

ется значительным источником загрязнения рек. Так р. Шугуровка «принимает» фенол и диоксин, смываемые с площадок Уфахимпром, который не функционирует уже более 10 лет. В целом, в г. Уфа около 60 промышленных предприятий, оказывающих влияние на состояние водных ресурсов данной территории.

Работа коммунально-бытовой службы в г. Уфа в ряде случаев не является эффективной, ливневые стоки без очистки уносятся в с поверхностным стоком в водные объекты. Наибольшие концентрации загрязняющих веществ обеспечиваются также выносом с водосбора в период снеготаяния. Загрязнение снежного покрова в течение зимнего периода обусловлено значительными выбросами промышленных предприятий и автотранспорта. Рр. Белая, Дема, Уфа в черте г. Уфы не отличаются экстремально высокими концентрациями загрязняющих веществ, хотя загрязнение наблюдается. Меньшая степень проявления влияния промышленного узла обусловлена естественными процессами самоочищения вод. Р. Уфа испытывает нагрузку за счет впадения загрязненной реки Шугуровка, далее происходит загрязнение р. Белая, что существенно отражается на качестве вод как источнике питьевого водоснабжения.

Литература.

1. Государственный доклад. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды РБ в 2015 году. Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан. Уфа, 2016. – 310 с.
2. Ежегодник качества поверхностных вод по территории деятельности ФГБУ «Башкирское УГМС» за 2015 год. Уфа: ФГБУ «Башкирское УГМС». – 192 с.
3. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. – 768 с.
4. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Росгидромет. - СПб: Гидрометеоздат, 2003.
5. Российский статистический ежегодник. 2016: Стат.сб./Росстат. - М., 2016 – 725 с.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В РЕКЕ ТОМЬ

А.Д. Карташова, магистрант

Научный руководитель: В.А. Перминов, д.ф.-м.н., профессор

Томский политехнический университет

634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-12-34-56

E-mail: kartashova_nastya@sibmail.com

Аннотация: По официальным данным, каждый год в нефтяной промышленности происходит около 10000 аварий. Разливы нефти разрушают естественную экосистему, изменяют условия обитания видов и нарушают многие естественные процессы. Также реки являются основным источником водоснабжения, следовательно, нефтяные разливы наносят значительный экономический ущерб. Для своевременной ликвидации аварий, необходимо знать направление распространения нефтяного пятна. В данной работе представлена математическая модель процесса тепло- и массопереноса загрязняющей примеси в водоеме. Предложенный метод прогнозирования распространения загрязняющего вещества, может быть использован для повышения эффективности ликвидации нефтяных разливов. В данной работе рассматривается распространение загрязнения в реке Томь в окрестности г. Томска. В построенной математической модели учитывается конфигурация и глубина реки, температура окружающей среды, скорость течения, параметры источника выброса.

Abstract: According to official data, about 10,000 accidents occur every year in the oil industry. Spills of oil destroy the natural ecosystem, change the habitat conditions of species and disrupt many natural processes. Also, rivers are the main source of water supply, therefore, oil spills cause significant economic damage. For the timely elimination of accidents, it is necessary to know the direction of the spread of the oil spill. In this paper, a mathematical model of the process of heat and mass transfer of a contaminant in a reservoir is presented. The proposed method for predicting the spread of a pollutant can be used to improve the effectiveness of liquidation of oil spills. In this paper we consider the spread of pollution in the Tom River in the vicinity of Tomsk. In the constructed mathematical model, the configuration and depth of the river, ambient temperature, flow velocity, parameters of the emission source are taken into account.

В данной работе представлена математическая модель распространения загрязнения в водоеме [1].

Для решения поставленной задачи используется метод контрольного объема. Геометрическое и временное пространство разбивается на конечное число объемов, затем для каждого из них записывается баланс субстанции (энергии, импульса, массы и т.д.). В расчетной области необходимо указать граничные условия. Классический метод контрольных объемов основан на интегральных законах сохранения. На первом этапе для любого конечного объема формулируется закон сохранения. Затем расчетная область покрывается сеткой, в узлах которой будут рассчитываться физические характеристики моделируемого процесса. Далее выбираются контрольные объемы, чаще всего, с центрами в узлах расчетной сетки и границами, проходящими через центры ребер ячеек сетки. Для каждого полученного контрольного объема записывается дискретный аналог закона сохранения на основе баланса всех потоков через границы рассматриваемого объема. Метод конечных объемов в большинстве случаев позволяет получать консервативные схемы, допускает дискретизацию расчетных областей со сложной геометрией, а также позволяет строить более точные схемы вблизи границ области. Эти достоинства метода обусловлены возможностью использовать нерегулярные сетки, равно как и контрольные объемы произвольной формы. Способ разбиения расчетной области для двухмерного случая на контрольные объемы и типичный контрольный объем представлены на Рис. 1 [2].

