

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Мустафаев Ж.С., *д-р техн. наук*, Козыкеева А.Т., *д-р техн. наук*

*Казахский национальный аграрный университет (Алматы)*

Абдешев К.Б., *д-р PhD*

*Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати (Тараз)*

**Реферат.** На основе принципов безотходных и безопасных технологий природопользования, а также законов природы разработано методологическое обеспечение ресурсосберегающей и экологически безопасной технологии промывки засоленных земель, с учетом соответствия интенсивности промывки водопроницаемости почвы, позволяющее сохранить естественные почвообразовательные процессы. Результаты опытно-производственного испытания рациональной и безопасной технологии промывки засоленных земель в условиях Жамбылской области Республики Казахстан показали, что в перспективе её можно использовать в системе орошаемого земледелия.

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

**Summary.** On the basis of the principles of non-waste and safe technologies for nature use, as well as the laws of nature, methodological support for re-sourcing and ecologically safe technologies for washing saline lands has been developed, taking into account the compliance of the washing permeability of soil so that natural soil-forming processes can be preserved. The results of a pilot production test of the ecological and economic justification for a rational and safe technology for washing saline lands in the Zhambyl region of the Republic of Kazakhstan have shown that they can be used in the future in a system of irrigated agriculture.

**Key words:** soil, salinity, washing, ecology, wasteless, safe, technology, process, soil formation, intensity, water permeability, production, system.

**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 законов 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 представляет собой многофакторный процесс, теоретическое описание которого 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 уделяется обоснованию теоретических позиций анализа протекающих при этом процессов, стремясь к выявлению роли различных факторов [1-9].

В качестве примера для оценки экологической безопасности промывки засоленных земель на основе закона природы, для уменьшения опасности экологически нежелательных последствий и установления направленности и интенсивности природного процесса, выступает метод моделирования, важный в настоящее время и с теоретической и с практической стороны. Следовательно, при разработке «модели» промывки засоленных земель необходимо проверить правильность и точность поставленной задачи для решения поставленных проблем [10].

Цель исследования – на основе законов природы и природного почвообразовательного процесса, с учетом кинетики химических реакций разработать методологическое обеспечение экологически безопасной технологии промывки засоленных земель, при которой интенсивность промывки совпадает со скоростью впитывания воды в почву.

**Объекты и методы исследований.** Объект изучения – засоленные земли Байзакского района Жамбылской области Республики Казахстан. Теоретическое обоснование экологически безопасной технологии промывки засоленных почв базируется на модели эволюционного гидрогеохимического процесса природной системы, описывающий массоперенос в осадочных формациях. Процесс 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 в пределах этого слоя (где  $\alpha$  – коэффициент солеотдачи):  $S_i = S \cdot \exp(-\alpha \cdot g)$  [10].

В проведении промывки засоленных почв техническое воздействие имеет тенденцию превращаться в перманентное и все более усиливающееся, вплоть до полной замены саморегуляции природных систем техногенным регулированием. Эти природные процессы происходят в условиях несоответствия интенсивности подачи воды при промывке ( $V_t^n$ ):  $V_t^n = N / t$ , 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 с увеличением во временном масштабе (где  $N$  – расчетная промывная норма;  $t$  – продолжительность промывки;  $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации;  $V_o$  – скорость впитывания в конце первого часа;  $K_e$  – коэффициент пропорциональности, который зависит от свойств почвы) [1-9].

Поэтому с экологических позиций промывку засоленных почв необходимо проводить на основе «мягкого» управления природными системами. В отличие от «жесткого» управления «мягкое» управление базируется на улучшении бывшей естественной продуктивности экологических систем или повышении плодородия почвы на основе использования объективных законов природы [11].

Перед началом промывки засоленных почв создаются чеки с нулевыми отметками, нарезаются временные оросительные сети и выводные борозды с противоположной стороны чека и борозды с углублением в сторону центра чека, при этом подачу промывной (поливной) нормы воды с помощью борозды проводят одновременно встречными струями с одинаковыми расходами до столкновения друг с другом в центре чека, с последующим выравниванием слоя воды в борозде по фронту подачи воды (рис. 1) [12].

