

УДК 551.24:556.18:622.831

**ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОИСТОЙ СТРУКТУРЫ ГОРНОГО
МАССИВА НА МОДЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ МЕМБРАННЫХ
ХИМИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ**

Приходько С.Ю.

*Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина
E-mail: prihodko@mail.ru*

Рассматривается возможность и перспективы моделирования динамики процессов в слоистой структуре горного массива с помощью комплекса мембранных химических реакторов.

Ключевые слова: мембранный химический реактор, принцип подобия.

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование процессов в горном массиве, и особенно моделирование динамики градиента напряженности в горном массиве, является задачей актуальной и довольно сложной. Горный массив представляет собой слоистую среду, каждый слой в которой обладает своими отличительными свойствами. При построении объемной 3Д-модели горного массива необходимо учитывать особенности отдельных слоев, задавать для каждого слоя свои граничные условия. Использование комплекса мембранных химических реакторов для моделирования слоистой структуры горного массива позволит отработать методику создания математических моделей слоистых несплошных сред.

Задача о нескольких мембранных перегородках в химически реагирующей системе представляется довольно перспективной. Можно смело предположить, что решение проблемы на фундаментальном физико-химическом уровне будет обладать несомненной новизной. Диффузионно-мембранные процессы (мембранное газоразделение, испарение через мембрану, диализ) обусловлены градиентом концентрации по толщине пористых либо непористых мембран на основе полимеров или с жесткой структурой. Используются для разделения газовых и жидких смесей [1-3].

Возникает много деталей при постановке задачи, если стремиться к возможной полноте решений. Одной из них является феноменологическая теория диффузии в гетерогенных средах и ее применение для описания процессов мембранного разделения. В настоящее время в мембранной технологии все шире используют композитные материалы. Обычно под композиционными материалами или композитами понимают многофазные материалы, состоящие из двух или большего числа компонентов. Компоненты их сохраняют свою индивидуальность, между компонентами существуют границы раздела. Один из компонентов, заполняющий связным образом пространство, называют матрицей или связующим. Другие компоненты, занимающие изолированные области, носят название включений (иногда армирующего материала или арматуры). Обычно размеры включений и

расстояния между ними с одной стороны велики в сравнении с молекулярными, а с другой стороны малы по сравнению с характерными размерами задачи. Такой композит однороден в макроскопическом масштабе (размеры рассматриваемого тела), но неоднороден в микроскопическом масштабе (размеры включений и расстояния между ними). Если все размеры включения имеют один порядок, то его могут назвать зерном или дисперсной частицей, а композит — дисперсным или гранулированным. В случае сильно вытянутых включений говорят о волокнах и волокнистом композите. Если включения представляют собой параллельные цилиндры, то материал называют волокнистым однонаправленным композитом. Слоисто-волокнистые композиты состоят из однонаправленных слоев с различной ориентацией волокон. Целенаправленный поиск таких материалов требует разработки системного подхода к конструированию мембран, обладающих заданными производительностью и селективностью, из веществ с известными диффузионными характеристиками. Рассмотрение перспектив использования пространственной и химической организации гетерогенного материала для управления параметрами мембраны — одна из комплекса задач, решаемых в процессе моделирования. Основное внимание уделено анализу существующих феноменологических теорий диффузии в неоднородных средах и проведению математического моделирования проницаемости гетерогенных сред различного типа.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Анализ известных моделей диффузии в гетерогенных средах, позволяет сделать следующее.

1. Существуют два основных подхода к созданию математического аппарата. Первый основан на замене гетерогенной среды на гомогенную с теми же эффективными диффузионными свойствами. Такая замена может быть проведена, если характерный размер неоднородностей структуры меньше длины диффузионной волны. Второй подход применяют для описания диффузии в средах, содержащих отдельные крупные включения, размеры которых заведомо превышают длину диффузионной волны. В данном случае учитывается пространственное расположение компонентов среды, локальные значения коэффициентов растворимости и диффузии в каждом компоненте форма и размеры включений, а также диффузионное сопротивление границы раздела фаз. К сожалению, до сих пор эти два способа описания диффузии в гетерогенных средах развивались совершенно независимо друг от друга.

2. В мембранной технологии важнейшей задачей является разработка методов направленного выбора пространственной и химической организации структуры мембраны, обеспечивающей достижение высоких значений производительности и селективности мембраны.

