

УДК 631.423.5

Г. А. САФОНОВ, Ю. Н. ЧИРКИН

## ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА НАСЫЩЕННЫХ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА ВОДНЫХ ВЫТЯЖЕК

Впервые использована диаграмма взаимной растворимости солей в проекциях косоугольной пирамиды системы  $\text{Na}^+, \text{Mg}^{++} \parallel \text{Cl}^-, \text{SO}_4^{--} + \text{H}_2\text{O}$  для расчета состава насыщенного и ненасыщенного почвенного раствора в сильнозасоленной почве по данным анализа водной вытяжки и естественной влажности почвы с учетом нерастворяющегося объема. На конкретном примере показаны построения плоских проекций диаграммы по опытным данным о растворимости солей и способы расчета почвенного раствора. Рассчитанные составы почвенных растворов хорошо согласуются с фактически найденными.

В генетическом почвоведении и, в особенности, в мелиорации засоленных почв анализу водных вытяжек отводится первостепенная роль. Это один из наиболее массовых и информативных анализов почв. Он не только позволяет установить общее содержание воднорастворимых солей в почвах (в жидкой и твердой фазах) и наметить пути их мелиорации, но и широко используется при изучении генезиса почв и их эволюции [1, 10 и др.].

Для решения ряда вопросов, наряду с общим содержанием солей в почвах, большой интерес представляет состав почвенных растворов. Совершенно очевидно, например, что при изучении токсичности солей правомернее базироваться не на общем содержании солей, обнаруженных водными вытяжками, как это пока делается, а исходить непосредственно из состава почвенного раствора, так как при одном и том же общем содержании солей колебания естественной влажности почвы вызывают резкие изменения состава и концентрации почвенного раствора. Аналогичные изменения претерпевает почвенный раствор и под влиянием температурных колебаний.

Естественной особенностью почвенных растворов является динамичность их состава, поэтому широко проводимые в настоящее время исследования водно-солевого режима почв с изучением динамики общих запасов солей и влаги необходимо сочетать с изучением динамики самих почвенных растворов.

В математические модели влаго- и солепереноса в числе других расчетных параметров входит концентрация почвенных растворов, в том числе и насыщенных.

Изучению почвенных растворов и разработке методов определения их состава посвящено большое количество работ. По принципиальному подходу к изучению почвенного раствора все методы можно подразделить на две группы: методы, в которых используются некоторые физико-химические свойства растворов электролитов, позволяющие изучать почвенные растворы непосредственно в почве [20, 21], и методы выделения почвенного раствора с отделением его от твердой фазы почвы путем отпрессовывания, замещения жидкостью или газом, центрифугирования и т. д. Подробное описание, а также пути усовершенствования этих методов изложены в опубликованных работах [12, 13].

Эти методы довольно трудоемки, длительны, с их помощью изучается лишь некоторое равновесное состояние раствора, соответствующее данному содержанию в почве влаги, а в насыщенных растворах и температуре почвы. Поэтому понятно стремление разработать такую методику изучения почвенных растворов, которая отвечала бы следующим требованиям: позволяла надежно определять состав солей в почвенном растворе при любой заданной влажности и температуре почвы; давала возможность определять состав солей в твердой фазе; была простой и широко доступной.

Следует отметить, что по данным анализа водной вытяжки состав почвенного раствора рассчитывался и ранее. Однако при этом с целью

