

сіңіру қабілетіне сай келетін, корды үнемдеу және экологиялық қауіпсіз тұзданған жерлерді шаюдың технологиясы құрылды, ал ол табиғи топырақтың пайда болу үрдісін сақтауға мүмкіншілік береді.

Кілт сөздер: топырақ, тұзданған, шаю, экология, қалдықсыз, қауіпсіз, технология, үрдіс, топырақтың дамуы, қарқыны, суды сіңіру қабілеті.

Mustafaev Zh.S., Kozykееva A.T., Abdeshev K.B.

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY JUSTIFICATIONSALINE SOILS

Annotation

Based on the principles of non-waste technology and secure natural resources, as well as the laws of nature resource designed and environmentally sound technologies flushing saline soils, taking into account intensity of flushing according to soil permeability, allowing to preserve the natural soil-forming processes.

Keywords: soil salinity, flushing, ecology, waste-free, secure, technology, process, soil formation, intensity, water permeability

УДК 631.413.3

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Абдешев К.Б.

*Казахский национальный аграрный университет,
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССОЛЕНИЯ–ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ НА ОСНОВЕ ЗАКОНОВ ПРИРОДЫ

Аннотация

На основе систематизации и анализа промывки засоленных земель бассейна реки Тентек и модели природы, характеризующих процесс рассоления-засоления почв, разработана математическая модель выщелачивания засоленных почв с учетом гидродинамического процесса впитывания воды в почву.

Ключевые слова: промывка, засоление, почва, модель, рассоление, процесс, вода, впитывание, гидродинамика.

Введение

В настоящее время уровень развития количественной теории в современной науке о почве позволяет приступить к созданию моделей количественного и качественного описания почвообразовательных и гидрогеохимических процессов, используя в качестве основного аппарата исследование математического моделирования. Одной из основных трудностей при разработке этих моделей – большое число параметров, которые необходимо принять во внимание, рассматривая влияние факторов внешней среды на важнейшие составляющие почвообразовательного процесса, формирование засоленных почв в ландшафтных системах. Важно, чтобы построенные модели отражали основные связи между наиболее существенными факторами формирования и функционирования гидрогеохимических процессов и воспроизводили их главные составляющие.

Поскольку любые модели не могут воспроизвести во всех подробностях сложную динамику засоления и рассоления почв, ставилась задача моделировать те взаимодействия

между внешними факторами и природными процессами, которые подчиняются строго законам Природы. При этом разработка динамических моделей процессов засоления и рассоления почв позволит исследовать влияние природных условий на важнейшие процессы формирования почв, объяснить целый ряд особенностей воздействия этих условий на гидрогеохимический режим почвообразования, изучить адаптивные реакции почвы на изменения условий внешней среды.

Цель работы - разработать математическую модель выщелачивания солей на основе решения уравнений затухания колебательного процесса в механике и проведение промывки засоленных почв по тактам, обеспечивающих гармоническое колебание движения воды и солей в почвенной толще, являющихся теоретической базой для совершенствования технологии промывки засоленных почв.

Материалы и методы

Исследования процессов солеотдачи при промывке засоленных почв базируются на основах физико-математического моделирования почвенно-экологических процессов, системном анализе динамики влаго- и солепереноса в пористых средах.

Обобщив многолетний опыт промывок засоленных почв, осуществленных в разных условиях научными и производственными организациями, В. Р. Волобуев теоретически обосновал вывод уравнения для расчета промывных норм [1]. В самом деле, количество воды N , профильтровавшейся в почву за время t , можно выразить как $N = V \cdot t$, где V - скорость фильтрации – величина постоянная. Это дает основание записать:

$$-d[S]/dN = k[S], \quad (1)$$

или

$$-d[S]/[S] = k dN. \quad (2)$$

Интегрирование этого уравнения дает:

$$-\ln[S] = k \cdot N + C, \quad (3)$$

Принимая граничные условия для скорости выщелачивания солей равными S_H и S_O (где S_H и S_O – начальное и допустимое) и для промывной нормы $N = 0$ и N , то есть: $S = S_H$ при $N = 0$ и $S = S_O$ при $N \neq 0$, тогда запишем:

$$-\ln[S](S_O/S_H) = k \cdot N + C. \quad (4)$$

После ряда преобразований (4) имеем

$$\ln(S_H/S_O) = k \cdot N. \quad (5)$$

При переходе от натуральных логарифмов к десятичным зависимость имеет вид:

$$2,303 \lg(S_H/S_O) = k \cdot N, \quad (6)$$

так как $\ln = 2.303 \cdot \lg$:

Решая уравнение $2,303 \lg(S_H/S_O) = k \cdot N$ относительно N , получим:

$$N = (2.303/k) \cdot \lg(S_H/S_O). \quad (7)$$

Легко заметить, что $2.303/k$ является условным коэффициентом, отражающим способность почвы к солеотдаче, то есть при $2.303/k = \alpha$, получим формулу В. Р. Волобуева. В. Р. Волобуев для раскрытия сущности зависимости $N = \alpha \lg(S_H/S_O)$, найденной ранее на основе обобщения большого опытно-производственного материала, и вывода ее теоретическим путем обращается к законам кинетики химических реакций [2].

