
УДК 622'17.004.2:622.002.2

Медведева О.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
(ИГТМ НАН Украины)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ РАСЧИСТКИ
ХРАНИЛИЩ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Медведєва О.О., канд. техн. наук, ст. наук. співр.
(ИГТМ НАН України)

**ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗЧИЩЕННЯ
СХОВИЩ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ**

Medvedeva O.A., Ph.D. (Tech), Senior Researcher
(IGTM NAS of Ukraine)

**DETERMINATION OF PARAMETERS FOR TECHNOLOGY OF
TAILING DUMPS CLEARING**

Аннотация. Хранилища отходов переработки минерального сырья расположены в промышленно развитых районах, находятся на поверхности земли, и горная масса в них преимущественно дезинтегрирована, что резко снижает затраты на их разработку. Поэтому разработка таких хранилищ позволит одновременно решить целый ряд экономических, социальных и экологических проблем.

Хранилища отходов переработки рассмотрены как техногенные месторождения. Изучено их строение и определены параметры технологии расчистки хранилищ отходов переработки минерального сырья. В результате этого предложена попутная добыча ценного компонента с придамбовых участков пляжа совместно с технологией комбинированного складирования отходов, что позволяет добывать часть ценного компонента, оставшуюся в отходах обогащения на стадии заполнения хранилища.

Ключевые слова: хранилища отходов обогащения, техногенные месторождения.

Введение. Развитие горной промышленности привело к накоплению больших объемов отходов горнорудного производства [1-7], хранилища которых, по сути, являются перспективными техногенными месторождениями [2, 9-11] с существенными запасами широкого спектра полезных компонентов – Sn, Cu, Pb, Zn, Cd, In, Bi, Au, Ag и др. С этих позиций их следует рассматривать как дополнительный и относительно дешевый источник минерального сырья. Поскольку они расположены в промышленно развитых районах, находятся на поверхности земли, и горная масса в них преимущественно дезинтегрирована, что резко снижает затраты на их разработку. Актуальность повторной переработки отходов горнорудного производства очевидна, поскольку их разработка позволяет одновременно решать целый ряд экономических, социальных и экологических проблем. Следует отметить, что экологические проблемы имеют особую важность, так как складирование отходов горнодобывающих и обогатительных предпри-

ятий исключает из хозяйственного оборота большие площади земель, качество которых снижается вследствие пылевых заносов с отвалов и хранилищ.

В некоторых случаях технология складирования отходов позволяет одновременную добычу техногенных россыпей. Однако для искусственных хранилищ с многоярусным складированием отходов такие технологии неизвестны, и известные предложения по добыче из них техногенных залежей предполагают прекращение складирования.

Цель работы – определить параметры технологии для отработки хранилища отходов горнорудного производства как техногенного месторождения в процессе его эксплуатации.

Результаты исследований. Минеральные ресурсы в хранилищах отходов ГОКов Кривбасса представлены залежами раздробленных и измельченных материалов, большая часть рудных минералов которых находится в раскрытом состоянии и пригодна для обогащения. Ввиду высокой плотности частиц этих минералов они осаждаются в верхней части пляжа, непосредственно за дамбой наращивания на участке, не превосходящем 20 % его длины. С использованием гравитационной или комбинированной гравитационно-магнитной технологии из этих техногенных россыпей можно получить концентрат с выходом от 25 до 30 %.

Таким образом, в существующих хранилищах отходов техногенные залежи полезных ископаемых сосредоточены в объеме, ограниченном внутренним откосом дамбы обвалования, верхней поверхностью пляжа предыдущего яруса и сечением, отсекающим 20 % длины пляжа по высоте яруса. До начала намыва следующего яруса эта залежь доступна для разработки, поскольку дамба следующего яруса будет располагаться над этим участком (рис. 1). С учетом этого на новых хранилищах отходов предлагается после просушки карты производить выемку с пляжа твердого материала, ограниченного в продольном сечении внутренним откосом дамбы обвалования и откосом, обеспечивающим устойчивость остальной части пляжа (рис. 1). В дальнейшем выработанное пространство может использоваться для складирования отходов обогащения сгущенных до концентрации пасты, заполняться крупнозернистыми отходами или вскрышными породами, обеспечивающими устойчивость дамбы обвалования следующего яруса намыва. Как вариант возможна переработка добытых техногенных россыпей на специально смонтированной возле хранилища обогатительной фабрике с последующей укладкой отходов повторной переработки в образованную емкость. Так как отходы повторной переработки не содержат пылеватых и глинистых частиц, которые были сепарированы из них в ходе первичного обогащения и фракционирования при укладке, то пыление пляжа исключается.

