



# Засоление почв





## Оглавление

<b>1. Засоление почв.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Типы засоленных почв .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Причины возникновения засоленных и солонцеватых почв.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Анализы, необходимые для определения засоления.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Оценка степени засоления почв по «суммарному эффекту токсичных ионов» .....</b>	<b>6</b>
<b>6. Определение Химизма (Типа) засоления .....</b>	<b>7</b>
<b>7.Пороги токсичности содержания солей в почве и солеустойчивость растений .....</b>	<b>9</b>
<b>8. Определение степени солонцеватости .....</b>	<b>9</b>
<b>Библиографический список.....</b>	<b>10</b>

## 1. Засоление почв

Засоление почв – это избыточное количество солей в почвенном растворе, оказывающее токсичное действие на большинство растений.

- Избыточная концентрация солей оказывает как осмотическое действие, нарушающее нормальный водообмен растений, так и токсическое, вызывая отравления;
- Нарушается азотный обмен;
- Сильное засоление замедляет синтез белков, подавляет процессы роста;
- Засоление и солонцеватость почвы угнетающе действует и на почвенные микроорганизмы (в том числе на группы микроорганизмов, жизнедеятельность которых весьма существенна для высших растений);
- Засоление и солонцеватость вызывает у растений задержку и недружное появление всходов вследствие "физиологической сухости" засоленных почв, а значит, замедленное набухание и прорастание семян;
- Токсичность солей выражают в эквивалентах хлора. Если принять токсичность хлора за единицу, то токсичность соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в 10 раз больше, токсичность бикарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) в 6 раз меньше токсичности  $\text{NaCl}$ . Таким образом, наиболее вредные и малопродуктивные для растений содовые солончаки, затем хлоридные, а наиболее «благоприятные» - сульфатные солончаки

Засоленные почвы обладают очень низким потенциальным плодородием, чем выше степень засоления, тем ниже урожайность (Таблица 1)

Таблица 1

### *Снижение урожайности озимой пшеницы в зависимости от степени засоления и солонцеватости почв (по данным Тенирбердиева Н. К)*

Степень засоления	Среднее за 2014-2015 год		Степень солонцеватости	Среднее за 2014-2015 год	
	Снижение урожайности в %	Урожайность, ц/га		Снижение урожайности в %	Урожайность, ц/га
Незасоленная	Нет	30,2	Не солонцеватые	Нет	30,2
Слабая	15	25,6	Слабая	15	25,6
Средняя	35	16,6	Средняя	35	19,6
Сильная	65	10,5	Сильная	60	18,1
Солончак	85	4,5	Солонцы	90	3,0

## 1. Типы засоленных почв

**Солонцы (Cn)** – это почвы, содержащие в поглощенном состоянии повышенное количество обменного натрия в иллювиальном горизонте (более 15% от ЕКО) или повышенное содержание обменного магния (более 40% от ЕКО) при содержании обменного натрия менее 15%. Типы солонцов выделяют в соответствии с характером увлажнения, подтипы — по зональному принципу, роды — по химизму, глубине и степени засоления

**Солончаки (Cк)** — это почвы, очень сильно засоленные с поверхности и по всему профилю. Выделяют два типа солончаков: солончаки автоморфные и солончаки гидроморфные. При содовом засолении к солончакам относятся почвы с содержанием солей более 0,5-0,6%, при хлоридном — более 0,7-0,8%, при сульфатном — более 2,0%.

