

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIIHQ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

## International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2019 Issue: 03 Volume: 71

Published: 12.03.2019 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



**Amanjol Jamansarieich Atakanov**  
candidate of technical science, Deputy Director of Kyrgyz  
Research Institute of Irrigation

**Nurdin Abylaevich Karabaev**  
doctor of agricultural science, professor, Director  
of Institute of Agriculture of the Kyrgyz Republic

**Dilshat Pakhretdinovich Khalimov**  
candidate of technical science,  
Kyrgyz Russia-Slavick University

**SECTION 4. Computer science, computer  
engineering and automation.**

## COMPUTER SIMULATION OF SALINE SOILS LEACHING

**Abstract:** The results of computer simulation of saline soils leaching on the experimental site of the Kyrgyz Research Institute of Irrigation in the Batken region of the Kyrgyz Republic are considered.

In the article a brief overview of the development of ways using mathematical methods in the studying of soils and of mathematical modeling of soil salinization processes are given. The using of a simplified method for modeling of soil salinization on the experimental plot in the Batken rayon of the Kyrgyz Republic using Excel computer program is given.

**Key words:** computer modeling, salinization, soil.

**Language:** Russian

**Citation:** Atakanov, A. J., Karabaev, N. A., & Khalimov, D. P. (2019). Computer simulation of saline soils leaching. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 03 (71), 76-83.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-03-71-11> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.03.71.11>

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

**Аннотация:** Рассмотрены вопросы компьютерного моделирования засоления почв и компьютерная модель промывки засоленных почв на опытной площадке Кыргызского научно-исследовательского института ирригации в Баткенской области Кыргызской Республики.

В статье дан краткий обзор развития путей использования математических методов при изучении почв и математического моделирования процессов засоления почв. Приведено использование упрощенной методики моделирования засоления почв опытного участка Баткенского района Кыргызской Республики с использованием программы Excel.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, засоление, почва.

### ВВЕДЕНИЕ

При строительстве и эксплуатации оросительных систем в засушливых аридных зонах в большинстве случаев существует одна острая проблема, связанная с составлением прогноза как изменения водно-солевого режима почв в результате проведения тех или иных оросительных мелиораций. И от точного и правильного прогноза во многом зависит надежность научного обоснования мелиоративных мероприятий и снижаются риски развития некоторых негативных процессов,

например, таких как вторичное засоление орошаемых земель и как следствие снижение ожидаемой урожайности и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Проектирование оросительных мелиораций в Кыргызской Республике, как и в целом по странам бывшего СССР, имеет довольно длительную историю. Однако почти до настоящего времени существенным недостатком как изыскательских так и проектных работ на землях будущего орошения, являются чисто поверхностная оценка возможного изменения

## Impact Factor:

ISRA (India)	= 3.117	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	РИИЦ (Russia)	= 0.156	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.716	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 5.667	OAJI (USA)	= 0.350

мелиоративной обстановки в ходе осуществления тех или иных ирригационно-эксплуатационных мероприятий базирующаяся на некоторых общих традиционно устоявшихся критериях.

Например, как отмечал С.Ф. Аверьянов, «у многих почвоведов и гидрогеологов, которые дают заключение о пригодности земель для орошения и составляют их характеристики, прочно укоренилось ошибочное мнение, что описание существующих до орошения условий является вполне достаточным для обоснования проекта. По этим материалам делается районирование земель и качественно оценивается мелиоративное состояние последних. Поэтому часто создается впечатление о мнимом благополучии мелиоративного состояния земель, что приводит к серьезным ошибкам и необходимости в дальнейшем их исправления. И здесь же С.Ф. Аверьянов подчеркивает необходимость разработки специальных прогнозов, которые должны быть частью ирригационных проектов.» [1, с. 490.]

Такие вопросы прогнозирования вторичного засоления сельскохозяйственных земель являются очень актуальными и злободневными почти для всех аридных зон, в том числе и для Кыргызстана.

Вторичное засоление почв, или точнее, антропогенное засоление почв проявляется как правило при недостаточно научно обоснованном проекте орошении, просчетов при строительстве каналов или водохранилищ, неправильном поливе и эксплуатации оросительных систем и т.д.. Химически оно проявляется в увеличении содержания в почвах и почвенных растворах легкорастворимых солей. В вопросах недопущения этих негативных факторов важную роль играет составление прогноза или предсказания изменения мелиоративного состояния почв в ходе осуществления тех или иных ирригационно-эксплуатационных мероприятий орошаемых земель.

