

ა. სურმავა, ლ. ინწკირველი, ლ. შავლიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი
 უაკ: 631.416.143

ნიადაგში მარილიანობის ცვლილების რიცხვითი მოდელირება შეტანილი სორბენტის გავლენის გათვალისწინებით/

1. დამლაშებულ ნიადაგებს უკავიათ აღმოსავლეთ საქართველოს მნიშვნელოვანი ტერიტორიები – დაახლოებით 205 ათას ჰა [1]. მაღალი მარილიანობის გამო ისინი ნაკლებად არიან გამოყენებული სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულებით. ამიტომ, დამლაშებული ნიადაგების მარილიანობის შემცირების მეთოდების დამუშავებას გააჩნია მეცნიერული და პრაქტიკული ღირებულება. მელიორაციული მეთოდით დამლაშებული ნიადაგის მარილიანობის შემცირების ექსპერიმენტალური და თეორიული გამოკვლევებს მიეძღვნა მრავალი ნაშრომი, მათ შორის [2-5].

წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია რიცხოვნობად მოდელირებული და შესწავლილი იქნეს ნიადაგში მარილიანობის ცვლილება ნიადაგის რეკულტივაციის მეორე მეთოდით – ნიადაგში სორბენტის შეტანითა და მასთან დაკავშირებული ქიმიური პროცესის შედეგად.

2. დამლაშებული ნიადაგის მარილიანობის შემცირების მიზნით, პრაქტიკაში, ნიადაგის ზედა ფენაში შემოდგომით შეაქვთ თაბაშირი. თაბაშირის შეტანის შემდეგ, ქიმიური რეაქციის შედეგად, ნიადაგში გახსნილი ნატრიუმის იონი ჩაინაცვლება კალციუმით და წარმოიშვება კალციუმის კარბონატის მარილი და ნატრიუმის სულფატი:



წარმოშობილი ადვილად ხსნადი ნატრიუმის სულფატის იონები, ინფილტრაციით გადაიტანება ნიადაგის ზედაპირიდან მის სიღრმეში. ამრიგად, ქიმიური და ჰიდროლოგიური პროცესების შედეგად მცირდება ძლიერტუტე არე ნიადაგის ზედაპირულ 15-20 მ ფენაში და უმჯობესდება ნიადაგის ფიზიკური და აგრო-ბიოლოგიური თვისებები.

ქიმიური და ჰიდროლოგიური პროცესი მათემატიკურად აღიწერება დიფუზიისა და კინეტიკის შემდეგი განტოლებებით [2]:

$$\frac{\partial V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{\partial t} + \alpha(V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}, Z, t) = \frac{M \partial}{\partial Z} \left[\frac{D(w + V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} + V_{\text{Na}_2\text{SO}_4})}{\partial Z} \frac{\partial V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{\partial Z} \right] -$$

$$-C_{\text{Na}_2\text{CO}_3} (V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} - V_{\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{sat}})$$

$$-C_{\text{CaSO}_4, \text{Na}_2\text{CO}_3} Q_{\text{CaSO}_4} V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} / 0.44 \rho_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$

$$\frac{\partial V_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{\partial t} + \alpha(V_{\text{Na}_2\text{SO}_4}, Z, t) = \frac{\partial}{\partial Z} \left[D(w + V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} + V_{\text{Na}_2\text{SO}_4}) \frac{\partial V_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{\partial Z} \right]$$

$$-C_{\text{Na}_2\text{SO}_4} (V_{\text{Na}_2\text{SO}_4} - V_{\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{sat}})$$

$$-C_{\text{CaSO}_4, \text{Na}_2\text{CO}_3} Q_{\text{CaSO}_4} V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} / 0.549 \rho_{\text{Na}_2\text{SO}_4} ,$$

$$\frac{\partial Q_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{\partial t} = C_{\text{Na}_2\text{SO}_4} (V_{\text{Na}_2\text{SO}_4} - V_{\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{sat}})$$

$$\frac{\partial Q_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{\partial t} = C_{\text{Na}_2\text{CO}_3} (V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} - V_{\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{sat}}) ,$$

$$\frac{\partial Q_{\text{CaCO}_3}}{\partial t} = C_{\text{CaSO}_4, \text{Na}_2\text{CO}_3} Q_{\text{CaSO}_4} V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} / 0.41 \rho_{\text{CaCO}_3}$$

$$\frac{\partial Q_{CaSO_4}}{\partial t} = -C_{CaSO_4} Q_{CaSO_4} V_{Na_2CO_3} / 0.56 \rho_{CaSO_4}$$

$$\sigma = 1 - M - Q_{CaSO_4} - Q_{Na_2CO_3} - Q_{CaCO_3} - Q_{Na_2SO_4}$$

სადაც t დროა; z ნიადაგის ზედაპირიდან სიღრმისაკენ შვეულად მიმართული ვერტიკალური კორდინატა; W ნიადაგში წყლის მოცულობითი შემცველობა;

