

УДК 631.445.52 (574.51)

Сарыбаева Г.М\*., Наушабаев А.Х.

*Казахский национальный аграрный исследовательский университет,  
г. Алматы, Казахстан, \*gaziza.saribaeva@gmail.com*

## ФОРМИРОВАНИЕ СОДОВО-ЗАСОЛЕННЫХ ПОЛУГИДРОМОРФНЫХ СОЛОНЦОВ ИЛИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

### Аннотация

Рассмотрены условия формирования содово-засоленных полугидроморфных солонцов Илийской впадины и возможности появления соды в профиле только при сочетании факторов почвообразования, химического состава почв, грунтов и грунтовых вод. Установлено, что из-за тектонических процессов, разворачивавшихся в средней части Илийской впадины происходило рассоление верхней толщи карбонатных сульфатных солончаков, образовавшихся при выпотном водном режиме. При дальнейшем протекании этого процесса, медленная и длительная фильтрация нисходящим током растворов, содержащих сульфат натрия через карбонатные горизонты, привело к образованию и накоплению соды, трансформировав сульфатный луговой солончак в солончаковатые солонцеватые луговатые сероземы, а при продолжительном протекании вышеотмеченных процессов в содовый полугидроморфный солонец.

Общеизвестно, что мелиорации любых засоленных почв наряду с составом и свойствами также требуют изучения их генезиса. Следовательно, невозможно определить и регулировать уровень плодородия почвы, не зная особенности их происхождения. Поскольку очаги содово-засоленных почв находятся в отдалении друг от друга, поэтому требуют определения взаимовлияния сочетаний факторов, обуславливающих образование в них соды. Формирование ее в почвах, грунтах и грунтовых водах следует рассматривать в каждом случае индивидуально и комплексно, используя природно-исторические и сравнительно-географические методы, исходя из триады «почвообразующие факторы-элементарные почвообразующие процессы-свойства почвы». Определение происхождения содово-засоленных почв в природе требует изучения историй, и существующие теории образования соды в почвах. Анализ последних определений условий, аналогичный нашим, позволит в дальнейшем определить наиболее правильные пути мелиорации содово-засоленных почв.

**Ключевые слова:** содово-засоленная почва, плодородие, мелиорация, полугидроморфный солонец, Илийская впадина.

### Введение

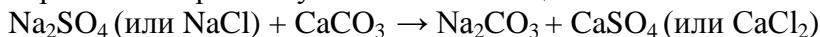
Среди засоленных почв Мира (>950 млн. га) щелочные почвы получили широкое распространение (74%) [1]. Их площадь в странах СНГ составляет 120 млн.га[2]. На северо-востоке нашей Республики они распространены среди плодородных черноземов и каштановых почв, а на юге и юго-востоке очагово среди интразональных гидроморфных и полугидроморфных почв. В последнем площадь подобных почв составляет 7,05 млн. га[3], из них получили распространения в Жамбылской, Туркестанской, Кызылординской и Алматинской областях соответственно 3.383, 1.935, 1.543 и 1.321 тыс. га. Значение повышения плодородия этих почв возрастает в связи с распространением их среди наиболее плодородных почв предгорной равнины Северного Тянь-Шаня-луговых, лугово-сероземных и лугово-каштановых почв, которые интенсивно освоены в сельском хозяйстве региона[4].

В настоящее время существует несколько теорий об образовании соды в почвах.

1. Привыветривании кристаллических пород и дальнейшая миграция ее поверхностными и грунтовыми водами к областям аккумуляции солей и засоление почв [5].

По мнению В.А. Ковды при выветривании алюмосиликатов происходит гидролитические отщепление гидросиликата натрия ( $\text{NaHSiO}_3$ ) который, энергично соединяясь с  $\text{CO}_2$  в воздухе образует соду [6].

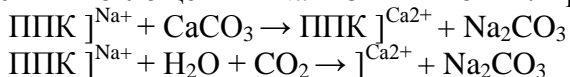
2. Теория образования соды путем обменной химической реакций между нейтральными солями натрия и карбонатами щелочных земель (теория Е.В. Гильгарда)[7]. Иначе говоря, образование соды происходит в результате взаимного обмена между сернокислым или хлористым натрием и углекислым кальцием.



Образование соды таким путем было проверено С.О. Танатором (1896) в условиях повышенного содержания  $\text{CO}_2$  в растворе [8]. К.К. Гедройцв ходе эксперимента установил, что в системе "карбонатная почва" +  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (или  $\text{NaCl}$ ) не приводит к повышению концентрации углекислоты [9].

3. Образование соды в результате физико-химических реакций обмена поглощенного натрия на кальций и карбоната кальция из почвенного раствора.

К.К. Гедройц установил [10], что восходящее движение почвенных растворов, богатых сернокислыми и хлористыми солями натрия, ведет к накоплению обменного натрия в ППК почв. При рассолениях засоленной почвы, содержащей  $\text{CaCO}_3$ , ион  $\text{Ca}^{2+}$  почвенного раствора вследствие уменьшения концентраций иона натрия в почвенных растворах начинает вытеснять поглощенный  $\text{Na}^+$  из ППК почвы. Происходит по схеме:



4. Образование соды биохимическим путем, как результат биологического восстановления сульфата натрия до сульфида и последующей реакцией его с углекислотой [11,12]. Сульфаторедуцирующие бактерий (*Spororibriodesul furicansu Spororibrio Rubentschikii*) восстанавливают сульфаты, беря энергию из органического вещества. При этом эти бактерий способны разлагать органические вещества только в присутствии сульфатов различных солей, выделяя при этом большое количество сероводорода.

5. Многие исследователи [13, 14] высказывали мнение, что при минерализации опада некоторых растений высвобождается в значительном количестве легкорастворимые соли или щелочные катионы, что способствует появлению солончаковатости или солонцеватости.

6. Образование соды геологическим путем. В местах с нефтяными и газовыми залежами, поступление восходящими токами гидрокарбонатно-натриевых подземных вод к поверхности почвы. Существенную роль в образовании засоленных почв играет поступление солей из глубинных соляных залежей (осадочные толщи различного генезиса) и с термальными водами [15,16,17].