Одним из научно обоснованных способов прогноза изменения земель или предсказания будущего состояния почв является моделирование изменения почв при проведении оросительных мероприятий. Почва сложная субстанция и как объект моделирования представляет из себя сложную конструкцию, состоящую не только из горных или минеральных пород но и живых микроорганизмов пород, а в процессе орошения в ней протекают разнообразные сложные процессы. И как объекта моделирования почва имеет следующие особенности

- 1) высокую сложность и иерархичность строения,
- 2) незамкнутость,
- 3) полифакторность внешней среды,

- 4) целостность,
- 5) динамичность,
- 6) нестационарность,
- 7) инерционность,
- 8) нелинейность. [2, с.25]

Моделирование почв, как инструмент их изучения почв начало развиваться еще в 50-х гг. XX в. Первоначально внедрение элементов математики шло в основном в виде учета изучения и упорядочивания при сборе различных почвенных данных, математическо-статистической обработки данных, исследования, анализа и накопления данных по тем или иным количественным характеристикам почв. Это был этап внедрения в почвоведение статистических методов исследования и изучения почв [3, с.3].

С дальнейшим развитием вычислительной техники и более широким использованием математических методов при исследовании почв сформировалось новое направление при изучении почв - математизация почв [4, с.59; 5, с.3]

При исследовании почв путем моделирования, Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) считает, что ввиду разнообразия и сложности почвенных процессов моделирование засоления должно строиться на базе совместного комплексного использования ряда физических, химических и математических моделей. [6, с.231]

Ранее в СССР разработаны ряд моделей по изучению явления засоления почв. В основном они подразумевали использование сложных математических моделей с применением больших стационарных мощных вычислительных машин и комплексов. К сожалению после развала союза в Центрально-Азиатских странах бывшего СССР исчезли многие ведущие научные центры по изучению почв и ощущается острая нехватка средств для приобретения современных научных приборов, датчиков, компьютерной техники и новейшего программного обеспечения для изучения процессов засоления почв. В связи с этим в КыргызНИИИрригации были проведены работы по изучению исследования засоления почв при орошении опытно-производственного участка на землях бывшего совхоза им. Фрунзе Баткенского района с использованием персональных компьютеров.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.

Объектом исследования являются процессы засоления и рассоления сероземов туранских типичных в Баткенской области Кыргызской Республики.

Методом исследования процессов передвижения солей, их накопления и вымывания из исследуемого почвенного слоя является - компьютерное моделирование.

## Impact Factor:

ISRA (India)	= 3.117	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	ПИИЦ (Russia)	= 0.156	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.716	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 5.667	OAJI (USA)	= 0.350

При выборе типа компьютерной модели и изучения агрофизических процессов, к которым относятся и явления засоления и рассоления почв – широко используется однопараметрическая балансовая модель в основе которого лежит использование балансового уравнения (1). [7, с.51]

Балансовое уравнение отражает закон сохранения вещества и энергии в почве в виде выражения:

$$\Delta Q = Q_{\text{вх}} - Q_{\text{вых}} \quad (1)$$

где слева  $\Delta Q$  - разность или баланс изменения вещества или энергии в почве;

$Q_{\text{вх}}$  -внесение (процесс; накопления солей в почве) или принос вещества (солей) при входе в систему;

$Q_{\text{вых}}$  -вынос или удаление веществ или солей из системы (при промывке почвы).

