

Мустафаев Жумахан Сулейменович, Козыкеева Алия Тобажановна, Абдешеев Куаныш
Бакытжанович, Кирейчева, Людмила Владимировна,
Аскаралиев Бакытбек Окенович.

^{1,2,3}Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

⁴ГНУ ВНИИГиМРоссельхозакадемии, г. Москва

⁵Кыргызский национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина, г. Бишкек,
Кыргызстан

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОМЫВКЕ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

***Аннотация:** На основе принципов безотходных и безопасных технологий природопользования, а также законов природы разработаны ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии промывки засоленных земель, с учетом соответствию интенсивности промывки водопроницаемости почвы, позволяющие сохранить естественные почвообразовательные процессы.*

***Annotation:** On the basis of the principles of waste-free and safe technologies of environmental management, and also laws of the nature resource-saving and ecologically safe technologies of washing of the salted lands, taking into account compliance of intensity of washing of water penetration of the soil, the natural pochvoobrazovatelny processes allowing to keep are developed.*

Аннотация: Калдыксыз жана коркунучсуз жаратылышты пайдалануу технологиялардын принциптеринин жана ошондой эле жаратылыштын мыйзамдарынын негизинде, табигый кыртыш пайда болуучу процесстерди сактап калганга мүмкүнчүлүк берген, ресурс үнөмдөөчү жана экологиялык жактан коопсуздуу шор жерлерди тазалоочу технологиялар иштелип чыкты

Ключевые слова: почва, засоление, промывка, экология, безотходная, безопасная, технология, процесс, почвообразование, интенсивность, водопроницаемость.

Keywords: soil, salinization, washing, ecology, waste-free, safe, technology, process, soil formation, intensity, water penetration.

Ачкыч сөздөр: топурак, шор болуу, тазалоо, экология, калдыксыз, коркунучсуз, технология, процесс, кыртыш пайда болуу, интенсивдүүлүк, суу сиңип кетүү

Введение. Принципы обоснования условий промывок засоленных земель строятся на двух существенно различных позициях: эмпирической, основанной на обобщении большого фактического материала экспериментальных исследований, и теоретической, основанной на использовании закона физико-химических процессов, базирующихся на теории солепереноса и солеобмена в природной системе. В значительной степени такое положение обуславливается тем, что засоление и рассоление орошаемых земель представляют собой многофакторные процессы, теоретическое описание которых пока еще далеко до совершенства. Вместе с тем понимание этих процессов, именно в силу их многофакторности, может быть достигнуто только на основе теоретических представлений, базирующихся на принципах точных наук и в достаточно полной мере учитывающих природные условия. Поэтому основное внимание в изучении солепереноса при промывках уделяются обоснованию теоретических позиций анализа протекающих при этом процессов, стремясь к выявлению роли различных факторов.

В качестве примера для оценки экологической безопасности промывки засоленных земель на основе закона природы, с целью уменьшения опасности экологически нежелательных последствий и установление направленности и интенсивности природного процесса, выступает метод моделирования, важный в настоящее время и с теоретической и, и с практической стороны. Следовательно, при разработке «модели» промывки засоленных земель необходимо проверить правильность и точность формулировки поставленной задачи и определить их надежность для решения поставленных проблем при промывке засоленных почв.

Цель исследования. На основе законов природы и природного почвообразовательного процесса, с учетом кинетики химических реакций разработать модель рассоления почвы и экологической безопасной технологии промывки засоленных почв, где интенсивность промывки совпадает со скоростью впитывания воды почву.

Методы, результаты исследований. Теоретическое обоснование экологической безопасной технологии промывки засоленных почв базируется на модели эволюционного гидрогеохимического процесса природной системы, описывающий 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): $S_i = S \cdot \exp(-\alpha \cdot g)$.