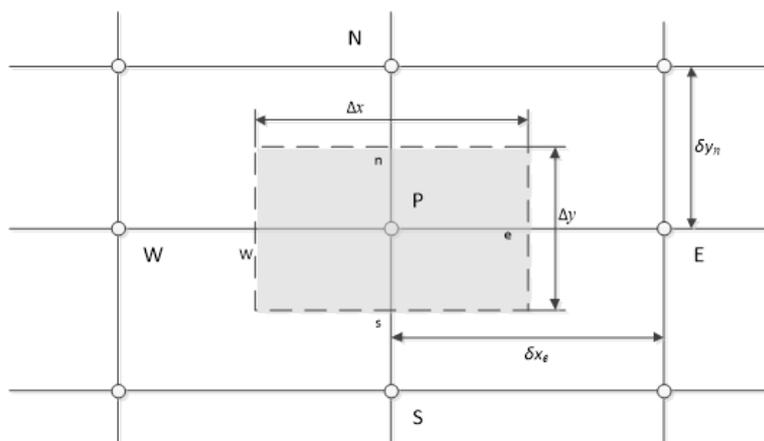


Рис. 1. Типичный контрольный объём для двумерного случая

На рисунке изображена область двумерной сетки, где пунктирной линией обозначен контрольный объем для двумерной области с центром в точке P. Центры соседних контрольных объемов обозначены буквами N, S, W, E (соответственно «север», «юг», «запад» и «восток»). Соответствующие точки на границах контрольного объема обозначены буквами n, s, w, e. Размеры контрольного объема обозначаются Δx и Δy . Расстояния до центров соседних контрольных объемов обозначены δx_e , δy_n . Таким же образом по аналогии вводятся обозначения трехмерного (пространственного) случая, то есть для контрольного объема, изображенного на рисунке. Для расчета поля течения был применен алгоритм SIMPLE[3].

Характерные размеры водоема в горизонтальных направлениях превышают вертикальные, т.е. глубину водоема. Из априорных данных следует, что зависимости проекций скорости, температуры, концентраций компонентов от координаты x_3 , отсчитываемой от поверхности дна реки, слабее, чем от координат x_1 и x_2 . На основе вышеизложенного можно усреднить исходные характеристики по глубине водоема согласно [4]:

$$\int_{-h}^0 \phi dx_3 = \bar{\phi} h,$$

где $\bar{\phi}$ – среднее значение величины ϕ .

Рассмотрим плоскую задачу конвективного тепло- и массопереноса загрязняющих веществ в водоеме. Источник загрязнения моделируется поверхностным источником массы нагретых веществ, выделяющихся в результате залпового выброса в течение некоторого времени. Считается, что тече-

ние направлено слева направо и носит развитый турбулентный характер, а для описания конвективного переноса под воздействием течения реки используются двумерные уравнения Рейнольдса для турбулентного течения. Начало координат $x_1 = 0, x_2 = 0$ расположенной в левой части рассматриваемой области, оси Ox_1 и Ox_2 расположены в плоскости земной поверхности (рис. 2).



Рис. 2. Схема расчетной области

Сформулированная задача сводится к решению следующей системы уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho v_j) + \frac{\rho w_0}{h} &= 0, \quad j = 1, 2, i = 1, 2; \\ \rho \frac{dv_i}{dt} &= -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\mu \frac{\partial v_i}{\partial x_j}) - \frac{\rho v_i w_0}{h} - \rho g_i; \\ \rho c_p \frac{dT}{dt} &= \frac{\partial}{\partial x_j} (\lambda \frac{\partial T}{\partial x_j}) - \frac{\rho w_0 c_p T_0}{h}; \\ \rho \frac{dc_\alpha}{dt} &= \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho D \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_j}) - \frac{\rho c_\alpha w_0}{h}, \quad \alpha = 1, 2; \\ v &= (v_1, v_2), \quad \vec{g} = (0, g). \end{aligned}$$