Добытую техногенную россыпь, с учетом горнотехнических параметров хранилища, можно доставлять на обогатительную фабрику автосамосвалами, гидротранспортом или использовать для этого конвейер. Конвейерный подъемник фиксируется на колоннах, которые закрепляют в теле дамбы обвалования. Рядом с дамбой обвалования размещают обогатительную установку, которая также будет служить упорной призмой. Трубопроводный гидротранспорт отли-

чается компактностью, совместимостью с обогащительным процессом, а также позволяет снизить энергоемкость добычи техногенных россыпей за счет использования разницы геодезических высот [8 – 11]. В этом случае добычной экскаватор грузит россыпи в узел пульпоприготовления, где твердый материал смешивается с водой, взятой из прудка или доставляемой с фабрики. Затем пульпа самотеком по трубопроводам, проложенным по внешним откосам призмы обвалования и под дорогами на гребнях дамб, поступает на обогащительную фабрику. Если геодезической разности высот не достаточно, для обеспечения работы фабрики, у основания дамбы обвалования монтируется насосная станция, куда поступает самотеком пульпа и насосами подается дальше.

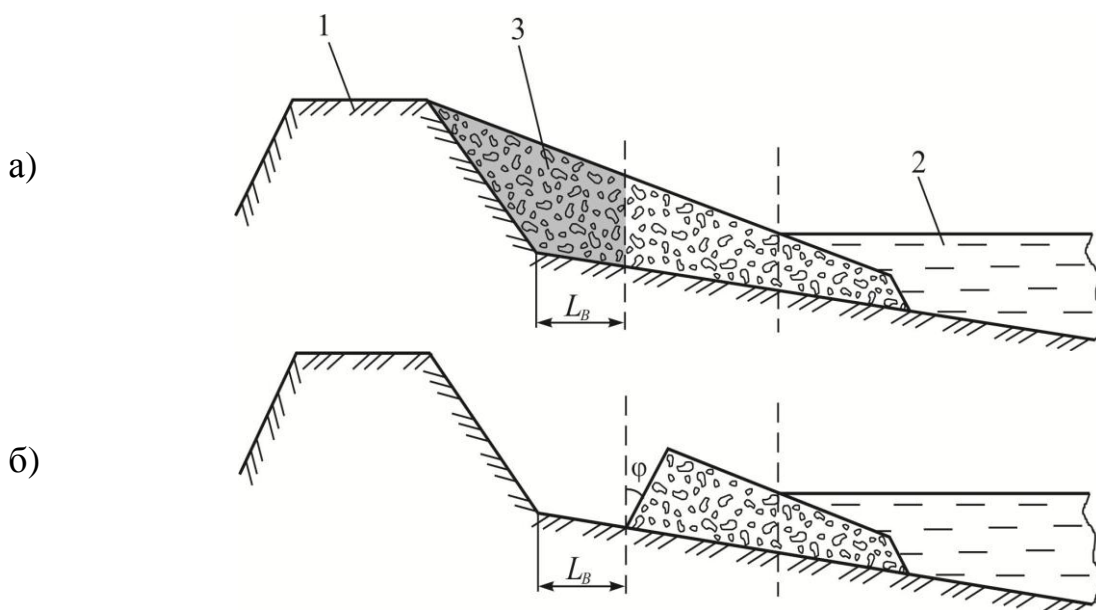


Рис. 1 – Схема сосредоточения (а) и выемки (б) техногенных залежей при складировании отходов обогащения: 1 – дамба обвалования; 2 – прудок; 3 – часть пляжа, в которой аккумулируются отходы обогащения с высоким содержанием ценного компонента

Для оценки технической возможности внедрения рассматриваемой технологии требуется оценить объем разрабатываемой техногенной залежи в одной карте (рис. 1) и длину стрелы экскаватора, устанавливаемого на верхнем горизонте дамбы наращивания, для выемки материала, складированного на данном ярусе возле внутреннего откоса дамбы (рис. 2).

