



Надутый В. П.

Сухарев В. В.

Костыря С. В.

*Институт
геотехнической
механики
им. Н.С. Полякова
НАН Украины*

Nadutyu V. P.

Sukharyev V. V.

Kostyrya S. V.

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

УДК 622/794:621-1/-9

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ НА ВИБРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ

Представлены результаты комплексного обезвоживания горной массы на вибрационном устройстве. Комплексное воздействие на влажную горную массу заключается в использовании трех механизмов процесса обезвоживания: вибрационного, вакуумного и электроосмотического. Новизна устройства для обезвоживания заключается в том, что в нем сконцентрированы механизмы для реализации всех трех методов обезвоживания. Экспериментально установлены зависимости остаточной влаги в материале от частоты колебаний рабочего органа, его длины и угла наклона, от величины возмущающей силы вибровозбудителя, напряжения электрического поля, а также от отдельного влияния каждого механизма.

Установлена работоспособность устройства и отмечено, что электроосмотический метод эффективен для снижения капиллярной влаги, а вибрационный и вакуумный методы эффективны при отборе внешней влаги и из крупных пор сыпучего слоя горной массы.

Ключевые слова: *вибротранспортирование, вакуумирование, электроосмос, обезвоживание, комплексный подход.*

Введение. Использование более совершенных видов горного оборудования и новых технологий добычи, рудоподготовки и обогащения горной массы приводит к росту доли мелких классов крупности в готовом продукте и необходимости его обезвоживания. Это прежде всего обезвоживание флотационных концентратов на углеобогажительных фабриках, вторичное обогащение техногенных отходов в виде шламо- и хвостохранилищ, извлечение полезного ископаемого при гидродобыче и гидродоставке и т. п. Необходимость совершенствования процессов обезвоживания связана с их энергоемкостью, длительностью и многостадийностью операций.

В горной промышленности используется несколько видов обезвоживания, и наиболее эффективным из них является термический. Однако он требует значительного энергопотребления. Обезвоживание на вакуумфильтрах различных конструкций осуществляется в непрерывном режиме их работы, что является преимуществом, а

главные недостатки – это довольно высокая влажность обезвоженного осадка (20-25 %), значительный унос полезного твердого продукта в фильтрат при обезвоживании мелкой горной массы с крупностью частиц менее 0,5 мм и высокое сопротивление осадка при вакуумном фильтровании [1].

Вибрационное обезвоживание на виброгрохотах для классификации мелких и тонких фракций является эффективным и экономически целесообразным, однако он используется только для предварительного обезвоживания, поскольку не дает достаточного обезвоживания (остаточная влага 15-20 %) [2, 3].

В последние годы начали использоваться центрифуги для обезвоживания угольных шламов после флотации и угольной мелочи – после мелкой отсадки. Этот метод позволяет снижать содержание влаги до 6,0 %, но для его реализации необходимо дорогостоящее оборудование.



Целью работы авторов является поиск технического решения для достаточно глубокого обезвоживания (4,0÷6,0 % остаточной влаги) горной массы, исследование закономерностей массопереноса, обоснование его эффективности и работоспособности, в результате чего предложен метод комплексного обезвоживания влажной горной массы, который объединяет три механизма обезвоживания (вибрационный, электрокинетический и вакуумный), сосредоточенных в одном устройстве [4].

Основной материал. Применение электрокинетического метода на основе электроосмоса показало положительные результаты при обезвоживании угольных флотоконцентратов [5, 6]. Его привлекательность состоит в том, что в процессе использования возможна интенсификация более глубокого обезвоживания легкофильтруемых и труднофильтруемых концентратов за счет извлечения влаги из пор и капилляров твердого остатка. Это связано с изменением сил поверхностного натяжения жидкости или разложения молекул жидкости под действием гальванического тока, когда части молекул воды, разлагаемых в этом поле, переносятся от одного полюса к другому через

обезвоживаемый слой пористой горной массы. Этот известный в физике процесс назван электроосмосом.