7. Эффект Горева-Казанцева. Они считают, что в природных условиях явление содообразования в природных водах с химически неактивной вмещающей средой (мерзлыми или хорошо промытыми почвогрунтами) имеющие малый контакт с водой, заключающееся в возникновении в них гидрокарбоната или карбоната натрия, вследствие селективного выноса ионов с испаряющейся влагой [18].

#### **Объект и методы исследований**

Для установления генезиса содово-засоленных щелочных почвополевые исследования проведены на территории крестьянского хозяйства «Турсунов», расположенный в 8 км северо-западнее села Казатком в пределах Енбекшиказахского района. Хозяйство занимается орошаемым земледелием после перевода сенокосов и пастбищ в пашню. Территория хозяйства находится к северу от сазовой полосы в зоне выклинивания грунтовых вод, а так же к западу от реки Шыбыкты в слегка приподнятом водоразделе междуречий, простираясь с юго-запада на северо-восток. Общая площадь хозяйства 124 га, из них 24 га занимают саженцы двухлетней яблони. Грунтовые воды в этом районе залегают в пределах 2-6 м, что оказывает неодинаковое влияние на почвообразовательные процессы. В связи с сухим и резко континентальным климатом района исследований почвы хозяйства подвержены гидроморфному и полугидроморфному солению. Основной почвенный покров хозяйства

представлен северными светлыми луговато-сероземными почвами различной степени солончаковатости и солонцеватости, среди которых до 10% площади занимают солончаки и солонцы. На типичных участках указанных разностей почв, используя метод парных разрезов, заложены серия почвенных шурфов с описанием морфо-генетических признаков их профилей. Из отобранных почвенных образцови проб грунтовых водопределялись ионный состав, общее содержание воднорастворимых солей, общая минерализация ГВи другие нижеследующие показатели:

- гумус по Тюрину (ГОСТ 26213-91);
- ионный состав и рН водной вытяжки по Гедройцу (ГОСТ 26426-85);
- углекислота объемным методом;
- поглощенные катионы ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) по Шмуку (ГОСТ 26486-85);
- поглощенный  $Na^+$  на пламенном фотометре;
- общий азот по Къельдалю (ГОСТ 261070-84);
- подвижный фосфор по Мачигину (ГОСТ 26205-84);
- подвижный калий на пламенном фотометре (ГОСТ 26205-84).

**Результаты и их обсуждение**

Исследуемая территория в начале четвертичного периода представляла собой слабо-наклонную предгорную пологую равнину. Но в позднечетвертичной эпохе, в середине впадины тектоническое движение земной коры в широтном направлении привело к интенсивному подъему земной поверхности вдоль линии рек Жетыген-Шелек[19]. В результате чего протекающие в этом районе реки углубили свои русла. Здесь преобладание скорости подъема земной поверхности над скоростью углубления русел рек, пересекающих ее, привели к образованию нескольких родников. Такие же условия очень ярко проявляются на речках Шыбыкты и особенно Жарсу (русло углублено до 18м от поверхности земли). В результате выше отмеченных процессов, происходивших в этом регионе, уровень грунтовых вод постепенно снижался, что в условиях сухого континентального климата привело к медленному протеканию процессов рассоления в профилях ранее сформированных солончаков и солончаковатых почв. На равнине этот процесс имеет место в местах глубокого врезания русел рек. Одним из таких мест является нами изученный участок, расположенный к западу от реки Шыбыкты.

Почвенный покров участка преимущественно слабосолончаковатые луговатые сероземы. Среди них встречаются комплексно их сильносолонцеватые (30-50%) роды и солонцы (10%). В прошлом в этом регионе, когда глубокий базис эрозии рек пока еще не был сформирован, уровень грунтовых находился близко к поверхности, из-за чего на этой территории в структуре почвенного покрова господствовали сульфатные солончаки. Характер их засоления можно проследить из состава водной вытяжки почв 076<sup>a</sup> разреза, расположенного в 1,5 км к юго-востоку от участка (табл.1).

**Таблица 1-**Ионный состав водной вытяжки( $\frac{мг-экв}{\%}$ ) и грунтовых вод( $\frac{мг/л}{мг-экв/л}$ )луговых солончаков сазовой полосы (разреза 076<sup>a</sup>)

Глуби-на образца, см	Щелочность		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Сумма солей, %	рН
	Об- щая НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	От нор- мальных карбона- товСО <sub>3</sub> <sup>2-</sup> нет							
4-19	0.96		1.60	34.00	11.00	5.00	20.56	2.502	8.2
	0.059		0.057	1.632	0.220	0.061	0.473		
23- 33	1.22	"	1.72	18.25	0.75	3.50	16.94	1.459	8.3
	0.074		0.061	0.876	0.015	0.043	0.390		
55- 65	0.80	"	1.68	18.25	1.00	4.00	15.73	1.416	8.1
	0.049		0.060	0.876	0.020	0.049	0.362		
95-	0.80	"	1.50	18.50	1.00	5.25	14.55	1.409	8.1

105	0.049		0.053	0.888	0.020	0.064	0.335	1.375	8.1
117-130	0.80	"	1.52	18.00	1.00	5.25	14.07		
150-200	0.049		0.054	0.864	0.020	0.064	0.324	1.084	7.7
150-200	0.56	"	0.84	14.75	2.75	4.75	8.65		
200-250	0.034		0.030	0.708	0.055	0.058	0.199	0.417	7.7
200-250	0.56	"	0.42	5.25	1.20	2.20	2.83		
250-300	0.034		0.015	0.252	0.024	0.027	0.065	0.208	7.8
250-300	0.64	"	0.36	2.00	0.35	0.75	1.90		
ГВ, 300с	292.9	следы	0.013	0.096	0.007	0.009	0.044	7653	7.8
300с	4.8		226.9	5427.0	601.2	546.9	63.0		
М			6.40	112.5	30.0	45.0	48.0		

Луговые солончаки образовались в условиях сухого континентального климата при близком залегании (2-3м) среднеминерализованных (3-10г/л) сульфатных грунтовых вод. Профиль солончаков, особенно их поверхностные горизонты в большей степени насыщены нейтральными солями натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaCl}$ ). Позднее, постепенное поднятие поверхности земли и дальнейшее снижение уровня грунтовых вод, привело к медленно мураассолению профилей сульфатных солончаков. Дальнейшее продолжение этого процесса до сегодняшних дней на равнинах междуречий привело к тому, что верхние горизонты исходных сульфатных луговых солончаков начали лишаться солей, в результате чего они эволюционировали в луговатые сероземы с разной степенью солончаковатости. Этот процесс протекал более интенсивно в местах глубокого залегания уровня русел рек из-за увеличения воздействия грунтовых вод на верхние горизонты почв (разрез 1, **таблица 2**).

