

Министерство образования и науки Украины  
Одесский национальный политехнический университет

*Труды*  
**ОДЕССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Научный и производственно-практический  
сборник

**СПЕЦВЫПУСК**  
2002

Одесса

Труды Одесского политехнического университета: Научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. — Одесса, 2002. — Спецвыпуск. — 90 с. — Яз. рус., укр., англ.

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

*Малахов В.П.* — гл. редактор, *Кострова Г.В.* — зам. гл. редактора, *Плескач Л.О.* — отв. секретарь, *Баранов П.Е.*, *Дащенко А.Ф.*, *Дубковский В.А.*, *Куценко А.Н.*, *Пуйло Г.В.*, *Алексеева Л.А.*, *Ефрьюшина Н.П.*, *Кругляк Ю.А.*, *Куншенко Б.В.*, *Новохатский И.А.*, *Бельтюков Е.А.*, *Маковеев П.С.*, *Продиус И.П.*, *Соколенко В.Н.*, *Харичков С.К.*, *Гончарук Г.И.*

Сборник основан в 1996 году, зарегистрирован в Министерстве Украины по делам печати и информации 5 декабря 1996 года, свидетельство серии КВ № 2380

Печатается по решению Ученого совета Одесского национального политехнического университета, протокол № 10 от 25.06.2002 г.

Компьютерную версию опубликованных материалов можно получить по адресу:  
<http://www.ospu.odessa.ua>

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.П. Малахов, В.С. Ситников, А.С. Бевз, Д.А. Полякова. Ограничения коэффициентов знаменателя цифрового фильтра для систем обработки сейсмосигналов.....</i>	<i>5</i>
<b>С.А. Балан</b> , <i>А.И. Буров, А.А. Буров, В.Я. Гамолитч, Д.А. Серебрянский. Об эффективности замкнутых систем обеспыливания.....</i>	<i>9</i>
<i>Т.А. Вознюк, Д.М. Корінчук, М.В. Сльонкін, А.Р. Степанюк. Магнітне вловлювання в поршневному зваженому зернистому шарі.....</i>	<i>13</i>
<i>Я.М. Гумницький, М.С. Мальований, З.С. Одноріг. Математична модель кінетики йонного обміну в твердому пористому тілі (цеоліті).....</i>	<i>16</i>
<i>В.М. Ємельянов, М.П. Крупський, Ю.С. Левандович. Композиційне моделювання пластових нафтогазових флюїдів в умовах обмеженої початкової інформації.....</i>	<i>18</i>
<b>С.А. Балан</b> , <i>А.А. Буров, Д.А. Серебрянский, А.П. Лепихин. Оценка эффективности пылеулавливания в вакуумной установке.....</i>	<i>21</i>
<i>Ю.И. Хвастухин, В.Н. Орлик, Н.Ю. Петрова. Оптимизация энергозатрат в производстве вспученного перлита.....</i>	<i>23</i>
<i>J. Jezowski, A. Jezowska, G. Statiukha, Y. Beznosik. Waste reduction via process integration.....</i>	<i>26</i>
<i>Б.А. Кириевский, В.В. Христенко. Определение термодинамических параметров расплавов монотектических систем и разработка технологических основ получения из них литых композитов.....</i>	<i>29</i>
<i>Я.М. Корнієнко, О.Н. Півень, Л.М. Удовенко. Визначення реологічних характеристик у дисперсному середовищі хаотичних структур.....</i>	<i>30</i>
<b>С.А. Балан</b> , <i>В.Я. Гамолитч, Т.В. Лысенко. Шкалирование состояний сложных систем.....</i>	<i>32</i>
<i>О.А. Котовенко, Я.М. Заграй. Континуальный підхід до дослідження впливу джерел радіаційного техногенезу на екологічні компоненти природно-технічної геосистеми.....</i>	<i>35</i>
<i>Е.А. Котовенко, С.Д. Макеев, С.В. Шевцов. Исследование и моделирование процесса риформинга, как один из подходов к снижению его потенциальной опасности для окружающей среды.....</i>	<i>37</i>
<i>М.С. Мальований, М.І. Санніков, О.М. Краховецький, І.М. Ільків, І.М. Петрушко. Моделювання процесу кислотного модифікування бентонітів з метою їх застосування в природоохоронних технологіях.....</i>	<i>39</i>
<i>В.Н. Марчевский, А.О. Семинский. Моделирование процесса измельчения твердых тел.....</i>	<i>41</i>
<i>О.Н. Півень, Л.М. Удовенко, А.В. Шахов. Методи розрахунку теплофізичних властивостей стохастичних мікронеоднорідних середовищ.....</i>	<i>44</i>
<i>Г.Г. Михайленко, В.Б. Афтанюк, Ю.А. Порпулит. Пылеочистка в комбинированном вихревом аппарате.....</i>	<i>45</i>
<i>О.Ю. Мірошніченко. Розробка узагальненої моделі оцінки техногенного стану регіону при наявності потенційно небезпечних об'єктів.....</i>	<i>47</i>
<i>Л.В. Прокопович, И.В. Прокопович. Моделирование процессов фильтрации в техногенных элементах литосферы.....</i>	<i>50</i>
<i>Г.І. Рудько, Л.Є. Шкіца. Моделювання геологічних процесів ліквідації гірничопромислових комплексів та проблема моніторингу.....</i>	<i>52</i>

