та розробка математичної моделі, встановлення закономірностей впливу змінних факторів на процеси, дольова участь автора складає 30-35 %, 35 %, 50 % та 30 % відповідно; [21; 23] – аналіз досліджень ефективності способів видобутку; [26; 27; 29-31] – на міжнародних конференціях викладені результати досліджень, в яких автор приймав участь; [32-37] – дольова участь автора складає 35 %, обґрунтована формула відкриття та винаходу, виконані теоретичні і експериментальні перевірки; в монографії [38] написані 3 розділи; [39-41] – дольова участь автора складає 35 %.

АНОТАЦІЯ

Корнієнко В.Я. Развитие научных основ процессов добытки и извлечения бурштину з природних та техногенних покладів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка». Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро; Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, 2018.

Дисертація присвячена вдосконаленню технології видобутку і вилучення бурштину з піщано-глинистих та техногенних родовищ, виявлення домінуючих факторів впливу на кількість вилучення бурштину, продуктивності технології видобутку, розглянуті умови залягання бурштину в бурштиновмісних покладах, фізико-технічні та технологічні особливості застосування технічних засобів для розмиву покладу і підйому бурштину на поверхню.

Враховуючи недоліки технології видобутку бурштину на кінцевих стадіях механічним чи гідравлічним методами, коли бурштин класом крупності –5,0 мм не видобувається в процесі переробки гірської маси, а іде у відвал, то потенційним джерелом його видобутку стають відпрацьовані родовища із забалансовими запасами, які є техногенними покладами, але для цього потрібен розвиток технологічного процесу. На даний час енергоємність руйнування гірських порід, їхня сегрегація потребують удосконалення технології і устаткування для підвищення ефективності процесу з вилучення кінцевого продукту та скорочення витрат енергії, води та повітря.

Для підвищення ефективності процесу видобутку і вилучення бурштину необхідні додаткові дослідження, спрямовані на вирішення проблеми вдосконалення геотехнології для розробки родовищ бурштину у конкретних умовах, що потребує суттєвої реконструкції технологічного процесу з урахуванням гірничо-геологічних умов, вимог екології в комплексі з технічними рішеннями для реалізації запропонованих процесів.

Ключові слова: вилучення бурштину, гідромеханічний спосіб, пошаровий видобуток, геотехнічний метод, швидкість спливання, вібрація, густина середовища, вібраційний класифікатор.

АННОТАЦИЯ

Корниенко В.Я. Развитие научных основ процессов добытки и извлечения янтара из природных и техногенных залежей. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.15.09 – «Геотехническая и горная механика». – Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, Днепр; Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Ровно, 2018.

Диссертация посвящена совершенствованию технологии добычи и извлечения янтаря с песчано-глинистых и техногенных месторождений, выявление доминирующих факторов влияния на количество изъятых янтаря, производительности технологии добычи, рассмотрены условия залегания янтаря в янтароносных залежах, физико-технические и технологические особенности применения технических средств для размыва залежи и подъема янтаря на поверхность.

Учитывая недостатки технологии добычи янтаря на конечных стадиях механическим или гидравлическим методами, когда янтарь класса крупности –5,0 мм не добывается в процессе переработки горной массы, а идет в отвал, то потенциальным источником его добычи становятся отработанные месторождения с забалансовыми запасами, которые являются техногенными залежами, для этого нужно развитие технологического процесса. В настоящее время энергоемкость разрушения горных пород, их сегрегация требуют совершенствования технологии и оборудование для повышения эффективности процесса по изъятию конечного продукта и сокращение расходов энергии, воды и воздуха.

Для повышения эффективности процесса добычи и извлечения янтаря необходимы дополнительные исследования, направленные на решение проблемы совершенствования геотехнологии для разработки месторождений янтаря в конкретных условиях, требует существенной реконструкции технологического процесса с учетом горно-геологических условий, требований экологии в комплексе с техническими решениями для реализации предложенных процессов.

Ключевые слова: извлечение янтаря, гидромеханический способ, послонная добыча, геотехнический метод, скорость всплытия, вибрация, плотность среды, вибрационный классификатор.

ANNOTATION

Korniyenko V.Ya. Development of scientific bases of extraction and extraction of amber from natural and man-made deposits. – On the rights of manuscripts.

Dissertation for the degree of doctor of technical sciences in specialty 05.15.09 is «Geotechnical and mountain mechanics». – Institute of geotechnical mechanics the name of N.S. Polyakova of NAS of Ukraine, Dnipro; The National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, 2018.

The dissertation is devoted to the improvement of the technology of extraction and extraction of amber from sandy clay and man-made deposits, the identification of the dominant factors of influence on the amount of amber extraction, the productivity of the technology of extraction, the conditions for laying amber in amber-containing deposits, the physical and technical and technological peculiarities of the use of technical means for erosion of the deposit and lifting of amber to the surface.

Taking into account the disadvantages of the technology of amber extraction at the final stages by mechanical or hydraulic methods, when the amber size of $-5,0$ mm is not mined in the process of processing the rock mass, but goes to the dump, then the potential source of its extraction is the exploited deposits with off-balance stocks that are man-made deposits, but this requires the development of a technological process. At present, the energy intensity of rocks destruction and their segregation need to improve the technology and equipment to improve the efficiency of the process of extracting the final product and reducing the cost of energy, water and air.

In order to improve the efficiency of the extraction process and extraction of amber, additional research is needed to address the problem of improving geotechnology for the development of amber deposits in specific conditions, which requires substantial reconstruction of the technological process taking into account mining and geological conditions, ecology requirements in conjunction with technical solutions for the implementation of the proposed processes.

Key words: amber extraction, hydromechanical method, layered mining, geotechnical method, rate of ascent, vibration, density of environment, vibration classifier.

КОРНІЄНКО Валерій Ярославович

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ПРОЦЕСІВ ВИДОБУТКУ І ВИЛУЧЕННЯ
БУРШТИНУ З ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ ПОКЛАДІВ**

(Автореферат)

Реза-онлайн

Підписано до друку 15.09.2018 р. Формат 60×90¹/₁₆.
Ум.-друк. арк. 1,9. Тираж 120 прим.
Зам. № 5385.

*Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування,
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*