

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ
С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОГРАНИЧЕНИЯ

Ж.С. Мустафаев, доктор технических наук

А.Т. Козыкеева, доктор технических наук

Ю.Г. Безбородов, доктор технических наук

Т.К. Крлыханов, доктор технических наук

Абдешев К. Б., докторант PhD

ТАРАЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.Х. ДУЛАТИ,

Тараз, Казахстан

КЫЗЫЛОРДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.

КОРКЫТ-АТА, Кызылорда, Казахстан

*ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ- МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗОВА», г. Москва, Россия*

На основе анализа и систематизации результатов исследований промывки засоленных почв разработаны технологические схемы промывки почвы с учетом скорости впитывания воды в почвенной системе.

On the basis of analysis and systematization of results of researches on washing of in salt soils the flowsheets of adlution soil are worked out taking into account speed of absorption of water of the porous system.

Современные предложенные технологии и технологические схемы промывки засоленных земель основаны на подаче воды на поверхность почвы в короткое время большого объема воды, позволяющие растворить твердые соли и вытеснить их с гидростатическим давлением из почвенного слоя. Такие технологии промывки засоленных почв приводят, во-первых, к изменению водно-физических свойств почвенного слоя, во-вторых, к изменению направленности почвообразовательного процесса и их интенсивности, в-

третьих, промыванию из почвенного слоя гумуса, в-четвертых, поднятию уровня грунтовых вод и повышению их минерализации, в-пятых, ухудшению качества поверхностных вод, в-шестых, ухудшению экологической устойчивости ландшафтных систем, расположенных вблизи промываемых земель.

Поэтому, мероприятия, проводимые для промывки засоленных земель, не должны оказывать отрицательное влияние на компоненты природной системы и должны проводиться в пределах предельно-допустимых техногенных нагрузок природной среды. В общем, в качестве критериев можно использовать классификацию засоленных почв, предложенных Н.И. Базилевич и Е.Н. Пановой, в зависимости от содержания плотного остатка, так как по сравнению с другими методами классификации засоленных почв, они учитывают минерализацию почвенного раствора и биологическую продуктивность почвы (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация почвы по степени засоления в зависимости от содержания плотного остатка (по Н. И. Базилевич, Е. И. Панковой)

Степень засоления почвы	Содержание солей			Состояние растений, характеризующее среднюю солеустойчивость ($y_i/y_{\max}$)
	сухой остаток (γ), %	$S_{\max}$, т/га	почвенного раствора (C_p^n), г/л	
Незасоленные	<0.30	35.0	11.2	1.00
Слабозасоленные	0.30-0.50	70.0	22.4	0.80
Среднезасоленные	0.50-1.00	140.0	44.8	0.75
Сильнозасоленные	1.00-2.00	280.0	89.6	0.25
Солончаки	>2.00	>280.0	>89.6	0.00

При этом если технология промывки засоленных земель будет основана на формировании засоленных земель и процесса рассоления почв в природных системах, тогда изменение природного процесса под влиянием природных факторов будет совпадать с направлением и интенсивностью естественного процесса или будет им приближаться.

Следовательно, на основе такой позиции рассоление засоленных почв должно проводиться по этапном принципе, с использованием классификации засоленных почв от солончаков до сильнозасоленных, от сильнозасоленных до средnezасоленных, от средnezасоленных до слабозасоленных и от слабозасоленных до незасоленных (рисунок 1).

Классификация засоленных почв в зависимости от содержания плотного остатка					Показатели	
					$S_{\max},$ т/га	$\frac{V_i}{V_{\max}}$
Солончаки					<280.0	0
Сильнозасоленные	Сильнозасоленные				280.0	0.25
Среднезасоленные	Среднезасоленные	Среднезасоленные			140.0	0.75
Слабозасоленные	Слабозасоленные	Слабозасоленные	Слабозасоленные		70.0	0.80
Незасоленные	Незасоленные	Незасоленные	Незасоленные	Незасоленные	35.0	1.00

Рисунок 1- Экологическое обоснование технологической схемы промывки засоленных почв

В общем в процессе промывки почвы засоленных земель геологический круговорот воды и солей повышается несколько соти раз и нарушается основные принципы мелиорации «повышение биологического круговорота и не допущение повышения геологического круговорота воды в сравнение естественного». Следовательно, для обеспечения основ принципов мелиорации необходимо промывку засоленных земель проводить поэтапно и на основе их можно снизить техногенные нагрузки природной системы, что в определенной степени обеспечит экологическую устойчивость региона.