В основе этой теории лежит фундаментальное положение Гульдберга и Вааге [3; 4], согласно которому скорость химической реакции пропорциональна активным массам реагентов. Применение этого принципа приводит к общим выражениям для скорости

реакций, в которых каждая активная масса концентрации возводится в степень, соответствующую значению ее коэффициента в уравнении реакции. В этом случае, уравнение скорости химических реакций первого порядка записывается дифференциальным уравнением:

$$d[A]/dt = k[A], \quad (8)$$

где $d[A]$ – изменение концентрации $[A]$ за бесконечно малый промежуток времени dt ; k – коэффициент, зависящий от природы исходных веществ и других условий опыта.

После ряда преобразований и выражения результата в десятичных логарифмах, уравнение скорости химической реакции первого порядка (8) будет иметь вид:

$$2,303 \cdot \lg\{A_0/[A]\} = k \cdot t, \quad (9)$$

где $[A_0]$ – исходное количество вещества; $[A]$ – количество вещества, изменившееся за время.

Таким образом, процесс выщелачивания солей можно представить как простейшую форму химической реакции первого порядка, если допустить, что скорость выщелачивания солей V будет функцией количества воды N , участвующей в этом процессе, что стало предметом исследования.

При промывке какого-то объема почвы (например, 1 м^3) его насыщают до полной влагоемкости тактами, то есть следующими одна за другой порциями воды, равными объему водоотдачи ($ПВ - МГ$), то при нисходящем токе (вертикальная фильтрация) с каждым объемом водоотдачи, уходящим из почвы, выносятся растворенные в этом объеме соли (ΔS_i), и запас солей в почве уменьшается ровно на столько ($S_{ni} = S_n - \Delta S_i$), сколько содержится солей в объеме водоотдачи. Следовательно, с убыванием каждого очередного объема водоотдачи запас легкорастворимых солей в промываемом объеме почвы будет все меньше и меньше и в какой-то момент достигнет предела токсичности (S_{don}).

Таким образом, число объемов водоотдачи (n), умноженное на объем водоотдачи, составит норму фильтрата (N_n), необходимую для снижения запаса солей в почве от исходного (S_n) до предельного (S_o). В этом и состоит простейший механизм выноса из почвы запаса легкорастворимых солей при промывке [5].

Объект исследований - засоленные земли бассейна реки Тентек Алматинской области Республики Казахстан как особая форма рационализации деятельности человека для обеспечения экологической устойчивости и продовольственной безопасности населения.

Результаты исследований

Широкое распространение засоленных почв и необходимость при освоении их затрат, больших объемов водных ресурсов на капитальные промывки требует изучения механизма процесса солеотдачи и совершенствования технологии промывок, а также методов расчетов промывных норм, обеспечивающих наиболее рациональное и экономное расходование воды. Как известно, при изучении кинетики химических реакций, интенсивность рассоления почв при промывках можно усилить за счет изменения скорости инфильтрационного потока воды путем изменения объема подачи воды на один такт и межполивных периодов (таблица 1) [6].

Таблица 1 - Изменение солевого режима почв при различных схемах технологических промывок

Промывная норма	Норма разовых промывных норм	Запасы солей, т/га		Количество вымытых солей (ΔS), т/га	Коэффициент солеотдачи
		исходные - S_u	остаточные- S_o		
1	2	3	4	5	6
Алматинская область, Тентекский массив					
Содово-сульфатное засоление (1,273 % от веса сухой почвы)					
18000	1000	227.4	57.94	169.46	3.03
	2000	227.4	18.08	159.32	3.44
	3000	227.4	79.66	147.74	3.95
24000	1000	225.6	47.53	181.07	3.40
	2000	225.6	53.13	172.17	3.84
	3000	225.6	65.30	160.30	4.46
30000	1000	220.7	28.85	191.85	3.40
	2000	220.7	47.60	173.10	4.50
	3000	220.7	64.96	155.79	5.56
Хлоридно-сульфатное засоление (1.378 % от веса сухой почвы)					
18000	1000	234.5	58.63	175.87	2.99
	2000	234.5	64.48	170.02	3.21
	3000	234.5	73.28	161.22	3.56
24000	1000	230.6	38.68	191.92	3.10
	2000	230.6	52.07	178.53	3.72
	3000	230.6	61.00	169.60	4.16
30000	1000	237.4	23.13	208.27	3.30
	2000	237.4	42.24	195.16	4.00
	3000	237.4	49.52	187.88	4.41
10000	1000	115.34	59.04	61.98	3.44
	2000	115.34	62.68	58.34	3.78
	1000	74.42	43.63	34.12	4.75
	2000	71.82	44.71	33.66	4.82