Левая часть  $\Delta Q$  – это приращение запасов или накопление солей в системе. Закон сохранения может применяться не только к общей массе почвенного материала или породы, но и к массам отдельных химических элементов, участвующих в почвенных процессах, а также к сложным соединениям с учетом их химических превращений. Балансовый подход обеспечивает единую основу для многих моделей, определяя связь между скоростями изменения потоков в пространстве и скоростями изменения состояния системы во времени в некоторой точке почвенного слоя. Потоки  $Q_{\text{вх}}$  и  $Q_{\text{вых}}$  образуют приходную и расходную части баланса в уравнении (1). Изменения в состоянии баланса характеризуют приращение запасов солей при засолении, происходящее при поливе почвы или уменьшение запасов солей – при промывке. Для того чтобы модель была эффективной, необходимо учесть все пути поступления и все пути выноса вещества из рассматриваемой системы. Известно, что водный баланс, формируемый в почве при орошении сельскохозяйственных культур тесно связан с солевым балансом, так как солевой баланс складывается под влиянием статей водного баланса. [9,с.51]

Из статей водного баланса при исследовании процессов засоления почв, самыми значительными являются поступления воды в почву через осадки  $O$ , через орошение или полив  $V$ . При этом часть воды поступающей в почву идет на заполнение пор почвогрунтов до их предельной полевой влагоемкости  $W_{\text{плв}}$ .

Расходная часть в уравнении (1) - это часть воды, которая выходит из почвы при испарении  $Q_{\text{вых}}$  и удаляется в атмосферу, у нас эта часть статьи водного баланса обозначено как испарение  $I$ .

Изучение статей изменения водного баланса во времени дает возможность проследить

изменение результирующего направления движения воды в рассматриваемом слое почвы, внутри наблюдаемого периода, и таким образом дает возможность проследить динамику изменения прохождения процесса :

1. засоления (привнесение солей в почву при орошении);

2. рассоления в почве (вынесение солей из почвы при промывке),

за некоторый промежуток времени наблюдения  $t$ .

Такое изучение направления движения балансовой воды в почве характеризует в целом, почвенные процессы в рассматриваемом слое и показывает формирование и одновременно накопление солей при засолении и удаление или снижение содержания солей в почве, при промывке. Все эти процессы происходят и изучаются в пределах времени  $\Delta t$ .

$$\Delta t = \Delta t_1 - \Delta t_2 \quad (2)$$

где  $\Delta t$ - продолжительность периода наблюдения изучаемого объекта, сут ;

$\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$ - начало и конец периода наблюдений.

При компьютерном моделировании процесса солепереноса, большое значение имеют параметры уравнений, описывающих процессы переноса солей. При моделировании ограничиваются определением некоторых основных параметров солепереноса, учитывающих влияния различных факторов, как например, фильтрационные свойства грунтов почв, их физико-химическую неоднородность, процессы массообмена и др. К ним относятся коэффициенты конвективной диффузии -  $D$ , гидродисперсии -  $\lambda$ , сорбции или массообмена -  $m$ , растворения -  $\gamma$ .

В наши дни, в зависимости от количества использованных в компьютерной модели факторов, разработано несколько различных математических моделей переноса солей в почвогрунтах. Выбор расчетной математической модели производится по следующим критериям: характеру засоления (поверхностное или объемное), типу засоления (хлоридный, сульфатно-хлоридный, содовый и т.д.), начальному распределению солей до промывки (равномерное, ступенчатое и т.д.), положению уровня грунтовой воды и влажности почвогрунтов до промывки (водонасыщенный, неводонасыщенный), величине поданной промывной нормы воды и т.д. Такие расчетные зависимости различаются степенью детализации и сложностью используемого алгоритма и математического аппарата.

Для сложных моделей солепереноса, встречающихся при промывках содовых, солонцовых и солонцеватых почв, все полученные решения уравнения конвективной

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

диффузии с учетом катионного обмена в почве двух разновалентных ионов моделирования таких почв еще более сложны и, к сожалению, пока мало пригодны для использования в широкой практике в виду их громоздкости и сложности их использования. ВНИИГиМ разработал программы "SALT-1" и "SALT-2" по ним определяли необходимые параметры моделирования методом подбора по выходным кривым концентраций, и которые рассчитывались на больших стационарных ЭВМ "Минск-32". Это большие программы, требуют участия в моделировании различных многочисленных специалистов и имеют сложное программное обеспечение.

Поэтому на практике часто используются более простые и менее трудоемкие модели, но тем не менее дающие достаточно хорошие результаты расчета, такие как например, приближенные численные методы составления прогноза передвижения легкорастворимых солей, приемлемые для практического использования. [7, с.15]

Исследуемые нами почвы ОПУ Баткен представляют из себя засоленные почвы гидроморфного типа. Почвы сероземно-луговые, тип засоления сульфатный и хлоридно-сульфатный.