Промывки засоленных земель вызывают глобальные нарушения в природных балансах потоков вещества и энергии, существенно перераспределяют поверхностные и подземные стоки, вовлекая в современный геологический круговорот вековые запасы легкорастворимых солей почв. Поэтому, в настоящее время существуют разные подходы для промывки засоленных почв, обеспечивающих выщелачивание солей до порога токсичности для сельскохозяйственных культур с применением результатов экспериментальных исследований и теоретических разработок на основе применения достижений фундаментальных наук к решению проблемы мелиорации сельскохозяйственных земель.

Сложность и разнообразие природных условий формирования засоленных почв требует необходимости надежного обоснования технологии их промывки в экологическом аспекте. Как известно, на практике промывка засоленных почв требует большого объема воды, которая

осуществляется с «жестким» принципом управления природой с высокой интенсивностью подачи воды за короткий промежуток времени, зачастую сопровождаясь нежелательным характером изменения природной среды. «Жесткое» техническое управление природными процессами чревато цепными природными реакциями, значительная часть которых оказывается экологически, социально и экономически неприемлемыми в длительном интервале времени. Действительно правила «жесткого» управления при промывке засоленных почв, прежде всего, связано с грубым «хирургическим» вмешательством в жизнь природных систем, что вызывает действие закона внутреннего динамического равновесия и значительное увеличение энергетических затрат на поддержание природных процессов в равновесии. Так как, любое местное преобразование природы, к которым относится промывка засоленных почв вызывает в глобальной совокупности биосферы и в ее отдельных звеньях ответные реакции, приводящие к относительной неизменности эколого-экономического потенциала, увеличение которого возможно лишь путем значительного возрастания энергетических и материальных вложений [1-4]

Поэтому, при промывке засоленных почв нельзя переходить некоторые пределы, позволяющие природным системам сохранить свойство самоподдержания, то есть самоорганизации и саморегуляции. В природе процесс самоподдержания и саморегуляции поддерживается двумя механизмами – соотношением экологических компонентов внутри системы и взаимодействием подсистем, что полностью временно нарушается при промывке засоленных почв. Так как несоответствие «целей» естественно-системной регуляции и целей промывки ориентированные по принципу «жесткого» управления природными процессами может привести к деструкции природного образования.

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^g):

$$V_t^g = (V_0 - K_{\phi}) \cdot \exp(-K_{\phi} \cdot t) - K_{\phi},$$

то есть $V_t^n \gg V_t^g$, причем во временном масштабе постоянно будет увеличиваться (где N – расчетная промывная норма; t - продолжительность промывки; K_{ϕ} - коэффициент фильтрации; V_0 - скорость впитывания в конце первого часа; K_{ϕ} - коэффициент пропорциональности, который зависит от свойств почвы).

Поэтому, с экологических позиций промывку засоленных почв необходимо проводить на основе «мягкого» управления природными системами. В отличие от «жесткого» управления «мягкое» управление, основана на улучшении бывшей естественной продуктивности экологических систем или повышения плодородия почвы путем целенаправленной и основанной на использовании объективных законов Природы.

Практика и опыт освоения засоленных земель, а также основные направления системы природопользования в области мелиорации сельскохозяйственных земель свидетельствует, о возможности выщелачивания солей из почвы на новый качественный уровень, при котором будет достигнута гибкая высокоэффективная технология промывки с неукоснительным и последовательным соблюдением принципов рационального и сбалансированного использования природных ресурсов. Так как, эколого-мелиоративное состояние ландшафта находится в прямой зависимости от соблюдения принципов управления природными процессами путем сохранения

природных ритмов гидрогеохимических потоков, определяющих устойчивость природной системы.

В настоящее время для гидрогеохимических процессов в перераспределении масс и выщелачивании солей природных систем принимаются уравнения физико-химической гидродинамики [5], кинетики химических реакций [6], распределения свободных пробегов частиц [7], теории вероятности [7], водно-солевой баланс [8] и закон сохранения массы [9].

