

УДК 631:416

НЕКОТОРЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛУГОВО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЗАЛЕЖНОГО УЧАСТКА НА ТЕРРИТОРИИ ДЖАНЫБЕКСКОГО СТАЦИОНАРА¹

© 2010 г. А.В. Колесников*, Т.А. Соколова**

**Учреждение Российской Академии наук Институт лесоведения РАН
Россия, 143030 Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, ул. Советская, д. 21.*

E-mail: root@ilan.ras.ru

***Факультет почвоведения Московского Государственного Университета
им. М.В. Ломоносова*

Россия, 119899 Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1. E-mail: sokolt65@mail.ru

Реферат. В составе солонцового комплекса лугово-каштановые почвы западин являются наиболее благоприятными для использования в лесном и сельском хозяйстве. Поэтому их исследование при различных видах землепользования имеет теоретическое и практическое значение. Результаты изучения некоторых химических свойств лугово-каштановых почв участка, находящегося в режиме залежи около 30 лет сравнивались с соответствующими характеристиками лугово-каштановых почв на целине и в системе агролесомелиорации.

Ключевые слова: обменные катионы, лугово-каштановые почвы, Джаныбекский стационар.

Наиболее благоприятным компонентом для выращивания как лесных, так и сельскохозяйственных культур в составе солонцового комплекса являются лугово-каштановые почвы западин, профиль которых лишен легкорастворимых солей (Роде, Польский, 1961; Биогеоценологические основы ..., 1974; Сиземская, 1989, 1991; Сиземская и др., 2004 и др.). Поэтому исследование лугово-каштановых почв при различных видах землепользования имеет теоретическое и практическое значение.

Целью данной работы было изучение некоторых химических свойств лугово-каштановых почв участка, находящегося в режиме залежи около 30 лет, и сравнение полученных результатов с соответствующими характеристиками лугово-каштановых почв на целине и в системе агролесомелиорации (АЛМ).

Объекты и методы исследования

Непосредственными объектами исследования были 3 разреза лугово-каштановых почв залежного участка, прилегающего с севера к третьей ленте Гослесополосы Джаныбекского стационара (ГЛП III-C). В начале 1950-х годов там однократно провели плантажную вспашку на глубину 45 см, после чего участок использовали в земледелии, применяя обычную вспашку. В середине 1970-х годов участок был заброшен, но периодически использовался как пастбище. В настоящее время он представляет собой залежь. Растительный покров участка характеризуется вполне развитым трехчленным комплексом, характерным для данной территории. Западины заняты в основном типчаковыми и тонконогово-типчаковыми сообществами, изредка отмечаются типчаково-житняково-ковыльные сообщества. В целом, растительность обследованной 30-летней залежи восстановилась почти до исходного состояния, однако для нее характерен менее

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 09-04-00030.

разнообразный видовой состав с меньшим, чем на целине, обилием бобовых, разнотравья и бóльшим участием типчака (устное сообщение А.А. Вышивкина).

Изучались образцы, отобранные по генетическим горизонтам до глубины 140-150 см. Определялись также общая минерализация и состав грунтовых вод (ГВ) под исследованными профилями.

Анализ грунтовых вод и водной вытяжки из образцов почв выполняли общепринятыми методами (Воробьева, 1998), но концентрацию иона SO_4^{2-} в водных вытяжках определяли по методике А.С. Комаровского (Гедройц, 1955). Обменные катионы определяли по методу В. Пфелфера в модификации В.А. Молодцова и В.П. Игнатовой (Воробьева, 1998). Полученные результаты сопоставлялись с данными, полученными в 1999-2001 гг. для лугово-каштановых почв участка Гослесополосы (ГЛП), находящегося в течение 50 лет в системе агролесомелиорации (АЛМ) и целинного участка, расположенного вблизи ГЛП. Статистическая обработка результатов осуществлялась по руководству Е.А. Дмитриева (1995) с использованием компьютерной программы Excel.

Результаты и обсуждение

Минерализация и состав грунтовых вод под лугово-каштановыми почвами. Средняя величина минерализации грунтовых вод (ГВ) под лугово-каштановыми почвами залежного участка составляет 2.9 г/л (табл. 1), среди анионов преобладают хлорид- и сульфат-ионы, катионы представлены преимущественно кальцием и магнием, так что состав ГВ можно определить как хлоридно-сульфатно-магниевый-кальциевый.