Учитывая характерные уклоны пляжа и дна яруса, геометрические характеристики дамбы обвалования и угол внутреннего трения материала пляжа, объем разрабатываемой техногенной залежи в одной карте можно оценить как [8]

$$W = \Phi B h_d^2; \quad (1)$$

$$\Phi = \left[\chi(1 - \eta) \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} + \frac{\sin(\alpha - \beta + \varphi)}{2 \sin \varphi} \right] \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin^2 \alpha}; \quad \eta = \frac{\Delta h}{h_d},$$

где W – объем разрабатываемой техногенной залежи; Φ – коэффициент формы техногенной залежи; B – ширина фронта намыва; h_d – высота дамбы обвалования для рассматриваемого яруса; η – относительное превышение верха дамбы обвалования над начальной точкой пляжа; α – угол наклона бортов дамбы обвалования; β – угол наклона пляжа; φ – угол внутреннего трения материала пляжа; Δh – превышение верха дамбы обвалования над начальной точкой пляжа; χ – доля длины пляжа намыва на которой сосредоточены техногенные залежи.

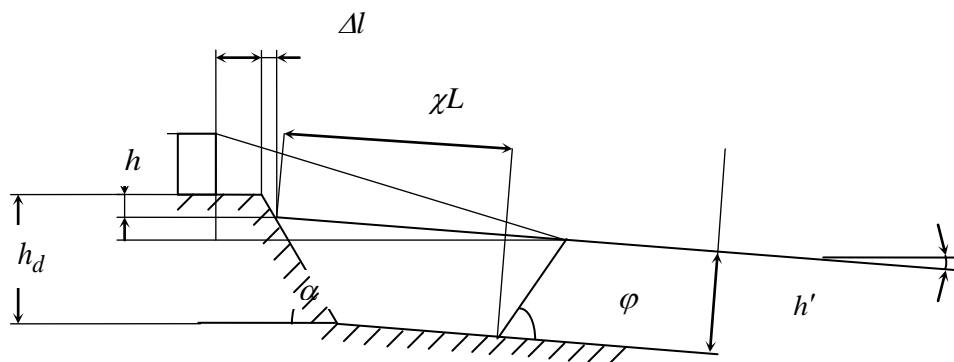


Рис. 2 – Схема размещения экскаватора на верхнем горизонте дамбы наращивания.

Из рис. 2 видно, что максимальная длина стрелы экскаватора ограничивается отрезком OC , длина которого определяется катетами прямоугольного треугольника OCF

$$OF = \chi L \sin \beta + h_d F_S + \Delta h(1 - F_S) + h'; \quad (2)$$

$$FC = \chi L \cos \beta + h_d F_C + \Delta h(\operatorname{ctg} \alpha - F_C) + l; \quad (3)$$

$$F_S = \frac{\sin(\alpha - \beta) \sin \beta}{\sin \alpha \operatorname{tg} \varphi}; \quad F_C = \frac{\sin(\alpha - \beta) \cos \beta}{\sin \alpha \operatorname{tg} \varphi},$$

где L – длина пляжа намыва; h' – расстояние от земли до оси стрелы экскаватора; l – расстояние от края дамбы до оси стрелы экскаватора; F_C , F_S – величины, определяемые параметрами технологии складирования и свойствами отходов обогащения (рис. 3, 4).

Учитывая, что длина пляжа и высота дамбы обвалования яруса наибольшие из размеров, входящих в формулы (2) и (3), а также, то что h' , l и Δh являются величинами одного порядка, для оценки длины стрелы экскаватора можно предложить следующую зависимость

$$OC = k(\chi L + Fh_d); \quad (4)$$

$$k = \sqrt{a^2 + b^2}; \quad F = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin \alpha \operatorname{tg} \varphi};$$

$$a = 1 + \frac{2 - F_S}{0,2 + F_S} \eta; \quad b = 1 + \frac{1 + \operatorname{ctg} \alpha - F_C}{0,2 + F_S} \eta \operatorname{tg} \beta.$$