Сравнительный теоретический анализ проведенный Ж.С. Мустафаевым [10] показал, что аналитическое решение вышеуказанных уравнений имеет генетическое сходство и является одной из модификации формулы В.Р. Волобуева [6]:

$$g \cdot t = N = \alpha \cdot \lg \left(\frac{S}{S_i} \right),$$

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 [10]:

$$N = \frac{\alpha}{\beta} \lg \left(\frac{S}{S_i} \right),$$

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.

В этой связи необходимо обратить внимание на одно наиважнейшее условие, которое практически не учитывается при промывке засоленных земель. Суть его в следующем: всякое преобразование природы не может носить произвольный характер, а всегда ограничено действием законов, совокупность которых образует свод фундаментальных положений экологии и природопользования. Значительная часть этих положений имеет самое прямое отношение к промывке засоленных почв, которое в этой связи следует рассматривать их как одно из сложных техногенных нагрузок природной системы в результате антропогенной деятельности человека. Технической базой для разработки ресурсосберегающих и экологических безопасных технологий промывки засоленных почв должны стать свойства (V_t , $K\phi$) и физическая закономерность эволюционного гидрогеохимического процесса (α , β), который происходит в самой почве [11-15].

Математическое моделирование выщелачивания солей промывки засоленных земель является серьезным научным достижением в области мелиорации почв, позволяющий детально изучить физический механизм явления. Несмотря на то, что полной идентичности математических моделей и реального объекта достичь практически невозможно, моделирование позволяет, прежде всего, качественно оценить направленность трансформации гидрогеохимического процесса при промывке засоленных почв и составить необходимый прогноз. Качественная оценка изменений гидрогеохимического режима засоленных почв в процессе промывки зависит от объема информации, ее достоверности и качества самой математической модели.

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 (таблицы 1).

Обсуждение результатов. На основе экспериментальных данных или уравнения $V_t^e = (V_o - K_{\phi}) \cdot \exp(-K_e \cdot t) - K_{\phi}$, необходимо построить график зависимости $V_t = f(t)$, характеризующих скорости впитывания воды в почву (рисунок 1).

Как видно из графика, процесс инфильтрации водных масс в грунт разделяются на инфлюацию, инфильтрацию и фильтрацию. Инфлюация – погружение водных масс в крупные трещины почвы, которые наблюдается в начальном этапе промывки. Инфильтрация – проникновение водных масс в воздушно сухие или влажные почвы под действием гравитационных и капиллярных сил, которые наблюдаются после заполнения трещины почвы в процессе промывки. Фильтрация – движение водных масс под действием градиента напоров в водоносном горизонте в условиях полного насыщения.

Таблица 1.

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

Показатели	Продолжительность промывки (t), ч				
	1	10	20	48	72
1	2	3	4	5	6
V_o , м/ч	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
K_{ϕ} , м/ч	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
K_e	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
$\exp(-K_e \cdot t)$	0.7660	0.7660	0.7660	0.7660	0.7660
$V_t^e = (V_o - K_{\phi}) \cdot \exp(-K_e \cdot t) - K_{\phi}$	0.0390	0.0060	0.0027	0.0025	0.0025
$V_t^n = V_t^e$, м/ч	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
$\beta = 2.02 \cdot \exp(-9.57 \cdot V_t^n)$	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
β/α	0.5100	0.6900	0.7200	0.7200	0.7200
$(\beta/\alpha) \cdot N_t$	0.0200	0.0410	0.0190	0.0500	0.0430
$\exp\left(-\frac{\beta}{\alpha} N_t\right)$	0.9800	0.9600	0.9800	0.9500	0.9600
$S_t = S \cdot \exp\left(-\frac{\beta}{\alpha} N_t\right)$, 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, в начальном этапе скорость впитывания будет достаточно большой, а после насыщения почвы с влаги, скорость впитывания приравнивается скорости фильтрации, что дает возможности их развивать на несколько подэтапов (n) с учетом скорости впитывания воды почвой (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:

$$(N_{ti} = V_{tcp} \cdot t_i).$$

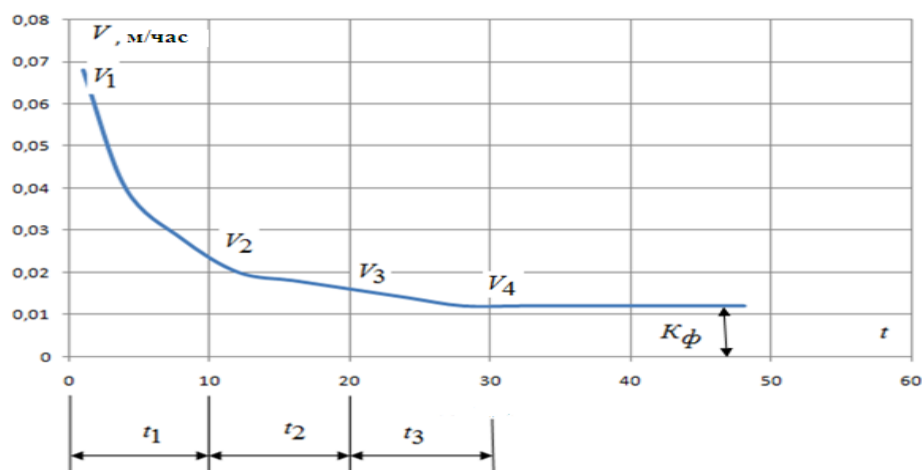


Рис. 1. Скорость впитывания воды в почву

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

Нормы промывки засоленных почв ($N_{т\delta\delta}$), промывки которых производятся в безнапорном режиме, определяются по следующей формуле: $N_{т\delta\delta} = N - N_{тн}$.

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

Выводы. Таким образом, при разработке технологии промывки засоленных почв на основе «мягкого» управления гидрогеохимического процесса в основу положено понятие закономерности природных эволюционных почвенных процессов в той интерпретации, какая была изложена выше: почва как открытая система, обладает устойчивостью, саморегулированием и находится в поступательном динамическом равновесии. При этом принцип экологически безопасной технологии промывки засоленных почв основан на разумном дозировании и регулировании техногенных нагрузок на природную систему. Дозирование - регулирование нормы промывки во временном масштабе возможно при глубоком понимании законов природных процессов, определяющих сущность геологического круговорота воды и химических веществ и экологических ограничений, которые ставятся природой перед нашей деятельностью.

При этом следует отметить, что экологосообразное освоение засоленных и восстановление техногенно-нарушенных почв природных систем с ориентацией на наукоемкие, ресурсосберегающие, безотходные технологии в перспективе определяют

стратегии реконструкции окружающей среды как среду обитания человека на этапе глубокого экологического кризиса. Однако, при сбалансированном природопользовании не может быть достигнуто только путем реконструкции природной системы, а в первую очередь требуется реконструкция мышления и деятельности всего человечества.