Технологический прогресс обусловил актуальность рассмотрения способа определения модифицированных функций относительных фазовых проницаемостей для слоисто-неоднородных пористых сред. Немаловажной и целесообразной является методика составления геоструктурных схем (моделей). Геоструктурная модель отражает состав, структуру и состояние массива. По форме она представляет собой систему разрезов и карт, на которых выделены контуры квазиоднородных

инженерно-геологических элементов. Геоструктурная модель составляется на основе результатов инженерно-геологических изысканий и исследований горных массивов комплексом методов: геолого-съемочных, геофизических, горно-буровых, полевых и лабораторных исследований состава и свойств пород.

Использование принципа подобия при моделировании является важным обстоятельством [4].

Число физических величин в некоторых задачах настолько велико, что не представляется возможным ни составить все уравнения, связывающие их, ни тем более решить эти уравнения. Однако, если все физические величины, входящие в задачу, известны, метод размерностей позволяет найти некоторые основные соотношения между этими величинами, что по сути дела ведет к уменьшению числа параметров. Сочетание анализа размерностей с экспериментом в применении к исследованию задач, не разрешимых иным путем, представляет собой ценный метод получения частичной информации в тех случаях, когда другими методами ее получить вообще нельзя.

Предварительный анализ задачи по размерностям входящих в нее величин позволяет до начала ее экспериментального исследования выяснить, какие именно из намечающихся экспериментов могут дать максимально полезную информацию, а какие окажутся излишними.

Принцип подобия позволяет использовать комплекс мембранных химических реакторов для моделирования динамики градиента напряженности в горном массиве. Исследуя динамику градиента диффузии в мембранном реакторе, или динамику градиента тока в электродиализных мембранах, мы получаем возможность отработать методику моделирования динамики градиента напряженности в горном массиве. Использование подвижных мембран в химическом реакторе позволяет отследить изменения в динамике градиента диффузии (или тока), что подобно изменению динамики градиента напряженности в горном массиве при относительном сдвиге слоев в горном массиве. На рис.1 приведена блок-схема реактора с подвижной твердой мембраной.

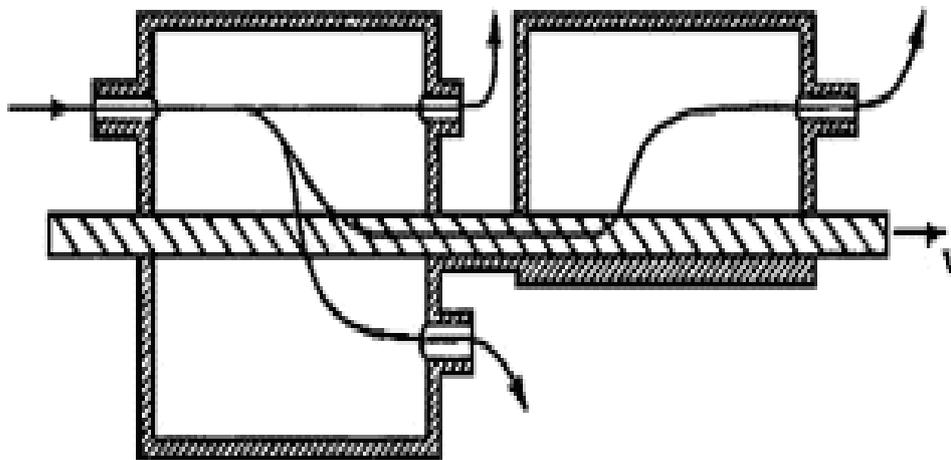


Рис.1. Блок-схема реактора с подвижной твердой мембраной.

На комплексе мембранных химических реакторов имеется возможность смоделировать рассмотренные в [5] теоретические модели, включающие комбинации двух ограниченных разломных зон, не выходящих на поверхность, гальваническая связь этих разломов обеспечена поперечными проводящими структурами, образующими сеть проводящих объектов (рис.2,3,4).