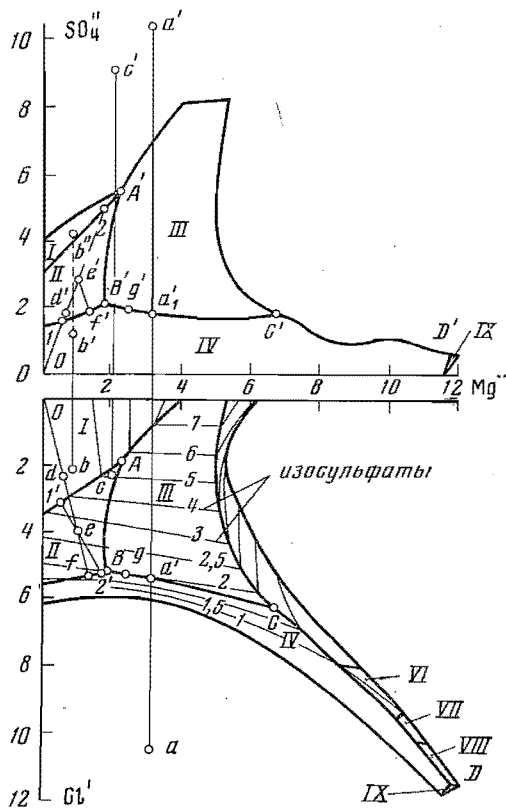


Диаграмма растворимости солей во взаимной системе  $\text{Na}, \text{Mg} \parallel \text{Cl}, \text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  при  $25^\circ\text{C}$  в проекциях косоугольной пирамиды, г. экв./л. воды

Поля кристаллизации солей: I —  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ; II —  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; III —  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; IV —  $\text{NaCl}$ ; V —  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; VI —  $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; VII —  $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ; VIII —  $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; IX —  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

упрощения расчетов не учитывалась взаимная растворимость почвенных солей в насыщенных растворах, что, безусловно, сказывалось на результатах расчетов и последующих выводах.

Основным методом изучения галургического сырья являются пока что графические расчеты на основе диаграмм взаимной растворимости различных солей. К настоящему времени на основании опытных данных составлены диаграммы взаимной растворимости (изотермы и политермы) практически для всех основных природных солевых систем [3, 4, 8]. Нельзя сказать, что эти очень ценные разработки физико-химиков не используются в почвоведении [1, 2, 6], но можно утверждать, что используются они редко и далеко не полно.

Как известно, прочно связанная влага в почве отличается от обычной воды, в частности, тем, что не участвует в растворении почвенных солей. Поэтому для нахождения растворяющего объема эту категорию влаги следует исключить из общего содержания воды в почве.

Из анализа литературных сведений о величине нерастворяющего объема [7, 10, 15, —18 и др.] мы пришли к выводу, что этот объем равен

содержанию в почве прочно связанной воды и более всего соответствует гигроскопичности почвы в воздушно-сухом состоянии. Наиболее точные значения нерастворяющегося объема дают непосредственные определения этой величины. По данным опытных определений прочносвязанной воды тремя методами (табл. 1) можно судить о их соизмеримости и приемлемости для определения нерастворяющегося объема влаги в почве.

Таблица 1

Количество прочносвязанной воды, определенное различными методами

Порода, почва	Количество прочносвязанной воды			Авторы
	по гигроскопической влажности	по теплоте смачивания	по нерастворяющему объему	
Бентонит	19,0	20,9	22,1	Овчаренко [17]
Ил крымский	21,0	19,6	21,3	
Бейделлит горбский	9,2	11,2	11,7	
Каолин	2,3	2,0	2,2	
Чернозем южный	7,07	—	7,53	Думанский, Думанская [7]
Чернозем обыкновенный	6,62	—	7,08	
Чернозем мощный	6,85	—	7,03	
Чернозем выщелоченный	3,69	—	3,82	

В технологии неорганических веществ для графических расчетов процессов растворения солей, выпаривания и охлаждения (кристаллизации) растворов с одной или несколькими солями используют разнообразные диаграммы растворимости. Одни из них служат для наглядности представления материала, другие удобны для расчетов. Методы построения различных диаграмм растворимости и способы расчетов по ним подробно изложены Викторовым [4].

Нами для нахождения содержания легкорастворимых солей в почвенном растворе по результатам анализов водной вытяжки и влажности сильнозасоленных почв хлоридно-сульфатного, сульфатно-хлоридного, натриево-магниевое и магниевое-натриевого типов химизма использована диаграмма растворимости многокомпонентной системы в проекциях косоугольной пирамиды, предложенная Микулиным [14]. Этот метод изображения Викторова [4] считает наиболее простым в построении и графических расчетах, так как в качестве компонентов раствора принимаются не соли, образующие взаимную систему, как это обычно делается, а ионы.