Общий вид вибрационного устройства для комплексного обезвоживания влажной горной массы показан на рис. 1. Устройство представляет собой вибрационный рабочий орган, установленный на раме 1 с помощью резиновых амортизаторов 2. При этом корпус рабочего органа 3 изолирован резиновыми амортизаторами 4 от загрузочного бункера 5, который подключен к положительному полюсу 6 регулируемого источника постоянного тока. В верхней части рабочего органа установлена изоляционная прокладка 7, а в нижней части (в днище) установлена мелкая сетка 8 для свободного прохождения жидкости при обезвоживании горной массы. К сетке подключен отрицательный полюс 9 источника постоянного тока. Под сеткой находится камера 10 сбора мелкого отсева горной массы и дренажной влаги, которые удаляются через затвор 11. В камере сбора 10 через канал 12 осуществляется вакуумирование вакуумным насосом 13. Непрерывность движения материала по рабочему органу обеспечивается вибровозбудителем 14 с регулируемой частотой и возмущающим усилием [4].

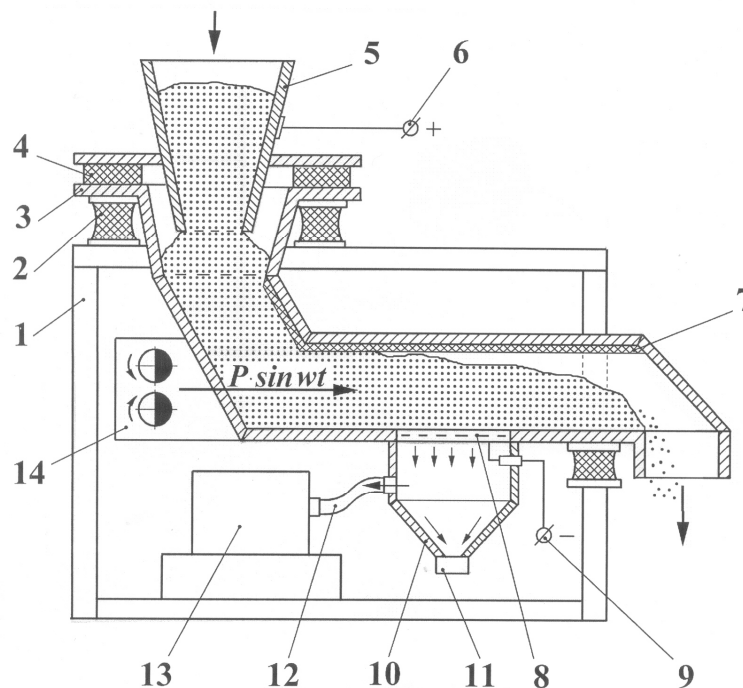
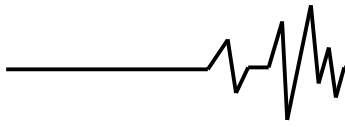


Рис. 1. Общий вид вибрационного устройства для комплексного обезвоживания горной массы



При определении работоспособности устройства устанавливался ряд зависимостей процентного содержания остаточной влаги от варьируемых параметров: длины вибротранспортирования, напряжения электрического поля, обеспечивающего осмотический механизм обезвоживания, долевого участия каждого механизма в процессе обезвоживания, величины возмущающей силы вибровозбудителя и угла наклона рабочего органа.

На рис. 2 показана зависимость остаточной влажности (W) в процентах от длины рабочего органа устройства при угле его наклона (α) 5° , напряжении электрического поля (U) 75 В, массе материала (m) 3,0 кг, возмущающей силе (F) 0,5 кН, частоте возмущения (ω) 2500 об/мин, плотности материала (ρ) 2,6 г/см³, крупности горной массы 0,25÷0,63 мм. Эксперимент проведен при различной исходной влажности горной массы.