Результаты исследования зависимости коэффициентов a , b и k от угла наклона бортов дамбы обвалования, угла наклона пляжа и угла внутреннего трения материала пляжа, а также от относительного превышения верха дамбы обвалования над начальной точкой пляжа показывают, что их величины изменяются в достаточно узких интервалах (рис. 5). При этом зависимость средних значений коэффициентов a , b и k от угла внутреннего трения материала пляжа, с инженерной точностью, может быть аппроксимирована линейными функциями:

$$a = 1,0833 + 0,0094\varphi; \quad b = 0,9488 + 0,0029\varphi; \quad k = 1,4347 + 0,0093\varphi. \quad (5)$$

В пределах точности инженерных расчетов последнее из выражений (5) может быть заменено средним значением коэффициента k . В этом случае, с учетом остальных формул, зависимость (4) может быть переписана в следующем виде

$$OC = 1,853 \left(\chi + \frac{\sin(\alpha - \beta) \sin \beta}{\sin \alpha \operatorname{tg} \varphi} \right) L. \quad (6)$$

Выводы. Таким образом, на основе формул (1), (5) и (6), можно оценить объем разрабатываемой техногенной залежи в одной карте и длину стрелы экскаватора, обеспечивающего с дамбы наращивания выемку материала, складированного на данном ярусе. Это позволяет определить возможные и рациональные параметры технологии отработки хранилища отходов как техногенного месторождения в процессе его эксплуатации и способствует внедрению попутной добычи ценного компонента с придамбовых участков пляжа. Совместное применение рассматриваемой технологии с технологией комбинированного складирования отходов позволяет добывать часть ценного компонента, оставшаяся в отходах обогащения, на стадии заполнения хранилища, отказаться от эксплуатации хранилища как техногенного месторождения после завершения складирования, избежать значительных объемов переэкскавации дамб обвалования верхних уровней, повысить экологическую безопасность и ресурсосбережение существующих технологий.