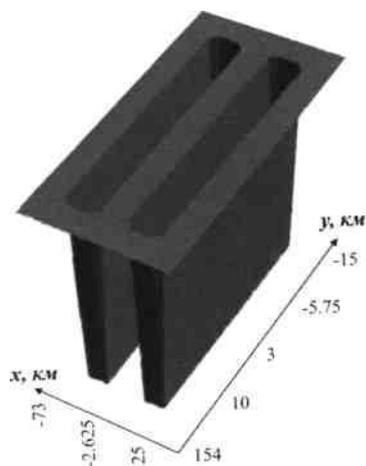


Рис. 2. Теоретическая модель двух проводящих ограниченных разломных зон (модель 1).

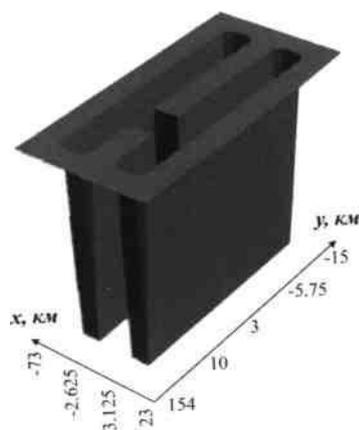


Рис.3. Теоретическая модель двух проводящих ограниченных разломных зон, соединенных вставкой (модель 2).

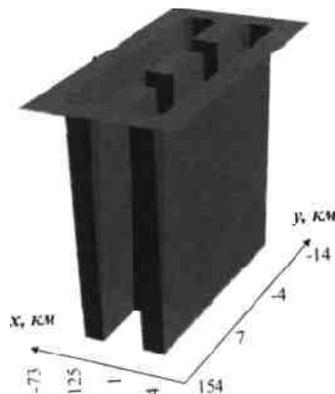


Рис.4. Теоретическая модель двух проводящих ограниченных разломных зон, соединенных двумя вставками (модель 3).

ВЫВОДЫ

Комплекс мембранных реакторов позволяет смоделировать слоистую структуру, приведенную на рис.5.

Модель системы «угольный пласт-выработка» сводится к исследованию разрушающих процессов под действием потоков энергии, механического вмешательства, давления газа (фильтрационного), а так же энергии перераспределённого горного давления от процессов тектонической нарушенности.

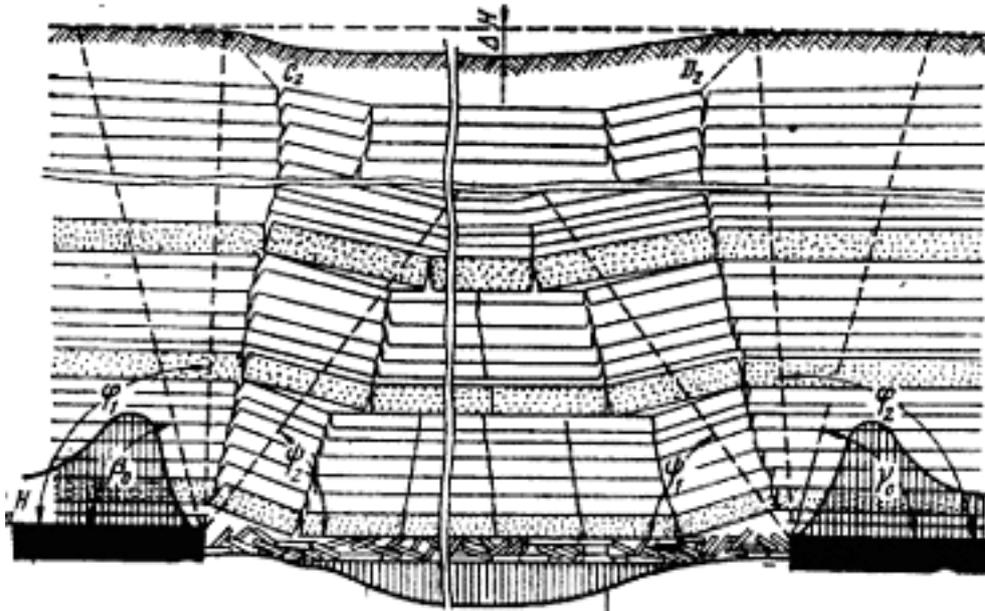


Рис.5. Характер разрушения пород покрывающей толщи в режиме установившейся нарушенности.

Решение рассмотренной задачи на фундаментальном физико-химическом уровне будет иметь большое прикладное значение.