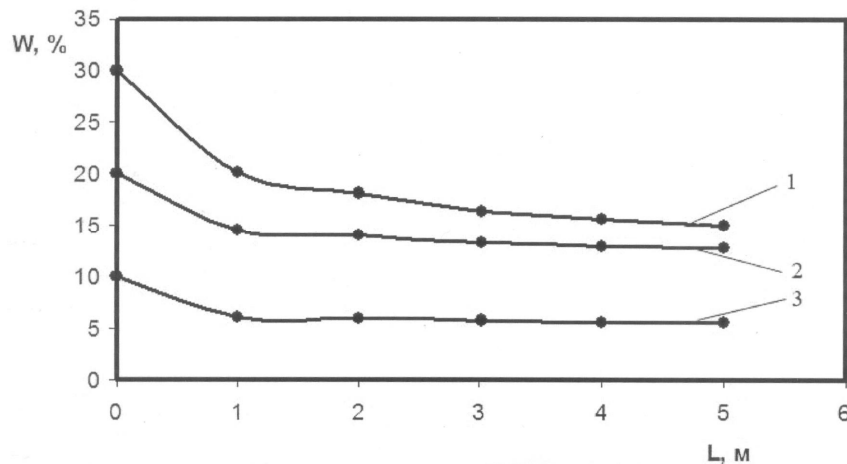


Рис. 2. Зависимость изменения остаточной влажности горной массы от длины рабочего органа вибрационного устройства: 1 – при исходной влажности 30 %; 2 – при исходной влажности 20 %; 3 – при исходной влажности 10 %

На рис. 3 показана зависимость остаточной влажности от угла наклона рабочего органа при условиях проведения прежнего эксперимента. С увеличением угла

наклона время пребывания горной массы на рабочем органе уменьшается, поэтому степень обезвоживания значительно снижается.

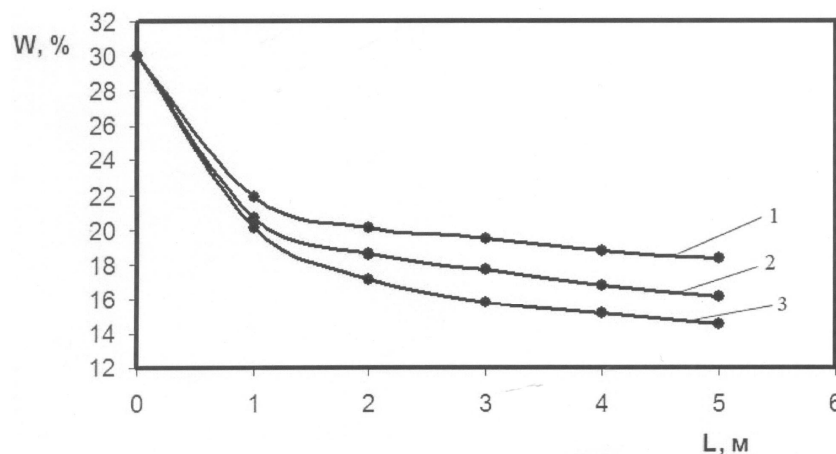


Рис. 3. Зависимость изменения остаточной влажности горной массы от угла наклона рабочего органа устройства: 1 – при угле наклона 15° ; 2 – при угле наклона 10° ; 3 – при угле наклона 5°

Определение зависимости степени обезвоживания от частоты колебаний рабочего органа показано на рис. 4

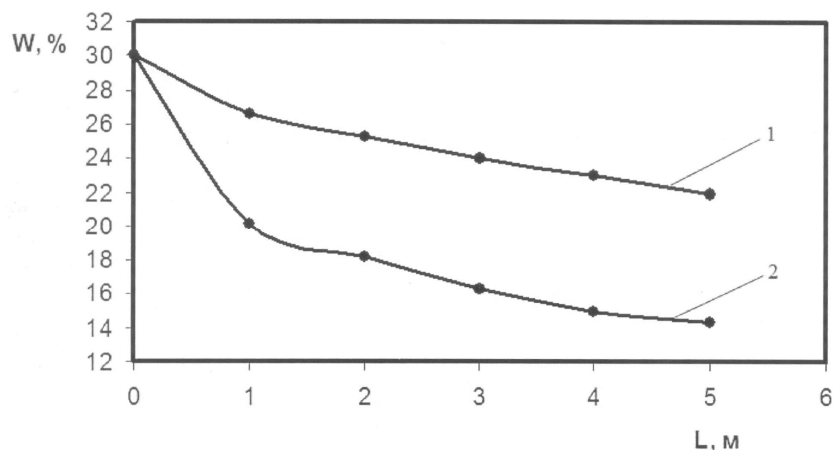
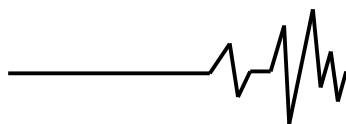


Рис. 4. Зависимость изменения остаточной влажности от частоты колебаний рабочего органа: 1 – при частоте 1500 об/мин; 2 – при частоте 3000 об/мин

С увеличением частоты наблюдается существенное обезвоживание горной массы. Интенсификация процесса происходит в связи с усиленной сегрегацией материала и разрывов связей жидкости (так называемых перетяжек) между отдельными частицами.