В гидрогеологическом отношении изучаемый район относится к региону выклинивания подземных инфильтрационных вод, поступающих из выше расположенного Торткульского водохранилища.

Ввиду отсутствия мощных вычислительных машин и специального программного обеспечения нами при моделировании процессов солепереноса при проведении проектных и изыскательских работ на участке

Баткен-1 была использована упрощенная методика расчета моделирования, по известной зависимости С.Ф. Аверьянова (1965), приведенной в работе [8, 15] и в ведомственных строительных нормах Минводхоза СССР от 1986 г. «Почвенные изыскания для мелиоративного строительства»

Данная методика моделирования солепереноса и прогнозирования широко использовалась в свое для обоснования зарубежных проектов реализованных в аридных зонах стран Ближнего Востока во времена СССР по линии Минводхоза СССР. [8, с.2]

Прогнозирование изменения засоления почв основано на интегрировании или последовательном суммировании солей, поступающих в почвенный профиль от 0 или поверхности исследуемых почв до заданной глубины "h" почвенного профиля. При этом используются широко известные зависимости С.Ф. Аверьянова (1965) при нисходящих токах влаги ( $Pe > 0$ ):

$$\bar{C}(t, Pe, \gamma_1, \gamma_2) = \sqrt{\frac{t}{Pe}} \cdot ((ierfc(\gamma_2) - e^{Pe} \cdot ierfc(\gamma_1))) \quad (2a)$$

при восходящих токах влаги ( $Pe < 0$ ):

$$\bar{C}(t, Pe, \gamma_1, \gamma_2) = \sqrt{\frac{t}{Pe}} \cdot ((ierfc(-\gamma_1) - e^{Pe} \cdot ierfc(-\gamma_2))) \quad (2b)$$

$$\text{где } \bar{C} = \frac{C - C_n}{C_n - C} \quad (2.3);$$

$$\gamma_1 = 0.5 \cdot (\sqrt{Pe \cdot t} + \sqrt{\frac{Pe}{t}}), \gamma_2 = 0.5 \cdot (\sqrt{Pe \cdot t} - \sqrt{\frac{Pe}{t}}), \quad (2c);$$

где  $Pe$  - параметр Пекле

$C_0$  и  $C_n$  - запас солей в изучаемом слое почвы до и после полива;

$C$  - прогнозное содержание солей в почве;

$\lambda$  - коэффициент гидродинамической дисперсии;

Число или параметр Пекле  $Pe$  - критерий подобия, который характеризует соотношение между конвективными и молекулярными процессами переноса солей в потоке жидкости и число  $Pe$  является критерием подобия для процессов конвективного тепло и массообмена.

Перераспределение вещества (в нашем случае соли) в почвенном растворе, вызванное сложностью строения порового пространства, неоднородностью скоростей потока в порах

различного диаметра и формы называется дисперсией (механической дисперсией, или конвективной диффузией). Размыв фронта движущегося раствора по своему внешнему проявлению подобен действию молекулярной диффузии, т.к. и в том, и в другом случае перенос растворенного вещества происходит против градиента концентрации. Это позволяет описать перемешивание раствора уравнением аналогичным первому закону Фика с заменой коэффициента молекулярной диффузии  $D_m$  на параметр  $D_h$  названный коэффициентом механической или гидродинамической дисперсии  $\lambda$ .

В основе решения поставленной задачи использовался приближенный метод составления

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

прогноза легкорастворимых солей, приемлемый для практического использования. [8, с.15].

Известно что водный и солевой балансы тесно взаимосвязаны между собой.

Водный баланс при орошении складывается из следующих показателей: поступление воды в почву и убыль или расходование воды из почвы. Поступление воды в почву складывается из следующих статей:

1. осадков,
  2. поступающей в почву поливной оросительной воды,
  3. изменение влагосодержания в грунтах ввиду изменения влажности почвы  $\Delta W = W_n - W_k$ ;
- Убыль воды или уменьшение влагосодержания в почве происходит

1. за счет транспирации поливной воды корнями и стеблями растений;
2. испарения грунтовых вод.

В использованной нами модели опускают учет воды потребляемой растением за транспирации ввиду их малости по сравнению с остальными статьями водного баланса.