Длина промываемого чека ( $L$ ) в зависимости от горизонтального уклона поверхности земли принимается в пределах 100-200 метров, а ширина чека ( $B$ ) определяется с учетом расстояний междурядий сельскохозяйственных культур ( $b_{\phi}$ ), возделываемых после промывки:  $B = b_{\phi} \cdot n_{\phi}$  (где  $n_{\phi}$  – количество планируемых поливных борозд по ширине чека), тогда площадь промываемого чека ( $F_a$ ) будет равна:  $F_a = B \cdot L$ .

Горизонтальный уклон дна борозды направлен в середину промываемого чека, глубина борозды в начале должна быть 10 см и в середине 20 см, для подачи воды одновременно встречными струями по этим бороздам с помощью выводных борозд, расположенных в противоположенных сторонах внутри чека.

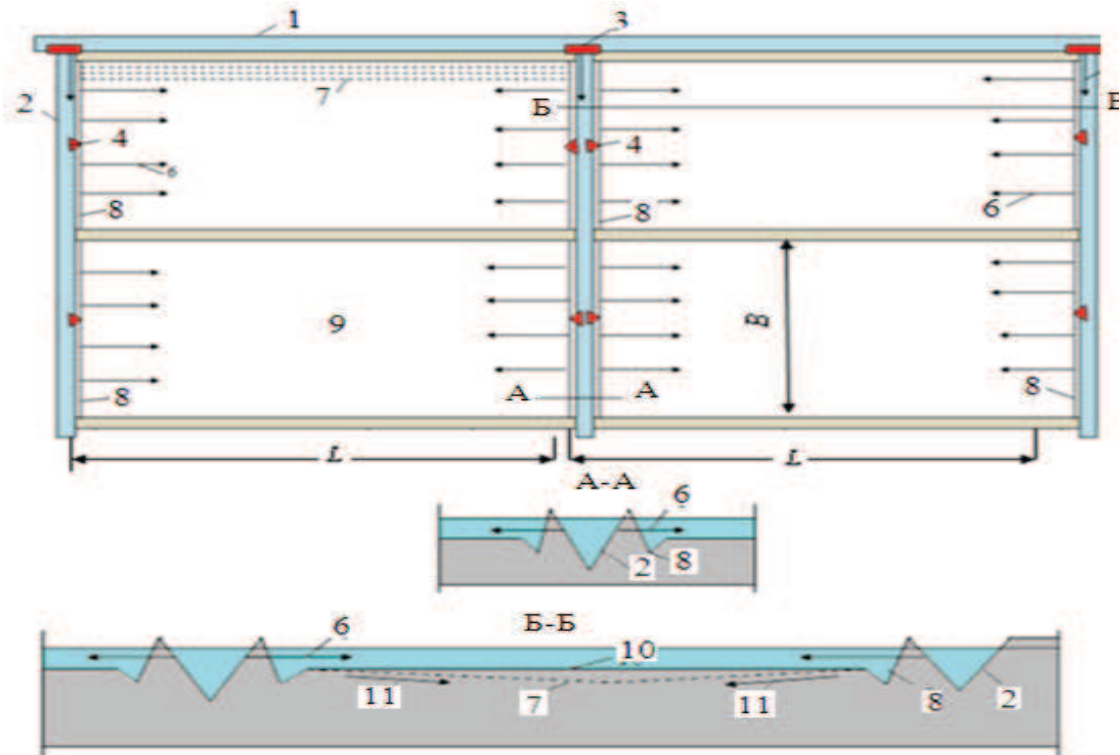


Рис. 1. Технологическая схема промывки почвенного слоя засоленных земель (1- распределительный канал; 2- временный ороситель; 3 - водовыпуск в распределительном канале; 4- водовыпуск во временном оросителе; 5- направление потока воды во временных оросителях; 6- направление полива по бороздам; 7- поливные борозды; 8- выводные борозды; 9- промываемый (поливаемый) чек; 10- поверхность земли в поливаемых чеках; 11- направление уклона дна борозды)

Расход воды в выводных бороздах определяется, исходя из удельного расхода поливаемой борозды ( $q_b$ ) и количества борозд ( $n_b$ ), расположенных внутри промываемого чека:  $Q_{oa} = q_b \cdot n_b$ , где  $q_b$  – удельный расход поливаемой борозды, л/с.