Таблица 1. Состав и минерализация грунтовых вод под исследованными лугово-каштановыми почвами (средние значения из трех повторностей \pm доверительный интервал при $P=0.9$).

Table 1. Composition and a mineralization of subsoil waters under the investigated meadow-chestnut soils (average values of three replicates samples \pm a confidential interval at $P=0.9$).

Концентрация ионов, ммоль (+)/л						Σ солей, г/л
HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	
Залежь						
3.5 \pm 0.1	10.9 \pm 2.4	31.2 \pm 12.9	23.2 \pm 5.5	18.9 \pm 7.0	3.4 \pm 1.9	2.9 \pm 0.7
Участок «Гослесополоса, целина»						
5.2 \pm 2.3	35.9 \pm 11.4	78.4 \pm 19.0	30.7 \pm 6.1	18.3 \pm 9.5	71.1 \pm 30.4	7.8 \pm 2.0
Участок «Гослесополоса, мелиорированный»						
5.2 \pm 0.4	125.1 \pm 92.7	49.0 \pm 40.4	88.0 \pm 69.3	46.7 \pm 46.4	46.8	10.5 \pm 4.2

Сравнение полученных средних значений общей минерализации и концентрации отдельных ионов в ГВ с соответствующими статистически обработанными данными, полученными в 1999-2001 гг. по ГВ под целинными и мелиорированными лугово-каштановыми почвами выявило достоверное при $P=0.9$ более низкое содержания ионов натрия, хлора и сульфат-иона и более низкую величину общей минерализации.

По всем показателям отмечается очень большое пространственное варьирование.

Выявленные различия связаны с тем, что, несмотря на дополнительное увлажнение, получаемое лугово-каштановыми почвами в агролесомелиоративной системе, грунтовые воды интенсивно расходуются лесными полосами, что вызывает боковой подток засоленных ГВ из-под окружающих солонцов (Сапанов, 2003) и повышение их минерализации.

Целинный участок находится в пространстве между двумя лентами Государственной лесополосы, и, видимо, почвы этого участка тоже испытывают некоторое влияние минерализованных ГВ.

Содержание легкорастворимых солей в почвенном профиле. Исследованные лугово-каштановые почвы не засолены (табл. 2). В составе водной вытяжки наблюдается небольшое возрастание концентраций ионов Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} и Mg^{2+} в почвах залежного участка по сравнению с целинными и мелиорированными аналогами. Более высокое содержание легкорастворимых солей (ЛРС) на залежи частично может быть связано с проявлением пространственного варьирования. Кроме того, при проведении плантажной вспашки в пахотный горизонт лугово-каштановых почв мог привноситься засоленный почвенный материал с солончаковых солонцов, окружающих западины. С течением времени легкорастворимые соли распределились по профилю более равномерно. В пользу этого предположения свидетельствует более низкая минерализация грунтовых вод под залежью по сравнению с целинными и мелиорированными аналогами. Поэтому полученные результаты нельзя связать с поступлением в почвенный профиль легкорастворимых солей из минерализованных грунтовых вод.

Таблица 2. Состав водной вытяжки исследованных лугово-каштановых почв (средние значения из трех повторностей \pm доверительный интервал при $P=0.9$). **Table 2.** Composition of a water extract of the investigated meadow-chestnut soils (average values of three replicates \pm a confidential interval at $P=0.9$).