Для проведения промывки почв засоленных земель, во-первых, необходимо определить степень засоления (S_i) и во-вторых, определить ожидаемые продуктивности сельскохозяйственных культур (V_i) на каждом этапе освоения засоленных земель.

На каждом этапе освоения почв засоленных земель возникает необходимость определить содержания солей в почвах, обеспечивающих прогнозируемый уровень урожайности сельскохозяйственных культур на основе использования следующих функций $\bar{V}_i = f(\bar{S}_i)$.

В проведении промывки засоленных почв техническое воздействие имеет тенденцию превращаться в перманентные и все более усиливающиеся, вплоть до полной замены саморегуляции природных систем техногенным регулированием. Эти природные процессы происходят в условиях: несоответствия интенсивности подачи воды при промывке засоленных почв

(V_t^n): $V_t^n = N/t$, с интенсивностью впитывания воды в почву (V_t^e): $V_t^e = (V_o - K_\phi) \cdot \exp(-K_e \cdot t) - K_\phi$, то есть $V_t^n \gg V_t^e$, причем во временном масштабе постоянно будет увеличиваться (где N – расчетная промывная норма; t – продолжительность промывки; K_ϕ – коэффициент фильтрации; V_o – скорость впитывания в конце первого часа; K_e – коэффициент пропорциональности, который зависит от свойств почвы) [1].

Модель эволюционного гидрогеохимического процесса природной системы, описывающая массоперенос в осадочных формациях в течение геологического времени происходит по механизму молекулярной диффузии через водную фазу, то есть $dS = -\alpha \cdot S \cdot dg$, а именно определенной порцией инфильтрирующихся вод (dg) из почвенного слоя выносятся часть растворенных солей (dS) пропорциональная количеству их твердой фазы, заключенных в пределах этого слоя (где α – коэффициент солеотдачи): $S_i = S \cdot \exp(-\alpha \cdot g)$.

В настоящее время для гидрогеохимических процессов в перераспределении масс и выщелачивании солей в природных системах

принимаются уравнения физико-химической гидродинамики, кинетики химических реакций, распределения свободных пробегов частиц, теории вероятности, водно-солевой баланс и закон сохранения массы [2].

Сравнительный теоретический анализ, проведенный Ж.С. Мустафаевым [3] показал, что аналитическое решение вышеуказанных уравнений имеет генетическое сходство и является одной из модификации формулы В. Р. Волобуева: $g \cdot t = N = \alpha \cdot \lg(S/S_i)$, где t – продолжительность инфильтрации.

На основе кинетики химических реакций и аналитических решений дифференциальных уравнений конвективной диффузии и влагопереноса получена математическая модель, позволяющая установить размеры промывных норм, учитывающих динамику гидравлических процессов в почвогрунтах [3]: $N = (\alpha / \beta) \lg(S/S_i) \Sigma$, где β - скорость растворения твердого вещества в процессе химической реакции между твердыми и жидкими веществами: $\beta = 2.02 \cdot \exp(-9.57 \cdot V_t)$.

Параметр β , имеющий ясный физический смысл, зависящий от скорости растворения твердого вещества и процесса химических реакций, ускоряющий солеотдачу почв при промывке засоленных почв, он имеет смысл коэффициента ускорения солеотдачи.

Технической базой для разработки ресурсосберегающих и экологических безопасных технологий промывки засоленных почв должны стать свойства (V_t , K_ϕ) и физическая закономерность эволюционного гидрогеохимического процесса (α , β), который происходит в самой почве [2].

При анализе прогнозов трансформации гидрогеохимического режима засоленных почв в процессе промывки необходим алгоритм прогнозирования, позволяющий на каждом этапе промывки определить экологически допустимую техногенную нагрузку на природную систему (таблица 2).

На основе экспериментальных данных или уравнения $V_t^g = (V_o - K_\phi) \cdot \exp(-K_g \cdot t) - K_\phi$, необходимо построить график зависимости $V_t = f(t)$, характеризующий скорость впитывания воды в почву (рисунок 2).

