

5. Каранетян А. М. Оптимизация оптимального конструирования ЭВМ—М.: Сов. радио, 1973—149 с.
6. Мурадян А. А., Каранетян А. М. К вопросу применения многовариантных алгоритмов в процессе многокритериальной оптимизации//Тез. докл. II Всесоюзной конф. по актуальным пробл. информатики и выч. техники.—Ереван: ВЦ АН Арм.ССР.—с. 40—41.
7. Каранетян А. М., Мурадян А. А., Каранетян М. А. Система алгоритмов сравнения и размещения на основе упорядочения многоярных отношений//Промышленность, строительство и архитектура Армении.—1986—№ 10.—с. 54—56.
8. Мурадян А. А., Каранетян А. М., Хачоян Г. М. Некоторые примеры из класса задач размещения и метод их решения//Тез. докл. V научно-техн. конф. молодых ученых и специалистов района 26 Комиссаров.—Ереван, 1986.—С. 27—28.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 3, 1988

ГИДРОТЕХНИКА

С. А. АПАНЯН, В. С. САРКИСЯН

ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА ПОРОВЫХ РАСТВОРОВ И ГРУНТОВЫХ ВОД ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЯДОХИМИКАТОВ И УДОБРЕНИЙ

При поливах орошаемых земель, когда грунтовые воды залегают неглубоко, поливные воды, насыщенные химическими препаратами, доходят до уровня грунтовых вод и загрязняют их. Поэтому представляет практический интерес развитие количественных методов прогнозирования процессов миграции в почвогрунтах ядохимикатов.

Рассмотрен гидродинамический метод прогноза гидрохимического режима подземных вод при внесении в почву удобрений и ядохимикатов с учетом кинетики растворения, сорбции и разложения.

Кинетика растворения описывается уравнением вида:

$$\partial N_1 / \partial t = -\gamma_1 (C_m - C) N_1, \quad (1)$$

где N_1 —весовое содержание вещества в твердой фазе грунта; C_m —концентрация насыщения данного элемента в воде; α_1 —показатель, отражающий характер загрязнения грунта; γ_1 —коэффициент скорости растворения.

Сорбционные процессы описываются уравнением кинетики:

$$\partial N_2 / \partial t = \gamma_2 n_0 (C - C_0), \quad (2)$$

здесь N_2 —количество вещества, поглощенного твердой фазой; γ_2 —константа скорости сорбции; C_0 —концентрация растворенного вещества, равновесная с N_2 , поглощенного твердой фазой; n_0 —пористость.

Связь между величинами N_2 и C_0 определяется изотермой сорбции. Наиболее общими являются нелинейная изотерма Ленгмюра и Генри [1]. При большой емкости поглощения уравнение кинетики принимает вид:

$$\partial N_2 / \partial t = \gamma_2 n_0 C. \quad (3)$$

Разложение веществ, внесенных в почву под действием химических факторов (гидролиз, окислительные и восстановительные реакции), описывается уравнением необратимой кинетики:

$$\frac{\partial N_3}{\partial t} = \gamma_3 n_0 C, \quad (4)$$

где N_3 —количество разложившегося вещества; γ_3 —коэффициент неконсервативности.

Прогноз изменения содержания ядохимикатов и удобрений в грунтах зоны аэрации и грунтовых водах осуществляется на базе геохимической гидродинамики. Принимается, что в грунтах зоны аэрации мощностью z_0 внесены химические вещества, концентрация каждой фазы которых по глубине распределяются по экспоненциальному закону:

$$C_1(z, 0) = C_{10} \exp\left(-\alpha \frac{z}{z_0}\right), \quad (5)$$

где C_{10} —концентрация ядохимиката на поверхности почвы в момент времени $t=0$; α —параметр, зависящий от механического состава почвы и определяемый экспериментально. Предполагается также, что на поверхности земли подается поливная вода, содержащая такие же препараты с постоянной концентрацией C_0 . Уровень грунтовых вод в начальный момент времени находится на глубине z_0 . Через определенный промежуток времени t_1 поливные воды доходят уровня грунтовых вод и начинается их подъем с постоянной скоростью W . Предполагается также, что диффузионный перенос в грунтах зоны аэрации мал по сравнению с конвективным переносом, а в зоне грунтовых вод преобладает диффузионный перенос над конвективным.