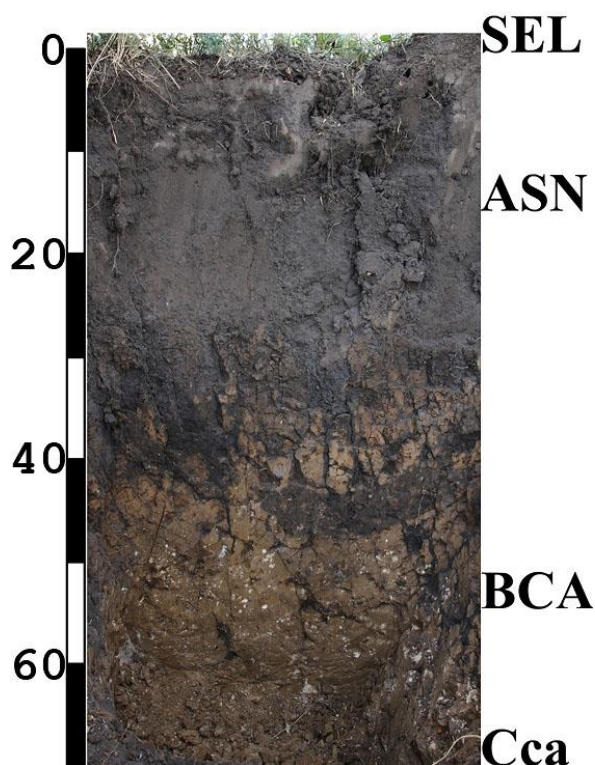


Рисунок 1 Солонец темногомусовый



Рисунок 2 Солонец светлый средний  
глубокогипсовый



Рисунок 3 Солончак глеевый



Рисунок 4 Солончак сульфидный  
(Соровый)

## 2. Причины возникновения засоленных и солонцеватых почв

Существуют 2 основных типа засоления почв:

- *первичное природное засоление*
- *вторичное засоление в результате нерациональной деятельности человека, обычно при развитии земледелия и сельского хозяйства*

Первичное засоление происходит естественным образом в почвах и водах. Процессы естественного соленакопления приурочены к определенным типам рельефа, геоморфологическим и гидрогеологическим условиям. В гидрогеологическом отношении они приурочены к областям высокого уровня грунтовых вод и тяготеют к районам затрудненного стока или бессточности, когда баланс грунтовых вод регулируется испарением и транспирацией. Аридный климат способствует сохранению реликтовых солевых запасов и приводит к активному современному соленакоплению в аккумулятивных ландшафтах в гидроморфных условиях.

Вторичное засоление происходит в результате чрезмерных переполивов при орошении и промывке почв без надлежащего обеспечения дренажа, вызывающих быстрый подъем грунтовых вод. В настоящее время интенсивность вторичного засоления представляет собой значительную проблему для безопасности засушливых экосистем

Основными источниками засоления почв являются соли материнских пород, минерализованные грунтовые воды, поверхностные воды и эоловое перемещение солей.

При оценке причин засоления той или иной территории следует учитывать следующие факторы:

- Наличие соленосных отложений или засоленных почвообразующих пород.

Часто засоление современных почв определяют сильнозасоленные осадочные породы и особенно залежи ископаемых солей и соляные купола.

- Эоловый перенос солей с поверхности моря, а также с солончаков. Этот процесс активно проявляется не только в прибрежной зоне, но и в регионах, далеких от морей, например в Западной Сибири, Приаралье и Прибалхашье.

- Гидрогенное соленакопление в результате выклинивания подземных вод или близкого расположения грунтовых вод является мощным источником солей в почвах.

- Биогенное соленакопление, связанное с аккумуляцией растениями солей определенного состава и затем обогащением почв этими солями за счет опада.

- Особым источником солей, который действительно может привести к засолению почв, являются оросительные воды повышенной минерализации. Этот источник действует на орошаемых территориях и вызывает вторичное засоление почв.

Основными причинами вторичного засоления почв являются бездренажное орошение, большие потери воды на фильтрацию на полях, строительство оросительных каналов без гидроизоляции, применение для орошения минерализованной воды. Вторичное засоление почв возникает и при перегрузке пастбищ, которое приводит к увеличению физического испарения влаги почвы по мере уничтожения травянистой растительности в связи уплотнением почв. На лугах это усиливает приток влаги и солей в верхнюю часть профиля из грунтовых вод. Солонцеватые почвы в отличие от засоленных почв содержат водорастворимые соли не в самом верхнем горизонте, а на некоторой глубине