Расход воды во временных оросителях ( $Q_b$ ) определяется на основе расходов воды выводной борозды ( $Q_{oa}$ ) с учетом количества одновременно работающих выводных борозд ( $n_{oa}$ ), то есть  $Q_b = Q_{oa} \cdot n_{oa}$ .

Продолжительность работы выводной борозды ( $t_{np}$ ), то есть подачи воды промываемого чека определяется из следующей системы уравнений:

$$t_{np} = N_{i\partial} \cdot F_n / 3.6 \cdot Q_b; t_{np} = N_{i\partial} \cdot F_n / 3.6 \cdot Q_{oa}; t_{np} = N_{i\partial} \cdot F_n / 3.6 \cdot q_b \cdot n_b,$$

где  $N_{i\partial}$  – промывная норма, подаваемая в  $i$ -том этапе промывки засоленных земель, м<sup>3</sup>/га.

Промывную норму засоленных почв можно определить по формуле Ж.С. Мустафаева, позволяющей установить объемы промывных норм, учитывающих динамику гидравлических процессов в почвогрунтах [13]:

$$N = (\alpha / \beta) \lg(S / S_i),$$

где  $\beta$  – скорость растворения твердого вещества в процессе химической реакции между твердыми и жидкими веществами:  $\beta = 2.02 \cdot \exp(-9.57 \cdot V_t)$ , здесь  $V_t$  – интенсивность впитывания воды в почву (рис. 2).

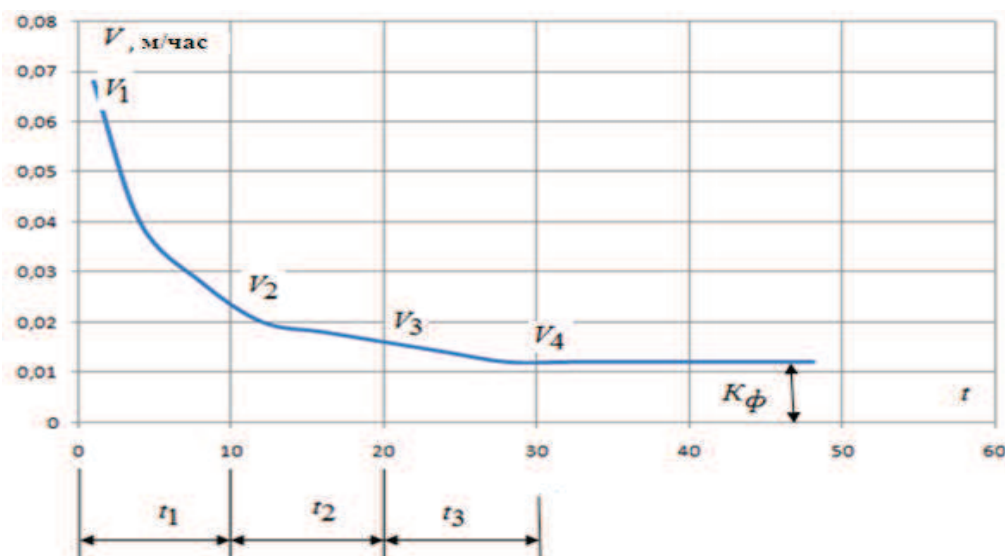


Рис. 2. Скорость впитывания воды в почву

Таким образом, в начальном этапе скорость впитывания будет достаточно большой, а после насыщения почвы влагой, скорость впитывания приравняется к скорости фильтрации, что дает возможность их разбить 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 ( $N_{ti}$ ) в напорном режиме: ( $N_{ti} = V_{tcp} \cdot t_i$ ).

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

Норму промывки засоленных почв ( $N_{t\delta\delta}$ ), которая производится в безнапорном режиме, определяют по следующей формуле:  $N_{t\delta\delta} = N - N_{th}$ . Продолжительность промывки почв в безнапорном режиме ( $t_{\delta\delta}$ ) определяется по формуле:  $t_{\delta\delta} = (N - N_{t\delta\delta}) / K\phi$ , где  $K\phi$  — коэффициент фильтрации.