Исходя из выше сказанного имеем следующие уравнение водного баланса, в м3 :

$$W_i = O_c + B + (W_n - W_k) - I \quad (3) \quad [9, с. 300]$$

где  $W_i$ - содержание влаги в почве на конец наблюдаемого периода;

$O_c$ -количество осадков за наблюдаемый период;

$B$  - количество оросительной воды поданной за наблюдаемый период;

$W_n$  и  $W_k$ - содержание влаги в почве на начало и конец наблюдаемого периода;

$I$  - испарение.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ .

Измеряя и вычисляя фактические параметры по осадкам, поливной воде, влажности почвы и испарению влаги с поверхности наблюдаемого почвенного слоя, мы определили фактические величины водного баланса на начало и конец каждого периода наблюдений, входящих в состав уравнения (1). Расчеты приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Расчет водного режима почвы на ОПУ Баткен – 1 при проведении опреснительного орошения.**

Период			Тпери-ода, дни	Составляющие водного баланса, м3					Водный баланс $W_i$	$\sum W_i$
№	нач- ало	ко-нец		$O_c$	$B$	$W_n$	$W_k$	$I$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	0	1	83	611	0	3449	3315	6340	-5595	-5559
II	1	2	15	0	3422	3315	4390	1355	992	-4603
III	2	3	6	0	1147	4390	4377	466	694	-3909
IV	3	4	6	1	0	4377	4072	506	-200	-4109
V	4	5	3	19	431	4072	4377	168	-23	-4132
VI	5	6	15	0	0	4377	3850	1128	-601	-4733
VII	6	7	11	0	2573	3850	4883	521	1019	-3714
VIII	7	8	1	0	0	4883	4883	46,4	-46,4	-3760
IX	8	9	10	35	2098	4883	4883	537	1596	-2164

Интерпретация или анализ результатов численного расчета играет центральную роль в любых процессах моделирования, в т.ч. и компьютерного. Столбец 10 или  $W_i$  показывает нам суммарную величину изменения водного баланса в почве внутри каждого отдельного периода. Из таблицы 1 видно что к концу периода I содержание влаги в почве уменьшилось с 6340 до 5595 м3 т.е. произошла убыль влаги из почвы, и следовательно суммарный баланс изменения общего содержания влаги в почве

отрицательный. Отрицательный баланс говорит о том, что процессы испарения в почвенном слое преобладают над процессами поступления влаги в почву, или в почвенном горизонте наблюдаются восходящие токи воды снизу вверх. А при таком режиме движения грунтовых вод происходит подъем уровня грунтовых вод и при испарении поднявшихся грунтовых вод, влага удаляется в атмосферу, а твердые частички солей остаются в почве и таким образом происходит классическое вторичное засоление почв при орошении. При

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

положительном балансе - наблюдается нисходящий режим движения подземных вод т.е. поливная вода проходит вниз сквозь верхний слой почвы и уносит с собой в более нижние слои, растворенные в верхних слоях почвы соли и таким образом происходит рассоление верхнего слоя почв. Из таблицы 1 видно, что из 9 периодов в 5-ти случаях (I, IV,V,VI,VIII) имели место восходящие режимы или шло засоление и в 4-х (II, III,VII,IX)- нисходящие режимы или происходила промывка или рассоление почвенного слоя. По данным таблицы 1

построена диаграмма изменений водного баланса или режим движения потока подземных вод на экспериментальном участке. То что лежит на рис. 1 по вертикальной оси ниже нуля имеет отрицательное значение водного баланса. Это нисходящие режимы движения (II,III,VII,IX) воды в почве или процессы промывки или рассоления почв. Показатели что лежат выше нуля (I, IV,V,VI,VIII) это вертикальные восходящие потоки движения воды или это процессы отложения и накопления солей в почве.



Рис 1. Изменение режима движения вод.

Из анализа данных таблицы 1 видно, что нисходящий поток движения подземных вод во время периодов II,III,VII,IX был обеспечен за счет обильных поливов (3422, 1147, 2573, 2098). В остальных 5-ти периодах (I, IV,V,VI,VIII) за счет высокого испарения (1355, 506,168,1128, 537) и даже при малом испарении, но при полном отсутствии полива (IV,VI, VIII периоды) не удалось обеспечить нисходящий режим движения и имели место восходящие потоки движения подземных вод снизу вверх и происходило относительное засоление почвенного слоя по отношению к первоначальному уровню солесодержания на момент начала наблюдений.