### 3. Анализы, необходимые для определения засоления

Определяемый показатель	Для чего выполняется
рН водный	Необходим для определения реакции засоления (щелочная или нейтральная). Характеризует возможный состав солей.
Сухой остаток	Характеризует (приблизительно) суммарное количество органических и минеральных соединений, содержащихся в пробе (можно приблизительно судить о степени засоления)
Хлорид ион в водной вытяжке (Cl)	Анионы, характеризующие тип засоления
Сульфат ион водной вытяжке (SO <sub>4</sub> )	
Карбонат ион в водной вытяжке (CO <sub>3</sub> )	
Гидрокарбонат ион в водной вытяжке (HCO <sub>3</sub> )	
Кальций водной вытяжке (Ca)	Катионы, характеризующие тип засоления
Магний водной вытяжке (Mg)	
Натрий водной вытяжке (Na)	
Обменный натрий (Na)	Показатель, характеризующий степень солонцеватости почвы
ЕКО	Для определения содового засоления (сколько процентов составляет Натрий от ЕКО), используется для расчета доз гипса
Удельная электропроводность	Характеризует степень засоления почвы
Формула расчета дозы гипса	$D=0,086(Na-0,1T)*H*d$
	D-доза гипса, т/га Na- содержание обменного натрия, Мг*экв на 100 г почвы Т-емкость поглощения, Мг*экв на 100 г почвы Н-глубина мелиорируемого слоя, см d- объемная масса мелиорируемого слоя, г/см <sup>3</sup>

### 4. Оценка степени засоления почв по «суммарному эффекту ТОКСИЧНЫХ ИОНОВ»

Известно, что ионы обладают разной степенью токсичности, но "суммарный эффект" токсичных ионов принято выражать в эквивалентах хлора.

$$1Cl^- = 0,1 CO_3^{2-} = (2,5-3,0) HCO_3^- = (5,0-6,0) SO_4^{2-}.$$

Исходя из приведенного равенства следует, что 1 мг-экв Cl<sup>-</sup> в 10 раз менее токсичен для растений чем 1 мг-экв CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> и наоборот, в 2,5-3 раза более токсичен чем ион HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и в 5-6 раз токсичнее, чем ион SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Следовательно, согласно равенству, «суммарный эффект» (СЭ) токсичных ионов в мг-экв будет равен:

$$СЭ = \frac{мг - экв Cl^-}{1} + \frac{мг - экв CO_3^{2-}}{0,1} + \frac{мг - экв HCO_3^-}{2,5 - 3} + \frac{мг - экв SO_4^{2-}}{5 - 6}.$$

Таблица 2

#### Очередность связывания ионов, при определении степени засоления

Ион	Очередность связывания Иона
CO <sub>3</sub>	1. Сначала связываются CO <sub>3</sub> -Эти соли всегда токсичны. Сначала связываются с натрием, а если после связывания остаются еще ионы CO <sub>3</sub> , то с Mg

HCO <sub>3</sub>	2. Затем связываются HCO <sub>3</sub> , в первую очередь, с Ca, но:
	а) Если в почве присутствуют хотя бы следы CO <sub>3</sub> , то можно связать только 0,6 мг/экв HCO <sub>3</sub>
	б) Если в почве нет CO <sub>3</sub> , но при наличии высокой общей щелочности (>1,4 мг-экв./100 г почвы HCO <sub>3</sub> -) количество HCO <sub>3</sub> - связанное с кальцием также не превышает 0,6 мг-экв на 100 г почвы. Затем 2/3 остатка HCO <sub>3</sub> - связывают с натрием и 1/3 с магнием.
	Если содержание ионов HCO <sub>3</sub> - в водной вытяжке меньше 1,4 мг-экв на 100 г почвы, то сначала они связываются с кальцием в соль Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . Если после этого ионы HCO <sub>3</sub> - еще остаются, то они связываются с магнием в соль Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и, наконец, с натрием в соль NaHCO <sub>3</sub> .
SO <sub>4</sub>	3.SO <sub>4</sub> -2-ионы. Они входят в состав токсичных солей Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> и нетоксичной соли CaSO <sub>4</sub> . Ионы SO <sub>4</sub> -2 связываются в гипотетические соли в следующей последовательности: CaSO <sub>4</sub> ; Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; MgSO <sub>4</sub> .
Cl	Cl--ионы. Все хлориды относятся к токсичным солям. Ионы Cl- связываются в гипотетические соли в последовательности: NaCl, MgCl <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> , то есть начиная с наименее растворимых солей.