Промывка засоленных почв проводится, когда среднесуточная температура воздуха будет больше  $+5^\circ\text{C}$ , то есть в начале весны: во-первых, влажность почвы будет близкой к предельно допустимой, во-вторых, соли в почвенном слое находятся в состоянии более растворенном, которое позволяет с помощью промывной нормы, дополнительно подаваемой на поверхность почвы, легко вытеснить соли ниже слоя почвы.

При промывке почв засоленных земель после возделывания более солеустойчивых сельскохозяйственных культур необходимо сохранить одинаковую технологию полива по бороздам, то есть режим — встречными струями с одинаковыми расходами.

Продвижение потока по бороздам описывается уравнением [14]:  $l = a \cdot t^\beta$ , где  $l$  — путь, пройденный потоком за время  $t$ ;  $a$  — коэффициент пропорциональности;  $\beta$  — коэффициент, характеризующий затухание скорости продвижения потока по борозде.

Средняя скорость просачивания воды в почву изменяется во времени по уравнению А.Н. Костякова [15]:  $V_t = V_0 / t^\alpha$ , где  $V_0$  — слой впитавшейся воды за первую единицу времени;  $\alpha$  — коэффициент, характеризующий затухание скорости впитывания.

Обозначая удельную интенсивность подачи воды в борозду  $q$ , среднюю глубину воды в борозде  $h$ , общую продолжительность подачи  $T$ , длину борозды  $l$ , а текущее время и длину соответственно  $t$  и  $l_t$ , представим дифференциальное уравнение баланса воды в борозде:

$$q \cdot dt = \frac{V_0}{(T-t)^\alpha} (T-t) \frac{\alpha \cdot \beta}{t^{1-\beta}} dt + h \frac{\alpha \cdot \beta}{t^{1-\beta}} dt,$$

решая которое, получим:

$$q \cdot T = (2 \cdot \beta - \beta^2) \left( \frac{V_0 \cdot T^{1-\alpha}}{2-\alpha} \right) + h) l T,$$

откуда находим  $l_t$ ,  $q$ ,  $T$  и  $m_T$ .

Значение  $m_T$  можно представить, кроме того, уравнением:

$$m_T = m \left( 1 - \frac{l}{2 \cdot l_q} \right),$$

где  $m$  – средняя поливная норма;  $l_q$  – длина добегающего потока после отключения подачи воды.

Максимально возможные расходы при неразрывающейся скорости струи в борозде определяются по формуле:  $q_{\max} = W \cdot V_{\text{дон}}$ , где  $q_{\max}$  – величина максимально возможного расхода в борозду, л/с;  $W$  – площадь живого сечения борозды, м<sup>2</sup>;  $V_{\text{дон}}$  – максимально допустимая скорость воды в борозде, зависящая от механического состава почвы, м/с.

Скорость движения воды в борозде можно определить по формуле:  $V = C \sqrt{R \cdot J}$ , где  $C$  – скоростной коэффициент по Н.Н. Павловскому:  $C = (1/n) R^y = (1/n) R^{1/3}$ , где  $n$  – коэффициент шероховатости;  $R$  – гидравлический радиус, м.

Смоченный периметр поливной борозды определяется по формуле В.Ф. Носенко:  $\alpha = q^{2/3} / i^{1/6}$ , где  $q$  – расход поливной струи, м<sup>3</sup>/ч;  $i$  – уклон борозды. Площадь живого сечения борозды определяется по формуле В.Ф. Носенко:  $\omega = 0,00147 (q^{2/3} / i^{1/3})$ , м<sup>2</sup>. Гидравлический радиус поливной борозды определяют по формуле:  $R = \omega / \alpha$ , м.

Расчетную поливную норму нетто ( $m_{\text{нт}}$ ) в м<sup>3</sup>/га пересчитываем на слой воды  $h_{\text{нт}}$  в м с учетом расчетной ширины впитывания воды ( $\epsilon$ ), то есть  $h_{\text{нт}} = m_{\text{нт}} / 1000$ , а если за расчетную ширину впитывания принимается смоченный периметр ( $\alpha$ ), тогда  $h_{\text{нт}} = m_{\text{нт}} \cdot \epsilon / 10000 \cdot \alpha$ , м.