Таким образом, ввиду того, что режимы движения воды в рассматриваемом слое почвы определяют механизм засоления то, зная водный баланс можно предсказывать режим солепереноса и таким образом можно предвидеть и прогнозировать засоление земель. На таком алгоритме построено большинство моделей описывающих почвенные процессы.

Имея фактические данные водного баланса [10,с.62] и используя методику по [8,с.16] нами просчитаны прогнозные величины уровня засоленности по периодам наблюдений. Расчет приведен в таблице 2.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

Таблица 2. Расчет засоления и рассоления.

Период	Режимы движение воды		Модельные данные		Фактические точки замера	Процессы
	Восходящий	Нисходящий	Засоление	Рассоление		
			начало	конец		
1	2	3	4	5	6	7
I	5595		0,488	1,166	<u>0,488</u>	засоление
II		-992	1,166	1,062	<u>0,541</u>	промывка
III		-694	1,062	0,988	0,585	промывка
IV	200		0,988	1,001	0,606	засоление
V	23		1,001	1,012	<u>0,704</u>	засоление
VI	601		1,012	1,076	0,706	засоление
VII		-1019	1,076	0,967	0,708	промывка
VIII	46,4		0,967	0,972	0,71	засоление
IX		-1596	0,972	0,793	<u>0,713</u>	промывка
I-IX	6465,4	-4301	0,488	0,793		засоление

С целью проверки модельных или прогнозных данных засоленности нами были сделан ряд контрольных замеров фактических показателей засоленности почв. Фактические показатели засоленности почв, определены прибором САНИИРИ Экспресс метод (такие данные подчеркнуты в таблице, столбце).

По данным таблицы 2 построен график динамики изменения показателей засоленности почв. Данный график приведен на рис 2.

Из графика видно, что с увеличением продолжительности времени наблюдений, кривая засоления полученная расчетным путем или моделированием и кривая фактических показателей засоленности приближаются друг к другу, т.е. с повышением времени или продолжительности периода наблюдений повышается качество моделирования.

