

## Расчет концентрации в двумерном потоке: ОТЧЕТ

Линейный источник в ограниченном в разрезе пласте. Постоянный источник загрязнения

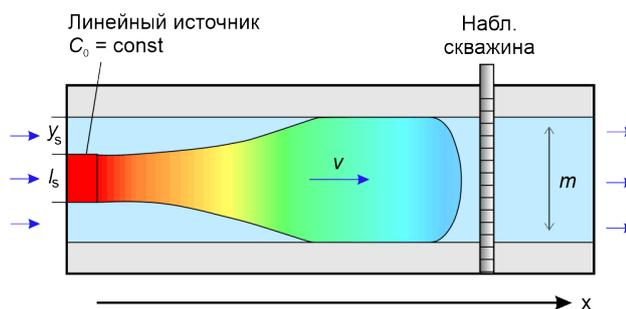


Рис. 1. Миграция в двумерном фильтрационном потоке

Источник	Линейный
Граничное условие	$C_0 = \text{const}$
Режим	Нестационарный
Дисперсия	Да
Распад (в растворе и на породе)	Да
Сорбция (равновесная, линейная)	Да
Начальная концентрация	Нет

Концентрация в точке  $(x, y)$  на момент времени  $t$ :

$$C(x, y, t) = C_0 \left\{ \frac{l_s}{2m} \Phi_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\sin[\eta(y_s + l_s)] - \sin(\eta y_s)}{i\pi} \cos(\eta y) \Phi_i \right\},$$

$$\Phi_i = \exp\left(x \frac{u - \mu}{2D_x}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{Rx - \mu t}{2\sqrt{tD_x R}}\right) + \exp\left(x \frac{u + \mu}{2D_x}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{Rx + \mu t}{2\sqrt{tD_x R}}\right),$$

$$\mu = \sqrt{u^2 + 4D_x R (\eta^2 D_y / R + \lambda)},$$

$$\eta = i\pi / m,$$

$$u = \frac{v}{n}, \quad R = 1 + \frac{\rho_b \cdot K_d}{n},$$

$$D_x = \frac{\delta_L v + D_{x-eff}}{n} = \delta_L u + D_{px}, \quad D_y = \frac{\delta_T v + D_{y-eff}}{n} = \delta_T u + D_{py}, \quad D_{x-eff} = nD_{px}, \quad D_{y-eff} = nD_{py},$$

где

$C_0$  – граничная концентрация, мг/л;

$C(x, y, t)$  – расчетная концентрация, мг/л;

$D_{px}, D_{py}$  – поровый коэффициент молекулярной диффузии по оси  $X$  и  $Y$ , м<sup>2</sup>/сут;

$D_x, D_y$  – поровая дисперсия по оси  $X$  и  $Y$ , м<sup>2</sup>/сут;

$D_{x-eff}, D_{y-eff}$  – эффективный коэффициент молекулярной диффузии по оси  $X$  и  $Y$ , м<sup>2</sup>/сут;

$K_d$  – коэффициент сорбционного распределения, г/см<sup>3</sup>;

$l_s$  – длина источника, м;

$m$  – мощность пласта, м;

$n$  – активная пористость, –;

$R$  – фактор задержки, –;

$t$  – время от начала загрязнения, сут;

$u$  – действительная скорость фильтрации, м/сут;

$v$  – скорость фильтрации Дарси, м/сут;

$x, y$  – расстояние от середины линейного источника по оси  $X$  и  $Y$ , м;

$y_s$  – расстояние от верхней границы пласта, м;

$\lambda$  – константа распада, 1/сут;

$\rho_b$  – плотность породы в сухом состоянии, см<sup>3</sup>/г;

$\delta_L, \delta_T$  – продольная и поперечная дисперсивность, м.

Таблица 1

Параметры для расчета концентрации

Параметр	Значение
Активная пористость, $n$ , –	0.2
Скорость фильтрации Дарси, $v$ , м/сут	0.005
Действительная скорость фильтрации, $u$ , м/сут	0.025
Длина источника, $l_s$ , м	1
Расстояние от верхней границы пласта, $y_s$ , м	0
Мощность пласта, $m$ , м	20
Продольная дисперсивность, $\delta_L$ , м	2
Поперечная дисперсивность, $\delta_T$ , м	2
Эффективный коэффициент молекулярной диффузии по оси $X$ , $D_{x\_eff}$ , м <sup>2</sup> /сут	0.000005
Продольная поровая дисперсия, $D_x$ , м <sup>2</sup> /сут	0.050025
Поровый коэффициент молекулярной диффузии по оси $X$ , $D_{px}$ , м <sup>2</sup> /сут	0.000025
Эффективный коэффициент молекулярной диффузии по оси $Y$ , $D_{y\_eff}$ , м <sup>2</sup> /сут	0.000005
Поперечная поровая дисперсия, $D_y$ , м <sup>2</sup> /сут	0.050025
Поровый коэффициент молекулярной диффузии по оси $Y$ , $D_{py}$ , м <sup>2</sup> /сут	0.000025
Коэффициент сорбционного распределения, $K_d$ , г/см <sup>3</sup>	0
Плотность породы в сухом состоянии, $\rho_b$ , см <sup>3</sup> /г	1.7
Фактор задержки, $R$ , –	1
Константа распада, $\lambda$ , 1/сут	0.00015
Граничная концентрация, $C_0$ , мг/л	1
Время от начала загрязнения, $t$ , сут	36500
Расстояние от источника загрязнения по оси $X$ , $x$ , м	100
Расстояние от источника загрязнения по оси $Y$ , $y$ , м	0
<b>Расчетная концентрация в точке <math>(x, y)</math> на момент времени <math>t</math>, <math>C(x, y, t)</math>, мг/л</b>	<b>0.028285</b>