По методу косоугольной пирамиды четверная взаимная система  $\text{Na}^+, \text{Mg}^{2+} \parallel \text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$  изображается в двух плоских проекциях диаграммы, где по оси абсцисс откладываются ионы  $\text{Mg}^{2+}$  (2 экв ионов на 1000 г воды), а по оси ординат — ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$  (рисунок). Концентрация ионов  $\text{Na}^+$  определяется по разности из условия



Для упрощения графических расчетов Викторова предлагает путем проектирования (в данном случае с верхней проекции диаграммы на нижнюю) наносить сетку изолиний  $\text{SO}_4^{2-}$  — «изосульфатов», которая определяет пространственное расположение точек, лежащих на поверхностях насыщения. С помощью сетки изосульфатов можно по одной нижней проекции определить состав раствора для любой фигуративной точки. При этом концентрации двух ионов ( $\text{Cl}^-$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ) определяются по координатным осям, третьего ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) — по сетке изосульфатов, а четвертого ( $\text{Na}^+$ ) — расчетом из условия (1) электронейтральности раствора. Способ нанесения сетки изоионов на проекцию диаграммы, а также примеры расчета хода кристаллизации солей при испарении и изотермическом высаливании приведены в работе [4].

Построение плоских проекций диаграммы производится по имеющимся опытным данным о растворимости солей во взаимных системах при различных температурах [9, 11].

Принцип расчета состава почвенного раствора состоит в следующем. Прежде всего предполагается, что почвенный раствор находится в равновесном состоянии с солями в твердой фазе и в водную вытяжку переходят все легкорастворимые соли, а малорастворимые соли растворяются полностью, если их в почве мало, или же достигают концентраций насыщения при значительном их содержании. Водная вытяжка как бы выпаривается в изотермических условиях до предела, ограниченного растворяющим объемом влаги в почве.

1. По методике Базилевич и Панковой [2] производят связывание ионов водной вытяжки  $S$  в гипотетические соли ( $mg \cdot экв/100$  г почвы).

2. Определяют растворяющий объем влаги в почве  $W_p$  (в граммах воды на 100 г почвы):

$$W_p = W - W_n, \quad (2)$$

где  $W$  — общее содержание влаги в почве;  $W_n$  — нерастворяющий объем.

3. Предварительно определяют концентрации  $C$  каждой соли по формуле

$$C = \frac{S}{W_p} \text{ (г} \cdot \text{экв/л воды)}. \quad (3)$$

Рассматриваемая нами диаграмма не позволяет установить истинное содержание малорастворимых солей ( $Ca$ ,  $Mg(HCO_3)_2$  и  $CaSO_4$ ) в почвенном растворе и концентрации их находят по формуле (3), после чего их из дальнейших расчетов исключают, так как даже при концентрациях насыщения они оказывают крайне незначительное влияние на растворимость остальных солей.

4. Состав легкорастворимых солей почвенного раствора определяют по диаграмме (рисунок). При этом концентрация солей, оставшихся после исключения малорастворимых солей, предварительно выражается в  $г \cdot экв$  ионов ( $ион \cdot экв$ ) на 1000 г воды.

Примеры расчета почвенного раствора. Пример 1 (табл. 2). По формуле (3) после исключения  $Ca(HCO_3)_2$  и  $CaSO_4$  получены следующие концентрации ионов ( $г \cdot экв/л$  воды):  $Na=17,65$ ,  $Mg=3,14$ ,  $Cl=10,46$ ,  $SO_4=10,33$ . По ним наносим на обе проекции косою пирамиды (рисунок) фигуративные точки данного раствора  $a$  и  $a'$ . Они оказываются за пределами плоских проекций, что свидетельствует о наличии насыщенного почвенного раствора и солей в твердой фазе почвы. Руководствуясь методом графических расчетов, соединяем  $a$  и  $a'$  прямой. Линия  $a(a')$  пересекает кривые насыщения солей  $ABCD$  и  $A'B'C'D'$ , поэтому почвенный раствор выразится фигуративными точками  $a_1$  и  $a_1'$ , которым соответствует следующий состав:  $Mg=3,14$ ,  $Cl=5,4$ ,  $SO_4=1,78$   $г \cdot экв/л$  воды. Содержание иона  $Na$  ( $4,04$   $г \cdot экв/л$  воды) находим из условия (1). При переводе в гипотетические соли имеем в насыщенном растворе  $Na_2SO_4=1,78$ ,  $NaCl=2,26$  и  $MgCl_2=3,14$   $г \cdot экв/л$  воды, в твердой фазе  $Na_2SO_4=8,55$ ,  $NaCl=5,06$   $г \cdot экв/л$  воды.