По заданному коэффициенту равномерности увлажнения ( $K_p$ ) определяем максимальное увлажнение, которое наблюдается в начале борозды:  $h_n = h_{\text{нт}} / K_p = h_k / K_p$ .

При прямолинейной эпюре увлажнения борозды с коэффициентом равномерности ( $K_p$ ) средняя по длине борозды поливная норма выражается уравнением:

$$h_{cp} = (h_n + h_{\text{нт}}) / 2 = (h_{\text{нт}} / 2) [(1 / K_p) + 1].$$

Потери воды ниже корнеобитаемого слоя на глубинный сброс, вызванный неравномерностью увлажнения по длине борозды, будут равны:

$$h_{cb} = (h_n - h_{\text{нт}}) / 2 = (h_{\text{нт}} / 2) [(1 / K_p) - 1].$$



После подачи поливной нормы при встречном поливе по бороздам происходит выравнивание слоя воды в борозде по всей длине и его значения можно определить с учетом впитывающей воды во время полива, то есть по следующей формуле:

$$h_{св} = h_{нм} - \frac{V_o}{1-\alpha} \cdot t^{1-\alpha},$$

где  $V_o$  – скорость впитывания в конце первого часа;  $\alpha$  – показатель, зависящий от свойства почвы и начальной влажности;  $t$  – продолжительность полива.

Продолжительность впитывания воды после ( $t_o$ ) полива определяется по формуле:

$$t_o = 1 - \alpha \sqrt{\frac{h_{св}(1-\alpha)}{V_o}}.$$

Таким образом, предложенная методика определения параметров технологии промывки с техникой полива по бороздам из двух противоположенных выводных борозд пропашных сельскохозяйственных культур позволяет определить время полива и прогнозировать режим увлажнения почвы с высокой достоверностью и надежностью.

**Обсуждение результатов.** Опытно-производственные исследования ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий промывки проводились на засоленных землях Байзакского района Жамбылской области, а именно на орошаемых землях фермерских хозяйств «Досан» и «Рустем» в 2013-2015 годах. Орошаемые земли по условиям почвенно-мелиоративного состояния относятся к сероземным средnezасоленным почвам с глубоким залеганием грунтовых вод (4,0-5,0 м), предназначенных для возделывания кукурузы.

Для характеристики климатических условий опытно-производственного поля использованы метеорологические показатели метеостанции Тараз, самой близкой по расположению к засоленным землям Байзакского района Жамбылской области (табл. 1).

Данные теплообеспеченности и естественной влагообеспеченности орошаемых земель фермерских хозяйств «Досан» и «Рустем» Байзакского района Жамбылской области в период 2013-2015 гг. приведены в табл. 2.

Таблица 1 – Метеорологические показатели метеостанции Тараз

| Месяц   | Температура воздуха, °С |      |      | Относительная влажность воздуха, % |      |      | Атмосферные осадки, мм |       |       |
|---------|-------------------------|------|------|------------------------------------|------|------|------------------------|-------|-------|
|         | 2013                    | 2014 | 2015 | 2013                               | 2014 | 2015 | 2013                   | 2014  | 2015  |
| I       | -0,3                    | -3,0 | -2,3 | 66                                 | 73   | 76   | 13,4                   | 91,0  | 48,5  |
| II      | -1,3                    | -9,2 | 1,9  | 80                                 | 72   | 78   | 51,9                   | 27,1  | 25,3  |
| III     | 8,9                     | 5,7  | 4,0  | 67                                 | 70   | 72   | 49,7                   | 44,4  | 36,2  |
| IV      | 12,3                    | 10,2 | 14,2 | 65                                 | 61   | 61   | 64,9                   | 50,2  | 25,4  |
| V       | 18,2                    | 19,3 | 20,1 | 50                                 | 42   | 52   | 16,0                   | 21,2  | 16,4  |
| VI      | 23,4                    | 24,4 | 25,0 | 43                                 | 37   | 38   | 40,5                   | 7,6   | 17,8  |
| VII     | 25,8                    | 24,7 | 27,5 | 37                                 | 31   | 33   | 3,0                    | 0,0   | 0,0   |
| VIII    | 24,0                    | 24,6 | 23,6 | 41                                 | 32   | 40   | 7,0                    | 2,8   | 39,8  |
| IX      | 19,8                    | 17,7 | 16,1 | 39                                 | 38   | 52   | 10,3                   | 0,6   | 18,4  |
| X       | 12,8                    | 9,5  | 11,2 | 52                                 | 70   | 65   | 10,5                   | 63,3  | 36,6  |
| XI      | 4,4                     | 1,4  |      | 70                                 | 80   |      | 15,3                   | 55,6  |       |
| XII     | -0,4                    | -0,9 |      | 73                                 | 73   |      | 18,2                   | 4,2   |       |
| Годовые | 12,3                    | 10,4 | 12,1 | 56,9                               | 56,6 | 56,7 | 300,7                  | 368,0 | 264,4 |