Увеличение времени нахождения материала на рабочем органе при работе устройства и изменение величины возмущающей силы F вибровозбудителя приводит к существенному уменьшению внешней влаги в слое горной массы. Характер зависимости ее изменения при варьировании этими факторами показан на рис. 5. При этом

недостаточно глубокое обезвоживание объясняется тем, что капиллярная влага, ввиду большого поверхностного натяжения, требует больших усилий для ее извлечения. Увеличение возмущающей силы приводит к повышенному напряженному состоянию металлоконструкции устройства, а увеличение скорости движения материала по рабочему органу при этом не способствует улучшению обезвоживания. Возникает необходимость в использовании механизма остаточного обезвоживания горной массы, с помощью которого можно извлекать капиллярную влагу.

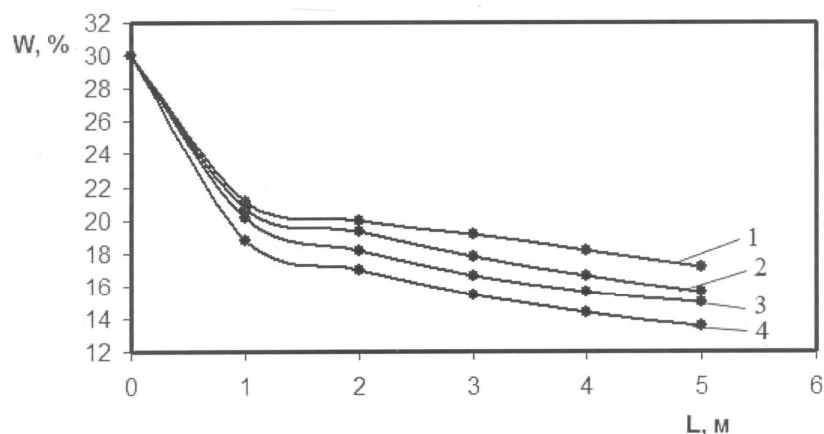
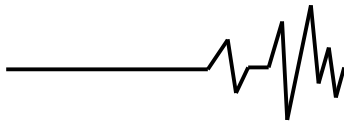


Рис. 5. Зависимость изменения остаточной влажности от величины возмущающей силы при частоте колебаний 2650 об/мин: 1 – при $F = 0,8$ кН; 2 – при $F = 0,7$ кН; 3 – при $F = 0,5$ кН; 4 – при $F = 0,6$ кН

Учитывая положительный опыт электрокинетического метода обезвоживания [5-7], в устройстве используется и этот метод, основанный на подведении постоянного электрического поля к влажному слою обезвоживаемой массы. В этом случае реализуется эффект электроосмоса,

основанный на переносе влаги от положительного полюса к отрицательному. Так как опыт его использования недостаточен, возникла необходимость исследования закономерностей электроосмотического массопереноса в электрическом поле, а для интенсификации процесса этот метод авторами



использован в комплексе с вибрационным и вакуумным. Результаты исследований представлены на рис. 6, где показано влияние комбинации методов на процесс обезвоживания. Установлено, что сравнительно высокий процент остаточной влажности (14 %) получен, в основном, за счет

вибрации и вакуума (извлечение внешней влаги), как это показано на рис. 2. Это обстоятельство следует учитывать при создании участка обезвоживания в виде дополнительного извлечения остаточной капиллярной влаги.