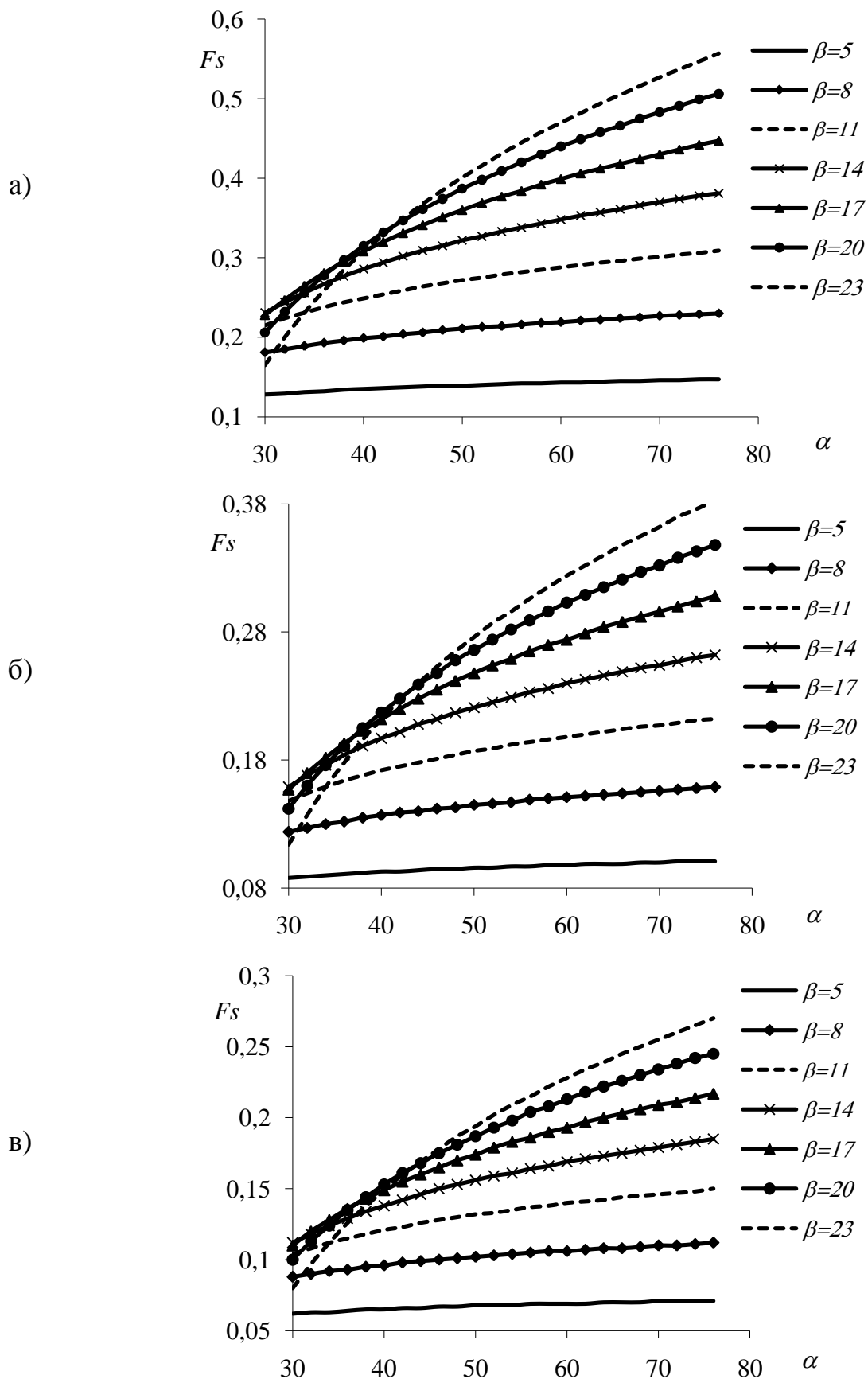


Рис. 3 – Зависимость величины F_S от параметров технологии складирования при различных значениях величины φ : а) – $\varphi = 30$; б) – $\varphi = 40$; в) – $\varphi = 50$