**Таблица 2-** Состав водной вытяжки сильносолончаковатых северных светлых луговатых сероземов, (разрез 1,  $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$ )

Индекс и глубина генетических горизонтов, см	Глубина образца, см	Щелочность		$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	Сумма солей, %	pH	Степень и химизм засоления
		Общая $\text{HCO}_3^-$	от нормальных карбонатов $\text{CO}_3^{2-}$								
А0-22	0-22	1.08	нет	0.1	0.15 0	0.550	0.65 0	0.130	0.097	8.1	незасол. хс-км
		0.065		0.00 3	0.00 7	0.010	0.00 8	0.003			
В <sub>1</sub> 22-39	22-33	0.84	"	0.1	2.10 0	1.400	1.00 0	0.040	0.210	7.9	незасол. с-мк
		0.051		0.00 3	0.10 1	0.028	0.01 2	0.001			
В <sub>2</sub> 39-49	39-49	0.84	"	0.25	11.7 5	4.500	3.50 0	4.840	0.868	7.9	сильно с-кн
		0.051		0.00 9	0.56 4	0.090	0.04 2	0.111			
BC49-90	49-59	0.88	"	0.4	12.5 0	4.250	3.25 0	6.280	0.937	7,8	сильно с-кн
		0.054		0.01 4	0.60 0	0.085	0.03 9	0.144			

Интенсивность процесса рассоления замедляется по мере отдаления от русла реки. Из данных таблицы 3 следует, что воднорастворимые соли промыты из верхнего 0-41 см слоя

почвенного профиля в нижележащие горизонты. Это обстоятельство оказало влияние не только на содержание солей, но и на ее состав. Верхние горизонты А и В светлых луговатых сероземов имеют сульфатно-кальциевый солевой состав, тогда как в нижнем горизонте В<sub>2</sub> она переходит в сульфатно-натриево-кальциевый. В этом слое профиля доля поглощенного натрия резко возрастает до 16,9% (разрез 4). Сильносолончаковатые светлые луговатые сероземы северные(разрез 1), которые ранее были лишены солей из верхних их горизонтов хорошо гумусированы (2,16%, **таблица 4**).Существование промывного водного режима в профиле почв привело к небольшому снижению содержания карбонатов (СО<sub>3</sub><sup>2-</sup>, 0,6%) в верхних горизонтах. Такое содержание и состав солей формирует слабую щелочность почвенной среды. Из-за формирования вышеуказанных условий верхние слои почвы хорошо обеспечены азотом, фосфором и калием (**таблица 4**).

**Таблица 3-** Состав водной вытяжки слабосолончаковатых сильносолонцеватых светлых луговатых сероземов северных(разрез 4,  $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$ )

Индекс и глубина генетических горизонтов, см	Глубина образца, см	Щелочность		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sub>2+</sub>	Na <sup>+</sup>	Сумма солей, %	рН	Степень и химизм засоления
		Общая НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	от нормальных карбонатов СО <sub>3</sub> <sup>2-</sup>								
А0-22	0-22	0.7	нет	0.1	8.0	6.5	2.0	0.3	0.59	7.7	незасолс-к
		0		0	0	0	0	0			
В <sub>1</sub> 22-33	22-32	0.0	"	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.65	7.7	слабос-к
		43		03	84	3	24	07			
В <sub>2</sub> 33-41	22-32	0.6	"	0.1	9.0	7.0	1.7	0.9	0.65	7.7	слабос-к
		4		0	0	0	5	9			
В <sub>2</sub> 33-41	33-41	0.0	"	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.46	7.8	незасолс-нк
		39		03	32	4	21	23			
В <sub>2</sub> 33-41	33-41	0.6	"	0.1	6.0	3.0	1.2	2.5	0.46	7.8	незасолс-нк
		6		0	0	0	5	1			
В <sub>2</sub> 33-41	33-41	0.0	"	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.18	7.7	сильнос-к
		4		03	88	6	15	58			
В <sub>2</sub> 33-41	33-41	0.6	"	0.1	16.	10.	1.7	5.0	1.18	7.7	сильнос-к
		6		0	5	5	5	1			
В <sub>2</sub> 33-41	33-41	0.0	"	0.0	0.7	0.2	0.0	0.1	1	7.7	сильнос-к
		4		03	92	1	21	15			
С71-110	80-90	0.6	"	0.6	31.	10.	2.2	19.	2.26	7.6	очень сильно, с-кн
		0		0	5	50	5	95			
		0.037		0.021	1.512	0.21	0.027	0.459			

**Таблица 4-** Химический состав почв крестьянского хозяйства «Гурсунов»

Разрез №	Индекс и глубина генетических горизонтов, см	Глубина образца, см	Гумус, %	Общий азот, %	Углекислый газ карбонатов, %	Подвижный, мг/100г	
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	А <sub>пах</sub> 0-22	0-22	2.16	0.14	1.52	4.2	105.6
	В <sub>1</sub> 22-39	22-33	1.08	0.074	1.18	1.44	79.2
	В <sub>2</sub> 39-49	39-49	-	-	1.52	-	-
	В <sub>2</sub> 49-90	49-59	-	-	1.52	-	-
3	А <sub>пах</sub> 0-22	0-22	1.72	0.119	4.22	1.75	67.2
	В <sub>1</sub> 22-31	22-31	1.27	0.084	5.24	0.75	81.6
	В <sub>2</sub> 31-49	31-49	-	-	6.76	-	-
	В <sub>2</sub> 49-85	50-60	-	-	8.62	-	-