Степень засоления по суммарному эффекту токсичных ионов оценивается по следующей классификации:

Таблица 3

**Оценка степени засоления**

Степень засоления	"Суммарный эффект" токсичных ионов (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), выраженный в мг-экв Cl <sup>-</sup>
Незасоленные	<0,3
Слабозасоленные	0,31-1,0 (1,5)
Среднезасоленные	1,1 (1,6) - 3,0 (3,5)
Сильнозасоленные	3,1 (3,6) - 7,0 (7,5)
Очень сильнозасоленные	>7,0 (7,5)

**6. Определение Химизма (Типа) засоления**

Химизм засоления устанавливается по соотношению ионов в характеризуемом слое или горизонте максимальной аккумуляции водорастворимых солей. При незначительном варьировании химизма засоления в пределах почвенного профиля тип засоления устанавливается по средним показателям для расчетного слоя. Если химизм засоления подвержен значительному варьированию, то тип засоления устанавливается по соотношению ионов в первом верхнем горизонте максимальной аккумуляции водорастворимых солей с указанием химизма засоления более глубоких горизонтов. Особо следует отмечать присутствие соды в любой части профиля. При определении типа засоления почв принимаются во внимание в первую очередь анионы. В наименование типа засоления включаются те анионы, содержание которых превышает 20% от суммы мг-экв анионов. При этом преобладающий анион в названии ставится на последнее место.

В отношении оценки возможного участия соды в составе солей рекомендуется пользоваться следующими придержками.

+Если в водной вытяжке при значительном преобладании  $SO_4^{2-}$  и  $Cl^-$  присутствуют (хотя бы в одном из горизонтов почвы) ионы  $CO_3^{2-}$  в количестве менее 20% от суммы мг-экв анионов, но более 0,03 мг-экв на 100 г почвы, то в названии химизма засоления следует отразить возможное присутствие соды. В таких случаях засоление определяется по соотношению преобладающих ионов с добавлением в названии «с участием соды». То же самое касается и ионов  $HCO_3^-$ , если количество их в водной вытяжке превышает 1,4 мг-экв на 100 г почвы, а  $HCO_3^- > Ca^{2+} + Mg^{2+}$  (в эквивалентах); -при этом необходимо произвести расчет токсичных солей и убедиться в наличии ионов  $HCO_3^-$  в количестве, превышающем порог токсичности (0,8 мг-экв  $HCO_3^-$ , связанной с Na + Mg). Иногда повышенное содержание  $HCO_3^-$  может быть обусловлено присутствием  $Mg(HCO_3)_2$ . В этих случаях тип засоления определяется как гидрокарбонатный.

Таблица 4

Оценка химизма засоления

№ п/п	Химизм (тип) засоления	Отношения анионов, мг-экв			Отношение катионов и анионов
		Cl:SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub> :Cl	HCO <sub>3</sub> :SO <sub>4</sub>	
1.	Хлоридное	□ 2,5	---	---	---
2.	Сульфатно-хлоридное	2,5-1	---	---	---
3.	Хлоридно-сульфатное: а) с малым количеством гипса* б) с повышенным количеством гипса ☉** гипса** гипса**	1-0,2	---	---	---
		1-0,2	---	---	---
4.	Сульфатное: а) с малым количеством гипса* б) с повышенным количеством гипса** са*	<0,2	---	---	---
		<0,2	---	---	---
		>1	<1	>1	HCO <sub>3</sub> >
		<1	>1	<1	Ca+Mg Na > Mg Na > Ca
5.	Содово-хлоридное	<1	>1	>1	
6.	Содово-сульфатное				
7.	Хлоридно-содовое				
8.	Сульфатно-содовое				
9.	Сульфатно- или хлоридно-гидрокарбонатное	Любое	>1	>1	Na < Ca Na < Mg HCO <sub>3</sub> > Na

\*CaSO<sub>4</sub> < 1% (Ca < 12,5 мг-экв).

\*\*CaSO<sub>4</sub> > 1% (Ca > 12,5 мг-экв).

Влияние засоления на продуктивность культурных растений

Степень засоления почв	Состояние среднесолеустойчивых растений
Практически незасоленные	Урожайность нормативная для почвенной разновидности
Слабозасоленные	Слабое угнетение, выпадения растений; урожайность снижается примерно на 10-20 %
Среднезасоленные	Среднее угнетение, изреженность посевов; урожайность снижается на 20-50 %
Сильнозасоленные	Сильное угнетение, посева изрежены; необходим подбор солеустойчивых растений
Солончаки	Произрастают единичные растения; необходимо возделывание только солеустойчивых растений



## 7. Пороги токсичности содержания солей в почве и солеустойчивость растений

Порогом токсичности называется предельное количество солей в почве, выше которого начинается угнетение роста и развития среднесолеустойчивых растений.

