

Введение В связи с интенсивным развитием промышленности и сельского хозяйства, увеличением различных антропогенных факторов на окружающую среду перед обществом возникает важная задача охраны водных ресурсов от загрязнения и засоления вредными веществами. Решение этой актуальной задачи в значительной мере зависит от результатов математического исследования процессов массопереноса мигрирующих веществ при фильтрации подземных вод и их взаимодействия с поверхностными водами. Для предотвращения загрязнения и засоления окружающей среды вредными веществами определяют широкое строительство гидротехнических сооружений [1]. Они бывают различного назначения и строятся в разнообразных природных условиях, в частности, выполненные из грунтовых материалов водоподпорные сооружения (плотины, дамбы), которые перегораживают водоток и воспринимают напор воды. В данной работе численно моделируется процесс распространения загрязнения под гидросооружением. Исследуются различные виды загрязнения.

1. Постановка задачи. Рассматривается река, перегороженная плотиной, для устойчивости которой строят противофильтрационные завесы. Из-за разностей уровней воды перед плотиной и за плотиной происходит фильтрация в обход гидросооружения. Откосы берегов считаются вертикальными, а угол наклона свободной поверхности очень малым, поэтому вводится допущение, что пьезометрический напор постоянен по высоте. Процесс переноса загрязнения под гидротехническим сооружением, подземный контур которого задан в виде полукруга (рис.1), описывается уравнением [2]: , , , (1) с начальными (2) и граничными условиями , (3) где D – коэффициент диффузии, активная пористость, АВ - граница верхнего бьефа, СА - граница нижнего бьефа, радиус подземного контура, а составляющие скорости и фильтрационных потоков под гидротехническим сооружением вычисляются следующим образом: , , (4) где действующий напор, коэффициент фильтрации.

Рис. 1 - Схема гидротехнического сооружения Установившееся движение воды под гидротехническим сооружением (рис.1) описывается уравнением: , , (5) с граничными условиями: , (6)

2. Численное решение. Для численного решения системы (1) – (6) используется метод конечных разностей [3]. В области вводится сетка узлов: , и полагается , , . Конечно-разностный аналог краевой задачи (1) – (5) имеет вид: , , (7) , , (8) , , , ; (9) , , (10) , (11) , ; , . (12) Система (7) и (12) решается итерационным методом [4].

3. Результаты расчетов. Рассматривается модельный пример, когда значение радиуса окружности R (рис.1), ограничивающей расчетную область снизу, выбирается таким образом, чтобы его значение не вносило погрешность в решение задачи. Исходные данные: $D=$, $k=1,0$, м, м, , $R=10$ м, м. В начальный момент времени ($t=0$) на границе верхнего бьефа АВ концентрация загрязнения $c=1$, а в остальных точках физической плоскости $c=0$. На рис.2 приводится распространение концентрации на момент времени $T=15$ сут, полученное в ходе решения задачи (1)-(6). Для сравнения на

рис.3 приводится распространение концентрации, полученного при помощи аппарата комплексного анализа [5]. Анализ результатов показал, что поля концентрации, полученные в области комплексного потенциала w и физической области z , согласуются качественно и количественно (расхождение значений концентрации в узлах сетки не более 2-3%). В следующем примере моделируется выброс загрязнения из трубы. На границе условие $s=1$ выполняется лишь в трех узлах. Исходные данные приведены в первом примере. Результат расчета при $T=15$ сут приведен на рис.4. Из полученных результатов видно, что со временем загрязнение за счет конвективного и диффузионного переноса доходит до нижнего бьефа и ее концентрация в этой области увеличивается. Рис. 2 - Поле концентрации в области $z()$ при $T=15$ сут Рис. 3 - Поле концентрации в области $w()$ при $T=15$ сут Рис. 4 - Поле концентрации. $T=15$ сут Вывод Разработан вычислительный алгоритм для моделирования процесса распространения загрязнения под гидросооружением при различных видах его источников