Таблица 2 – Теплообеспеченность и естественная влагообеспеченность орошаемых земель фермерских хозяйств «Досан» и «Рустем» Байзакского района Жамбылской области в период 2013-2015 гг.

| Год   | Месяц |       |       |       |       |       |       | Сумма |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     |       |
| Испаряемость, мм  |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2013  | 876   | 1680  | 2403  | 2926  | 2550  | 2204  | 1234  | 13873 |
| 2014  | 870   | 2049  | 2767  | 3068  | 3011  | 2034  | -     | 13799 |
| 2015  | 1079  | 1757  | 2790  | 3324  | 2551  | 1459  | 826   | 13786 |
| Сумма температура воздуха выше 10 °С                      |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2013  | 390   | 564   | 702   | 800   | 744   | 594   | 397   | 4191  |
| 2014  | 306   | 598   | 732   | 766   | 763   | 531   | -     | 3696  |
| 2015  | 426   | 598   | 750   | 853   | 732   | 461   | 336   | 4156  |
| Атмосферные осадки, мм                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2013  | 64.9  | 16.0  | 40.5  | 3.0   | 10.3  | 7.0   | 10.5  | 152.2 |
| 2014  | 50.2  | 26.2  | 7.6   | 0.0   | 2.8   | 0.6   | 63.3  | 150.7 |
| 2015  | 25.4  | 16.4  | 17.8  | 0.0   | 39.8  | 18.4  | 36.6  | 154.4 |
| Фотосинтетически радиационный баланс, кДж/см <sup>2</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2013  | 17.73 | 25.61 | 33.49 | 37.43 | 37.43 | 27.58 | 17.73 | 197   |
| 2014  | 14.48 | 28.96 | 36.20 | 38.01 | 38.01 | 25.34 | -     | 181   |
| 2015  | 19.60 | 27.44 | 35.28 | 41.16 | 35.28 | 21.56 | 15.68 | 196   |
| Коэффициент естественного увлажнения по Н.Н. Иванову      |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2013  | 0.75  | 0.09  | 0.17  | 0.01  | 0.04  | 0.03  | 0.08  | 0.01  |
| 2014  | 0.68  | 0.13  | 0.03  | 0.00  | 0.09  | 0.03  | -     | 0.01  |
| 2015  | 0.24  | 0.09  | 0.06  | 0.00  | 0.16  | 0.13  | 0.44  | 0.01  |

На основе предложенного способа промывки засоленных земель произведены опытно-производственные исследования на средnezасоленных орошаемых почвах с глубоким залеганием грунтовых вод фермерских хозяйств «Досан» и «Рустем» Байзакского района Жамбылской области, результаты которых приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты опытно-производственных исследований по промывке средnezасоленных почв с глубоким залеганием грунтовых вод на землях фермерских хозяйств «Досан» и «Рустем» Байзакского района Жамбылской области, 2013-2015 гг.