Горизонт	Глубина, см	Концентрация ионов, ммоль(+)/100г почвы							Сумма солей, %
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	
Залежь									
А1пл.	0-20	1.30 \pm 0.14	0.69 \pm 0.14	0.07 \pm 0.01	0.07 \pm 0.02	0.78 \pm 0.14	0.12 \pm 0.02	0.65 \pm 0.12	0.10
А ² пл.	20-40	1.21 \pm 0.07	0.87 \pm 0.51	0.07 \pm 0.02	0.06 \pm 0.03	0.63 \pm 0.15	0.09 \pm 0.04	0.61 \pm 0.36	0.11
В	40-60	1.04 \pm 0.12	0.95 \pm 0.62	0.08 \pm 0.02	0.05 \pm 0.02	0.70 \pm 0.21	0.10 \pm 0.02	0.43 \pm 0.07	0.10
Вса ²	60-90	1.43 \pm 0.54	0.61 \pm 0.40	0.08 \pm 0.02	0.04 \pm 0.01	0.68 \pm 0.03	0.13 \pm 0.00	0.67 \pm 0.20	0.11
В3са ²	90-140	1.17 \pm 0.33	1.30 \pm 0.65	0.08 \pm 0.03	0.04 \pm 0.01	0.77 \pm 0.17	0.12 \pm 0.02	0.61 \pm 0.07	0.12
Участок «Гослесополоса, целина»									
А1А2	0-12	0.72 \pm 0.12	0.28 \pm 0.10	0.08 \pm 0.00	0.13 \pm 0.00	0.66 \pm 0.06	-	-	0.06
В1са ²	12-30	0.73 \pm 0.12	0.25 \pm 0.05	0.08 \pm 0.00	0.09 \pm 0.00	0.66 \pm 0.20	-	0.16	0.09
В3са ²	30-46	0.73 \pm 0.12	0.17 \pm 0.07	0.10 \pm 0.00	0.06 \pm 0.00	0.62 \pm 0.15	0.02	0.16	0.08
В3са	46-78	0.43 \pm 0.10	0.35 \pm 0.21	0.11 \pm 0.00	0.05 \pm 0.00	0.70 \pm 0.13	0.04 \pm 0.01	0.18	0.10
В3Са	78-140	0.75 \pm 0.09	0.10 \pm 0.05	0.13 \pm 0.00	0.03 \pm 0.00	0.64 \pm 0.12	0.05 \pm 0.04	0.91	0.09
Участок «Гослесополоса, мелиорированный»									
Апах	0-35	0.50 \pm 0.00	0.23 \pm 0.10	0.08 \pm 0.00	0.04 \pm 0.00	0.41 \pm 0.10	-	0.85	0.03
Апл	35-43	0.28 \pm 0.05	0.15 \pm 0.09	0.07 \pm 0.00	0.03 \pm 0.01	0.88 \pm 0.90	0.31	-	0.03
В3са ²	43-100	0.43 \pm 0.05	0.23 \pm 0.03	0.09 \pm 0.01	0.05 \pm 0.00	0.84 \pm 0.61	0.26	0.21	0.05
В3са	100-120	0.35 \pm 0.14	0.18 \pm 0.10	0.10 \pm 0.00	0.04 \pm 0.00	0.71 \pm 0.54	0.36	0.26	0.05
В3Са	120-140	0.40 \pm 0.00	0.22 \pm 0.03	0.09 \pm 0.00	0.04 \pm 0.00	0.80 \pm 0.22	0.53	-	0.08

Распределение отдельных ионов по профилю в лугово-каштановых почвах в целом сходно во всех вариантах опыта: ион кальция распределен довольно равномерно, содержание магния в составе водной вытяжки варьирует не закономерно. Максимальные концентрации калия обнаруживаются в верхних горизонтах почв, и его содержание снижается с глубиной. Содержание калия в водной вытяжке залежных почв по сравнению с мелиорированными почвами выше, что можно объяснить уменьшением поступления калия с растительным опадом в почвы в системе АЛМ из-за исчезновения высокопродуктивных злаково-разнотравных растительных сообществ, которые присутствуют на залежи. Концентрации хлорид- и сульфат-ионов в составе водной вытяжки очень сильно варьируют в пространстве и по профилю.

Данные по суммарному содержанию солей свидетельствуют от том, что верхняя часть почвенно-грунтовой толщи, т. е. собственно почвенные профили лугово-каштановых почв, практически не засолены ни на залежи, ни на целинном участке, ни в системе АЛМ – содержание ЛРС в них составляет 0.03-0.12%. При этом наименьшее содержание солей наблюдается в мелиорированных почвах вследствие усиленной промывки профилей, обеспеченной накоплением снега лесополосами.