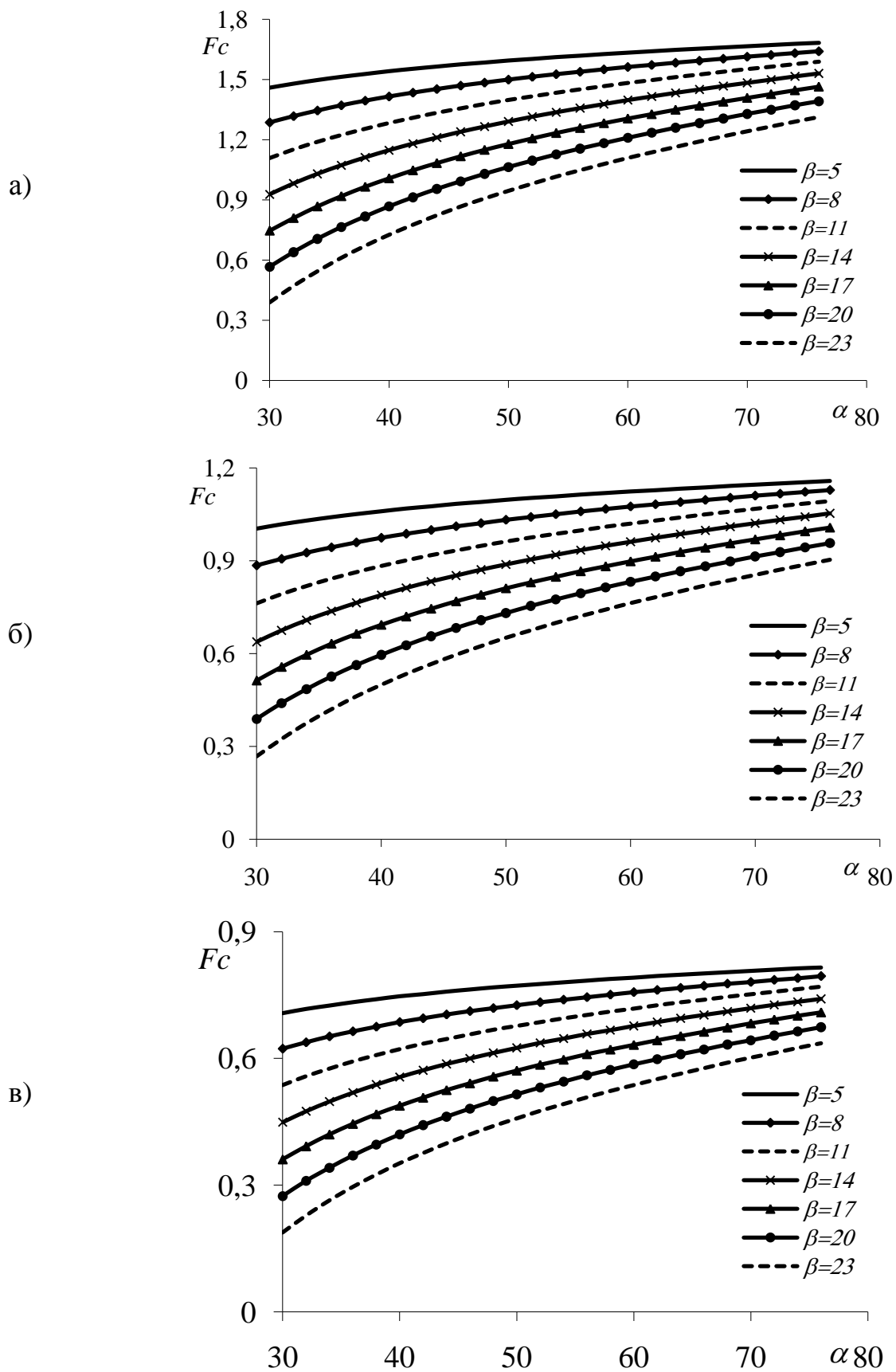


Рис. 4 – Зависимость величины F_C от параметров технологии складирования при различных значениях величины φ : а) – $\varphi = 30$; б) – $\varphi = 40$; в) – $\varphi = 50$

