

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А.И. Мед. паразитология и паразитар. болезни, 1,3-5, 1984
2. Африкян Э.К. Эпигенопатогенные бактерии и их значения, 418, Ереван. 19
3. Кандыбин Н.В., Ермолова В.П., Барбшюва Н.М. Бюлл. ВНИИ п.-х. микробиологии, 36, 45-47, 1982.
4. Карпов Э.Г., Игнатьев В.И., Попов А.И. Методические рекомендации по изучению микроорганизмов-регуляторов численности опасных насекомых клещей, М., 1984
5. Меликсетян В.Ш., Чилингариан К.О., Кулакова Т.А., Карпов Э.Г. Тез. VII съезда ВМО, Алма-ата, 7, 47, 1985.
6. Швецова О.И. Методические указания по испытанию бактериального препарата энтобактерина. Л., 1960.
7. Вегас Н. de C.R.Acad.Sci-Paris, ser. D., 286, 10,797-800 1978
8. Koller W.R., Clark T.B., Lindgren J.E., Ho B.C. & Rogoff M.H & Singer S.J. Invert. Patiol., 7, 442-446, 1965
9. Singer S. Develop. Ind. Microbiol., 20, 1979.

Поступила 9 IX.1994

Биолог. журн. Армении, 1(48), 1995.

УДК 556.14

О ПРОЦЕССЕ РАССОЛЕНИЯ ПОЧВЫ И ОПТИМИЗАЦИИ ЕЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА

С.Г.КАРАПЕТАН

НИИ водных проблем и гидротехники, 375047, Ереван

Разработана методика определения длины рассоленного слоя почвы образовывающегося в процессе впитывания воды и оптимизации почвенно-водно-солевого режима, которая позволяет создавать благоприятные условия для получения максимального урожая сельскохозяйственных культур.

Մշակված է հողան ջրի ներծծման պրոցեսում գոյացող աղակերժված ձևով երկրաբանական որոշման և հողա-ջրա-աղային ռեժիմի օպտիմիզացման հարցով, որը հնարավորություն է տալիս ստեղծել փայտանոցի աղանմանը հարմարեցված կուլտուրաների առավելագույն բերք ստանալու համար:

Method for determination of length of the desalinated layer of soil, which is formed during the absorption process of water, have been presented. The regularities between one length (size) of soil layer desalted and the layer of filtrated water have been revealed. The methodical approaches optimization of water-saline relationships is proposed for obtaining of maximum yield of agricultural crops.

Мелиорация - рассоление почвы - водно-солевой режим почвы

Исследование процесса солепереноса в мелиоративной науке развивалось в двух направлениях - эмпирическом и теоретическом. К первому направлению относятся работы Л.П.Розова, В.А.Ковды,

Е.М.Легостаева, В.Р.Болобуева, П.С.Панин и других авторов. Ими предложены эмпирические формулы, с помощью которых определяют норму промывной воды при обессоливании земель.

В основу теоретических разработок [1-5, 7, 8] положен метод физико-химической гидродинамики. Согласно этому методу, физическая сущность солепереноса рассматривается как вынужденная конвекция фильтрационным потоком с развитием молекулярной диффузии, растворения и выноса солей.

Цель нашей работы - разработать новый метод для решения данной задачи, существенно отличающийся от применяемых методов.

Процесс рассоления почвогрунта нами рассматривается в виде изменения длины рассоленного слоя в зависимости от количества профильтровавшейся воды. Принимается, что в рассоленном слое изменение концентрации почвенного раствора во времени и воздействия конвективного и диффузионного процессов на ход солепереноса завершены, поэтому необходимость в определении трудно-решаемых коэффициентов диффузии и растворения отпадает. Это позволит намного упростить решение поставленной задачи.