Таблица 2 - Алгоритм прогнозирования выщелачивания солей и определения параметров их технологии промывки засоленных земель

Показатели	Продолжительность промывки (t), ч				
	1	10	20	48	72
V_o , м/ч	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
$K\phi$, м/ч	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
K_θ	0.2660	0.2660	0.2660	0.2660	0.2660
$(V_o - K\phi)$, м/ч	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475
$\exp(-K_\theta \cdot t)$	0.7660	0.7660	0.7660	0.7660	0.7660
V_t^e	0.0390	0.0060	0.0027	0.0025	0.0025
$N_t = V_t^n \cdot t$, м	0.00390	0.0600	0.0270	0.0700	0.0600
β .	1.3900	1.8900	1.9800	1.9800	1.9800
S , т/га	177.62	174.06	167.09	163.75	155.56
α	2.7200	2.7200	2.7200	2.7200	2.7200
$S_t = S \cdot \exp\left(-\frac{\beta}{\alpha} N_t\right)$, т/га	174.06	167.09	163.75	155.56	149.33
$q = N / 86.4 \cdot t$, м ³ /с	0.00045	0.00007	0.00003	0.00003	0.00003

Таким образом, на начальном этапе скорость впитывания будет достаточно большой, а после насыщения почвы с влаги, скорость впитывания приравняется скорости фильтрации, что дает возможность их развивать на несколько этапов (n) с учетом скорости впитывания воды почву (V_t). Для каждого подэтапа определяется средняя скорость впитывания воды в почву ($V_{tcp} = (V_{ti} + V_{ti+1})/2$) и, умножив их на продолжительности подэтапов (t_i), определяем величину промывных норм (N_{ti}), которые осуществляются в напорном режиме: ($N_{ti} = V_{tcp} \cdot t_i$).

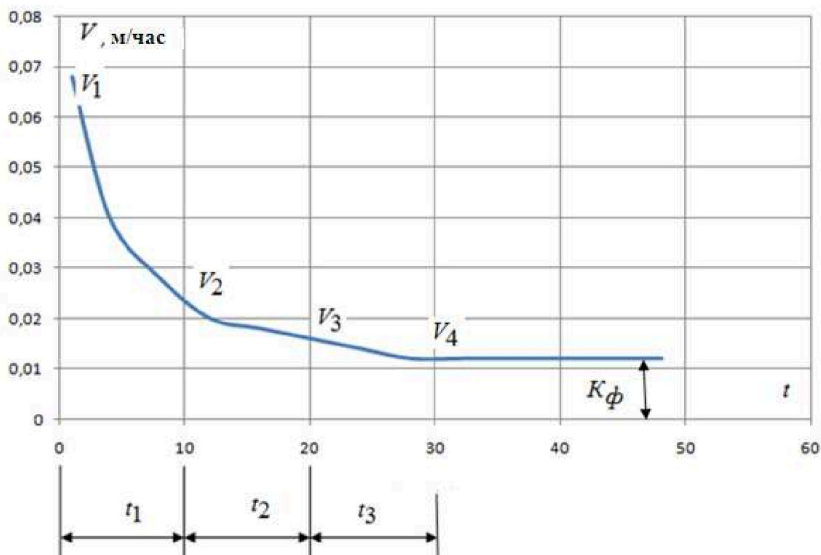


Рисунок 2 – Скорость впитывания воды в почву

В целом нормы промывки засоленных земель (N_{th}), которые осуществляются в напорном режиме, определяют по формуле: $N_{th} = \sum_{i=1}^n N_{ti}$.

Нормы промывки засоленных почв ($N_{t\bar{o}\bar{o}}$), которые производятся в безнапорном режиме, определяются по следующей формуле: $N_{t\bar{o}\bar{o}} = N - N_{th}$.

Продолжительность промывки засоленных почв в безнапорном режиме ($t_{\partial o}$) определяется по формуле: $t_{\partial o} = (N - N_{t\bar{o}\bar{o}}) / K_{\phi}$, где K_{ϕ} - коэффициент фильтрации.

Таким образом, освоение или реконструкция засоленных и вторичных засоленных земель для создания адаптивных агроландшафтов является мощным фактором воздействия на природную среду, что по своей силе соизмеримо с геологическими факторами. По существу, под их влиянием в природной системе формируются новые интегральные нарушенные природно-техногенные системы, оказывающие сложные воздействия на их экологическое состояние (таблица 3).

Таблица 3 - Интенсивность выноса веществ и их влияния на экологическое состояние природной системы

Показатели	Категория почвы			
	слабо-засоленные	средне-засоленные	сильно-засоленные	очень сильнозасоленные
Площадь (F), тыс.га	1000.0	350.0	500.0	150.0
Содержание солей в почве (S_n), т/га	45-75	75-105	105-150	>150.0
Допустимое содержание солей в почве ($S_{дон}$), т/га	45.0	45.0	45.0	45.0
$\Delta S = S_n - S_{дон}$	0.0-30	30-75	75-105	>105.0
Промывная норма нетто (N), м ³ /га	5000.0	8000.0	14000.0	18000.0
Промывная норма брутто (N), м ³ /га	8000.0	11000.0	17000.0	21000.0
$C_n = 1000 \cdot \Delta S / N$	6.0	6.5	6.4	5.8
Q , м ³ /с	200.0	200.0	200.0	200.0
Продолжительность промывки (t), сутках.	120.0	120.0	120.0	120.0
$V_n = N \cdot F / t \cdot Q$	2.40	1.35	3.37	1.30
ΔW , м ³ /га	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
E , м ³ /га	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0
$q_n = (N - \Delta W - E) / N$	0.63	0.73	0.82	0.86
$\Delta \mathcal{E} \approx 1 - \exp(-q_n \cdot C_n \cdot V_n)$	0.999	0.998	0.999	0.998