Результаты экспериментальных материалов и системный анализ имеющего опыта промывок при различных их режимах показали, что, чем продолжительнее взаимодействие промывной воды с почвой, тем полнее достигается равновесие между концентрациями солей в почвенном растворе и фильтрате и, тем сильнее промывная вода насыщается солями, которые в итоге увеличивают солеотдачу почвы, то есть количественные показатели динамики минерализации фильтрационных вод в зависимости от изменения скорости их потока в промывной толще и степени засоления почвогрунтов.

Обсуждение

При этом было установлено, что движение воды в мелиорируемой толще осуществляется по затухающей кривой колебательного движения [2].

Этот факт на практике реализуется путем промывок тактами, когда движение воды в мелиорируемой толще можно рассматривать как колебания (когда промывка регулярно повторяется через определенное время), происходящие в системе с одной степенью свободы и находящиеся в состоянии устойчивого равновесия, при небольшом отклонении от того состояния, когда совершается гармоническое колебание вследствие того, что на

тело действует сила, возвращающая его к положению его равновесия, то есть $R = -k \cdot x$, где k - коэффициент восстановления фильтрационных свойств мелиорируемой толщи; x - длина пути прохождения промывной воды [6].

Затухание колебательного процесса широко распространено в природе и технике, и этот вид движения совершается за счет силы сопротивления $F = -\mu \cdot (dx/dt)$ и силы восстановления $R = -k \cdot x$. Знак минус указывает, что эти силы направлены противоположно движению тела, то есть движение промывной воды в мелиорируемой толще зависит от силы тяжести. Тогда движение воды в мелиорируемой толще почвогрунта описывается дифференциальным уравнением второго порядка [6]:

$$m(d^2x/dt^2) = -k \cdot x, \quad (10)$$

где m - масса промывной воды (разовой промывной нормы); d^2x/dt^2 - ускорение промывной воды в мелиорируемой толще; k - коэффициент восстановления фильтрационных свойств мелиорируемой толщи; x - длина пути прохождения промывной воды.

Следовательно, в этом случае ускорение промывной воды в почвенном слое ($m(d^2x/dt^2)$) пропорционально смещению и направлено в противоположную сторону и является силой восстановления, которая характеризуется обесструктурированием и набуханием почвы.

В реальных системах, помимо такой восстанавливающей силы, всегда действуют силы другого типа, например, силы трения (сопротивления) - $F = -\mu \cdot (dx/dt)$, где μ - коэффициент трения (сопротивления). Если они достигают значительной величины, то их влияние может существенно нарушать гармоничность колебаний. В этом случае уравнение движения воды в мелиорируемой толще с прерывистой водоподачей отличается от уравнения движения воды в мелиорируемой толще с постоянной водоподачей, описывается дифференциальным уравнением затухающих колебаний:

$$m(d^2x/dt^2) + \mu(dx/dt) + k \cdot x = 0, \quad (11)$$

сила пропорционально скорости движения воды в мелиорируемой толще, то есть $\mu \cdot (dx/dt)$ - силы сопротивления, которые характеризуются трением воды первоначально с почвенных частиц, а позже - о водные пленки, покрывающие эти частицы [88].

Так как изменение энергии колеблющегося тела должно быть равно работе сил трения, то при элементарном перемещении dx энергия тела изменяется на величину:

$$-\mu \cdot (dx/dt) = -\mu(dx/dt)^2 dt = -k \cdot V^2 \cdot dt \quad (12)$$

или, если течение жидкости подчиняется закону Дарси, определяется из выражения [7]:

$$F = \frac{v \cdot V \cdot \rho}{k \cdot \rho} [m_o \cdot f(x) \cdot dl], \quad (13)$$

где v - абсолютная вязкость жидкости (г·см/сек); V - скорость фильтрации (см/сек); k - коэффициент проницаемости (см²); ρ - удельная плотность (г/см³); m_o - пористость; $f(x)$ - площадь поперечного сечения потока грунтовых вод (см²); dl - толщина элементарного сечения (см).