Список использованной литературы

1. Серебренников Ф.В. Рациональное природопользование и экологические требования к оросительным системам // Мелиорация и водное хозяйство, - М., 1993. - №4. - С.2-5.
2. Мустафаев Ж.С., Сагаев А.А., Умирзаков С.И., Ахметов Н.Х., Шегенбаев А.Т., Калманова Г. Экологическое обоснование технологических принципов промывки засоленных почв // Наука и образование Южного Казахстана, 2001. - №26.- С. 89-92.
3. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Калманова Г. Экологическое обоснование технологии промывки засоленных земель // Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды / Материалы 4-й Международной научной конференции.- Щучинск, 2002.- С. 235-237.
4. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Калманова Г. Экологическое обоснование технологии промывки засоленных почв на основе «мягкого» управления природными процессами // Наука и образование Южного Казахстана, 2002. - №30.- С. 186-189.
5. Аверьянов С.Ф., ДзяДалин. К теории промывки засоленных почв: Доклад ТСХА, вып. 56, 1960.-С. 36-41.
6. Волобуев В.Р. О закономерности выщелачивания солей из почвы // Гидротехника и мелиорация. 1983, №7.- с. 66-68.
7. Баженов М.Г. Статистические закономерности миграции солей при промывки засоленной почвы // Почвоведение. 1983, №4.-с. 189-192.
8. Попандупулос Д.К. К вопросу определения промывных норм // Гидротехника и мелиорация. 1973, №7. – с.71-74.
9. Мироненко Е.В., Пачевский А.Н., Понизовский А.А. Моделирование массообмена фаз почв на основе термодинамических уравнений физико-химических равновесий// Материалы по математическому обеспечению ЭВМ, Пушкино, 1981., вып. 5. с. 51.
10. Мустафаев Ж.С. Физико-математическое моделирование процесса выщелачивания солей из почвы // Плодородие почв Казахстана, вып. 2, Алматы: Наука. 1986. - с. 64-72.
11. Мустафаев Ж.С., Исабай С.И., Козыкеева А.Т., Сагаев А.А., Калманова Г. Способ промывки засоленных почв // Авторское свидетельство №49476. – Астана. - 2 с.
12. Мустафаев Ж.С. Экологические и методологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. – Тараз, 2004.- 306 с.
13. Мустафаев Ж.С., Ибатуллин С.Р., Рябцев А.Д. Модель природы и моделирование природного процесса.- Тараз, 2009. – 190 с.
14. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Абдешев К.Б. Моделирование засоления и рассоления почвы. – Тараз, 2013. – 204 с.
15. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане.- Алматы: Гылым, 1997. – 358 с.

Сведения об авторах

1	Фамилия, имя, отчество (полностью)	Мустафаев Жумахан Сулейменович
2	Ученая степень, ученое звание	Доктор технических наук, профессор
3	Организация (учреждение), должность	ТарГУ им. М.Х.Дулати, г. Тараз
4	Адрес	г. Тараз, ул. Жунусалиева 49/28
5	Контактный телефон	8-701-746-58-09
6	E-mail (обязателен)	z-mustafa@rambler.ru

1	Фамилия, имя, отчество (полностью)	Козыкеева Алия Тобажановна
2	Ученая степень, ученое звание	Доктор технических наук, доцент
3	Организация (учреждение), должность	ТарГУ им. М.Х.Дулати, г. Тараз, профессор

4	Адрес	г. Тараз, ул Толе би 60 и Телецентр дом 14 кв. 7
5	Контактный телефон	8-707-796-76-11
6	E-mail (обязателен)	aliya.kt@yandex.ru

1	Фамилия, имя, отчество (полностью)	Кирейчева, Людмила Владимировна
2	Ученая степень, ученое звание	доктор технических наук, доцент
3	Организация (учреждение), должность	ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, г. Москва, Главный научный сотрудник
4	Адрес	127550, Москва, Большая Академическая, 44
5	Контактный телефон	(495) 154-13-26
6	E-mail (обязателен)	kireycheva@vniigim.ru

1	Фамилия, имя, отчество (полностью)	Абдешеев Куаныш Бакытжанович
2	Ученая степень, ученое звание	Доктарант PhD
3	Организация (учреждение), должность	ТарГУ им. М.Х. Дулати, г. Тараз
4	Адрес	г. Тараз, ул Толе би 60 и Толеби 58/30
5	Контактный телефон	+7-707-126-09-09
6	E-mail (обязателен)	

1	Фамилия, имя, отчество (полностью)	Аскаралиев Бакытбек Окенович
2	Ученая степень, ученое звание	кандидат технических наук, доцент
3	Организация (учреждение), должность	Кыргызский национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина. доцент
4	Адрес	г. Бишкек, ул. Медерова, 68
5	Контактный телефон	+996 312 54-52-31
6	E-mail (обязателен)	abtajbakyt@gmail.com

Рецензент: Логинов Г.И. д.т.н., профессор.