Задача сводится к интегрированию следующей системы уравнений:

$$-v^* \frac{\partial C_1}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial t} = \gamma_1 \frac{\partial C_1}{\partial t}, \quad 0 < z < z_0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \gamma_1^* C_1, \quad (7)$$

$$D^* \frac{\partial^2 C_2}{\partial z^2} = \gamma_2 \frac{\partial C_2}{\partial t}, \quad z_0 < z < \infty, \quad (8)$$

при краевых условиях

$$t = 0; \quad \left| \begin{array}{l} C_1(z, 0) = C_{10} \exp\left(-\alpha \frac{z}{z_0}\right), \end{array} \right. \quad (9)$$

$$\left| \begin{array}{l} C_2(z, 0) = C_{20} \exp(-\gamma) = k, \end{array} \right. \quad (10)$$

$$\left| \begin{array}{l} N(z, 0) = N_{10}; \end{array} \right. \quad (11)$$

$$t > 0; \quad \left| \begin{array}{l} z = 0, \quad C_1(0, t) = C_0 = \text{const}, \end{array} \right. \quad (12)$$

$$\left| \begin{array}{l} z \rightarrow \infty, \quad \frac{\partial C_2}{\partial z} = 0. \end{array} \right. \quad (13)$$

На подвижной границе:

$$C_1(z - Wt, t) \Big|_{z=z_1-Wt} = C_2(z - Wt, t) \Big|_{z=z_2-Wt}, \quad (14)$$

здесь $C_1(z, t)$, $C_2(z, t)$ — соответственно концентрации ядохимиката в зонах аэрации и грунтовых вод; D^* — коэффициент диффузии; μ_1, μ_2 — активные пористости ненасыщенной и водонасыщенной зон; γ^* — коэффициент скорости поглощения (детоксикации); v^* — скорость фильтрации. Начало координат расположено на поверхности земли, ось z направлена вертикально вниз.

В начальных этапах развития фильтрационных процессов, когда фронт загрязнения не доходит до уровня грунтовых вод, достаточно исследовать уравнения (6), (7). При этом необходимо рассматривать две области — перед ($z < vt$) и за фронтом загрязнения ($z > vt$).

Уравнения (6), (7) с условиями (9), (11), (12) решаются путем преобразования Лапласа. Для концентрации $C_1(z, t)$ решение имеет вид:

$$C_1(z, t) = \begin{cases} C_0 \exp\left(-\frac{\gamma}{v}z\right), & z < vt; \end{cases} \quad (15)$$

$$C_1(z, t) = \begin{cases} C_{10} \exp\left[-\alpha \bar{z} - \left(\gamma - \alpha \frac{v}{z_0}\right)t\right], & z > vt, \end{cases} \quad (16)$$

где $v = v^* \mu_1$; $\gamma = \gamma^* \mu_1$; $\bar{z} = z/z_0$.

Зависимости (15), (16) в дальнейшем служат в качестве граничных условий при $z = z_0$ для решения дифференциального уравнения (8). Интегрируя уравнение (7) с условием (11), получаем формулу для нахождения концентрации твердой фазы ядохимикатов:

$$N(z, t) = \begin{cases} \gamma C_0 t \exp\left(-\frac{\gamma}{v}z\right) + N_{10}, & z < vt; \end{cases} \quad (17)$$

$$N(z, t) = \begin{cases} \frac{\gamma C_{10} e^{-\alpha \bar{z}}}{\gamma - \alpha \frac{v}{z_0}} \left[1 - \exp\left(\alpha \frac{v}{z_0} + \gamma\right)t \right], & z > vt. \end{cases} \quad (18)$$

Решение задачи (8) с условиями (10), (13) — (16) имеет вид [2] соответственно до смыкания фронта загрязнения с уровнем грунтовых вод C_{21} и после C_{22} :

$$C_{21}(z, t) = \left\{ \frac{k}{2} \left[e^{\frac{W^2 t - 2Wy}{4D}} \Phi^* \left(\frac{Wt + y}{2\sqrt{Dt}} \right) - e^{\frac{W^2 t + 2Wy}{4D}} \Phi^* \left(\frac{Wt + y}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] + \right. \\ \left. + \frac{k}{2} e^{\lambda t} \left[e^{\frac{y\sqrt{\lambda}}{D}} \Phi^* \left(\frac{y}{2\sqrt{Dt}} - \sqrt{\lambda t} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + e^{\frac{y\sqrt{\lambda}}{D}} \Phi^* \left(\frac{y}{2\sqrt{Dt}} + \sqrt{\lambda t} \right) \right] \right\} e^{\lambda y - \gamma t}; \quad (19)$$

$$C_{22}(z, t) = \left\{ \frac{k}{2} \left[e^{\frac{W^2 t - 2W'y}{4D}} \Phi^* \left(\frac{Wt - y}{2\sqrt{Dt}} \right) - e^{\frac{W^2 t + 2W'y}{4D}} \Phi^* \left(\frac{Wt + y}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] + \right. \\ \left. + \frac{k}{2} e^{\gamma_1 t} \left[e^{-y\sqrt{\frac{\gamma_1}{D}}} \Phi^* \left(\frac{y}{2\sqrt{Dt}} - \sqrt{\gamma_1 t} \right) - \right. \right. \\ \left. \left. - e^{y\sqrt{\frac{\gamma_1}{D}}} \Phi^* \left(\frac{y}{2\sqrt{Dt}} - \sqrt{\gamma_1 t} \right) \right] \right\} e^{\pi y - \gamma_1 t}, \quad (20)$$