4	A <sub>пах</sub> 0-22	0-22	1.57	0.105	2.7	1.64	64.8
	B <sub>1</sub> 22-33	22-33	0.76	0.052	3.38	0.87	60
	B <sub>2</sub> 33-41	33-41	-	-	3.55	-	-
	BC 41-71	50-60	-	-	3.21	-	-

**Таблица 5-** Физико-химические свойства почв крестьянского хозяйства «Гурсунов»

Разрез №	Индекс и глубина генетических горизонтов, см	Глубина образца, см	Емкость поглощения, мг-экв на 100г почву	Поглощенные катионы, мг-экв на 100г почву			Na <sup>+</sup> от емкости поглощения, %
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	
3	A <sub>пах</sub> 0-22	0-22	19.0	-	-	1.8	8.0
	B <sub>1</sub> 22-31	22-31	17.37	12.4	2.8	2.17	12.5
	B <sub>2</sub> 31-49	31-49	16.78	8.8	3.2	4.78	28.5
	BC 49-85	50-60	15.10	6	2.4	6.7	44.37
4	A <sub>пах</sub> 0-22	0-22	24.19	19.6	3.2	1.39	5.75
	B <sub>1</sub> 22-33	22-33	23.62	20.8	2	1.62	6.6
	B <sub>2</sub> 33-41	33-41	21.18	14.0	3.6	3.58	16.9

Территория изученного участка расположена на западном склоне овражного русла реки Шыбыкты. Через 300м в связи с поднятием территории ее с запада окружает формирующийся лог глубиной 3-5м. Здесь в связи с массовым высыханием высаженных саженцев яблони были заложены разрезы №3 (до глубины 130см) и №7 (до глубины 450 см) с описанием их морфо-генетических признаков.

Макрорельеф участка-предгорная слабонаклонная волнистая равнина. Мезорельеф - междуровневая водораздельная слабонаклонная волнистая (~3°) равнина. Экспозиция -ССВ. Растительность: полынь, местами солянки, лебеда, солодка, редко чий и тростник.

Разрезы заложены 120 м на запад от платины водохранилища реки Шыбыкты, от западной точки платины 270 м на юго-запад среди саженцев яблоней.

Ниже приводим морфо-генетическое описание №7 разреза.

- A 0-17 Светло-серый, сухой, уплотнен, сверху чешуйчатый, комковатый, пронизан корнями, поры диаметром 2-3 см темно-серого цвета от грызунов и разложенных корней растений, среднесуглинистый, переход в следующий горизонт постепенный по цвету;
- B<sub>1</sub> 17-30 Светло-серый с буроватым оттенком, слабо увлажненный, плотный, средне и крупнокомковатый, редкие и мелкие корешки, тонкопористый, среднесуглинистый, переход в следующий горизонт ясный по увлажненности и цвету;
- B<sub>2</sub> 30-49 Желтовато-бурый, более увлажненный чем вышележащий горизонт, уплотненный, комковатый, тонкопористый, среднесуглинистый, редкие средние корни, мелкие кристаллы солей, переход постепенный по увлажненности и цвету;
- BC 49-81 Бурый, влажный, менее плотный чем предыдущий горизонт, комковатый, тонкопористый, среднесуглинистый, изредка корни растений, переход в следующий горизонт постепенный по цвету;
- C<sub>1</sub> 81-99 Буровато-серый, влажный, менее плотный чем предыдущий горизонт, легко суглинистый, мелкие кристаллы солей (гипса), средне пронизан корнями, переход ясный по цвету;
- C<sub>2</sub> 99-140 Желтовато-бурый, влажный, уплотненный, легкосуглинистый, в большом количестве встречаются мелкие кристаллы солей (гипса), редкие корни.

Определение нижних горизонтов разреза проводился ручным почвенным буром. Здесь на глубине 200-250 см установлено наличие светлых карбонатных новообразований, а также с 250 до 360см влажного среднесуглинистого горизонта с твердыми карбонатными

конкрециями бурой окраски и с 360 см до грунтовых вод (445 см) легкосуглинистых горизонтов сероватым голубоватым оттенком с ржавыми пятнами.

Ниже приводим морфо-генетическое описание №3 разреза. Поверхность почвы заплывшая и трещиноватая. Профиль почвы сильно вскипает от 10% HCl.

- A<sub>пах</sub> 0-22 Темно-бурый, трещиноватый, влажный, уплотнен, комковато-мелкопороховатый, тяжелый суглинок, много корней, мелкопористый, переход по вспашке ясный;
- B<sub>1</sub> 22-31 Бурый, влажный, трещиноватый, уплотнен, комковато-глыбистый, тяжелосуглинистый, много корней, переход постепенный по цвету и плотности;
- B<sub>2</sub> 31-49 Темно-бурый, влажный, трещиноватый, очень сильно уплотнен, комковато-ореховатый, тяжелосуглинистый, мелкие корешки, с 41см налет солей на поверхности агрегатов, переход ясный по структуре, цвету и плотности;
- BC 49-85 Бурый, влажный, плотный, глыбистый, тяжелосуглинистый, мелкопористый, корней мало, налет солей на структурных отдельностях, переход постепенный по цвету;
- C<sub>1</sub> 85-110 Желтовато-бурый, влажный, уплотнен, бесструктурный, тяжелосуглинистый, единичные корни, налеты солей на поверхности педов

Исследуемые почвы имеют низкую гумусность. Его содержание в горизонтах A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> и BC составляет соответственно 1.45, 1.18, 0.83 и 0.62%. Почвы имеют облегченный среднесуглинистый гранулометрический состав, которая в целом положительно влияет на создание оптимальных условий водного и воздушного режима почв.

Данные водной вытяжки почвенных разрезов №3 и №7 показывают их сходство и промытость содержащихся в них солей до значительной глубины (таблица 6).