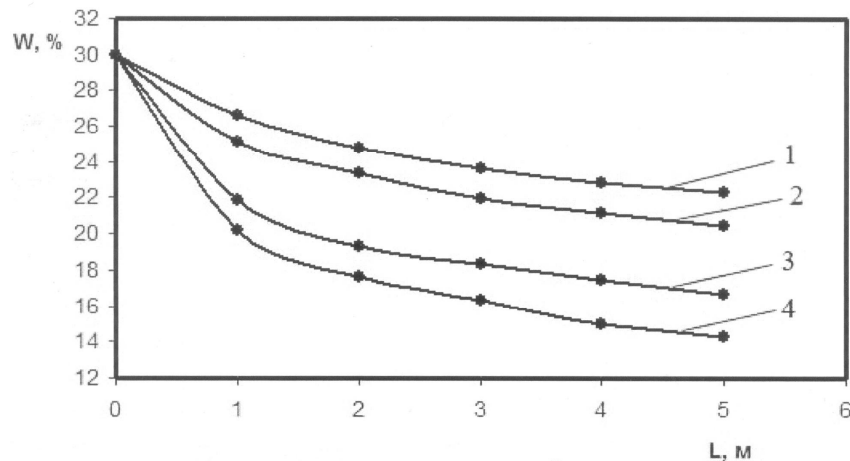


Рис. 6. Зависимость изменения остаточной влажности от комбинации механизмов воздействия на горную массу: 1 – вибрационное воздействие; 2 – воздействие вибрацией и электроосмосом; 3 – воздействие вибрацией и вакуумом; 4 – воздействие вибрацией, электроосмосом и вакуумом

Выводы

Таким образом, в результате исследований показана работоспособность вибрационного устройства для комплексного обезвоживания горной массы, установлена степень влияния каждого из трех методов обезвоживания и возможность дообезвоживания с помощью электрокинетического метода с использованием электроосмоса.

Список использованных источников

1. Антипов С.Т. Кинетика процесса вакуумной сушки в непрерывном режиме / С.Т. Антипов, С.В. Шахов, И.О. Павлов // Вестник Международной академии холода. – 1999. – № 1. – С. 8–12.

2. Надутый В.П. Влияние вибраций на статическое положение мениска движущейся в капилляре жидкости / В.П. Надутый, В.И. Елисеев, В.И. Луценко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут": Зб. наук. праць. Тематичний випуск "Хімія, хімічна технологія та екологія". – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – № 59. – С. 104–111.

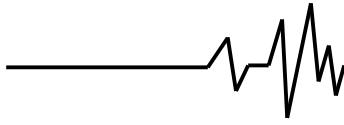
3. Надутый В.П. Исследование кинетики обезвоживания при вибрационном грохочении / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко // Збагачення корисних копалин : Наук.-техн. зб. / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 49(90). – С. 112–120.

4. Патент на корисну модель № 89501, UA. МПК В 01 D 61/56. Пристрій для зневоднення сипких матеріалів. Надутый В.П., Сухарев В.В., Костира С.В. – З. № 201312652; Заявл. 25.10.2013, Опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8. – 4 с.

5. Порсев Е.Г. Способы снижения энергозатрат на электроосмотическое обезвоживание материалов / Е.Г. Порсев, С.В. Ковалев // Механизация и автоматизация работ : Науч.-техн. бюл. / СО ВАСХНИЛ. – Вып. 33. – Новосибирск, 1989. – С. 35–42.

6. Порсев Е.Г. Электроосмотическое обезвоживание влажных дисперсных материалов / Е.Г. Порсев, Ю.А. Меньшиков // Механизация и автоматизация работ : Науч.-техн. бюл. / СО ВАСХНИЛ. – Вып. 49. – Новосибирск, 1985. – С. 37–46.

7. Радужкевич В.Л. Интенсификация фильтрационного обезвоживания угольных флотошамов с помощью электроосмоса / В.Л.



Радужкевич, Г.Ю. Гольберг // Вестник ИОТТ. – Люберцы, 1994. – Вып. 2. – С. 70–76.

Список источников в транслитерации

1. Antipov S.T. Kinetika protsesa vakuumnoy sushki v nepreryvnom rezhime / S.T. Antipov, S.V. Shakhov, I.O. Pavlov // Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda. – 1999. – N 1. – pp. 8–12.