УДК 621.742:574

Л.В. Прокопович, канд. техн. наук, доц.,  
И.В. Прокопович, канд. техн. наук, доц.,  
Одес. нац. политехн. ун-т

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ В ТЕХНОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЛИТОСФЕРЫ

Л.В. Прокопович, І.В. Прокопович. Моделювання процесів фільтрації у техногенних елементах літосфери. Аналізуються можливі підходи в моделюванні процесів фільтрації в екосистемі відвалів ливарного виробництва.

L.V. Prokopovich, I.V. Prokopovich. Modeling of filtration processes in technogenic elements of lithosphere. The possible approaches in modeling of filtration processes in foundry dumps' ecosystem are analyzed.

Проблема сохранения минеральных и земельных ресурсов напрямую связана с общими проблемами экологии литосферы, которые постоянно обостряются под действием различных антропогенных факторов. Особое место среди таких факторов занимают отвалы металлургических, гальванических, литейных и других производств. Объемы этих отходов составляют от 5...6 до 12,5 тыс. т в год [1]. Но основную угрозу для окружающей среды представляют не столько объемы этих отходов, сколько их активность. Ведь они не только занимают значительные площади (примерно 7 тыс. га добавляется ежегодно [2]), но и загрязняют, и существенно видоизменяют природные ландшафты. Причем, внедряясь в эти экосистемы, отвалы включаются во все процессы, протекающие в них.

Например, отвалы литейного производства, являясь, в основном, смесью песков и глин, начинают выполнять роль литоэлемента. И как всякий природный грунт или почва, они становятся своеобразной мембраной, через которую идут все процессы обмена веществ между литосферой, атмосферой и гидросферой. Одним из основных механизмов обмена веществ здесь является фильтрация: атмосферные осадки, просачиваясь сквозь отвалы, образуют сточный водоем, вода из которого, в свою очередь, просачивается сквозь почву и т.д. При этом осадки вымывают из отвалов содержащиеся в них вредные химические вещества и соединения, что приводит к очищению самих отвалов, но загрязнению других элементов системы.

Таким образом, хотя литейные отвалы и являются антропогенным элементом, но для описания процессов, протекающих в них, вполне можно применить модели природных процессов и систем. Например, экспериментальные исследования фильтрации в природных грунтах обобщены в виде закона Дарси: потеря напора при фильтрации линейно связана со скоростью фильтрации. Соответствующее уравнение имеет вид [3]:

$$u_{\text{ф}} = K_{\text{ф}} \cdot i, \quad (1)$$

где  $u_{\text{ф}}$  — скорость фильтрации, м/с;  
 $K_{\text{ф}}$  — коэффициент фильтрации, м<sup>2</sup>;  
 $i$  — гидравлический уклон, 1/(с·м).

С учетом гидравлического уклона формулу (1) можно представить в виде [3, 4]:

$$u_{\text{ф}} = K_{\text{ф}} \frac{\Delta P}{l \mu}, \quad (2)$$

где  $\Delta P$  — перепад давления на участке длиной  $l$ , Па;  
 $\mu$  — коэффициент вязкости фильтрующегося вещества, Па·с.

Одной из особенностей теории фильтрации является преимущественное развитие гидротехнического направления. В связи с этим экспериментальные исследования проводились, как правило, при фильтрации воды сквозь песчаные грунты. Для этого случая коэффициент фильтрации можно вычислить по эмпирической формуле Козени-Кармана [4]

$$K_{\text{ф}} = \frac{\Pi^3}{120(1 - \Pi)^2} \cdot d_e^2, \quad (3)$$

где  $\Pi$  — пористость грунта;  
 $d_e$  — эффективный диаметр частиц грунта, м:

$$d_e = \Sigma d_i m_i, \quad (4)$$

где  $d_i$  — средний размер частицы в  $i$ -й фракции, м;

$m_i$  — массовая доля  $i$ -й фракции.