В следующем горизонте (пример 2) все легкорастворимые соли, обнаруженные водной вытяжкой, при данной влажности оказываются в почвенном растворе. Фигуративные точки  $b$  и  $b'$ , находясь на изосульфате  $SO_4=4,2$ , указывают на то, что почвенный раствор ненасыщен при содержании  $SO_4=1,27$  и был бы насыщенным в фигуративных точках  $b$  и  $b''$  при содержании  $SO_4=4,2$   $г \cdot экв/л$  воды.

В примере 3 имеем исходные концентрации ионов:  $Na=9,08$ ,  $Mg=2,12$ ,  $Cl=2,13$ ,  $SO_4=9,07$   $г \cdot экв/л$  воды. На диаграмме находим фигуративные точки данного раствора  $c$  и  $c'$ . По координатным осям нижней

Таблица 2

Сравнительные данные состава почвенного раствора, полученного путем отпрессовывания и графическим методом

При- мер	Источник, район, почва, номер выработки	Дата, глубина, механический состав	Влажность образца, г/100 г сухой почвы			Концентрация, г-экв/л воды						
			естествен- ная	нераствор- яющаяся соли	растворяю- щая соли	№	Na	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	HCO <sub>3</sub>
1	Грабовская [6], Юж- ный Таджикистан, солончак, М-2	4.V.1948, 0—1 см, средний суглинок	18,1	2,0	16,1	1	17,65	3,14	10,46	11,48	1,28	0,13
						2	17,65	3,14	10,46	10,33		
						3	4,64	2,02	4,69	1,96		
						4	4,04	3,14	5,40	1,78		
2	То же	1—15 см	19,6	2,0	17,6	1	2,54	0,86	2,13	2,36	1,12	0,03
						2	2,54	0,86	2,13	1,27		
						3	2,45	0,58	2,14	0,89		
						4	2,54	0,86	2,13	1,27		
3	Там же, луговой сол- ончак, 148	1.X.1948, 0—5 см, тяжелый сугли- нок	14,4	2,5	11,9	1	9,08	2,12	2,13	9,86	0,87	0,08
						2	9,08	2,12	2,13	9,07		
						3	2,77	2,39	3,82	1,35		
						4	5,20	2,12	2,13	5,19		
4	Там же, солончак, М-2	28.IX.1946, 0—5 см, средний суглинок	13,7	2,0	11,7	1	21,90	1,79	14,36	12,56	3,28	0,04
						2	21,90	1,79	14,36	9,32		
						3	3,47	1,57	3,44	1,60		
						4	5,51	1,79	5,20	2,10		
5	Ковда [10], Голодная стеня, пухлый солон- чак, пл. 5	9.X.1941, 0—5 см	13,42	1,5	11,92	1	14,31	2,44	9,51	9,04	1,43	0,12
						2	14,31	2,44	9,51	7,74		
						3	4,51	1,68	4,57	1,62		
						4	4,86	2,44	5,30	1,92		

Примечание. За нерастворяющийся объем взяты данные по гигроскопичности почв из работы [15] с учетом механического состава почв; концентрация почв дана: 1 — в водной вытяжке; 2 — по уравнению (3) после связывания ионов; 3 — в реальном почвенном растворе; 4 — в расчетном почвенном растворе.

проекции и сетке изосульфатов находим концентрации ионов насыщенного почвенного раствора, которые соответствуют местоположению точки  $c$ :  $Mg=2,12$ ,  $Cl=2,13$ ,  $SO_4=5,19$  г·эква/л воды (точка расположена на изосульфате 5,19). Из условия (1) рассчитываем содержание иона Na (5,2 г·эква/л воды).