$V_{Na_2CO_3}$, $V_{Na_2SO_4}$ გახსნილი ნატრიუმის კარბონატისა და ნატრიუმის სულფატის მოცულობითი შემცველობებია, შესაბამისად; $V_{Na_2CO_3}^{*sat}$ ადა $V_{Na_2SO_4}^{*sat}$ ნატრიუმის კარბონატისა და ნატრიუმის სულფატის ნაჯერი მოცულობითი შემცველობებია, შესაბამისად; $Q_{Na_2CO_3}$, $Q_{Na_2SO_4}$, $Q_{Ca_2SO_4}$, $Q_{Ca_2CO_3}$ - ნატრიუმის კარბონატის, ნატრიუმის სულფატის, თაბაშირის და კალციუმის კარბონატის გაუხსნელი ფრაქციის მოცულობითი შემცველობებია, შესაბამისად; σ - ნიადაგის ფორიანობა; M - ნიადაგის არახსნადი ნიადაგის მოცულობითი შემცველობა; $C_{Na_2CO_3}$, $C_{Na_2SO_4}$ - ერთულოვანი მოცულობის შესაბამისი მარილის წყალში გახსნის დროა; C_{CaSO_4, Na_2CO_3} - დროა რომლის განმავლობაშიც ხდება (1) რეაქციაში ერთულოვანი მასის მქონე მოცულობის ნივთიერების ქიმიური გარდაქმნა; D - წყლისა და გახსნილი მარილის დიფუზიის კოეფიციენტი; α - აღწერს სითხის ნიადაგში ინფილტრაციას და მისი გამოსახულება განსაზღვრულია [1, 4]:

$$\alpha(x, z, t) = \begin{cases} K_{max} \frac{\partial}{\partial z}, & \text{როცა } K_{max} \geq 10^{-5} \text{ cm/c} \\ \frac{x}{x_1} \frac{\partial K(x)}{\partial z}, & K_{max} \leq 10^{-5} \text{ cm/c} \end{cases} \quad R = \left(\frac{x - x_0}{\sigma - x_0} \right)^{3.5} \frac{v_w}{v_x}, \quad K(x) = K_{max} R(x),$$

$$D(x) = D_{max} R(x),$$

სადაც x - ხსნარის ფრაქციის კომპონენტი, x_1 - ხსნარი ფრაქციის სრული შემცველობა; K_{max} და D_{max} - დიფუზიის და ფილტრაციის კოეფიციენტების მაქსიმალური მნიშვნელობებია.

განტოლებათა სისტემის ამოსახსნელად გამოყენებულია შემდეგი საწყისი და სასაზღვრო პირობები: როცა

$$W = W_0, \quad V_{Na_2CO_3} = V_{Na_2SO_4} = 0, \quad Q_{Na_2CO_3} = Q_{Na_2CO_3} \cdot 0, \quad Q_{Ca_2SO_4} = Q_{Ca_2SO_4} \cdot 0$$

$$Q_{Na_2SO_4} = Q_{Ca_2CO_3} = 0, \quad \text{როცა } t=0,$$

$$W = W(0, t), \quad \partial V_{Na_2CO_3} / \partial z = \partial V_{Na_2SO_4} / \partial z = 0, \quad \text{როცა } z = 0, \quad (3)$$

$$\partial W / \partial z = \partial V_{Na_2CO_3} / \partial z = \partial V_{Na_2SO_4} / \partial z = 0, \quad \text{როცა } z = 0,$$

სადაც $W_0 = 0.001$, $W(0, t)$ - საქართველოს მშრალი რაიონისათვის დამახასიათებელი ტერიტორიის ნიადაგის ზედაპირზე წყლის სავარაუდო მოცულობითი შემცველობა ოქტომბრიდან მარტის თვეების განმავლობაში;