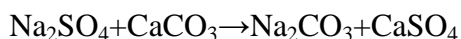
**Таблица 6-** Состав водной вытяжки ( $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$ ) и грунтовой воды ( $\frac{\text{мг/л}}{\text{мг-экв/л}}$ ) среднеглубокого полугидроморфного солонца

Раз-рез №	Глубина образца, см	Щелочность		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Сумма солей, %	pH
		Общая в HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	От нормальных карбонатов CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>							
3	0-22	1.28	следы	0.1	нет	0.3	0.4	0.72	0.109	8.4
		0.078		0.003		0.006	0.005	0.016		
	22-31	1.44	"	0.1	"	0.2	0.4	0.94	0.122	8.3
		0.088		0.003		0.004	0.005	0.022		
	31-49	2.4	0.16	0.1	"	0.1	0.35	2.21	0.211	8.9
		0.146	0.005	0.003		0.002	0.004	0.051		
	50-60	3.44	0.48	0.15	0.5	0.25	1.5	2.82	0.341	9.4
		0.21	0.014	0.005	0.024	0.005	0.018	0.065		
	70-80	3.08	0.88	0.15	1.75	0.5	1.25	4.11	0.422	9.3
		0.188	0.026	0.005	0.084	0.01	0.015	0.094		
	90-100	1.28	0.24	0.60	11.25	0.25	1.25	11.87	0.929	8.7
		0.078	0.007	0.021	0.54	0.005	0.015	0.273		
7	0-17	0.60	нет	0.10	0.60	0.75	0.45	0.10	0.091	7.9
		0.037		0.003	0.029	0.019	0.005	0.002		
	17-30	0.88	"	0.10	нет	0.30	0.35	0.33	0.075	8.0
		0.054		0.003		0.006	0.004	0.008		
	30-49	1.32	0.32	0.10	"	0.15	0.30	1.29	0.131	8.5
		0.081	0.010	0.003		0.003	0.004	0.030		
	49-81	1.40	0.32	0.10	"	0.10	0.20	1.52	0.137	8.5

		0.085	0.010	0.003		0.002	0.002	0.035		
81-99		1.56	0.72	0.20	3.50	0.50	0.50	4.98	0.421	8.7
		0.095	0.021	0.007	0.168	0.010	0.006	0.114		
99-140		1.08	0.40	0.25	6.00	0.50	0.50	6.73	0.545	8.6
		0.065	0.012	0.009	0.288	0.010	0.006	0.155		
140-200		0.44	нет	1.00	5.50	0.75	1.25	4.94	0.471	7.8
		0.027		0.036	0.264	0.015	0.015	0.114		
200-250		0.48	"	0.50	0.75	0.40	0.50	0.83	0.115	8.0
		0.029		0.018	0.035	0.008	0.006	0.019		
250-300		0.54	"	0.10	0.20	0.30	0.30	0.24	0.061	8.1
		0.033		0.003	0.010	0.006	0.004	0.005		
300-350		0.52	"	0.10	0.15	0.25	0.30	0.22	0.056	8.0
		0.032		0.003	0.007	0.005	0.004	0.005		
350-400		0.48	"	0.10	0.20	0.25	0.30	0.23	0.056	8.0
		0.029		0.003	0.010	0.005	0.004	0.005		
400-450		0.52	"	0.10	нет	0.30	0.25	0.07	0.046	8.0
		0.032		0.003		0.006	0.003	0.002		
ГВ, 445см		37.0	"	17.7	336.2	52.1	29.2	70.0	552	8.0
		0.60		0.50	7.0	2.6	2.4	3.04		

Данные таблицы свидетельствует о рассолении горизонтов А и В почвенного профиля (0-30 см), полное освобождение от сульфат иона до глубины 60-80 см, а также промытостью хлор иона до глубины 1 м. Засоление почвы начинается с горизонта В<sub>2</sub> (30 см) охватывая нижележащие горизонты ВС и С (до 200 см). Слабое засоление почв №7разреза связано с повышением концентрации бикарбонат и нормальных карбонат ионов в горизонтах В<sub>2</sub> и ВС соответственно на 1,40 и 0,32 мг-экв на 100 г почвы. Расположенный ниже вышеупомянутых горизонтов в материнской породе С<sub>1</sub> их концентрации достигли максимальных значений, составляя, соответственно 1.56 и 0.72 мк-экв на 100 г почвы.

Образование соды в профиле изучаемых нами почв объясняется тем, что в результате значительного тектонического движения земной коры на этой территории произошел подъем земной поверхности, что привело к снижению уровня грунтовых вод за счет углубления русел рек, постепенная смена водного режима от выпотного, которое образовалась в почвах раннего периода на промывной. Медленное и длительное фильтрация раствора сульфата натрия через карбонатные горизонты (6-8% CO<sub>2</sub>) в профиле давних сульфатных луговых солончаков привело к протеканию следующей обменной реакции:



Образование соды таким путем свидетельствует о наличии теории Гильгарда[19].

А.А. Соколов отмечал, что в процессе промывки водой избыточных солей в солонцовых почвах происходит насыщение почвенных растворов, лишенных хлоридов и сульфатов натрия ионами HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и Ca<sup>2+</sup>, то есть на последнем этапе проведения промывки на фоне высокой карбонатности почвенного раствора, в результате вытеснения поглощенного натрия кальцием в растворе образуется сода. Начиная с нижней части горизонтов В<sub>2</sub>, ВС и С<sub>1</sub> (50-100 см) полугидроморфного солонца, отличающихся максимальным накоплением соды до глубины 200 см значительная часть промытого сульфат иона (8-14%) соединяется с кальцием образует в небольшом количестве гипс (табл. 6, разрез 7). Если в горизонтах В<sub>2</sub> и ВС (30-81 см) наблюдается преобладание карбоната и бикарбоната натрия, то в нижних горизонтах С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> преобладают их сульфаты. Глубину промывки солей определяет максимальное содержание в них подвижных ионов хлора (1,00 мг-экв). Поэтому верхний предел этого горизонта (140-200 см), то есть 140 см, можно считать нижней границей процесса рассоления в настоящее время.