В примерах 4 и 5 расчет состава почвенного раствора по диаграмме аналогичен рассмотренному примеру 1. При этом состав почвенного раствора в примере 4 соответствует эвтонической точке В и В' кристаллизации трех солей. Если к этому раствору добавлять  $MgCl_2$ , то состав почвенного раствора будет изменяться от примера 4 к примеру 5, 1 и далее по кривым насыщения солей ABCD и A'B'C'D'.

На примере 5 (табл. 2, рисунок) проследим путь кристаллизации солей при выпаривании (испарении) насыщенного почвенного раствора, концентрацию которого рассчитаем, исходя непосредственно из концентрации солей в водной вытяжке. При содержании воды 500 г на 100 г почвы после исключения малорастворимых солей получим концентрации ионов:  $Na=0,342$ ,  $Mg=0,058$ ,  $Cl=0,227$ ,  $SO_4=0,173$  г·эква/л воды. Фигуративные точки данного раствора на диаграмме окажутся очень близкими к 0, в связи с чем графические расчеты пути кристаллизации солей при данном масштабе диаграммы возможны с некоторой ошибкой. Чтобы ее избежать, желательнее увеличить концентрации ионов за счет уменьшения влажности. Состав почвенного раствора окажется, как и прежде, ненасыщенным при уменьшении влажности в 10 раз. Тогда при заданной влажности 50 г на 100 г почвы получим следующие концентрации:  $Na=3,42$ ,  $Mg=0,58$ ,  $Cl=2,27$ ,  $SO_4=1,73$  г·эква/л воды. Наносим на диаграмму фигуративные точки данного раствора  $d$  и  $d'$  и лучи выпаривания  $od$  и  $od'$ . Фигуративные точки  $d$  и  $d'$  находятся в поле насыщения водного и безводного  $Na_2SO_4$ . Для определения точки начала кристаллизации растворимого в системе  $Na_2SO_4$  отмечаем на верхней проекции точки 1 и 2 пересечения луча испарения с линиями, ограничивающими поле насыщения  $Na_2SO_4$ , и проектируем эти точки на нижнюю проекцию; затем проводим прямую 1'2'. Точка  $e$  пересечения прямой 1'2' с лучом испарения  $od$  изобразит состав насыщенного почвенного раствора в начале кристаллизации сульфата натрия:  $Mg=1,0$ ,  $Cl=3,9$ ,  $SO_4=2,8$  и из условия (1)  $Na=5,7$  г·эква/л воды.

На следующем этапе испарение воды и осаждение  $Na_2SO_4$  протекает одновременно. Фигуративные точки насыщенного почвенного раствора движутся по линиям  $ef$  и  $e'f'$ . Точки  $f$  и  $f'$  соответствуют началу совместного выпадения  $Na_2SO_4$  и  $NaCl$ . По координатам точек  $f$  и  $f'$  находим состав раствора:  $Na=3,5$ ,  $Mg=1,35$ ,  $Cl=3,0$ ,  $SO_4=1,85$  г·эква/л воды.

Третий этап характеризуется выпадением одновременно  $NaCl$  и  $Na_2SO_4$ , и фигуративные точки раствора движутся по линии двойного насыщения солей до эвтонических точек В и В'.

На четвертом этапе испарения должны осаждаться одновременно  $Na_2SO_4$ ,  $NaCl$  и  $Na_2SO_4 \cdot MgCl_4 \cdot 4H_2O$  (астраханит) с постепенным накоплением в растворе самого растворимого в данной системе  $MgCl_2$ , но так как в нашем примере нет  $MgSO_4$ , то осаждаются  $Na_2SO_4$  и  $NaCl$ . Фигуративные точки насыщенного почвенного раствора движутся по линиям насыщения BC и B'C' до точек  $g$  и  $g'$ , соответствующих реальному содержанию в растворе  $Mg=2,44$  г·эква/л воды, рассчитанному по формуле (3).