$Q_{Na_2CO_3} \cdot 0$ და $Q_{Ca_2SO_4} \cdot 0$ - ნატრიუმის კარბონატისა და თაბაშირის მყარი ფრაქციების ცნობილი კონცენტრაციებია

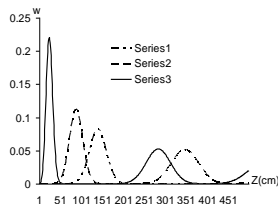
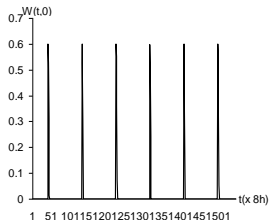
(2) განტოლებათა სისტემის (3) სასაზღვრო პირობებით ინტეგრირება ხდება კრანკლ-ნიკოლსონის არაცხადი რიცხვითი სქემით, 10 წთ და 1სმ დროითი და სივრცითი ბიჯებით, შესაბამისად. ცხრ. 1 მოცემულია მოდელირებისას გამოყენებული ზოგიერთი ჰიდროქიმიური სიდიდეების საწყისი მნიშვნელობები:

ნიადაგის ჰიდროქიმიური და ჰიდროლოგიური პარამეტრები. ცხრილი 1.

სიღრმე (სმ)	ფორიანობა	$Q_{Ca_2SO_4} \cdot 0$ Q	$Q_{Na_2CO_3} \cdot 0$	ფილტრაციის კოეფიციენტი, K_{max} (სმ/წმ)	დიფუზიის კოეფიციენტი, D_{max} (სმ ² /წმ)
0-40	0.6	0.0002	0.0005	0.005	0.000001
40-500	0.5	0	0.00055	0.0001	0.000001

ნახ.1 და ნახ. 2 ნაჩვენებია ნიადაგის ზედაპირზე აღებული და მის სიღრმეში გამოთვლებით მიღებული ნიადაგის წყლიანობის დროში ცვლილება. ნახაზებიდან ჩანს, რომ ნალექების მოსვლის შესაბამისად ხდება წყლის ინფილტრაცია ნიადაგის

უფრო ღრმა ფენებში. ენადაგში წყლის ინფილტრაციას აქვს პერიოდული ხასიათი და შეესაბამება ნიადაგის ზედაპირზე წყლის შემცველობის დროში ცვლილებას. წყლიანობის ამპლიტუდა თანდათანობით მცირდება ნიადაგის სიღრმეში. წყლიანობის პერიოდულ ცვლილებას თან ახლავს ნატრიუმის კარბონატის წყალში გახსნის პროცესი, თანაც გახსნილი მარილის ნაწილი შედის ქიმიურ რეაქციაში თაბაშირთან, წარმოიქმნება ნატრიუმის სულფატი, და ორივე ერთად ვრცელდება ნიადაგის ქვედა ფენებში. ქიმიურ და ჰიდროლოგიური პროცესების ერთობლივი მოქმედების შედეგად, დამატებით მცირდება ნატრიუმის კარბონატის თხევადი ფრაქციის შემცველობა ნიადაგის ზედა 40 სმ-იან ფენაში და ნატრიუმის კარბონატის თხევადი და მყარი ფრაქციებისა და თაბაშირის ნიადაგის სიღრმეში განაწილება ლებულობს ნახ. 3-ზე ნაჩვენებ სახეს.