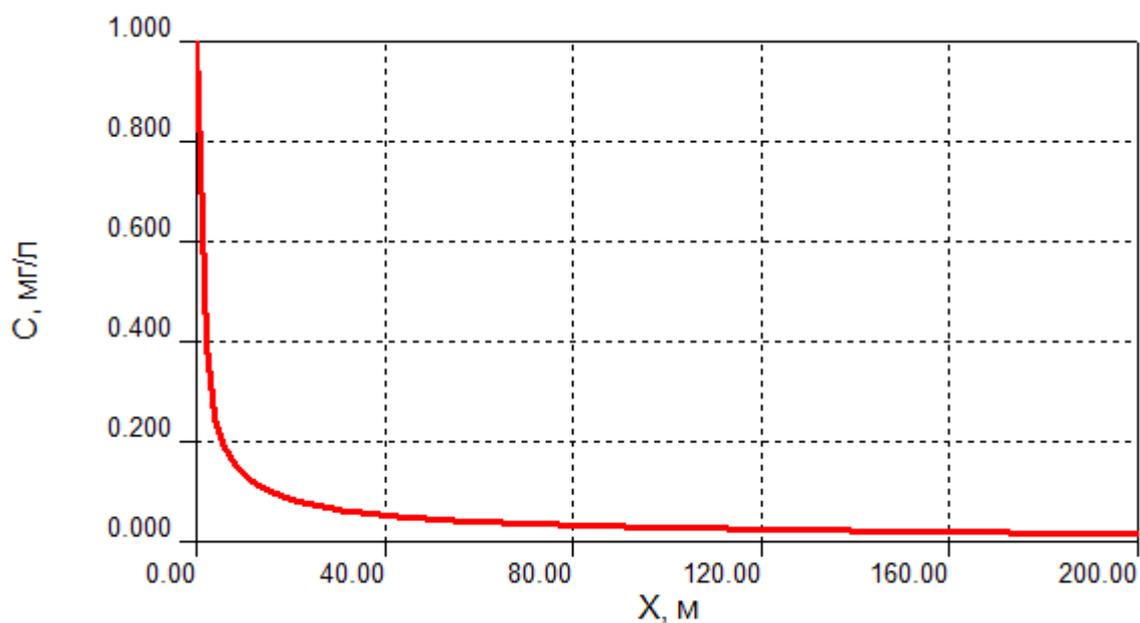


Рис. 2. Изменение концентрации по оси X ( $y = 0$  м) на время 36500 сут

**Расчетные значения концентрации, мг/л**

$C$ , мг/л	$x$ , м
0	0.9995955
2	0.3959589
4	0.2490967
6	0.189675
8	0.1567195
10	0.1353099
12	0.1200399
14	0.1084627
16	9.930108E-02
18	9.181929E-02
20	8.556119E-02
22	8.022784E-02
24	7.561437E-02
26	7.157525E-02
28	6.800383E-02
30	6.481999E-02
32	6.196206E-02
34	5.938166E-02
36	5.704012E-02
38	5.490606E-02
40	5.295359E-02
42	5.116111E-02
44	4.951036E-02
46	4.798575E-02
48	4.657387E-02
50	4.526306E-02
52	4.404313E-02
54	0.0429051

Таблица 2

56	4.184107E-02
58	0.040844
60	3.990762E-02
62	3.902636E-02
64	3.819519E-02
66	3.740962E-02
68	3.666562E-02
70	3.595954E-02
72	0.0352881
74	3.464836E-02
76	3.403763E-02
78	3.345351E-02
80	0.0328938
82	3.235654E-02
84	3.183994E-02
86	3.134238E-02
88	3.086239E-02
90	3.039864E-02
92	2.994993E-02
94	2.951516E-02
96	2.909333E-02
98	2.868355E-02
100	0.028285
102	2.789692E-02
104	2.751865E-02
106	2.714957E-02
108	2.678912E-02
110	2.643677E-02
112	2.609208E-02
114	2.575462E-02

116	2.542399E-02
118	2.509984E-02
120	2.478185E-02
122	2.446973E-02
124	2.416319E-02
126	0.023862
128	2.356592E-02
130	2.327474E-02
132	2.298828E-02
134	2.270635E-02
136	2.242878E-02
138	2.215544E-02
140	2.188617E-02
142	2.162085E-02
144	2.135935E-02
146	2.110157E-02
148	0.0208474
150	2.059675E-02
152	2.034951E-02
154	2.010562E-02
156	1.986498E-02
158	1.962752E-02
160	1.939317E-02
162	1.916187E-02
164	1.893356E-02
166	1.870816E-02
168	1.848563E-02
170	1.826592E-02
172	1.804896E-02
174	1.783472E-02
176	1.762314E-02
178	1.741418E-02
180	1.720781E-02
182	1.700396E-02
184	1.680262E-02
186	1.660373E-02
188	1.640726E-02
190	1.621318E-02
192	1.602145E-02
194	1.583203E-02
196	0.0156449
198	1.546003E-02
200	1.527737E-02

## Литература

*Wexler E.J.* Analytical solutions for one-, two-, and three-dimensional solute transport in groundwater systems with uniform flow // Techniques of water-resources investigations of the U.S. Geological Survey. 1992. Book 3. Chapter B7.