Таблица 5

Пороги токсичности солей

СО32		НСО3		Сl-		SO42-	
%	мг/экв	%	мг/экв	%	мг/экв	%	мг/экв
0,001	0,03	0,06	0,8	0,01	0,3	0,08	1,7

Таблица 6

Солеустойчивость с/х культур

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Полевые культуры		
Фасоль	Рожь, пшеница, сорго, кукуруза, подсолнечник, рис, лен, соя, бобы конские, горох	Ячмень, сахарная свекла, рапс, хлопок
Овощные культуры		
Редис, сельдерей	Томат, перец, капуста, морковь, салат латук, лук, тыква, огурец	Свекла столовая, спаржа, шпинат, капуста листовая
Кормовые травы		
Клевер ползучий, лисохвост, клевер гибридный, клевер луговой, кровохлебка маленькая	Донник белый, желтый, индийский, кострец, канареечник клубненоносный, волоснец безостый, клевер земляничный, суданская трава, люцерна, овсяница луговая, кострец безостый	Бескильница, бермудская трава, пырей высокий, кострец, волоснец канадский, пырей американский, овсяница высокая

## 8. Определение степени солонцеватости

Степень солонцеватости - это отношение содержания обменного натрия к сумме обменных катионов или емкости поглощения, выраженное в процентах.

Степень солонцеватости рассчитывается по формуле:

$$A = Na * 100 / E$$

где А – степень солонцеватости, % от емкости обмена; Na – содержание обменного натрия, мг-экв на 100 г почвы; E – емкость обмена, мг-экв на 100 г почвы.

Различают несолонцеватые почвы, содержащие менее 3 % натрия от емкости обмена; слабосолонцеватые – 3-5 %; среднесолонцеватые – 5-10 %; сильносолонцеватые – 10-15 % и солонцы, которые по содержанию обменного натрия в горизонте В<sub>1</sub> подразделяются на: малонатриевые – 10-20 %; средненатриевые – 20-40 %; многонатриевые – > 40 %.

Агроконсультант  
 ООО «Агроплем»

Исполнитель – Бабаева Ксения Сергеевна, тел. 8-977-519-93-03, [kbabaeva@agroplem.ru](mailto:kbabaeva@agroplem.ru)

## Библиографический список

1. Изучение и подбор солеустойчивых сельскохозяйственных культур для возделывания на засоленных почвах, опубликовано Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций и Общественным фондом “Центр обучения, консультации и инновации”, Бишкек 2018 г.
2. Клебанович, Н. В. К 48 Химическая мелиорация почв: практикум для студентов географического факультета / Н. В. Клебанович. – Минск: БГУ, 2018. – 47 с
3. Лопатовская О. Г. Мелиорация почв. Засоленные почвы : учеб. пособие / О. Г. Лопатовская, А. А. Сугаченко. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. – 101 с.
4. Мелиорация засоленных почв и методы их изучения : М474 учебно-методическое пособие / авт.-сост. Е.В. Каллас, Т.А. Марон. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. – 138 с.
5. Панкова Е.И., Воробьева Л.А.(Россия), Балюк С.А.(Украина), Хасанханова Г.М. (Узбекистан), Конюшкова М.В, Ямнова И.А. (Россия). Засоленные почвы Евразийского региона: диагностика, критерии и распространение
6. Практическое руководство по химии почв В. Г. Мамонтов, А. А. Гладков, М. М. Кузелев ; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Российский гос. аграрный ун-т - МСХА им. К. А. Тимирязева. - Москва : Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. - 225 с.
7. Самофалова И.А., Лобанова Е.С. Мелиорация солонцовых и засоленных почв: лабораторный практикум / И.А. Самофалова, Е.С. Лобанова; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермский гос. аграрнотехнологический университет им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2020. – 54 с.
8. Шорина, Т. С. Ш 79 Мелиорация почв : учебное пособие / Т. С. Шорина; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 190 с.