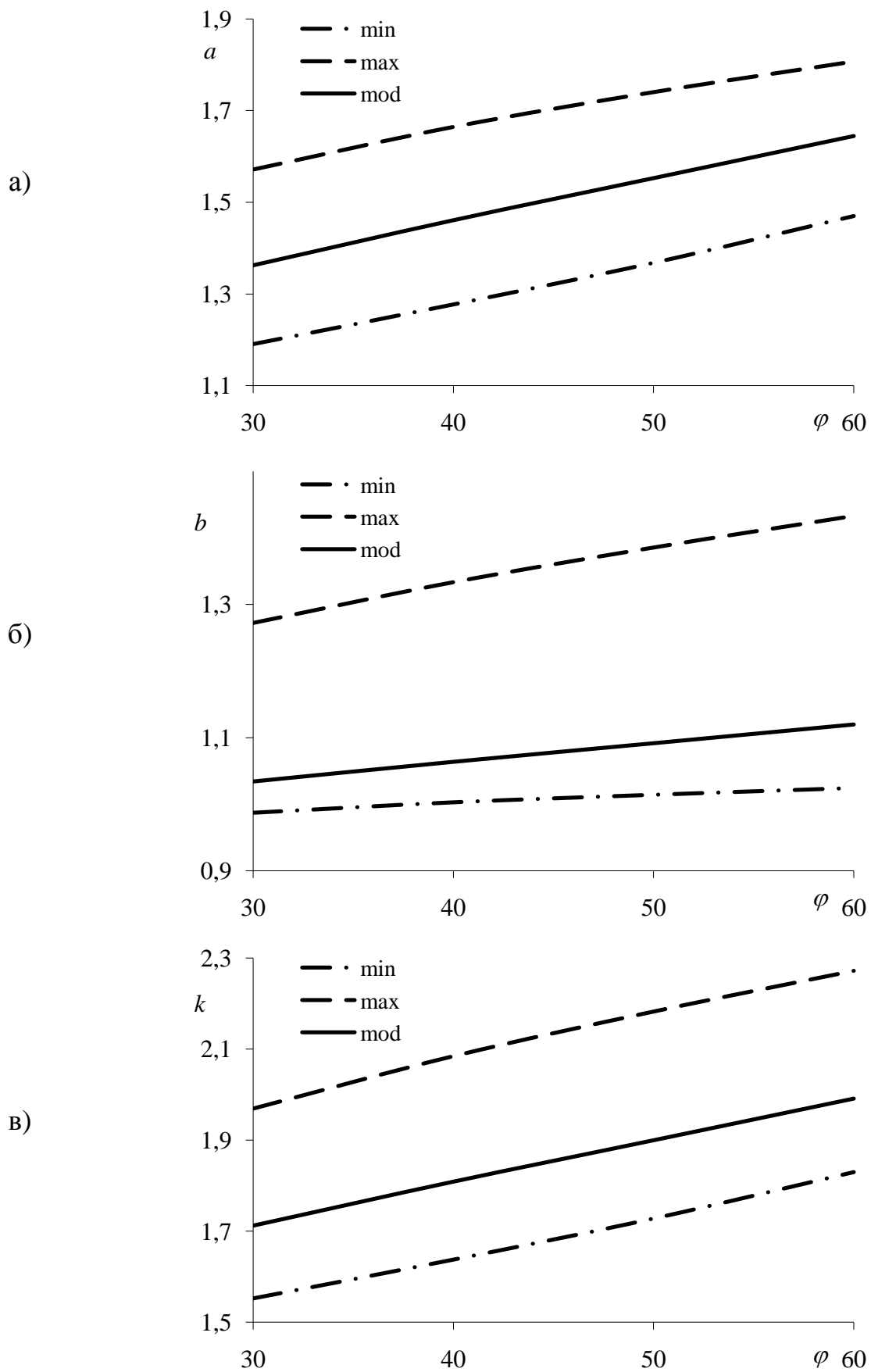


Рис. 5 – Зависимость границ изменения и средних значений коэффициентов a , b и k от угла внутреннего трения материала пляжа

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюсс, Б.А. Совершенствование технологий предобогащения ильменитовых руд / Б.А. Блюсс, Н.А. Головач. – Днепропетровск: Полиграфист, 1999. – 126 с.
2. Батаногов, А.П. Водовоздушное хозяйство обогатительных фабрик / А.П. Батаногов. – М.: Недра, 1984. – 295 с.
3. Влияние мелких фракций полидисперсного твердого материала на параметры его транспортирования турбулентным потоком / С.И.Криль, В.М.Карасик, Ю.К.Витошкин, В.Ф. Очеретько // Труды конференции. Ин-т гидродинамики ЧССР - Прага, 1983. – С. 88 – 90.
4. Дмитриев, Г.П. Напорные гидротранспортные системы / Г.П. Дмитриев, Л.И. Махарадзе, Т.Ш. Гочиташвили. – М.: Недра, 1991. – 304 с.
5. Докукин, В.П. Повышение эффективности эксплуатации систем трубопроводного гидротранспорта / В.П. Докукин. – Санкт-Петербург: СПГИ(ТУ), 2005. – 105 с.
6. Совершенствование режимов работы гидротранспортных установок технологий углеобогащения / Е.Л. Звягильский, Б.А. Блюсс, Е.И. Назимко [и др.]. – Севастополь: «Вебер», 2002. – 247 с.
7. Трубопроводный гидротранспорт твердых сыпучих материалов / Л.И. Махарадзе, Т.Ш. Гочиташвили, С.И. Криль [и др.]. – Тб.: «Мецниереба», 2006. – 350 с.
8. Медведева, О.А. Хвостохранилища Кривбасса, проблемы и особенности их эксплуатации / О.А. Медведева // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. – Днепропетровск, 2012. – Вып. 103. – С. 279 – 285.
9. Нурок, Г.А. Гидроотвалы на карьерах / Г.А. Нурок, А.Г. Лутовинов, А.Д. Шерстюков. – М.: Недра, 1977. – 311 с.
10. Ермошкин, В.В. Опыт и проблемы гидроотвалообразования на разрезах Кузбасса / В.В. Ермошкин // Материалы Четвертого съезда гидромеханизаторов России «Гидромеханизация – 2006», Россия, г. Москва, 2006.
11. Временные указания по технологии возведения намывных хвостохранилищ горнообогатительных комбинатов (РСН 275 – 75). – Киев: Госстрой УССР, 1975. – 180 с.