Таким образом, на изучаемой территории ранее в условиях сухого и резкоконтинентального климата, образовались карбонатные сульфатные луговые солончаки. Но из-за протекания положительных тектонических процессов, вызвавших подъем земной поверхности и углубление русел рек, протекающих на их поверхности способствовали снижению уровня грунтовых вод, что привело к медленному и длительному процессу рассоления верхней толщи этих почв. Последнее вследствие замедления подвижности ионов из-за геохимических барьеров приводит к их перераспределению по почвенному профилю в соответствии с определенными закономерностями, а так же к рассолению ее верхней части (0-30 см) и образованию соды в горизонтах В<sub>2</sub>, ВС и С<sub>1</sub>. В результате протекания таких процессов в профиле №7 разреза химизм и степень засоления исходных сульфатных луговых солончаков подвергаются изменениям нижеследующим образом: рассоление (сумма солей <0,1%) горизонтов А и В<sub>1</sub> (0-17, 17-30 см) со слабощелочной (рН≤8), слабое содовое засоление горизонтов В<sub>2</sub> и ВС (соответственно 30-49, 49-81 см) со средне-щелочной (рН 8,5), содово-сульфатное среднее и сильное засоление горизонтов С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> (81-99, 99-140 см) с сильнощелочной (рН 8,7) реакцией, накопление соды в нижней части горизонта С<sub>2</sub> (140-200 см) и преобладание в почвенном растворе хлор и сульфат ионов, особенно последний формирует сульфатную среду. Самые нижние горизонты (20-445 см) не засолены. Грунтовая вода пресная (0,5 г/л), состав сульфатный магниевое-кальциевое-натриевый. Ее можно представить формулой Н.С. Курлакова:  $M_{0,5} \frac{SO_{86}^4 HCO_7^3 Cl_7}{Na_{37} Ca_{31} Mg_{29} K_3}$ . В составе почвы №3 разреза наблюдаются такие же закономерности, что и в разрезе №7, но показатели засоления в ней находятся на несколько более высоком уровне.

Рассоление профиля сульфатных луговых солончаков, образование и накопление соды в ее срединных горизонтах, повысив щелочность почвенной среды, приводит к протеканию в различной степени интенсивности процессов осолонцевания (таблица 7).

**Таблица 7-** Состав поглощенных катионов содово-засоленных среднеглубоких полугидроморфных солонцов (разрез №7).

Глубина образца, см	Поглощенные катионы, $\frac{мг-экв}{\%}$			Сумма поглощенных катионов, мг-экв/100г почвы
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	
0-17	12.60	2.80	1.95	17.35
	72.62	16.14	11.24	
17-30	12.40	2.80	2.55	17.75
	69.86	15.77	14.37	
30-49	9.20	2.00	4.72	15.92
	57.79	12.56	29.65	
49-81	5.20	2.00	8.32	15.52
	33.51	12.89	53.61	
81-99	5.20	2.00	7.53	14.73
	35.30	13.58	51.12	

Из данных таблицы видно, что из-за рассоления ранних сульфатных луговых солончаков (076 разрез), наряду с изменением солевого состава ее осолонцевание формирует совершенно другой почвенный профиль. Она отличается образованием незасоленных слабощелочных горизонтов А и В<sub>1</sub> (0-30 см), слабо содово-засоленного среднесолонцеватого средне щелочного горизонта В<sub>2</sub> (30-49 см), слабо, средне и сильно содово-засоленного средне и многонариевых осолонцованных сильнощелочных горизонтов ВС (48-91 см) и С<sub>1</sub> (81-99 см). Внешние признаки осолонцованного горизонта слабо проявляется только в горизонте В<sub>1</sub>.

### Выводы

Изучение морфо-генетических признаков, химического состава, физико-химических свойств и водно-солевого режима почв и анализ состояний природной обстановки района

исследований позволило нам определить возможной путь образования и накопление соды в профиле полугидроморфных солонцов. В позднечетвертичной эпохе в средней части Илейской впадины тектоническое движение земной коры в широтном направлении привело к интенсивному подъему земной поверхности вдоль линии рек Жетыген-Шелек. Вместе с тем протекающие в этом районе реки углубляли свои русла, что приводит к снижению уровня грунтовых вод. В условиях сухого и резкоконтинентального климата верхняя толща (0-30см) сульфатных луговых солончаков, образовавшихся под влиянием близко залегающих (2-3м) к поверхности сульфатных грунтовых вод в то время подвергается медленному рассолению. Промытые из верхних горизонтов почв растворы сульфата натрия, длительно и медленно фильтруясь через карбонатный слой, взаимодействуя друг с другом, образуют содуд соответствия с теорией Гильгарда в срединных горизонтах почв, повысив щелочность почвенной среды, создав условия для протекания процессов осолонцевания. Последнее кардинально переустраивает строение и состав сульфатных луговых солончаков в содовый полугидроморфный солонец.