Разработка 3D-варианта данной модели предполагает послойное задание краевых условий с учетом геологических и геофизических особенностей отдельных слоев горного массива. При задании соответствующих геометрических параметров и краевых условий данную модель можно использовать при исследовании динамики горных массивов в любой области земного шара.

С позиций системного подхода особый интерес представляет разработка комплексных ГИС-проектов в сфере управления региональным природопользованием. При принятии управляющих решений часто приходится выполнять последовательные или параллельные вычислительные и аналитические операции одновременно в нескольких областях – производственной, экономической, социальной. При этом информационные потоки обычно привязаны к конкретным территориальным единицам. В этом случае они принимают форму территориально закрепленных банков данных, которые организуются в виде геоинформационных систем для каждой конкретной сферы деятельности. Подобные информационные потоки, как правило, должны пересекаться и дополнять друг друга, т.е. любое управляющее решение должно иметь комплексный и системный характер. При этом возникает достаточно сложная задача, когда необходимо разработать строго аргументированный и оптимальный алгоритм принятия управляющих решений, синтезирующий всю доступную информацию [6].

Представляет интерес использование новой парадигмы, основанной на представлениях нелинейной динамики диссипативных систем и теории детерминированного хаоса, для “паспортизации” функционального состояния мембранных систем для контроля, управления и оптимальной организации технологических процессов. В работах [7–11] рассмотрен общий феноменологический подход – Flicker Noise Spectroscopy (FNS) к выявлению динамического состояния или особенностей эволюции нелинейных диссипативных систем разной сущности на основе анализа получаемых из эксперимента временных или пространственных рядов. В основе методологии – постулат об определяющей значимости информации, заключенной в нерегулярностях измеряемых динамических переменных, а также новый способ введения масштабной инвариантности, обуславливающий реализацию *multi-parametric self-similarity in Nature*. В рамках данного подхода спектры мощности и структурные функции различных порядков определяются нерегулярностями различных типов – динамическими всплесками и скачками измеряемых переменных. Для анализируемых процессов многопараметрические (в общем случае) выражения как для спектров мощности, так и структурных функций оказываются одинаковыми (инвариантными) для каждого из пространственно-временных уровней рассматриваемой системы. Вводимые при этом соответствующие феноменологические параметры достаточно полно и однозначно характеризуют состояние эволюционирующей системы, выступая как ее “паспортные данные”. Тем самым получаемые многопараметрические инвариантные соотношения характеризуют новый тип самоподобия – в скорости потери корреляционных связей

между нерегулярностями первого типа (всплесками динамической переменной), а также в динамике потери памяти о значении динамической переменной в некой точке по мере того, как увеличивается расстояние во времени или в пространстве от указанной точки – для нерегулярностей второго типа (скачков динамической переменной). Фактически вводимые параметры заменяют используемый в теории нелинейных систем и детерминированного хаоса параметр динамической энтропии Колмогорова. В отличие от обычно вводимого значения энтропии Колмогорова как скаляра, в данном подходе вводятся параметры скорости потери информации по конкретным видам различимых нерегулярностей процесса – по “различным цветам” эволюции. Очевидно, что такая информация более полна, нежели содержащаяся в традиционно вводимых видах динамической энтропии. Конкретное число вводимых параметров должно определяться спецификой каждой конкретной проблемы и желаемой степенью “знания подробностей” при паспортизации состояния.

Необходимо отметить, что при анализе динамики систем разной сущности физическое содержание каждого из типов указанных нерегулярностей в каждом конкретном случае должно выявляться либо из соответствующих физических моделей, либо на основе определенных соглашений о соответствии вводимых нерегулярностей определенным смысловым или формальным символам в изучаемых пространственных или временных структурах.

Определенную дополнительную информацию несет вейвлет-анализ хаотических рядов. В отличие от преобразования Фурье, вейвлет-преобразование является разложением по базису солитоноподобных функций, хорошо локализованных как в обычном, так и в частотном пространстве. Поскольку квадраты вейвлетных коэффициентов характеризуют величины удельной энергии (или соответствующих интенсивных параметров) системы в данный момент времени на данном временном масштабе, вейвлет-анализ, называемый также математическим микроскопом, является средством выявления локализации энергии на разных масштабах и ее перераспределение во времени. Необходимо указать, что анализ “временного поведения” вводимых параметров в выявляемых с помощью вейвлет-анализа областях “локальной нестационарности” при увеличении длительности исследуемых рядов может стать (при накоплении априорной информации) методологической основой прогнозирования эволюции сложных систем с определением ее возможной направленности в условиях внешних воздействий. Тем самым открываются принципиальные возможности для прогнозирования как опасных природных явлений (землетрясения, тайфуны и смерчи, внезапные выбросы в шахтах и др.), так и динамики макроэкономических и социальных показателей.