Применяются следующие исходные условия:

- процесс рассоления рассматривается в колонне однородного засоленного почвогрунта, длина которого принимается равной высоте капиллярной каймы;

- соли в почве рассматриваются в виде почвенного раствора;

- содержание солей в почве выражено в виде отдельных солей, а не ионов

Результаты и обсуждение. Исходной позицией теоретического обоснования процесса солепереноса является объективно существующий факт, наблюдаемый в ходе насыщения сухого почвогрунта. Это - разделение количества впитавшейся в сухую почву воды на две равные части. Первая насыщает определенную глубину почвы Z_1 , а вторая транзитом проходит через этот слой, удовлетворяя условию перемещения отмеченной поверхности воды на длину Z_1 [6]. На этой основе получено уравнение скорости впитывания первой порции воды в слое высоты капиллярной каймы. С помощью этого уравнения получена зависимость для определения скорости фильтрации. Указанные уравнения также являются исходной позицией для теоретического обоснования процесса солепереноса.

Рассмотрим процесс перемещения солей в колонне однородного насыщенного почвогрунта при нисходящем движении воды. Коэффициент полной влагоемкости равен w_1 , в долях единицы. Длина колонны равна высоте капиллярной каймы (H_K), которая в сухом состоянии насыщается слоем воды $h_{пр}$. Параметр H_K является

пределной глубиной засоления почвогрунта. Среднее содержание данной соли в колонне равно c_n . После рассоления заданного слоя почвогрунта содержание солей в рассоленном слое достигает определенной величины c_b , равной количеству этой же соли в подаваемой воде (рис).

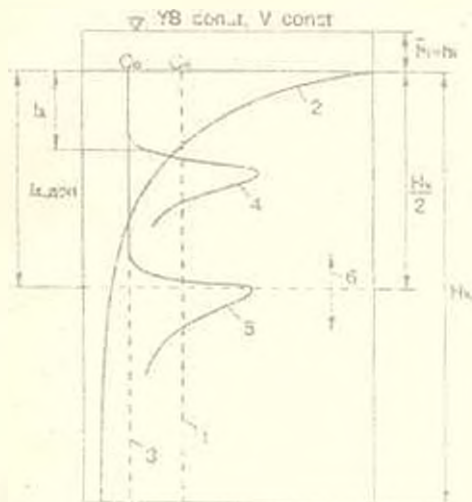


Рис. Схема перемещения солей в почвогрунте

1. Среднее содержание солей в слое H_k (c_n). 2. Распределение концентрации почвенного раствора в слое H_k до промывки. 3. Остаточное содержание солей, равное концентрации подаваемой воды (c_b). 4. Перемещение максимальной концентрации солей ниже рассоленного слоя при фильтре $h_{дон}$. 5. Перемещение максимальной концентрации солей ниже допустимой глубины рассоления ($H_k/2$). 6. Направления движения воды и солей на допустимой глубине почвогрунта

Допустим, что максимальная концентрация почвенного раствора находится у поверхности земли и c_b меньше c_n . Тогда при прохождении максимальной концентрации почвенного раствора или отмеченной поверхности воды через насыщенный слой H_k в нем будем иметь однократный водообмен между поступающей пресной и стекающей минерализованной водами. В результате из слоя H_k будет вынесено определенное количество соли. При определенном числе водообменов среднее содержание данной соли в слое H_k уменьшится до предельной величины, равной количеству этой же соли в подаваемой воде, и из слоя H_k будет вынесено количество данной соли, равное

$$\Delta c = c_n - c_b$$

(1)

Аналогичный процесс имеет место в верхних частях слоя H_k . Допускается, что в каждом цикле водообмена из рассоленного слоя

выносится среднее количество данной соли, равное одной части Dc_0 от общего количества выносимой соли D с.