### Список литературы

1. Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв. -М.: Наука, 1980.-С.12-14.
2. Кондорская Н.И. Географическое распространение почв содового засоления в СССР//Почвоведение. - 1965. - №9. - С.10-15.
3. Қалдыбаев С. Қазақстанның тұзды топырақтары және оларды мелиорациялау. – Алматы.: ЖК «Центр Оперативной полиграфии». – 2016.С. -502
4. Наушабаев А.Х., Көбенқұлов К.К., Ошақбаева Ж.О., Сейтқали Н. Содалы сортаңданған кебірленген шалғынды кара-қоңыр топырағын қышқылдау. «Ізденістер, нәтижелер – Исследование, результаты». 2020. - №4(88).- С.257-261.
5. Wegscheider R. Natrium carbonate//Dolter'sHandbuch der Mineral chemie. -1912. - Bd 1. - P. 79-83.
6. Ковда В.А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира (отв. редакторы Е.И Панкова, И.П. Айдаров) Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН. – М.: Наука. –С. 2008. – 415.
7. Hilgard E.W. Berichte der deutschenchemischen Gesellschaft. - 1892. - Vol. 25. - pp. 3624-3630.
8. Танатор С.О. О процессе образования соды в природе//Журнал общества. - 1896. - Вып. 3-4. - С. 86-99.
9. Гедройц К.К. Коллоидная химия в вопросах почвоведения// Почвоведение. - 1999. № 9. -С.1061-1067
10. Бекетова А., Калдыбаев С., Джей Сагин, Ертаева Ж. Динамика уровня и минерализации грунтовых вод луговых солончаков сазовой полосы предгорной равнины Илийского Алатау. «Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты». №1(73) 2017. ISSN 2304-3334-01. – С. 88-92.
11. Калдыбаев С. Регулирование водно-солевого режима луговых солончаков сазовой полосы предгорной равнины Илийского Алатау и разработка научно-обоснованных прогнозов параметров их изменения. //Материалы международной научной конференции «Современное состояние почвоведения и агрохимии, проблемы и пути их решения», ТОО КазНИИ Почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, Алматы. - 2015. – С.9.
12. Сейтқали Н., Кубенкулов К.К., Наушабаев А.Х., Жамангараева А.Н. Іле ойысының сілтілі тұзданған шалғынды топырақтарының биологиялық көрсеткіштері. «Исследования, результаты». №1(77) 2018. –С. 251 – 254.
13. Засоленные почвы России. Отв. редакторы Шишов Л.Л., Панкова Е.И.- М.: ИКЦ «Академкнига». - 2006. С. – 854.

14. Кубенкулов К.К., Жоламанов К.К., Наушабаев А.Х. Влияние содово-засоленности лугово-каштановых почв на урожайность культур – фитомелиорантов. Научно-практическая конференция «Наука и образование для села» Алматы, «Агроуниверситет», 2009. С. 74-79.
15. Ковда В.А., Самойлова Е.М. Миграция солей в луговых почвах содового засоления//ДАН. ССР. Серия геология. - 1972. - Т. 207, №2. – С. 441-444.
16. Ропот Б.М. Некоторые факторы содообразования в грунтовых водах и почвах низовий р. Талас//Почвоведение. - 1973. - №2. - С. 82-90.
17. Сапаров А., Чен Ши., Цили Абдувайли. Почвы аридной зоны Казахстана: современное состояние и их использование. – Алматы.: Изд-во ТОО «Полиграфия и сервис К0 ». - 2014. С. -440.
18. Горев Л.Н., Пелешко В.И. Основы мелиоративной гидрохимии. - Киев.: Высшая школа, 1991. - С. 173-177.
19. Игембаева А.Қ., Молжигитова Д.К., Пентаев Т.П. Алматы облысы ауылшаруашылық алқаптарының мониторингі. Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия аграрных наук. №6. 2014, С. – 39-45

### References

1. Kovda, V.A. Modelirovanie pro세스ov zasolenia i osolonsevania pochv. -M .: Nauka, 1980. - p. 12-14.
2. Kondorskaya, N.I. Geograficheskoe rasprostranenie pochv sodovogo zasolenia v SSSR//Soil science. - 1965. - No. 9. - P.10-15.
3. Kaldybaev, S. Qazaqstannың tüzdy topyraqtary және olardy meliorasialau. – Алматы.: ЖК «Сентр Оперативной полиграфии».. - 2016. P. -502
4. Naushabaev, A. Kh., Kobenkulov, K. K., Oshakbaeva, Zh.O., Seitkali, N. Sodaly sortandаnған kebirlengen шалғынды қара-қоңыр топырағын қысқылдау. «Ізденістер, нәтижелер – Ісследование, результаты». 2020. - №4(88).- P.257-261.
5. Wegscheider R. Natrium carbonate. Dolter’sHandbuch der Mineral chemie. -1912. - Bd 1. - P. 79-83.
6. Kovda, V.A. Problemy opustynivania i zasolenia pochv aridnyh regionov mira (otv. redaktory E.І Pankova, І.P. Aidarov) Ін-т fiz.-him. ibiol. problem pochvovedenia RAN. - M .: Nauka. -. 2008 .p- 415.
7. Hilgard, E.W., Berichte der deutschenchemischen Gesellschaft. - 1892. - Vol. 25. - P. 3624-3630.
8. Thanator, S.O. O prosesse obrazovaniя sody v prirode//Jurnal obestva.. - 1896. - Issue. 3-4. - P. 86-99.
9. Gedroyts, K.K. Kolloidnaia himia v voprosah pochvovedenia// Pochvovedenie. -1999. No. 9. -P.1061-1067
10. Beketova, A., Kaldybaev, S., Jay Sagin, Ertaeva, Zh. Dinamika urovnia i mineralizatsii gruntovyh vod lugovyh solonchakov sazovoi polosy predgornoi ravniny Іliiskogo Alatau. «Ізденістер, нәтижелер – Ісследования, результаты». No. 1 (73) 2017. ISSN 2304-3334-01. - P. 88-92.
11. Kaldybaev, S. Regulirovanie vodno-solevogo rejima lugovyh solonchakov sazovoi polosy predgornoi ravniny Іliiskogo Alatau i razrabotka nauchno-obosnovannyh prognozov parametrov ih izmeneniia. //Materialy mejdunarodnoi nauchnoi konferensii «Sovremennoe sostoyanie pochvovedeniia i agrohimii, problemy i puti ih rešenii», ТОО KazNII Pochvovedeniia i agrohimii im. U.U. Usanova, Алматы. - 2015. - p.9.
12. Seitkali, N., Kubenkulov, K.K., Naushabaev, A.Kh., Zhamangaraeva, A.N. Іle oiysynың siltili tüzdanған шалғынды топырақтының biologicalық көрсеткіштері. «Ісследования, результаты». №1(77) 2018. –S. 251 – 254.
13. Zasoленные pochvy Rossii. Otv. redaktory Шіšov L.L., Pankova E.І.- M.: ІКС «Академкнига». - 2006. S. – 854.

14. Kubenkulov K.K., Jolamanov K.K., Nauşabaev A.H. Vlianie sodovo-zasolennosti lugovo-kaştanovyh pochv na urojainost kultur – fitomeliorantov. Nauchno-prakticheskaia konferensia «Nauka i obrazovanie dlia sela» Almaty, «Agrouniversitet», 2009. S. 74-79.