Пользуясь диаграммами взаимной растворимости системы  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$  ||  $Cl^-$ ,  $SO_4^{--}$  +  $H_2O$  при различных температурах, можно теоретически рассчитать составы насыщенных почвенных растворов при понижении или повышении температуры почвы. В табл. 3 приведены составы насыщенных почвенных растворов и раствора  $Na_2SO_4$  при различных температурах. Составы растворов  $a$  и  $b$  рассчитывали, исходя из заданной температуры, с помощью соответствующих диаграмм растворимости солей во

взаимной системе  $\text{Na}^+, \text{Mg}^{++} \parallel \text{Cl}^-, \text{SO}_4^{--} + \text{H}_2\text{O}$ , построенных нами по справочным данным [9, 11]. Как видно из табличных данных, с понижением температуры почвы ниже  $35^\circ$  из этих растворов наблюдается постепенное выпадение в осадок  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  при неизменном содержании остальных солей (в растворе *a*:  $\text{NaCl}=4,2$ ,  $\text{MgCl}_2=1,4$  г·экв/л воды; в растворе *b*:  $\text{MgSO}_4=1,8$ ,  $\text{MgCl}_2=0,9$  г·экв/л воды).

Некоторые расхождения в концентрациях отдельных ионов в реальном и рассчитанном по диаграмме почвенных растворах (табл. 2) объясняются тем, что расчет производили по диаграмме — изотерме  $25^\circ$ , в то

Таблица 3

Изменение составов (г·экв/л воды) насыщенных почвенных растворов при понижении температуры

Температура, °С	Раствор а					Раствор б					Растворимость $\text{Na}_2\text{SO}_4$ в воде
	Na·	Mg··	Cl'	$\text{SO}_4^{--}$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	Na·	Mg··	Cl'	$\text{SO}_4^{--}$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	
45	5,8	1,4	5,6	1,6	1,6	5,2	2,7	0,9	7,0	5,2	6,67
35	5,8	1,4	5,6	1,6	1,6	5,2	2,7	0,9	7,0	5,2	6,93
25	5,4	1,4	5,6	1,2	1,2	4,3	2,7	0,9	6,1	4,3	3,92
15	5,1	1,4	5,6	1,0	1,0	2,1	2,7	0,9	3,9	2,1	1,81
5	4,94	1,4	5,6	0,74	1,34	1,3	2,7	0,9	3,1	1,3	0,90
-5	4,45	1,4	5,6	0,25	0,25	0,6	2,7	0,9	2,4	0,6	—

время как выделение реального почвенного раствора производили, вероятно, при более низких температурах. Кроме того, за неимением фактических данных, нерастворяющийся объем влаги нами взят из литературных источников и определен, по-видимому, весьма приближенно. Расхождения могут быть вызваны ошибками при проведении анализов почвенного раствора и засоленной почвы. Тем не менее налицо хорошая сходимость данных по составам почвенных растворов, полученных разными методами, что свидетельствует о возможности применения нового метода для расчета почвенных растворов в засоленных почвах.

Возможности применения графического метода расчета почвенных растворов не ограничиваются приведенными примерами. Им можно пользоваться в области почвоведения для различного рода расчетов, связанных с всаливанием, высаливанием и испарением растворов в природных условиях.

Нами предложена методика расчета почвенных растворов для хлориднозасоленных почв [19] и разрабатывается для почв содового засоления.

В работах Здановского [8], Микулина и Воскресенской [5] и др. разрабатывается теория смешанных растворов электролитов, позволяющая производить расчеты растворимости солей на основе термодинамических уравнений.

## Выводы

1. Впервые использована диаграмма взаимной растворимости солей в проекциях косоугольной пирамиды системы  $\text{Na}^+, \text{Mg}^{++} \parallel \text{Cl}^-, \text{SO}_4^{--} + \text{H}_2\text{O}$  для расчета состава насыщенного почвенного раствора в сильнозасоленной почве по данным анализа водной вытяжки и естественной влажности почвы с учетом нерастворяющегося объема. Последний приравняется к объему, соответствующему максимальному содержанию прочносвязанной воды в почве, а именно — гигроскопичности.

2. На конкретном примере показаны построения плоских проекций диаграммы по данным о растворимости солей во взаимной системе  $\text{Na}^+, \text{Mg}^{++} \parallel \text{Cl}^-, \text{SO}_4^{--} + \text{H}_2\text{O}$  и способы расчета почвенного раствора. Рас-

считанные составы почвенных растворов хорошо согласуются с фактически найденными.