Из вышеизложенного вытекает, что при однократном водообмене в слое H_k на определенной глубине l_1 кратность водообмена достигает предельной величины k_p , и на этой глубине почвогрунт рассоляется. Это значит, что максимальная концентрация почвенного раствора перемещается ниже слоя l_1 и содержание соли в нем падает до минимальной постоянной величины. Этот процесс выражается равенством

$$l_1 = H_k / k_p \quad (2)$$

Уравнение скорости фильтрации показывает почти линейное изменение скорости в зависимости от слоя воды над поверхностью земли. Допустим, что при данном слое воды над поверхностью колонны истинная скорость фильтрации в грунте равна v_1' . Тогда длина перемещения максимальной концентрации почвенного раствора в насыщенном почвогрунте l_1 за единицу времени t_0 составит

$$l_1 = v_1' t_0 \quad (3)$$

Аналогично равенству (2) для слоя l_1 можем написать

$$l_x = v_1' t_0 / k_p \quad (4)$$

где l_x - длина рассоленного слоя почвогрунта за единицу времени

Если максимальная концентрация почвенного раствора за единицу времени перемещается на длину l_1 , то при прохождении этой концентрации на длину H_k с постоянной скоростью фильтрации потребуется t_1 времени. Это значит, что перемещение отмеченной поверхности воды в слое l_1 повторится t_1 или k_p раз, что позволяет написать следующее равенство:

$$k_p = H_k / l_1 = t_1 / t_0 = H_k / v_1' t_0 \quad (5)$$

Как видно из уравнений (2) и (5), при определенном слое воды над поверхностью колонны можно достичь такой скорости фильтрации, которая обеспечила бы условие $k_p = k_p'$. Тогда из уравнений (2) и (5) можем вывести

$$t_1 = k_p t_0, \quad H_k = l_1 t_1 \quad \text{и} \quad l_1 = l_1' = v_1' t_0 \quad (6)$$

Если при однократном водообмене в слое H_k из него выносится одна часть общего количества выносимой соли (Dc_0), то при кратности водообмена k_p в слое l_1 из него будет вынесено D с

количество данной соли, и он рассолится. На этой основе и с учетом равенства (2) устанавливается соотношение между параметрами H_k , D_{c0} и $k_p l_i$. D_c и выводится равенство

$$k_p = H_k D_c / l_i D_{c0} \quad (7)$$

Подставляя значение k_p из уравнения (7) в уравнение (4), получим зависимость для определения длины рассоленного слоя от величин: l_i :

$$l_{xj} = v' l_i D_{c0} l_j / H_k D_c \quad (8)$$

С учетом равенств $v' = v/w_1$, $l_i = h_j/w_1$ и $H_k = h_{np}/w_1$ зависимость (8) примет вид.

$$l_{xj} = v' l_i D_{c0} h_j / w_1^2 H_k D_c \quad \text{или} \quad l_{xj} = v' l_i D_{c0} h_j / w_1 h_{np} D_c \quad (9)$$

где v - скорость фильтрации, см/мин, h_j - заданный слой фильтруемой воды, см; h_{np} - слой воды, насыщающий сухой почвогрунт на глубине H_k , см. Параметры h_{np} и H_k определяются по следующим формулам [6].

$$h_{np} = 2h_0/m \quad H_k = 2h_0/mw_1$$

Коэффициент водоотдачи определяется по формулам $m = 1 - 2w_1/4w_1$ или $m = w_1 - m$, где m - предельная полевая влагемкость в долях единицы. Параметр v определяется по следующей зависимости [6]:

$$v_j = 2h_0^2 m_1 / l_0 [4h_0 w_1^2 - h_j (2w_1^2 m + w_1^2 m^2 - 2m^2 + m^3)] \quad (10)$$

где h_j - заданный слой воды над поверхностью земли (см)

Для проверки достоверности зависимости (9) проведены полевые опыты

В таблице приведены данные опытов и расчетов, откуда видны положительные результаты.

При современной методике определения нормы поливной воды исходным показателем является увлажнение определенного слоя почвы без учета особенности перемещения солей в данном слое. Это не позволяет полноценно регулировать водно-солевой режим почвы и обеспечить высокий урожай сельскохозяйственных культур. Указанный недостаток устранен в описываемой ниже методике оптимизации почвенно-зодно-солевых условий.