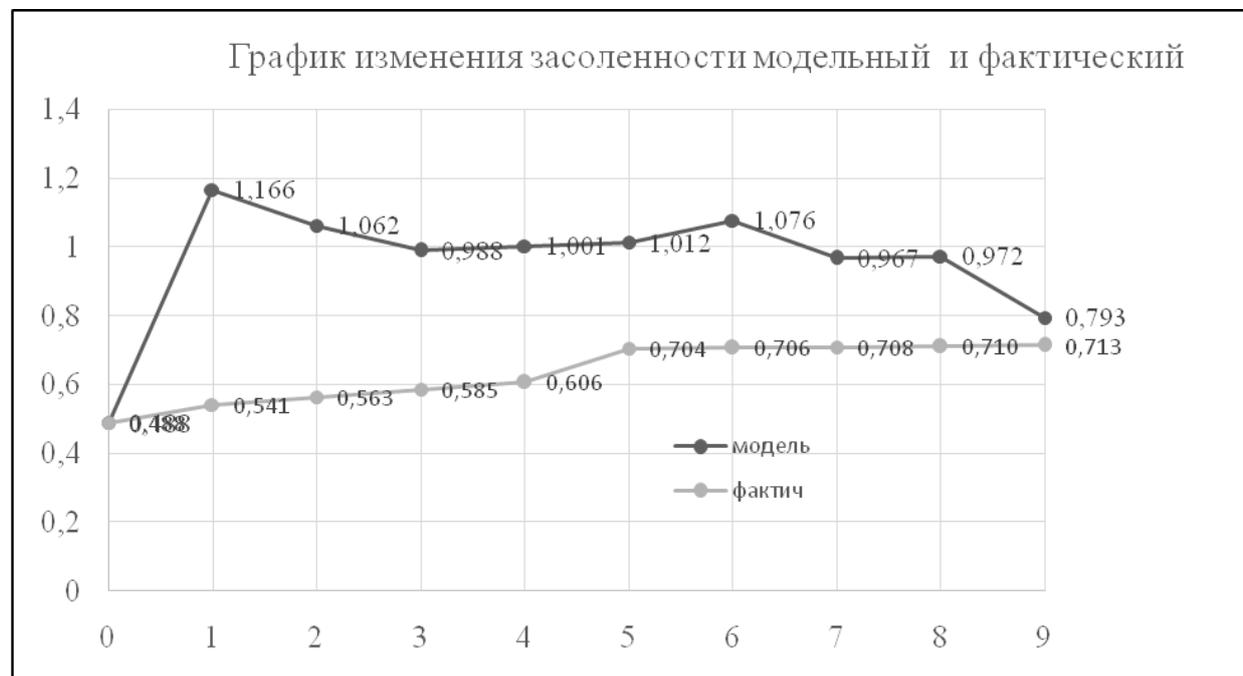


Рис 2. Динамика изменения засоления почв на ОПУ Баткен-1(модельный и фактический).

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

### ВЫВОДЫ.

Моделирование процессов изменения состояния водного баланса в течении продолжительного времени наблюдений дает возможность визуально наглядного наблюдения процессов изменения водно-солевого режима почв и более ясного понимания происходящих при этом в почве процессов отложения или удаления солей из почвенного профиля. При восходящих потоках происходят процессы засоления и при нисходящих потоках-наоборот рассоления. Абсолютные величины этих процессов характеризуют интенсивность процессов отложения или вымывания солей из моделируемого почвенного горизонта и в конечном счете характеризуют величину или концентрацию соледоержания в почве. Результаты исследований окажут практическую помощь проектным организациям Кыргызской Республики при разработке агротехнических и гидромелиоративных мероприятий по улучшению состояния агро-мелиоративного состояния засоленных на сегодняшний день почв Кыргызстана.

Использование персональных компьютеров при моделированием в среде Excel имеет ряд преимуществ ввиду:

- 1) их повсеместного широкого распространения;
- 2) для моделирования достаточно знаний университетского курса получаемого в ВУЗе;
- 3) широкие возможности программы Excel;
- 4) простота модели и возможность проведения самостоятельного моделирования на рабочем месте;
- 5) оперативность создания модели и оперативная проверка результатов моделирования адекватности фактическим данным;
- 6) относительная малая трудоемкость и простота моделирования делает возможным их применение при разработке проектов орошения даже относительно небольших фермерских хозяйств и участков .

### References:

1. Novikova, A. V. (2009). *Studies of saline and sodic soils: genesis, melioration, ecology.* (p.743). Kharkiv.
2. Ryzhova, I. M. (1987). *Matematicheskoye modelirovaniye pochvennykh protsessov.* (p.82). Moscow: Izd-vo MGU.
3. Dmitriyev, Y. A. (1995). *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii.* (p.320). Moscow: Izd-vo MGU.
4. Mikayylov, F. D. (2014). Modelirovaniye nekotorykh pochvennykh protsessov. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, №7 (717),* 59-64.
5. Pachepskii, Y. A. (1992). *Matematicheskiye modeli protsessov v melioriruyemykh pochvakh.* (p.85). Moscow: Izd-vo MGU.
6. Kovda, V. A., & Sabol'ch, I. (1980). *Modelirovaniye protsessov zasoleniya i osolontsevaniya pochv.* (p.264). Moscow: Nauka.
7. Safronova, T. I., & Stepanov, V. I. (2012). *Matematicheskoye modelirovaniye v zadachakh agrofiziki.* (p.110). Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennoy agrarnyy universitet.
8. Golubev, S. M., & Khachatur'yan, V. K. (n.d.). Osobennosti proyektno-izyskatel'skikh rabot dlya zarubezhnykh vodokhozyaystvennykh ob"yektov. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo. Ser.4, Kompleksnoye ispol'zovaniye i okhrana vodnykh.*
9. Revut, I. B. (1972). *Fizika pochv.* Izd. 2-ye, dopoln. i pererabot. (p.368). Leningrad: Kolos.
10. (2004). *Kyrgyzskiy nauchno-issledovatel'skiy institut irrigatsii. Godovoy otchet za 2004 g.* (p.160). Bishkek.