15. Kovda V.A., Samoilova E.M. Migrasiya solei v lugovyh pochvah sodovogo zasoleniia//DAN. SSR. Seria geologia. - 1972. - T. 207, №2. – S. 441-444.

16. Ropot B.M. Nekotorye faktory sodoobrazovaniya v gruntovyh vodah i pochvah nizovii r. Talas//Pochvovedenie. - 1973. - №2. - S. 82-90.

17. Saparov A., Chen Şi., Szili Abduvaili. Pochvy aridnoi zony Kazahstana: sovremennoe sostoianie i ih ispolzovanie. – Almaty.: İzd-vo TOO «Poligrafia i servis K0 ». - 2014. S. -440.

18. Gorev L.N., Peleşko V.İ. Osnovy meliorativnoi gidrohimii. - Kiev.: Vysshaia şkola, 1991. - S. 173-177.

19. İgembaeva A.Q., Moljigitova D.K., Pentaev T.P. Almaty oblysy auylşaruaşylyq alqaptarynyñ monitoringi. İzvestia Nacionalnoi akademii nauk Respubliki Kazahstan. Seria agrarnykh nauk. №6. 2014, S. – 39-45.

**Сарыбаева Г.М\*, Наушабаев А.Х.**

*Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан,  
\*gaziza.saribaeva@gmail.com*

## ІЛЕ ОЙЫСЫНЫҢ СОДАЛЫ-ТҰЗДАНҒАН ЖАРТЫЛАЙ ГИДРОМОРФТЫ КЕБІРЛЕРДІҢ ҚАЛЫПТАСУЫ

### **Аңдатпа**

Іле ойысының содалы тұзданған жартылай гидроморфты кебірлердің түзілу шарттары және кескінде соданың пайда болу мүмкіндіктері тек топырақ тұзу факторларының, топырақтың, грунттардың және жер асты ыза суларының химиялық құрамының үйлесімдері жағдайында қарастырылған. Іле ойысының ортаңғы бөлігінде өрбіген тектоникалық процестердің салдарынан жіпсу су құбылымы жағдайында түзілген карбонатты сульфатты сортаңдардың жоғарғы қабатын тұзсыздандыру орын алғандығы анықталды. Осы процестің әрі қарай жүруі және карбонатты қабаттар арқылы натрий сульфаты бар ерітінділердің төменге қарай ағысы арқылы баяу және ұзақ уақыт сүзілуі соданы түзіп және жинақтап, сульфатты шалғынды сортаңдарды сортаңданыңқыраған және кебірленген шалғындау сұр топырағына, ал жоғарыда аталған процестердің ұзақ жүретін болса жартылай гидроморфты кебірге айналдырады.

Кез-келген тұзды топырақты мелиорациялау құрамы мен қасиеттерімен қатар олардың генезисін зерттеуді қажет ететіні белгілі. Сондықтан олардың пайда болу ерекшеліктерін білмей топырақтың құнарлылығын анықтау және реттеу мүмкін емес. Содалы тұзданған топырақ ошақтары бір-бірінен алшақ болғандықтан, олардағы сода түзілуін анықтайтын факторлар комбинациясының өзара әсерін анықтау қажет. Оның топырақта және жер асты суларында пайда болуы әр жағдайда жеке және жан-жақты яғни табиғи-тарихи және салыстырмалы-географиялық әдістерді қолдана отырып, "топырақ түзуші факторлар-қарапайым топырақ түзуші процестер-топырақ қасиеттері" үштігіне негіздей отырып қарастырылуы керек. Табиғатта содалы тұзданған топырақтың пайда болуын анықтау тарихты зерттеуді және топырақта соданың түзулуінің қолданыстағы теорияларын білуді қажет етеді. Соңғысы зерттеулерді талдау және біздікіне ұқсас жағдайларды анықтау болашақта содалы тұзданған топырақты мелиорациялаудың ең дұрыс жолдарын анықтауға мүмкіндік береді.

**Кілт сөздер:** содалы-сортаңданған топырақ, құнарлылық, мелиорация, жартылай гидроморфты кебір, Іле ойысы.

**Sarybaeva G.M\*, Naushabaev A.K.**

*Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan,  
\*gaziza.saribaeva@gmail.com*

## FORMATION OF SODA-SALINE SEMI-HYDROMORPHIC SOLONETZ OF THE ILI DEPRESSION

### **Abstract**

The conditions for the formation of soda-saline semi-hydromorphic solonets soils of the Ile depression and the possibility of the appearance of soda in the profile only with a combination of factors of soil formation, the chemical composition of soils, grounds and groundwater are considered. It was found that due to tectonic processes unfolding in the middle part of the Ile depression, desalinization of the upper stratum of carbonate sulfate solonchaks, formed during the effluent water regime, occurred. With the further course of this process, slow and prolonged filtration by a descending current of solutions containing sodium sulfate through carbonate horizons led to the formation and accumulation of soda, transforming the sulfate meadow solonchak into solonchakous solonetzic meadow serozem soils, and with prolonged course of the above processes into soda semi-hydromorphic solonetz.

It is well known that the reclamation of any saline soils, along with the composition and properties, also require the study of their genesis. Therefore, it is impossible to determine and regulate the level of soil fertility without knowing the specifics of their origin. Since the foci of soda-saline soils are located at a distance from each other, therefore, they require determining the mutual influence of combinations of factors that cause the formation of soda in them. Its formation in soils, soils and groundwater should be considered individually and comprehensively in each case, using natural-historical and comparative-geographical methods, based on the triad "soil-forming factors-elementary soil-forming processes-soil properties". Determining the origin of soda-saline soils in nature requires studying the histories and existing theories of the formation of soda in soils. The analysis of the latter and the determination of conditions similar to ours will allow us to further determine the most correct ways of reclamation of soda-saline soils.

**Key words:** soda-saline soil, fertility, reclamation, semi-hydromorphic solonetz, Ile depression.