С учетом характеристики отвалов как реальной пористой среды [5] закон Дарси можно записать в виде

$$u_{ф.от} = \frac{\Delta P \cdot K_{от}}{\eta \mu \cdot \Pi_{от}},$$

где  $u_{ф.от}$  — скорость фильтрации вещества в системе отвалов, м/с;

$K_{от}$  — коэффициент проницаемости отвалов, м<sup>2</sup>;

$\Pi_{от}$  — пористость отвалов.

В таком представлении закон Дарси может входить в более общие модели, описывающие процессы массообмена. Например, в соответствии с законом сохранения массы, пути рассеивания, диффузии и миграции веществ в системе литейных отвалов можно описать как [5]

$$\frac{\partial c_{от_i}}{\partial t} + \text{div}(\partial c_{от_i} \vec{u}_{ф.от}) = K(c_{от_i}) + R(c_{от_i}) + S(c_{от_i}) + \sum_j I_{ij}(c_{от_i}, c_{от_j}),$$

где  $c_{от_i}$  — концентрации вещества в  $i$ -й точке системы отвалов;

$t$  — момент времени определения концентрации;

$K, R, S$  — корреляционные функции;

$I$  — критерий, учитывающий параметры, неподдающиеся регулированию.

Кроме того, характер фильтрационных процессов, протекающих в отвалах, позволяет привлечь аппарат перколяционного анализа. В этом случае отвалы, т.е. отработанные формовочные смеси, как и исходные смеси следует рассматривать как систему, состоящую из двух взаимопроницающих бесконечных кластеров: по песчинкам и по порам между ними [6]. Естественно, фильтрация влаги в отвалах проходит по поровому кластеру. Однако кластер по песчинкам существенно влияет на параметры кластера по порам. Поэтому вопрос о проводимости этой системы математически решается как [6]

$$\sigma \approx \sigma_1(\varphi - \varphi_c)^{\nu(d-1)},$$

где  $\sigma$  — проводимость связи;

$\varphi$  — объемная концентрация компонента;

$\varphi_c$  — объемная концентрация среды;

$\nu$  — критический индекс, зависящий от размерности системы;

$d$  — размерность пространства.

Таким образом, сочетание различных подходов в исследовании такого природно-техногенного образования, как отвалы литейного производства позволит решить ряд задач:

— перейти от качественного анализа к количественной оценке состояния системы;

— исследовать миграцию растворенных веществ в отвалах и водоеме в другие элементы ландшафта;

— прогнозировать последствия дальнейшей эксплуатации отвалов.

## Литература

1. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. — М.: Химия, 1989. — 343 с.
2. Минаев А.А., Клягин Г.С. Проблема использования отходов черной металлургии Украины // Металл и литье Украины. — № 3. — 1993. — С. 22 — 24.
3. Швецов Г.И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты. — М.: Высш. школа, 1987. — 296 с.
4. Белов С.В. Пористые металлы в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1976. — 184 с.
5. Прокопович Л.В. Закон Дарси в экосистеме литейных отвалов // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2001. — Вып. 1(13). — С. 11 — 13.
6. Становский А.Л., Пурич В.Н., Онищенко А.Г. Модельный эксперимент на взаимопроницающих кластерах замещения в литейной форме // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 1999. — Вып. 1. — С. 8 — 10.

*Труды*  
**ОДЕССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Научный и производственно-практический  
сборник

**СПЕЦВЫПУСК**  
**2002**

Редакторы

**Балан С.А.**

Становский А.Л.

Пивень А.Н.

Компьютерная верстка

Балан А.С.

Адрес редакции: Украина,  
65044, Одесса-44,  
просп. Шевченко, 1,  
ОГПУ, комн. 313

---

Сдано в набор 27.06.2002 Подписано в печать 01.08.2002 Ризографическое издание.  
Бумага КУМ СОРУ. Формат 60×88/8. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Усл.-печ. л. 11,25

---

**ОТПЕЧАТАНО В ИЗДАТЕЛЬСКОМ ЦЕНТРЕ “ТЭС”**  
**С ГОТОВЫХ ОРИГИНАЛ-МАКЕТОВ**  
Одесса, Канатная 81/2, ☎ 42-90-98