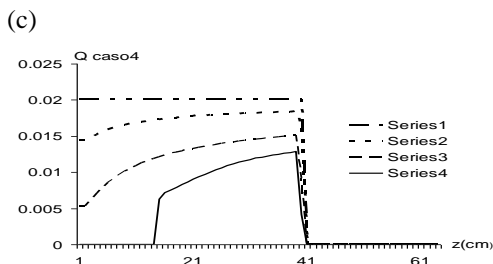
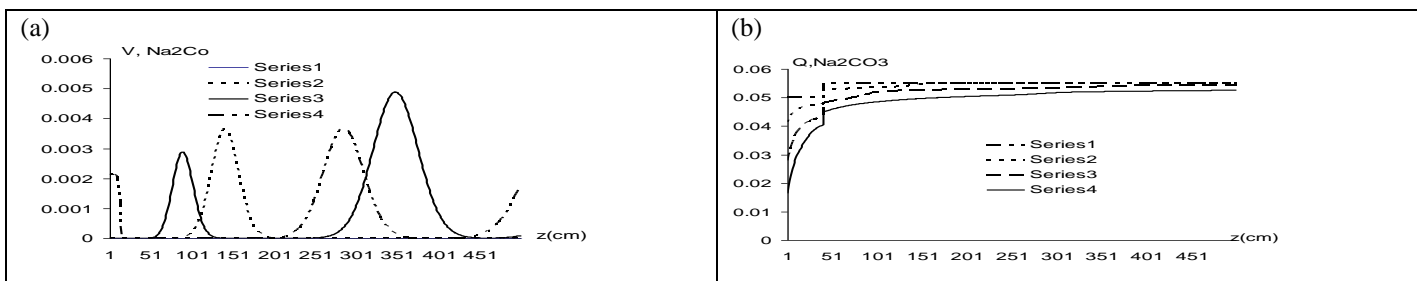


ნახ.1 ნიადაგის ზედაპირზე წყლიანობის ცვლილების გრაფიკი 6 თვის განმავლობაში

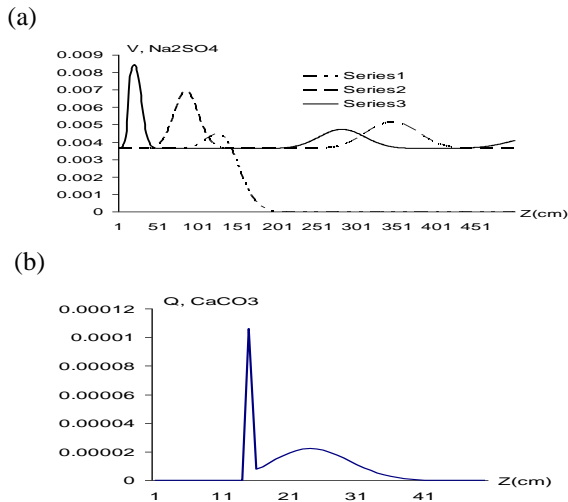
ნახ. 2 ნიადაგში წყლიანობის ცვლილების ეპიურა როცა $t = 1, 3, 6$ თვეს – Series1, Series2 და Series3, შესაბამისად

ქიმიური პროცესის შედეგად წარმოიშვება თხევადი ნატრიუმის სულფატი, რომელიც ნიადაგში წყლიანობის ცვლილების შესაბამისად სხვადასხვა ტემპით იფილტრება ნიადაგის ქვედა ფენებში (ნახ. 4.) ეს პროცესი ხელს უშლის ნატრიუმის სულფატის ჭარბ დაგროვებას ნიადაგის ზედა ფენებში, მისი კონცენტრაცია ვერ აღწევს ნაჯერობას და შესაბამისად არ წარმოიშვება ნატრიუმის სულფატის მყარი ნაწილაკები. ნახ. 4-დან ამავედროულად ჩანს რომ, ქიმიური გარდაქმნისას წარმოიქმნება კალციუმის კარბონატი მცირე მოცულობით, რაც ასევე ინფილტრაციის პროცესის ინტენსიფიკაციითა გამოწვეული.

A3. თუ შევადარებთ მოდელირების შედეგებს [4]-ის შედეგებთან ვნახავთ რომ, რიცხვითი მოდელირებამ აჩვენა – სორბენტის შეტანამ ხელი შეუწყო ნატრიუმის ინტენსიურ შემცირებას ნიადაგის მთელ 5 მ ფენაში. ამის მიზეზი სორბენტის – თაბაშირის ნატრიუმის კარბონატთან რეაქციაა, რის გამოც დამატებით წარმოიშვება ინფილტრირებას დაქვემდებარებული ნატრიუმის სულფატის თხევადი ფრაქცია. ნატრიუმის შემცირება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნიადაგის ზედა 40 სმ ფენაში და თანდათანობით მცირდება ნიადაგის სიღრმეში. სტატიაში მიღებული შედეგები კარგ თანხვედრაშია ექსპერიმენტალ მიღებულ შედეგთან [3]. ამასთანავე, გამოკვლევებისას აღმოჩნდა რომ, პრობლემის შემდგომი შესწავლა მოითხოვს დამატებითი გამოკვლევების ჩატარებას მოდელირებისათვის საჭირო და საქართველოს დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგების მახასიათებელი ჰიდროლოგიური და ჰიდროქიმიური პარამეტრების რეალური მნიშვნელობების განსასაზღვრავად



ნახ. 3. ნატრიუმის კარბონატის თხევადი (a), მყარი (b) ფრაქციების და თაბაშირის (c) განაწილება ნიადაგში $t = 0, 1, 3$ და 6 თვეს – Series1, Series2, Series3 და Series4 შესაბამისად (სიდიდეების მნიშვნელობები უნდა გაიყოს 100-ზე).