REFERENSES

1. Blyuss, B.A. and Golovach, N.A. (1999), *Sovershenstvovanie tekhnologiy predobogashcheniya ilmenitovyukh rud*, [Improvement of technologies of preenrichment of ilmenite ores], Dnepropetrovsk, Ukraine.
2. Batanogov, A.P. (1984), *Vodovozdushnoe khozyaystvo obogatitelnykh fabric*, [Water air economy of concentrating factories], Nedra, Moscow, Russia.
3. Krill, S.I., Karasik, V.M. and Ocheretko, V.F. (1983), "Influence of small fractions of a polydisperse firm material on parameters of its transportation by a turbulent stream", Conference works Institute of hydrodynamics of ChSSR, Praga, Chekhiya, pp. 88-90.
4. Dmitriev, G.P., Maharadze, L.I. and Gochitashvili, T.Sh. (1991), *Napornye gidrotransportnye sistemy* [Pressure head hydrotransport systems], Nedra, Moscow, Russia.
5. Dokukin, V.P. (2005), *Povyushenie effektivnosti ekspluatatsii system truboprovodnogo gidrotransporta* [Increase of efficiency of operation of systems of pipeline hydrotransport], SPGGI(TU), St. Petersburg, Russia.
6. Zvyagilskiy, E.L., Bljuss, B.A., Nazimko, E.I. and Semenenko, E.V. (2002), *Sovershenstvovanie rezhimov raboty gidrotransportnykh ustanovok tekhnologiy ugleobogashcheniya* [Improvement of operating modes of hydrotransport installations of technologies of coal preparation], Weber, Sevastopol, Ukraine.
7. Maharadze, L.I., Gochitashvili, T.Sh., Krill, S.I. and Smoylovskaya, L.A. (2006), *Truboprovodnyu gidrotransport tverdykh sypushikh materialov* [Pipeline hydrotransport of firm bulks], Metsniereba, Tbilisi, Georgia.
8. Medvedeva, O.A. (2012), "Tailings dams of Krivbass, problem and feature of their operation", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 103, pp. 279-285.
9. Nurok, G.A., Lutovinov, A.G. and Sherstyukov, A.D. (1977), *Gidrootvaly na karerakh*, [Hydro-dumps on pits], Subsoil, Moscow, Russia.
10. Ermoshkin, V.V. (2006), "Experience and gidrootvaloobrazovaniye problems on cuts of Kuzbass", Materials of the Fourth congress of hydromachine operators of Russia "Gidromekhanization – 2006", Moscow, Russia.
11. USSR State Committee for Construction (1975), RSN 275-75. *Vremennyye ukazaniya po tekhnologii vozvedeniya namyvnykh khvostokhranilishch gornoobogatitelnykh kombinatov* [RSN 275-75. Temporary instructions on technology of construction of alluvial tailings dams of mining and processing integrated works], USSR State Committee for Construction, Kiev, Ukraine.

Об авторах

Медведева Ольга Алексеевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе геодинамических систем и вибрационных технологий, Институт геотехнической механики им. М.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, olya-1702@yandex.ua.

About the authors

Medvedeva Olga Alekseevna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geodynamic systems and Vibration Technologies, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, olya-1702@yandex.ua.

Анотація. Сховища відходів переробки мінеральної сировини розташовані в промислово розвинених районах, знаходяться на поверхні землі, і гірська маса в них є переважно дезінтегрованою, що різко знижує витрати на їх розробку. Тому розробка таких сховищ дозволить водночас вирішити цілу низку економічних, соціальних та екологічних проблем.

Сховища відходів переробки розглянуто як техногенні родовища. Вивчено їх будову й визначено параметри технології розчищення сховищ відходів переробки мінеральної сировини. В результаті цього запропоновано супутній видобуток цінного компоненту з придамбових ділянок пляжу сумісно з технологією комбінованого складування відходів, що дозволяє видобувати частину цінного компоненту, що залишилась у відходах збагачення на стадії заповнення сховища.

Ключові слова: сховища відходів збагачення, техногенні родовища.

Abstract. Fields with tailing dumps are located on the ground surface in industrially developed regions, and rock mass in the dumps is, as a rule, in disintegrated state that sharply reduces costs of the field development. Therefore, mining of tailing dumps will allow simultaneous solution of a number of economic, social and environmental problems.

Tailing dumps were considered as man-caused fields. Their structure was studied, and parameters of tailing dump clearing technology were determined. As a result, associated extraction of a valuable component from adjacent to dump plots of a beach was offered together with technology of combined storage of cleaning rejects. This allows extracting a certain part of the valuable component, which was left in cleaning rejects at the stage of tailing dump filling.

Keywords: storages of waste of enrichment, man-caused fields.

Статья поступила в редакцию 30.09.2013

Рекомендовано к публикации д.т.н., с.н.с. Е.В. Семененко