FNS подход может быть использован также для решения проблем регионального мониторинга состояния техногенных объектов (в том числе, химических и ядерно-химических) и окружающей их среды, а также мониторинга в масштабах программы “Глобальные изменения природной среды и климата”. Именно на основе получаемой при таком анализе информации могут быть получены адекватные оценки уровня антропогенных воздействий на биосферу с выявлением роли химических факторов в эволюции природных систем, что

необходимо для выработки концепции поддерживаемого (“устойчивого”) развития биосферы с разрешением наиболее остро стоящих природоохранных проблем.

Список литературы

1. Шапошник В.А. Мембранные методы разделения смесей веществ / В.А. Шапошник // Соросовский Образовательный Журнал. 1999. – № 9. – С. 27-32.
2. Кестинг Р.Е. Синтетические полимерные мембраны / Р.Е. Кестинг – М.: Химия, 1991. – 336 с.
3. Beckman, I. N. Membrane Sci. / I. N. Beckman, A. B. Shelekhin, V. V. Teplyakov – 1991 – 283 p.
4. Г.Хантли. Анализ размерностей / Г.Хантли. – М.,1958. – 175 с.
5. Геолого-геофизическая модель Немировско-Кочеровской шовной зоны Украинского щита / [А.В.Анциферов, Е.М.Шеремет, К.Е.Есипчук и др.] – Донецк: изд-во “Вебер”, 2009. – 253 с.
6. С.Ю.Приходько. К теории устойчивости региональных природно-промышленных систем. / С.Ю.Приходько, П.И.Поляков // Проблемы экологии. – Донецк: ДонНТУ, № 1-2. – 2009. – с.70-74.
7. Timashev S.F. / Complexity and Evolutionary Law for Natural Systems. // Timashev S.F. In: Annals of the New York Academy of Science, V. 879, June 30, 1999, “Tempos in Science and Nature: Structures, Relations, and Complexity”. – P. 129–143.
8. Timashev S.F. In: Mathematical Models of Non-Linear Excitations, Transfer, Dynamics, and Control in Condensed Systems and Other Media. // [Timashev S.F., Budnikov Ye.Yu., Klochihin V.L et al.] – N.Y.: Kluwer Academic / Plenum Publishers, 1999. – P. 17–50.
9. Тимашев С.Ф. Принципы эволюции нелинейных систем / Тимашев С.Ф. // Российск. хим. журнал. – 1997. – Т. 41, № 3. – С. 17–29.
10. Методология анализа временных рядов на основе теории детерминированного хаоса. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. / [Тимашев С.Ф., Крученицкий Г.М., Будников Е.Ю. и др.] (Циклическая динамика в природе и обществе.) – М.: Научный мир. Т.2. – 1998. – Гл. 38. – С. 386–397
11. Description of non-regular membrane structures: a novel phenomenological approach // [Timashev S.F, Bessarabov D.G., Sanderson R.D. et al] – 2000. – V. 170, № 2. – P. 191–203.

Приходько С. Ю. Можливості дослідження шарової структури гірничого масиву на модельному комплексі мембранних хімічних реакторів / С. Ю. Приходько // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2010. – Т.23 (62). – № 2 – С.252-259.

Розглядається можливість і перспективи моделювання динаміки процесів в шаровій структурі гірничого масиву за допомогою комплексу мембранних хімічних реакторів.

Ключові слова: мембранний хімічний реактор, геоструктурна модель, принцип подоби.

Prihodko S.U. Possibility of the study of the flaky structure of the mountain array on model complex membrane chemical reactor / S.U. Prihodko // Scientific Notes of Taurida National V. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2010. – Vol. 23 (62). – № 2 – P. 252-259.

It is considered possibility and prospects of modelling speakers processes in flaky structure of the mountain array by means of complex membrane chemical reactor.

The Keywords: membrane chemical reactor, geostructure model, principle of the resemblance.

Поступила в редакцію 12.05.2010 г.