2. Naduty V.P. Vliyanie vibratsiy na staticheskoe polozhenie meniska dvizhusheysya v kapillyare zhidkosti / V.P. Naduty, V.I. Eliseev, V.I. Lutsenko // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "Kharkivskyy politekhnichnyi instytut": Zb. nauk. prats. Tematychniy vypusk "Khimii, khimichna tekhnolohiia ta ekelohiia". – Kharkiv: NTU "KhPI", 2011. – № 59. – pp. 104–111.

3. Naduty V.P. Issledovanie kinetiki pri vibratsionnom grokhochenii / V.P. Naduty, E.S. Lapshin, A.I. Shevchenko // Zbahachennia korisnykh kopalyn: Nauk.-tekhn. zb. / Natsionalny hirnychyy universytet. – Dnipropetrovsk, 2012. – Vyp. 49(90) – pp. 112–120.

4. Patent na korysnu model № 89501, UA. МПК В 01 D 61/56. Prystriy dlia znevodnennia syppykh materialiv. Naduty V.P., Sukhariev V.V., Kostyria S.V. – Z. № 201312652; Zaiavl. 25.10.2013, Opubl. 25.04.2014, Biul. № 8. – 4 p.

5. Porsev E.G. Sposoby snizheniya energozatrat na elektroosmoticheskoe obezvozhivanie materialov / E.G. Porsev, S.V. Kovalev // Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya robot. Nauch.-tekhn. byul. / SO VASKhNIL. – Vyp. 33. – Novosibirsk, 1989. – pp. 35–42.

6. Porsev E.G. Elektroosmoticheskoe obezvozhivanie vlazhnykh dispersnykh materialov / E.G. Porsev, Yu.A. Menshikov // Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya robot. Nauch.-tekhn. byul. / SO VASKhNIL. – Vyp. 49. – Novosibirsk, 1985. – pp. 37–46.

7. Radushkevich V.L. Intensifikatsiya filtratsionnogo obezvozhivaniya ugolnykh flotoshlamov s pomoschyu elektroosmosa / V.L. Radushkevich, G.Yu. Golberg // Vestnik IOTT. – Lyubertsy, 1994. – Vyp. 2. – pp. 70–76.

РЕЗУЛЬТАТИ КОМПЛЕКСНОГО ЗНЕВОДНЮВАННЯ ГІРСЬКОЇ МАСИ НА ВІБРАЦІЙНОМУ ПРИСТРОЇ

Анотація. Представлено результати комплексного зневоднювання гірської маси на

вібраційному пристрої. Комплексний вплив на вологу гірську масу полягає у використанні трьох механізмів процесу зневоднювання: вібраційного, вакуумного та електроосмотичного. Новизна пристрою для зневоднювання полягає у тому, що в ньому сконцентровано механізми для реалізації всіх трьох методів зневоднювання. Експериментально встановлено залежності залишкової вологи в матеріалі від частоти коливань робочого органа, його довжини і кута нахилу, від величини збурювальної сили вібробудника, напруги електричного поля, а також від окремого впливу кожного механізму.

Установлено працездатність пристрою і відзначено, що електроосмотичний метод ефективний для зниження капілярної вологи, а вібраційний і вакуумний методи ефективні при вилученні зовнішньої вологи також з крупних шарів сипучого шару гірської маси.

Ключові слова: вібротранспортування, вакуумування, електроосмос, зневоднювання, комплексний підхід.

RESULTS OF A COMPREHENSIVE DEWATERING ROCK MASS ON VIBRATION DEVICE

Annotation. The results of dewatering of the mined rock on a vibrating device are presented. The complex effect on wet mined rock is in application of three arrangements for dewatering process: vibration, vacuum and electroosmotic. The novelty of the dewatering device is in the fact that there are arrangements for implementation of all these three dewatering methods concentrated in it. The dependencies of the residual moisture inside of the material on the oscillation frequency, length and angle of executive tool, the magnitude of the disturbing force of vibration exciter, electric field voltage, as well as on the influence of each individual arrangement are experimentally proved.

There is an efficiency of the device established and registered that the electroosmotic method is effective for capillary moisture reduction, and vibration and vacuum methods are effective for external moisture screening even out of the large pores of loose mined rock.

Key words: vibrating transportation, vacuum process, electroosmotic process, dewatering, integrated approach.