3. Рассмотрен путь кристаллизации солей при испарении ненасыщенного почвенного раствора с начальной концентрацией, рассчитанной непосредственно по влажности водной вытяжки.

4. Приведен пример графического расчета концентраций почвенного раствора при изменении температуры почвы.

#### Литература

1. *Базилевич Н. И.* Геохимия почв содового засоления. «Наука», 1965.
2. *Базилевич Н. И., Панкова Е. И.* Опыт классификации почв по засолению. Почвоведение, 1963, № 11.
3. *Бергман А. Г., Лужная Н. П.* Физико-химические основы изучения и использования соляных месторождений хлорид-сульфатного типа. Изд-во АН СССР, 1951.
4. *Викторов М. М.* Графические расчеты в технологии неорганических веществ. «Химия», 1972.
5. Вопросы физической химии растворов электролитов. «Химия», 1968.
6. *Грбовская О. А.* Процессы рассоления почв долин Южного Таджикистана при мелиорации. Душанбе, Изд-во АН ТаджССР, 1961.
7. *Думанский А. В., Думанская А. П.* Связанная вода в почвах. Изв. Гос. НИИ коллоидн. хим. Воронеж, 1934, вып. 2.
8. *Здановский А. Б.* Галургия. «Химия», 1972.
9. *Здановский А. Б. и др.* Справочник по растворимости, т. 2, кн. 1. «Химия», 1975.
10. *Ковда В. А.* Происхождение и режим засоленных почв. ч. 1. Изд-во АН СССР, 1946.
11. *Коган В. Б. и др.* Справочник по растворимости, т. 3, кн. 2, 3. «Наука», 1969.
12. *Комарова Н. А.* Методы выделения почвенных растворов. В сб.: Физико-химические методы исследования почв. «Наука», 1968.
13. *Крюков П. А.* Горные, почвенные и иловые растворы. Новосибирск, «Наука», 1971.
14. *Микулин Г. Н.* Структурная политермическая диаграмма пятерной системы  $\text{Na}^+ \text{NH}_4^+ \text{Cl}^- \text{HCO}_3^- \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$  от  $-30$  до  $60^\circ$  и ее применение в теории содовонашатерного процесса. Тр. НИОХИМ, т. 13, 1961.
15. *Муратова В. С., Маргулис В. Ю.* Содержание токсичных солей в водных вытяжках и в почвенных растворах почв Голодной степи. Почвоведение, 1971, № 12.
16. *Нерпин С. В., Чудновский А. Ф.* Физика почвы. «Наука», 1967.
17. *Овчаренко Ф. Д.* Гидрофильность глин. Материалы по геологии, минералогии и использованию глин в СССР. Изд-во АН СССР, 1958.
18. *Роде А. А.* Почвенная влага. Изд-во АН СССР, 1952.
19. *Чиркин Ю. Н.* Расчет солевого состава почвенных растворов хлориднозасоленных почв. Гидротехника и мелиорация, 1976, № 2.
20. *Voynicos G. J., McCool M. M.* Determining the absolute salt content of soils by the freezing point method.— J. Agric. Res., v. 15, 1918.
21. *Whitney M., Means T. H.* An electrical method of determining the soluble salt content of soils. U. S. Dept. of Agric. Bull. v. 8, 1897.

Институт почвоведения  
АН КазССР

Дата поступления  
19.IV.1976 г.

G. A. SAFONOV, Yu. N. CHIRKIN

#### A GRAPHIC METHOD FOR DETERMINATION OF THE COMPOSITION OF SATURATED SOIL SOLUTIONS FROM THE DATA OF WATER EXTRACT ANALYSIS

For the calculation of saturated and nonsaturated soil solution composition in strongly salinized soils of chloride-sulphate, sulphate-chloride, sodium-magnesium and magnesium-sodium types of chemism a diagram of mutual solubility of salts was used in projections of an oblique-angled pyramid of the system  $\text{Na}^+ \text{Mg}^{2+} \text{Cl}^- \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ . The calculation has been made basing on the data of water extract analysis and natural moisture with regard for nondissolving volume.