После стекания избытка воды из слоя H_k его длина увеличивается на величину H_{km} , составляя $H'_{km} = H_k(1+m)$. Влажность в указанном слое характеризуется коэффициентом предельной полевой влагемкости (m).

Из практики поливного земледелия известно, что при дефиците воды в активной зоне 20-30 % от предельной полевой влагемкости необходимо поливать почву. Примем, что указанный дефицит воды составляет 25 %. Тогда исходная влажность (w_1) в слое H_k будет равна 0,75 m .

Таблица. Расчетные и фактические величины рассоленного слоя при промывке земель Араратской равнины

Делянка	Площадь, м ²	W ₁	m	h _{к,расч} h _{к,ф} м	NaCl Δс %	h' см	h м	v _{рас} V _ф м/сут	l _{к,расч} м	l _ф м
1 1976	1	0,488	0,0123	3,3 3,4	0,623	10	1,55	0,395 0,31 1,79	0,97 1,49	0,9 1,5
2 1976	1	0,488	0,0123	3,33 >3	0,459	15	0,59	0,4 0,4 0,24	0,71 0,86	0,8 0,85
								0,343		
								0,468		
								0,076	0,463	0,069
								0,468		
								0,16	0,56	0,165
1 1977	1	0,488	0,0123	3,33 3,25	0,686	35	0,249	0,468 0,498 0,946	0,228	0,23
								0,339	0,59	0,7
								1,685	0,98	0,95
								0,317		
2 1977	1	0,488	0,0123	3,33 3,2	0,324	10	1,054	0,395 0,383 0,395	1,57	1,6
								1,557	0,431	2,61
									2,5	
								0,2	0,527	0,3
								0,3	0,527	0,44
1 1977	1	0,488	0,0123	3,33 3,2	0,452	50		0,527	0,59	0,55
								0,139	0,38	0,16
								0,266		0,17
								0,28	0,38	0,32
								0,266		0,28
1 1978	1,44	0,488	0,0123	3,33 3	0,292	5	0,56	0,38 0,286 0,903	0,69	0,8
								0,286	1,11	1,1

Спыты показывают, что интенсивность впитывания и испарения воды, а также восходящее перемещение солей на глубине $H_k/2$ резко сокращаются, поэтому указанная глубина является активной зоной интенсивного движения воды и солей вниз и вверх. Дефицит воды для насыщения слоя $H_k/2$ при исходной влажности 0,75 m составляет

$$h_1 = H'_k(w_1 - 0,75m)/2 \quad (11)$$

Насыщение слоя $H_k/2$ происходит с определенной средней скоростью впитывания (v_{bn}), величина которой устанавливается из уравнения впитывания, имеющего следующий вид [6]:

$$v_{bnj} = v_2 w_1 t_j^2 / \{v w_1 t_j^2 - t_0 [v_1 v t_j - v t_j (0,75m + (4h_0 + v t_j) / H_k)]\} \quad (12)$$

Как видно из (12), условия насыщения слоя $H_k/2$ характеризуется равенством

$$w_1 = 0,75m + (v t_j + 4h_0) / H_k$$

откуда значение t_j составляет

$$t_j = H'_k [(w_1 - 0,75m) - 4h_0] / v \quad (13),$$

где параметр v определяется по формуле (10). Имея величину t_j по (14) подсчитывается средняя скорость впитывания воды в слое $H_k/2$:

$$v_{bn} = H'_k m / 2 t_j \quad (14)$$

С учетом равенства (11) формула (9) для условия полива земель примет вид:

$$l_x = v_{bn} t_0 D c_0 H'_k (w_1 - 0,75m) / 2 m h_{np} D c \quad (15)$$

Для заданного слоя впитавшейся воды величина l_x определяется по формуле

$$l_{xj} = v_{bn} t_0 D c_0 h_j / m h_{np} D c \quad (16)$$

Анализ зависимости (16) показывает, что входящие в нее параметры характеризуют почвенно-водно-солевые условия, которые можно оптимизировать и получить максимальный урожай сельскохозяйственных культур. Так, при данном слое профильтровавшейся воды и количестве питательных веществ в различных грунтах длина рассоленного слоя может быть больше или меньше величины $H_k/2$. При условии когда $l_x > H'_k/2$, соли или питательные вещества безвозвратно опускаются ниже этой глубины, и плодородие почвы уменьшается. Подобная картина наблюдается в песчаных грунтах, где скорость фильтрации большая, и параметр h_{np} или H_k имеет меньшее значение. Это условие может быть и при поливе легких почв большими поливными нормами. Если глубина рассоленного слоя значительно меньше величины $H'_k/2$ ($l_x < H'_k/2$), то максимальная концентрация почвенного раствора или питательных веществ будет находится в верхних слоях почвы и ниже лежащие корни растений будут лишены возможности пользоваться ими, что также снизит урожайность. Это характерно для глинистых почв и при применении малых поливных норм. Оптимальные значения водно-физических свойств почвы, в частности w_{10m} и h_{np} и H_{kp} , будут соответствовать наилучшему варианту перемещения максимальной концентрации питательных веществ в слое $H'_k/2$.

Принцип оптимизации водно-физических свойств почвы следующий. Известно, что значение параметра w_1 больше в глинистых почвах и меньше в песчаных. Для коэффициента водоотдачи (m) имеем обратную картину. Отсюда следует, что при песковании глинистых почв значение параметра w_1 будет уменьшаться, а параметра m - увеличиваться. При глинизации песчаных почв и их уплотнении значения указанных параметров будут меняться в

обратном направлении. В соответствии с изменением вида и структуры почвогрунта меняется и его плотность (ρ). Графики функций $w(d)$ и $m(d)$ имеют противоположные направления, поэтому их построение позволяет фиксировать точку пересечения этих графиков. Она соответствует оптимальному виду или структуре почвы с оптимальными значениями w_{1on} и m_{on} . На основании параметров w_{1on} и m_{on} устанавливается вид или способ обработки почвы и определяются величины $H_{k,on}$ и $v_{bn,on}$.

Для определения параметра D_{con} задаемся величиной I_x , исходя из вида растения и глубины залегания основной массы корневой системы, и по формуле (16) устанавливаем оптимальную величину D_{con} . Затем по значению c_b определяем расчетное количество вносимых в почву питательных веществ ($c_{n,on}$) по формуле.

$$c_{n,on} = D_{con} + c_b \quad (17)$$

В указанных выше формулах и зависимостях отсутствуют эмпирические коэффициенты. Основным параметром является константа w_1 , величину которой следует определять правильно с неоднократным повторением опытов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов С.Ф., Рех Л.М. Сб. Мат-лы симп. по мелиорации почв содового засоления, 667-691, Ереван, 1969
2. Анахян А.К. Дренаж при освоении содовых солончаков. М., 1971
3. Веригин Н.Н. Докл. АН СССР, 89, 2, 220-232, 1953
4. Веригин Н.Н. Изв. АН СССР, ОНТ, 10, 13469-1332, 1953
5. Веригин Н.Н., Шершукое Б.С., Шапинская Г.Н. Тр. координационных совещаний по гидротехнике, 35, 27-36, М., 1967
6. Карапетян С.Г., Торосян М.А. Вопросы водного хозяйства, мелиорации и гидротехники Армении, 12, 117-126, Ереван, 1991
7. Шестаков В.М. Сб. Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель, 46-47, 1971
8. Шестаков В.М., Рошаль А.А., Пашковский И.С. Вопросы гидрогеологии, 83-97, М., 1973

Поступила 03.II.1993.