Начальные и граничные условия имеют вид:

$$\begin{aligned} t = 0: v_1 &= 0, v_2 = 0, T = T_e, c_\alpha = c_{\alpha e}, T_s = T_e; \\ x_1 = 0: v_1 &= V_e, v_2 = 0, T = T_e, c_\alpha = c_{\alpha e}; \\ x_1 = x_{1e}: \frac{\partial v_1}{\partial x_1} &= 0, \frac{\partial v_2}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_1} = 0; \\ x_2 = -x_{2e}: \frac{\partial v_1}{\partial x_2} &= 0, \frac{\partial v_2}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_2} = 0; \\ x_2 = x_{2e}: \frac{\partial v_1}{\partial x_2} &= 0, \frac{\partial v_2}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_2} = 0; \end{aligned}$$

Здесь $\frac{d}{dt}$ - полная производная ($\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + (v_j + w_p) \frac{\partial}{\partial x_j}$); c_p - удельная теплоемкость воды при

постоянном давлении; ρ - плотность воды; T - температура воды; c_α - массовые концентрации ($\alpha = 1$ - загрязняющая жидкость; 2 - загрязняющие частицы); P - давление; M_α - молекулярная масса индивидуальных компонентов; λ, μ, D - коэффициенты теплопроводности, динамической вяз-

кости и диффузии; t – время; $x_i, v_i (i = 1, 2)$ – декартовы координаты и компоненты скорости; R – универсальная газовая постоянная; w_p – скорость оседания твердых загрязняющих частиц ($w_p \neq 0$ в уравнении (1) при $j = 2$ для частиц, а в остальных случаях $w_p = 0$).

Построение дискретного аналога осуществлялось на основе метода контрольного объема [2]. Расчеты проведены при следующих значениях: $T = 277,15 K, V_{e1} = 0,33 м/с, V_{e2} = 0,66 м/с$. Залповый выброс длился 6 секунд. Длина рассматриваемого участка 5 км. Начальная концентрация загрязняющей примеси составляла 1 кг/м^3 .

На Рис. 3 изображено распространение загрязнения в различные моменты времени (6 секунд, 18 минут, 1 час 52 минуты, 2 часа 20 минут) при скорости течения реки $0,33 \text{ м/с}$.

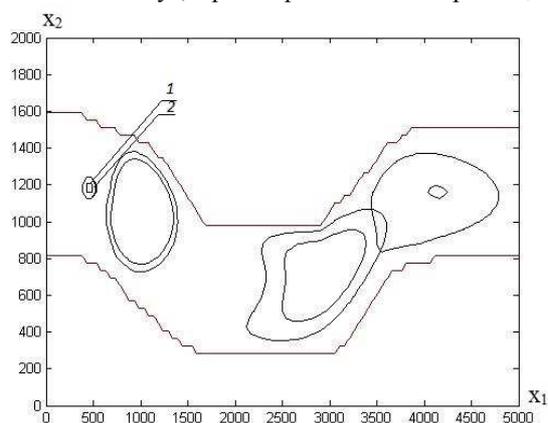


Рис. 3. Распространение загрязняющей примеси с течением времени ($V_{e1} = 0,33 м/с$); 1 – $0,01$, 2 – $0,005 \text{ кг/м}^3$.

При увеличении скорости реки до $0,66 \text{ м/с}$ (рис. 4) увеличивается скорость распространения загрязнения.

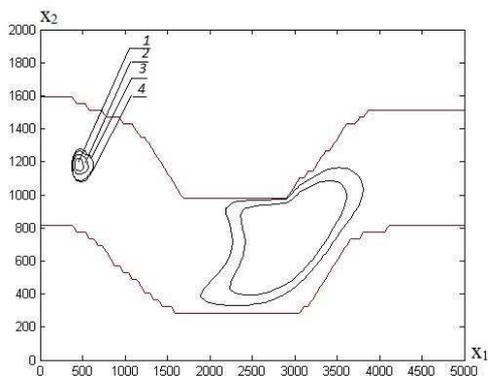


Рис. 4. Распространение загрязняющей примеси с течением времени ($V_{e1} = 0,66 м/с$); 1 – $0,5$, 2 – $0,1$, 3 – $0,01$, 4 – $0,005 \text{ кг/м}^3$.