Экологическое состояние природной системы ($\Delta \mathcal{E}$) в районах промывки засоленных почв, предлагается оценивать по следующей формуле [4]:

$\Delta\mathcal{E} \approx 1 - \exp(-q_n \cdot C_n \cdot V_n)$, где C_n – минерализация дренажного или фильтрационного стока ($C_n = 1000 \cdot \Delta S / N$), г/л; V_n – доля объема транзитных вод, сбрасываемых в реку в процессе промывки ($V_n = N \cdot F / t \cdot Q$); q_n – доля объема промывных норм, поступающих из коллекторно-дренажной системы или грунтовых вод ($q_n = (N - \Delta W - E) / N$); N – промывная норма, м³/га; F – площадь засоленных земель подлежащих промывки, га; Q – расход реки, м³/га; t – продолжительность промывки, сутки; ΔW – объем промывных норм аккумулирующихся в почвенном слое, м³/га; E – потери промывных норм на испарение во время промывки, м³/га.

Как видно из таблицы 3, при промывке засоленных земель повышенный водообмен в зоне аэрации способствует усилению интенсивности выноса веществ, ионов, элементов и солей из малого биологического круговорота в большой геологический, способствующий нарушению экологического равновесия в природных системах. Поступление солей в большой геологический круговорот происходит главным образом за счет инфильтрационных промывных вод и растворенных веществ, поступающих в грунтовые воды или водоисточники из биологического круговорота, в результате в природной системе происходит резкое ухудшение экологической обстановки, так как параметр ($\Delta\mathcal{E}$) изменяется от 0 до 1, возрастание коэффициента свидетельствует об ухудшении ситуации [4].

По экологическим аспектам вынос элементов, ионов и веществ из малого круговорота в большой геологический должны быть близким к природному, то есть дополнительный приход воды и солей в гидрогеохимический поток при промывке засоленных земель не должен превышать естественный отток и искусственную дренированность: $g \cdot C_g \pm p \cdot C_p \leq Q \cdot C_o + D \cdot C_d$, где Q – отток подземных вод; $\pm p$ – вертикальный водообмен между водоносными горизонтами через водораздельные слои; $\pm g$ – вертикальный водообмен между почвой и подземными водами; D – дренажный сток; C_g – минерализация инфильтрационных вод, г/л; C_p – минерализация напорных вод в водоносных

горизонтах, г/л; C_o - минерализация подземных вод, г/л; C_d - минерализация дренажных вод, г/л.

При этом интенсивность геологического круговорота воды и химических веществ - $Q \cdot C_o + D \cdot C_d$ должна определяться с учетом и использования закономерностей ритмических колебательных изменений всех природных факторов, определяющих гидрогеохимический режим природных систем. В связи с этим, закономерность формирования природной гидрогеохимической системы, включающей химический режим водных растворов зоны активных изменений при реконструкции засоленных земель должна рассматриваться как объект управления природными системами в условиях хозяйственной деятельности человека. Следовательно, главным условием при промывке засоленных земель на фоне реконструкции техногенных нарушенных природных систем должно быть сохранение их стабильности, не допущение разрушений естественного хода эволюции, приводящего к неожиданным катастрофическим перестройкам среды обитания человека.

Библиографический список

1. Мустафаев Ж.С. Физико-математическое моделирование процесса выщелачивания солей из почвы [Текст]/ Мустафаев Ж.С. // Плодородие почв Казахстана.- Алматы: Наука. 1986. - вып. 2. - С. 64-72.
2. Мустафаев Ж.С. Моделирование засоления и рассоления почвы [Текст]/ Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Абдешев К.Б.. - Тараз, 2013.- 204 с.
3. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане [Текст]/ Мустафаев Ж.С.. – Алматы: Галым, 1997.- 358 с.
4. Хачетурьян В.Х. Обоснование сельскохозяйственной мелиорации с экологических позиций [Текст] / Хачетурьян В.Х. // Вестник сельскохозяйственной науки, М., 1990. - №5.- С. 43-48.