

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Абдуллаев А.З.

Магистрант кафедры «Автоматизированные технологические и информационные системы». Институт химических технологий и инжиниринга в г. Стерлитамак, Россия.
mr.atash.abdullaev@mail.ru

Аннотация: Представленное математическое описание процесса электрохимической очистки грунтов, который изложен в статье, в которой моментом решения задачи служит внутренняя структура системы, представляется как следствие ее внутренних физико-химических процессов и явлений, для описания которых привлекаются фундаментальные законы термодинамики и механики сплошной среды. Рассмотрены характерные схемы реализации этого подхода на примерах сложных физикохимических систем, построение адекватных математических описаний которых обычно вызывает затруднения. В частности, сформулированы принципы построения математической модели химических, тепловых и диффузионных процессов, протекающих в процесса электрохимической очистки грунтов.

Ключевые слова: математическое описание, нефтехимическая очистка, модель, анализ.

МАТЕМАТИКАЛЫК ЫКМАЛАРДЫ КОЛДОНУУ МЕНЕН МУНАЙЗАТ ТОПУРАКТАРЫН ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫК ТАЗАЛОО ПРОЦЕССИНИН СҮРӨТТӨЛҮШҮ

Абдуллаев А.З.

"Автоматташтырылган технологиялык жана маалыматтык системалар" кафедрасынын магистранты Стерлинг шаарындагы химиялык технологиялар жана инженерия институту, Россия. mr.atash.abdullaev@mail.ru

Аннотация: макалада баяндалган кыртыштарды электрохимиялык тазалоо процессинин математикалык сыпаттамасы, анда маселени чечүү учуру системанын ички түзүмү катары кызмат кылат, анын ички физикалык-химиялык процесстеринин жана кубулуштарынын натыйжасы катары берилет, аларды сүрөттөө үчүн термодинамиканын жана үзгүлтүксүз чөйрөнүн механикасынын негизги мыйзамдары тартылат. Бул ыкманы ишке ашыруунун мүнөздүү схемалары татаал физохимиялык системалардын мисалдары менен каралат, алардын адекваттуу математикалык сүрөттөмөлөрүн куруу адатта кыйынчылыктарды жаратат. Атап айтканда, кыртыштарды электрохимиялык тазалоо процессинде жүрүүчү химиялык, жылуулук жана диффузиялык процесстердин математикалык моделин түзүү принциптери түзүлгөн.

Ачкыч сөздөр: математикалык сүрөттөмө, нефтехимиялык тазалоо, модель, анализ.

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PROCESS OF ELECTROCHEMICAL PURIFICATION OF OIL-CONTAMINATED SOILS

Abdullaev A.Z.

Master's student of the department "Automated technological and Information systems". Institute of Chemical Technologies and Engineering in Sterlitamak, Russia. mr.atash.abdullaev@mail.ru

Abstract. *The presented mathematical description of the process of electrochemical soil purification, which is described in the article, in which the internal structure of the system serves as the moment of solving the problem, is presented as a consequence of its internal physico-chemical processes and phenomena, for the description of which the fundamental laws of thermodynamics and continuum mechanics are involved. The characteristic schemes of the implementation of this approach are considered on the examples of complex physico-chemical systems, the construction of adequate mathematical descriptions of which usually causes difficulties. In particular, the principles of constructing a mathematical model of chemical, thermal and diffusion processes occurring in the process of electrochemical soil purification are formulated.*

Keywords: *mathematical description, petrochemical purification, models, analysis.*

Математическая модель процесса электрохимической очистки грунтов[1-4], состоящая из уравнений баланса массы и тепла, естественно, незамкнута и требует для своего замыкания постановки специальных экспериментов как с целью восполнения недостающей информации о системе (например, вольт-амперная характеристика), так и с целью определения численных значений входящих в нее параметров (например, концентрация загрязняющих веществ). Замыкание системы уравнений модели, состоящей из уравнений сохранения массы и тепла, производится путем использования косвенных («интегральных») характеристик, являющихся следствием конкретного динамического поведения системы. Среди таких характеристик наиболее важной (с точки зрения задач физико-химической переработки массы) является функция распределения элементов фаз по времени. Эта характеристика отражает стохастические свойства системы и сравнительно просто определяется экспериментально. Использование зависимости тока между электродами от напряжения и сопротивления грунта в уравнениях баланса массы и тепла позволяет косвенно учесть динамическое поведение системы и построить математическое описание процесса электрохимической очистки грунтов в достаточно простой форме, отражающей ее двойственную (детерминированно-стохастическую) природу.

Снимем теперь предположение о монодисперсности смеси фаз и представим более реальную ситуацию, когда включения дисперсной фазы характеризуются некоторым распределением по размерам и механически взаимодействуют друг с другом. Эта картина выходит за рамки допущений и уже не может служить основой математического описания процесса электрохимической очистки грунтов. При описании такого общего случая можно идти двумя путями.