В данной работе представлена математическая модель и результаты расчетов распространения загрязняющей примеси в реке с учетом различных внешних условий таких как, температура, скорость течения реки, начальная концентрация загрязняющей примеси в источнике выброса. Таким образом, разработанная математическая модель может быть использована для анализа уровней загрязнения в водоеме при заданной концентрации источника загрязнения.

Литература

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. – М.: Изд-во Моск. ун-та. – Т. 1. – 2004. – 528 с.

2. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
3. Семчуков А.Н. Численное моделирование нестационарных течений и качества воды в открытых руслах: решение прямой и обратной задач: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Барнаул, 2004. – 30 с.
4. Grishin A.M. Mathematical Modeling Forest Fire and New Methods Fighting Them. F. Albin (ed.). – Tomsk: Publishing House of Tomsk University. – 1997 – P. 81-91.

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ БАРЬЕР НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*А.Д. Мушченко студ., Д.Ю. Воробьева студ., Л.Ф. Щербакова, к.х.н., доц.
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина
410054, г.Саратов, Политехнический 77, (8452)-99-85-57
E-mail: mushchenko_anna@mail.ru*

Аннотация: Использование композиционных смесей на основе природных сорбентов (глауконит, вермикулит, торф, гумусовый мелиорант «Нисаба») обеспечивает процессы сорбции и закрепление тяжелых металлов в почве, что позволяет восстановить и усилить геохимические барьеры для их иммобилизации. В ходе исследования было выявлено, что данный способ можно считать малоэффективным для Ni^{2+} , наиболее эффективен для Cu^{2+} и Pb^{2+} .

Abstract: The use of composite mixtures based on natural sorbents (glauconite, vermiculite, peat, humus ameliorant "Nisaba") provides the processes of sorption and fixation of heavy metals in the soil, which allows to restore and strengthen geochemical barriers for their immobilization. The study revealed that this method can be considered ineffective for Ni^{2+} , most effective for Cu^{2+} and Pb^{2+} .

В условиях современного развития человечества, перед крупными промышленными городами с плотным движением автотранспорта стоит множество серьезных проблем. Одна из ключевых - загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) почвы, т.к. этот процесс носит необратимый характер и способен нанести вред здоровью человека, в частности, и человечеству, в целом. В последние десятилетия для защиты окружающей среды от загрязнения наметилась тенденция использования геохимических барьеров, применение которых в ряде случаев позволяет отказаться проведения дорогостоящих природоохранных мероприятий.

Для защиты почв от тяжелых металлов нами разрабатывался искусственный геохимический барьер (ИГБ) на основе природных сорбентов: глауконит (Г), вермикулит (В), торф (Т) и гумусовый мелиорант «Нисаба» (М).

Вермикулит – минерал из группы гидрослюд, имеющих слоистую структуру, большую влагоемкость, являющихся химически инертным, нейтрален к действию щелочей и кислот. Он не подвержен разложению и гниению, почва с его использованием не слеживается, не образуется корка на ее поверхности, она остается рыхлой [1].

Глауконит - сложный калийсодержащий водный алюмосиликат, содержит более двадцати микроэлементов, находящихся в легко извлекаемой форме сменных катионов[2]. Глаукониты оказывают огромное влияние на миграцию и распределение соединений ТМ между почвой и растениями.

Торф – осадочная рыхлая горная порода, образованная скоплением остатков растений, подвергшихся неполному разложению в условиях болот. Торф и содержащие его почвы служат естественным фильтром для природной воды, эффективно поглощая тяжелые металлы и другие примеси [3].

В состав гумусового мелиоранта почв «Нисаба» входят почвенные кондиционеры, созданные на основе гуминовых веществ. В результате использования активизируется деятельность микроорганизмов, ускоряющих гумификацию органических остатков; связываются ионы тяжелых металлов и других вредных примесей. Гумусовые мелиоранты являются экологически безопасными продуктами и имеют низкую стоимость [4].

Использование композиционных смесей на основе природных сорбентов, наилучшим способом обеспечивающих процессы сорбции и закрепление ТМ в почве, позволит восстановить и усилить геохимические барьеры в почве для их иммобилизации [5].

Лабораторный анализ проб был осуществлен в химической лаборатории СГТУ им. Ю. А. Гагарина. После высушивания почвы в лаборатории до воздушно-сухого состояния, их просеивали че-