где

$$k = C_{10} e^{-\gamma_1 z_0}; \quad \lambda = \lambda_1 + \frac{2(W + v)}{z_0}; \quad \lambda_1 = \frac{w^2}{4D} - \gamma_1; \quad \frac{w}{2D} = \pi; \\ k_1 = C_0 e^{-\gamma_1 \frac{z_0}{v}}; \quad \gamma_1 = \gamma \frac{W}{v} + \gamma_0; \quad \gamma = \frac{W^2}{4D}; \quad \Phi^*(\theta) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty e^{-\theta^2} d\xi; \quad (21) \\ y = z - (z_0 - Wt).$$

В случае отрицательного λ выражение функции ошибок от комплексного аргумента в формуле (19) имеет вид:

$$F(x) = e^{-2iab} \Phi^*(a - ib) + e^{2iab} \Phi^*(a + ib), \quad (22)$$

где $x = a + ib$, $a = y/2\sqrt{Dt}$; $b = \sqrt{\beta t}$; $\beta = -\lambda > 0$.

Так как $F(x) = F(\bar{x})$, следовательно

$$F(x) = 2 \operatorname{Re} [e^{2iab} \Phi^*(a + ib)]. \quad (23)$$

Учитывая известную формулу для функции ошибок от комплексного аргумента

$$\Phi^*(a + ib) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty e^{-\xi^2} d\xi = \Phi^*(a) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-a^2} \int_0^b e^{\xi^2} (\sin 2a\xi + i \cos 2a\xi) d\xi$$

и определяя действительную часть в выражении (23), получаем зависимость, аналогичную приведенной в [3].

Окончательное решение задачи для концентраций ядохимикатов в случае отрицательного λ будет иметь следующий вид:

$$C_{23}(z, t) = \left\{ \frac{k}{2} \left[e^{\frac{W^2 t - 2W'y}{4D}} \Phi^* \left(\frac{Wt - y}{2\sqrt{Dt}} \right) - e^{\frac{W^2 t + 2W't}{4D}} \Phi^* \left(\frac{Wt - y}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] + \right. \\ \left. + \frac{k}{2} e^{\gamma_1 t} F(x) \right\} e^{\pi y - \gamma_1 t}, \quad (24)$$

где

$$F(x) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left[\cos(2ab) \Phi^*(a) + e^{-a^2} \int_0^b e^{\xi^2} \sin[2a(y - b)] dy \right]$$

Полученные зависимости (15) — (21), (24) дают возможность прогнозировать изменение концентрации ядохимикатов, подверженных разложению и сорбции, в зонах аэрации и грунтовых вод для любых значений λ .

Երբ III ևմ. Կ. Մարքս

21. VI. 1986

ՈՒ ԱՆԱՆՅԱՆ, Վ. Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ԲՆԱՀՈՂԱՅԻՆ ՋՐԵՐԻ ԵՎ ՄԱԿՈՏԿԻՆ ԼՈՒՄՈՒՅԹՆԵՐԻ ՈՐԱԿԻ ԿԱՆՈՐՈՇՈՒՄԸ ԹՈՒՆԱՔԻՄԻԿԱՏՆԵՐԻ ԵՎ ՊԱՐԱՐՏԱՆՅՈՒԹՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ԴԵՊԳՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Բերված է բնահողի մեջ մտցված ֆունտրիմիկատների և պարարտանյութերի տեղափոխության մասին խնդրի լուծումը և ծակոտկեն լուծույթի խտության ու բնահողային ջրերի փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում և տարածությունում:

Խնդրի լուծման առանձնահատկությունը կայանում է նրանում, որ հաշվի է առնված ոռոգման ժամանակ բնահողային ջրերի մակարդակի փոփոխությունը, որը սահման է հանդիսանում օդահագեցման դոսիսների և բնահողային ջրերի միջև: Ստացված են բանաձևեր, որոնք թույլ են տալիս կանխորոշել օդահագեցման դոսիսների բնահողի մեջ մտցվող առանձին բաղադրիչների խտության փոփոխությունը: Հաշվարկային բանաձևերը թույլ են տալիս կանխորոշել ինչպես ծակոտկեն լուծույթների ու բնահողային ջրերի, այնպես էլ պինդ բաղադրիչի խտությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Методы прогноза солевого режима грунтов и грунтовых вод // И. И. Веригин, С. В. Васильев, В. С. Саркисян и др.—М.: Колос, 1979.—336 с.
2. Карслюу Г., Еггер Э. Теплопроводность твердых тел.—М.: Наука, 1964.—488 с.
3. Шулгин Л. Ф., Акимян С. А. Моделирование миграции в почвогрунтах агрохимикатов, подверженных разложению и сорбции // Гидравлика русловых и подземных потоков: Сб. науч. тр.—Казань, КГУ, 1987.—С. 78—82.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 3, с. 1988

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Б. Г. АРУТЮНОВ, Г. А. НАЛЧАДЖЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ВЫХОДНОГО ПАРАМЕТРА АКТИВНОСТИ ВИНИЛАЦЕТАТА

Для оптимизации действующих химико-технологических процессов построение экономико-математических моделей часто производится на основе сбора и обработки статистических данных параметров управления. При этом предполагается, что распределение вероятностных значений параметра управления описывается нормальным законом.