Первый путь состоит в том, что при выводе уравнений движения многофазной многокомпонентной среды наряду с пространственными координатами x^1 , x^2 , x^3 и временем t вводится еще одна независимая переменная — характерный размер включений или объем сольватированных ионов. Все зависимые переменные модели становятся функциями пяти аргументов x^1 , x^2 , x^3 , t , ν , а система уравнений движения дисперсной смеси типа дополняется еще одним уравнением баланса относительно многомерной плотности распределения частиц по названным координатам $p(x^1, x^2, x^3, t, \nu)$. Несмотря на некоторое усложнение математической модели, такой подход иногда (например, когда включения представляют «твердые» частицы) приводит к эффективному решению задачи. Примером может служить движение сольватированных ионов в межэлектронном пространстве.

Второй путь состоит в следующем. Уравнения баланса массы и энергии записываются не для смеси фаз (как это делалось в модели взаимопроникающих континуумов), а для каждой фазы отдельно. Обмен между фазами учитывается в виде соответствующих условий на границе раздела фаз. Динамические свойства системы учитываются косвенными характеристиками: функциями распределения фаз по времени обработки нефтезагрязненных грунтов и функциями распределения включений дисперсной фазы по размерам.

Таким образом, приведенный системный анализ позволяет разработать метод расчета электротехнических параметров очистки нефтезагрязненных грунтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Н.С. Шулаев, В.П. Мешалкин, В.В. Пряничникова, Р.Р. Кадыров, Н.А. Быковский.** Электрохимическая очистка нефтезагрязненных грунтов с учетом рельефа местности. *Экология и промышленность России*, 2022, т.26, №2, с.9-13
2. **Н.С. Шулаев, В.В. Пряничникова, Р.Р. Кадыров.** Закономерности электрохимической очистки нефтезагрязненных грунтов. *Записки Горного института*, 2021, т.252, с.937-946
3. **Shulaev N.S., Meshalkin, V.P., Pryanichnikova, V.V., Kadyrov, R.R., Bykovsky, N.A.** *Electrochemical Cleaning of Oil-Contaminated Soils, Taking into Account the Terrain. Ecology and Industry of Russia*, 2022, 26(2), pp. 9–13
4. **Н.С. Шулаев, В.В. Пряничникова, Р.Р. Кадыров.** Установки электрохимической очистки нефтезагрязненных грунтов с учетом рельефа. *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2022. Вып.5(139).с.148-159
5. **Muravyova E.A.** Development of a neural network to control the process of cleaning the pyrolysis fraction from acetylene compounds. В сборнике: *iop conference series: earth and environmental science. iii international scientific conference: agritech-iii-2020: agribusiness, environmental engineering and biotechnologies. krasnoyarsk science and technology city hall of the russian union of scientific and engineering associations*. 2020. с. 32003.
6. **Абдрафикова Ф.Ф., Муравьева Е.А.** Система управления процессом сбрасывания в бродильных чанах на основе нечеткого регулятора. В сборнике: *математическое моделирование процессов и систем. материалы ix международной молодежной научно-практической конференции*. 2019. с. 11-16.

7. Патент № 2782565 С1 Российская Федерация, МПК G01N 1/10. Система усредненного отбора пробы воды из контрольного створа для автоматизированного контроля качества поверхностных водотоков : № 2021135386 : заявл. 01.12.2021 : опубл. 31.10.2022 / А. М. Сафаров, Е. С. Кулакова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уфимский государственный нефтяной технический университет". – EDN QSDZTI.

8. **E. S. Kulakova, A. M. Safarov, M. A. Malkova.** Phenol monitoring in the air of the city residential part / [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, 10 марта 2020 года. – Moscow, 2020. – P. 012102. – DOI 10.1088/1755-1315/579/1/012102. – EDN PSXSLA.

9. **А.З. Абдуллаев, Р.Р. Кадыров.** Автоматическая оптимизация электрохимической обработки. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии: достижения и инновации - 2022», ИХТИ УГНТУ, г. Стерлитамак, 27 декабря 2022г. С. 265-267

10. **А.З. Абдуллаев, Н.С. Шулаев, Р.Р. Кадыров, В.В. Пряничникова.** Системный анализ процесса электрохимической очистки нефтезагрязненных грунтов. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии: достижения и инновации - 2022», ИХТИ УГНТУ, г. Стерлитамак, 27 декабря 2022г. С. 453-455

Рецензент: Кадыров Рамиль Римович, кандидат технических наук, доцент. Институт химических технологий и инжиниринга в г. Стерлитамак, Россия. r_kadyrov@mail.ru