Скорость диффузии определяется на основании закона диффузии Фика (18). Если вместо q подставить поверхность твердого вещества, а вместо dC/dt - падение концентрации вступающих в реакцию растворимых веществ в обволакивающих слоях

жидкости $(C - \theta) / \delta = C / \delta$ и проинтегрировать уравнение (20), допустив, что поверхность твердого вещества остается равна $C_t = (n_o - n_t) / W$ (где n_o – количество реагента, имеющегося в объеме W раствора к началу опыта, а n_t – количество реагента, истраченного к моменту времени (t) , то получим выражение:

$$\ln \left[\frac{n_o}{n_o - n_t} \right] = D \frac{\theta \cdot t}{\delta \cdot W}. \quad (14)$$

Легко заметить, что полученная формула (14) вполне подобна формуле В. Р. Волобуева (7). Это уравнение позволяет рассчитать скорость растворения твердого вещества под влиянием любого растворенного реагента, если экспериментально определить величину δ , при выбранной скорости перемешивания.

Приняв в уравнении (14) величину $\ln[n_o / (n_o - n_t)]$ равной логарифму отношения исходного засоления, то есть $\ln[S_i / S_o]$ получим:

$$V \cdot t \cdot \lambda = \frac{\theta}{W \cdot \delta} \ln[S_i / S_o]. \quad (15)$$

Так как промывная норма есть произведение скорости инфильтрации « V » на продолжительность промывки « t », то есть $N = V \cdot t$, выражение (15) можно записать так:

$$N = \left[\frac{2.303}{\lambda \cdot W} \right] \frac{\theta}{\delta} \ln[S_i / S_o] = \frac{\alpha}{\beta} \lg \left(\frac{S_i}{S_o} \right). \quad (16)$$

С учетом физического смысла произведение, стоящее перед логарифмом можно записать так:

$$\alpha = \left[\frac{2.303}{\lambda \cdot W} \right] = \frac{V \cdot t}{\lg(S_i / S_o)}; \quad \frac{1}{\beta} = \frac{\theta}{\delta}; \quad [\alpha] = \alpha / \beta; \quad (17)$$

где α – коэффициент солеотдачи; β – параметр, который зависит от скорости перемешивания.

С учетом (16) формула (17) имеет вид:

$$N = [\alpha] \ln[S_i / S_o] = \frac{\alpha}{\beta} \lg \left(\frac{S_i}{S_o} \right). \quad (18)$$

Таким образом, параметр β , зависящий от скорости растворения твердого вещества в процессе химических реакций, но и ускорителем солеотдачи почвы при промывке засоленных почв и имеет смысл коэффициента ускорения солеотдачи. Зависимость коэффициента β от скорости инфильтрационного потока V_{ϕ} аппроксимировалась выражением:

$$\beta = 2.02 \cdot \exp(-9.57 \cdot V_{\phi}). \quad (19)$$

Как показали результаты экспериментальных материалов по промывке засоленных почв [5; 8-10] и выше приведенное теоретическое объяснение, параметр $[\alpha]$ в формуле В. Р. Волобуева является комплексной характеристикой и расшифровывается как произведение коэффициента солеотдачи (α) и коэффициента ускорения солеотдачи (β). Последний зависит только от технологии проведения промывок (дробная подача промывной нормы и водоотвода), а коэффициент солеотдачи (α) от солевого состава почвы и является константой выщелачивания, которая может быть определена при гораздо меньших затратах времени и труда по сравнению с параметрами $[\alpha]$. Постоянство β для процесса выщелачивания солей из почвы предопределяет возможность ограничить

опыты, так как коэффициент ускорения солеотдачи не зависит от солевого состава почвы, а является функцией скорости инфильтрационного потока.

В условиях острого дефицита промывной воды приведенная выше зависимость (25) позволяет определить оптимальную скорость инфильтрационного потока, при которой расход воды на промывку будет наименьшим и в мелиорации открывает новые возможности в деле рассоления почв, а также на их базе можно разработать технологии промывки засоленных почв, обеспечивающих экологическую устойчивость и безопасность природной системы [12-13].