| Показатель   | Технология промывки засоленных почв |                                       |                                   |                                       |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
|  | фермерское хозяйство «Досан»        |                                       | фермерское хозяйство «Рустем»     |                                       |
|  | с разовой подачей промывной нормы   | с прерывистой подачей промывной нормы | с разовой подачей промывной нормы | с прерывистой подачей промывной нормы |
| 1  | 2                                   | 3                                     | 4                                 | 5                                     |
| Площадь орошаемых земель, га                               | 4,2                                 | 4,4                                   | 4,8                               | 5,4                                   |
| Первый год опытно-производственных исследований (2013 год) |                                     |                                       |                                   |                                       |
| Степень засоления почвы перед промывкой, т/га              | 132,6                               | 132,6                                 | 128,8                             | 128,8                                 |
| Промывная норма, м <sup>3</sup> /га                        | 9700                                | 6600                                  | 9500                              | 6300                                  |
| Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га                     | 4000                                | 4000                                  | 4200                              | 4200                                  |
| Число поливов  | 4                                   | 4                                     | 4                                 | 4                                     |
| Общая водоподача, м <sup>3</sup> /га                       | 13700                               | 10600                                 | 13700                             | 10500                                 |

Продолжение таблицы 3

| 1  | 2     | 3    | 4     | 5    |
|--|-------|------|-------|------|
| Степень засоления почвы после промывки, т/га               | 74,5  | 75,7 | 76,8  | 74,2 |
| Урожайность кукурузы, т/га                                 | 4,5   | 4,5  | 4,6   | 4,6  |
| Водопотребность 1 тонны кукурузы, м <sup>3</sup> /т        | 3045  | 2356 | 2978  | 2383 |
| Второй год опытно-производственных исследований (2014 год) |       |      |       |      |
| Степень засоления почвы перед промывкой, т/га              | 74,5  | 75,7 | 76,8  | 74,2 |
| Промывная норма, м <sup>3</sup> /га                        | 7000  | 4000 | 7000  | 4000 |
| Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га                     | 3900  | 3900 | 3800  | 3800 |
| Число поливов  | 4     | 4    | 4     | 4    |
| Общая водоподача, м <sup>3</sup> /га                       | 10900 | 7900 | 10800 | 7800 |
| Степень засоления почвы после промывки, т/га               | 50,4  | 53,3 | 52,0  | 52,2 |
| Урожайность кукурузы, т/га                                 | 5,0   | 5,0  | 4,9   | 4,9  |
| Водопотребность 1 тонны кукурузы, м <sup>3</sup> /т        | 2180  | 1580 | 2204  | 1592 |
| Третий год опытно-производственных исследований (2015 год) |       |      |       |      |
| Степень засоления почвы перед промывкой, т/га              | 50,4  | 53,3 | 52,0  | 52,2 |
| Промывная норма, м <sup>3</sup> /га                        | 7000  | 4000 | 7000  | 7000 |
| Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га                     | 4100  | 4100 | 4000  | 4000 |
| Число поливов  | 4     | 4    | 4     | 4    |
| Общая водоподача, м <sup>3</sup> /га                       | 11100 | 8100 | 11000 | 8000 |
| Степень засоления почвы после промывки, т/га               | 34,1  | 37,5 | 35,2  | 36,8 |
| Урожайность кукурузы, т/га                                 | 6,2   | 6,2  | 6,5   | 6,5  |
| Водопотребность 1 тонны кукурузы, м <sup>3</sup> /т        | 1790  | 1306 | 1692  | 1230 |

Таким образом, результаты опытно-производственных исследований на средnezасоленных орошаемых почвах с глубоким залеганием грунтовых вод на землях фермерских хозяйств «Досан» и «Рустем» Байзакского района Жамбылской области в период 2013-2015 годах показывают, что удельные затраты водоподачи (промывка+оросительная норма) для получения 1 тонны кукурузы при разовой подаче промывной нормы изменяются от 3045-2978 м<sup>3</sup>/т до 1790-1692 м<sup>3</sup>/т, а при прерывистой подаче промывной нормы – от 2356-2383 м<sup>3</sup>/т до 1306-1230 м<sup>3</sup>/т.

**Выводы.** На основании системного анализа вышеприведенных информационно-аналитических материалов можно констатировать, что разработанный способ промывки засоленных земель с достаточно высокой надежностью и достоверностью подтверждает возможность создания высокоэффективной технологии и технологической схемы освоения засоленных земель, позволяющих целенаправленное регулирование геологического круговорота, который обеспечивает сохранение оптимального почвообразовательного процесса при мелиорации сельскохозяйственных земель.