ნახ. 4. წარმოშობილი ნატრიუმის სულფატის (a) განაწილება ნიადაგში $t = 1, 3$ და თვეს - Series1, Series2, Series3, შესაბამისად, და კალციუმის კარბონატის განაწილება როცა $t = 6$ თვეს (სიდიდეების მნიშვნელობები უნდა გაიყოს 100-ზე).

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. საბაშვილი მ. საქართველოს სსრ ნიადაგები. თბილისი: მეცნიერება. 1967, 372გვ.
2. Чаилдс Э. Физические основы гидрологии почв. Л. Гидрометеоиздат, 1973, 427 с.
3. А. А. Сурмава. Математическое моделирование переноса растворенного вещества в почвею Труды ЗакНИГМИ, выпю 86(93), 1988, с. 3-9.
4. Т. В. Ронжина. Геохимическая трансформация дерново-подзолистых почв Калининградской области при разливах минерализованных вод. <http://www.geogr.msu.ru/science/diss/oby/ronzhina.pdf>, 23 с.
5. ა. სურმავა, ნ. ტულუში, ლ. შავლიაშვილი, ლ. ინჭკირველი, ს. მდივანი. ნიადაგის მარილიანობის ცვლილების მათემატიკური კვლევები. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 2008, ტ. 115, გვ. 322-330.

უაკ: 631.416.143

ნიადაგში მარილიანობის ცვლილების რიცხვითი მოდელირება შეტანილი სორბენტის გავლენის გათვალისწინებით/ა. სურმავა, ლ. ინჭკირველი, ლ. შავლიაშვილი/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული -2011.-ტ.117.-გვ. 160-162.- ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.
 ნიადაგში წყლისა და გახსნილი მარილების ინფილტრაციისა და შეტანილი სორბენტის - თაბაშირის ნატრიუმის კარბონატთან რეაქციის კინეტიკური განტოლების გამოყენებით მოდელირებულა; და დამლაშებულ ნიადაგში მარილიანობის ცვლილება. ნაჩვენებია, რომ სორბენტის - თაბაშირის შეტანა ხელს უწყობს ნატრიუმის ინტენსიურ შემცირებას ნიადაგის მთელ 5 მ ფენაში.. ნატრიუმის კონცენტრაციის შემცირება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნიადაგის ზედა 40 სმ ფენაში და თანდათანობით მცირდება ნიადაგის სიღრმეში.

УДК 631.416.143

РусЧисленное моделирование изменения солёности почвы при учёте влияния внесённого сорбента/А..А. Сурмава, Л. Инцкирвели, Л. Шавлиашвили/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии, Технического Университета Грузии. -2011. - т.117. - с. 160-162. - Груз.; Рез. Груз., Англ.,

С помощью уравнения фильтрации и уравнения кинетики для химической реакции карбоната натрия с сульфатом кальция численно смоделировано изменение солёности почвы. Показано, что внесение сорбента интенсифицирует уменьшения натрия во 5 м слое почвы. Содержание натрия особенно сильно уменьшается в верхнем 40 см слое почвы. На больших глубинах уменьшение содержания натрия происходит значительно медленно.

UDC 631.416.143

Numerical modeling of change of soil salinity in case of influence of applying sorbent/A.A.Surmava, L.Intskirveli, L.Shavliashvili/Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Tekhnic University.-2011.-т.117.-pp.160-162. - .Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

By means of equation of filtration and equation of kinetics for chemical reaction of a carbonate sodium and calcium sulfate a change of the ground salinity is numerically simulated. It is shown, that the application of sorbent intensifies reduction of the content of sodium in 5 m layer of soil. The content of sodium especially strongly decreases in the top 40 cm layer of soil. In greater depths a reduction of the content of sodium occurs considerably slowly.