Выводы

Интенсивность рассоления почв является динамичным процессом и зависит от степени неустойчивости гидравлического процесса в промываемой толще почв. При этом темпы рассоления почв предопределяются уровнем снижения минерализации профильтровавшейся воды, который характеризуется коэффициентом затухания колебаний минерализации профильтровавшихся вод – « $[\alpha]$ », являющийся комплексным показателем солеотдачи, который прямо пропорционально коэффициенту солеотдачи (α) и обратно коэффициенту ускорения солеотдачи (β). Это явление имеет ясный фактический смысл: по мере увеличения скорости уменьшается время контакта каждой порции воды с почвенными солями, следовательно, вода успевает растворить меньшее количество солей при замедленном оттоке фильтрата – логическое следствие механизма самого процесса промывки.

Литература

1. Волобуев В.Р. О закономерности выщелачивания солей из почвы // Гидротехника и мелиорация. 1983, №7.- с. 66-68.
2. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. – М.: Высшая школа, 1974. – 400 с.
3. Кипнис А.Я. Гульдберг и его вклад в развитие физической химии // В сборнике «Очерки по истории химии».- М., 1963.- С. 329-369.
4. Waage F. Waage Etudes sur les affinités chimiques.- Christiania, 1887. – 225 p.
5. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане.- Алматы: Гылым, 1997. -358 с.
6. Г. Крон., Т. Крон. Справочник по математике.– М.: Наука, 1974.–831 с.
7. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. – М., 2006. - 436 с.
8. Бекбаев Р.К. Влияние скорости инфильтрации на солеотдачу почв в ненасыщенных грунтах // Совершенствование мелиоративного улучшения орошаемых земель в Казахстане / Сборник научных трудов.- Ташкент, 1982. – С.76-82.
9. Вышпольский Ф.Ф., Бекбаев Р.К. Технология промывок и солеотдача почв // Почвоведение, 1984. - №7. – С. 96-103.
10. Митронькин Ю.Е. Вывод уравнения для расчета промывных норм // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1988. - №12. - С.81-88.
11. Вышпольский Ф.Ф., Бекбаев Р.К., Марьина Г.П. Моделирование процесса солеотдачи почв расчета промывных норм при изменении технологии промывок // Повышение эффективности и технического уровня оросительных систем Казахстана /Сборник научных трудов. – Ташкент, 1987.- С. 91-101.
12. Баженов М.Г., Сарсенбаев М.Х. Регулирование водно-солевого режима земель рисовых систем.- Алма-Ата: «Кайнар».- 1979.- 149 с.
13. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. - Тараз, 2004. - 306 с.
14. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Абдешев К.Б. Моделирование засоления и рассоления почвы.- Тараз, 2013. - 204 с.

Мұстафаев Ж.С., Қозыкеева Ә.Т., Абдешев Қ.Б.

ТАБИҒАТТЫҢ ЗАҢЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕ ТОПЫРАҚТЫҢ ТҰЗДАНУ-ТҰЗДАН АРЫЛУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҮЛГІСІ

Аңдатпа

Тентек өзенінің алабындағы тұзданған жерлерді шаюдың нәтижесін жүйелеу және талдаудың, топырақтың табиғи жағдайындағы тұздану-тұздан арылуды сипаттайтын табиғи заңның негізінде, топыраққа судың сүзілуінің гидродинамикалық үрдісін есепке ала отырып, топырақтың тұздан арылуының математикалық үлгісі құрылды.

Кілт сөздер: Шаю, тұздану, топырақ, үлгі, тұздан арылу, үрдіс, су, сүзілу, гидродинамика.

Mustafaev ZH.S, Kozykeeva A.T., Abdeshev K.B.

MATHEMATICAL MODELING OF BUNDLE-SALINIZATION SOIL BASED ON THE LAWS OF NATURE

Annotation

On the basis of the systematization and analysis of saline soils washing basin Tentek and model of nature that characterize the process of desalination, soil salinity, developed a mathematical model of leaching saline soils, taking into account the hydrodynamic process water to infiltrate.

Keywords: Washing, salinization, soil model, the settlement process, the water absorption, hydrodynamics.

УДК 631.82:633.2(574.1)

Онаев М.К., Копаев А.Е.

*РГП на ПХВ «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
им. Жангир хана»*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИМАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС

Аннотация

В статье приведена информация об использовании данных дистанционного зондирования для мониторинга лимана Урало-Кушумской оросительно-обводнительной системы Западного Казахстана.

Ключевые слова: оросительные системы; лиман; мониторинг, ГИС, дистанционное зондирование земель.

Введение

В начале 60-х годов прошлого столетия в Западно-Казахстанской области началось строительство крупных оросительно-обводнительных систем, с участками регулярного и лиманного орошения, для производства кормовых и овоще-бахчевых культур, обводнения пастбищ, наполнения рыбохозяйственных водоёмов и улучшения экологической обстановки в южных районах [1].