В основу разработанной технологии промывки засоленных почв на основе «мягкого» управления гидрогеохимическим процессом положено понятие закономерности природных эволюционных почвенных процессов в изложенной выше интерпретации: почва как открытая система обладает устойчивостью, саморегулированием и находится в поступательном динамическом равновесии. При этом принцип экологически безопасной техно-



логии 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, а также экологических ограничений, которые природой перед деятельностью человека. Следует отметить, что экологическое освоение засоленных и восстановление техногенно-нарушенных почв природных систем с ориентацией на наукоемкие, ресурсосберегающие, безотходные технологии в перспективе определяют стратегию реконструкции окружающей среды как среды обитания человека на этапе глубокого экологического кризиса.

### Литература

1. Мустафаев, Ж.С. Экологические и методологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель / Ж.С. Мустафаев. – Тараз, 2004. – 306 с.
2. Мустафаев, Ж.С., Исабай С.И., Козыкеева А.Т., Сагаев А.А., Калманова Г. Способ промывки засоленных почв // Авторское свидетельство № 49476. – Астана. – 2 с.
3. Мустафаев, Ж.С. Совершенствование технологии промывки засоленных почв на основе законов термодинамики / Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, К.Б. Абдешев // II Уркумбаевские чтения: материалы межд. науч.-практ. конф. (22-23 ноября 2013 г.). – Т. II. – Тараз, 2013. – С. 68-71.
4. Мустафаев, Ж.С. Совершенствование технологических систем промывки засоленных почв / Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Н.И. Иванова, А.А. Асканбек, К.Б. Абдешев // Техносферная безопасность: Наука и практика: материалы межд. науч.-практ. конф. (25-27 февраля 2015 г.) – Бишкек, 2015. – С. 122-126.
5. Мустафаев, Ж.С. Технологии и технологических схем промывки засоленных почв / Ж.С. Мустафаев, К.Б. Абдешев // Водное хозяйство Казахстана. – 2014. – № 1(57). – С. 41-46.
6. Абдешев, К.Б. Геоэкологические проблемы реконструкции засоленных земель при сельскохозяйственном освоении / К.Б. Абдешев, Ж.С. Мустафаев, Т.К. Карлыханов // Материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию созданию ВНИИГиМ (26-27 ноября 2014 г.). – Москва, 2014. – С. 9-13.
7. Мустафаев, Ж.С. Совершенствование технологических схем промывки засоленных почв / Ж.С. Мустафаев, К.Б. Абдешев // Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства в России – Мелиорация, рекультивация и охрана земель: материалы межд. науч.-практ. конф. (22-25 апреля 2014 г.) – Москва: РАУ-МСХА, 2015. – С. 251-256.
8. Мустафаев Ж.С. Технология промывки засоленных почв с учетом экологического ограничения / Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Т.К. Карлыханов [и др.] // Проблемы управления водными и земельными ресурсами: материалы межд. науч. форума (30 сент. 2015 г.) – Москва: РАУ-МСХА, 2015. – С. 31-40.
9. Мустафаев, Ж.С. Экологическое обоснование технологии промывки засоленных почв на основе моделирования природных процессов / Ж.С. Мустафаев, Л.В. Кирейчева, А.Т. Козыкеева, К.Б. Абдешев // Международной научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 10(41). – С. 56-60.
10. Мустафаев, Ж.С. Моделирование засоления и рассоления почвы / Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, К.Ж. Мустафаев, К.Б. Абдешев. – Тараз, 2013. – 204 с.
11. Серебренников, Ф.В. Рациональное природопользование и экологические требования к оросительным системам / Ф.В. Серебренников // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – № 4. – С. 2-5.
12. Инновационный патент РК № 29219. Способ промывки засоленных почв / Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Абдешев К.Б.; опубл. 15.12.2014. – Бюль 12. – 3 с.
13. Мустафаев Ж.С. Физико-математическое моделирование процесса выщелачивания солей из почвы / Ж.С. Мустафаев // Плодородие почв Казахстана. – Вып. 2. – Алматы: Наука, 1986. – С. 64-72.
14. Кривовяз, С.М. Теория и расчет полива по бороздам / С.М. Кривовяз // Известия АН УзССР. – 1960. – № 6. – С. 41-56.
15. Костяков, А.Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.