Значения рН и активности Са и Na. Значения рН водной суспензии лугово-каштановых почв залежного участка изменялись в пределах 7.57-8.07, возрастая вниз по профилю (табл. 3). На величину рН влияет присутствие карбонатов – в карбонатных горизонтах значения рН максимальны. При сопоставлении полученных значений с данными, полученными для целинного и мелиорированного участка, можно отметить, что и целинным, и мелиорированным почвам по всему профилю свойственна более щелочная реакция. Это можно объяснить тем, что в процессе мелиорации происходит минерализация органического вещества, обладающего высокой буферной способностью. Кроме того, в результате плантажной вспашки происходит припахивание и вовлечение в пахотный горизонт материала из нижележащих горизонтов, имеющих более высокое значение рН, и привнос почвенного материала с микроповышений, занятых солончаковыми солонцами, также имеющими более щелочную реакцию.

В почвах залежного участка обнаруживается достоверное снижение активности кальция, измеренной в насыщенной водой почвенной пасте, по сравнению с целинными и мелиорированными аналогами, что, вероятно, объясняется более высокой концентрацией сульфат-иона, связывающего Ca^{2+} в ионные пары. В активности иона натрия в почвах всех трех участков существенных различий не обнаруживается. Активность натрия несколько возрастает с глубиной, но вследствие большого пространственного варьирования, этот рост можно отметить только на уровне тенденции. В целом, профили лугово-каштановых почв всех трех участков характеризуются низкими значениями активностей кальция и натрия, что подтверждает отсутствие засоления в верхней полутораметровой почвенно-грунтовой толще лугово-каштановых почв.

Содержание органического вещества. Лугово-каштановые почвы являются наиболее гумусированными почвами солонцового комплекса. Согласно литературным данным, содержание гумуса в верхних горизонтах лугово-каштановых почв Джаныбекского стационара варьирует в пределах 5-6.3% (Роде, Польский, 1961). В целинных условиях содержание гумуса в верхних горизонтах лугово-каштановых почв превышает таковое в солонцах в 2-3 раза (Повышение продуктивности ..., 1989). Высокое содержание гумуса в лугово-каштановых почвах обусловлено высокопродуктивными степными биогеоценозами, располагающимися в западинах. В составе растительности злаково-разнотравных растительных сообществ ведущую роль играют дерновинные злаки (типчак, ковыли, житняк гребневидный). Растительные сообщества западин отличаются наиболее высокой биологической продуктивностью, в среднем составляющей 19.9-26.0 ц/га, что вдвое больше,

чем у типчаково-ромашниковых и втрое – чем у чернополынных (Гордеева, Ларин, 1965).

В ходе мелиорации и интенсивного использования почв содержание гумуса в них заметно уменьшается. Ежегодная вспашка, которая уничтожает травяную растительность, препятствует глубокому проникновению корней в толщу почвы и благоприятствует процессу минерализации органического вещества.

Таблица 3. Значения рН и активности ионов Ca^{2+} и Na^+ , полученные в насыщенной водой пасте (средние значения из трех повторностей \pm доверительный интервал при $P=0.9$). **Table 3.** Values pH and ion activity Ca^{2+} and Na^+ , received in the water-saturated soil paste (average values of three replicates \pm a confidential interval at $P=0.9$).

Горизонт	Глубина, см	рН	Активность, (моль/л)* 10^{-3}	
			a_{Ca}	a_{Na}
Залежь				
А1пл	0-20	7.57	3.05 \pm 1.37	0.30 \pm 0.10
А'пл	20-40	7.78	2.95 \pm 0.44	0.20 \pm 0.04
В	40-60	7.86	3.56 \pm 0.75	0.26 \pm 0.07
Вса ²	60-75	7.94	2.62 \pm 0.09	0.44 \pm 0.13
В3са ²	75-150	8.07	3.08 \pm 0.80	0.51 \pm 0.13
Участок «Гослесополоса, целина»				
А1А2	0-12	7.44	5.84 \pm 1.46	0.42 \pm 0.09
В1са ²	12-30	7.81	5.79 \pm 1.12	0.28 \pm 0.03
В3са ²	30-46	8.31	4.34 \pm 0.33	0.33 \pm 0.17
В3са	46-78	8.34	3.78 \pm 0.32	0.41 \pm 0.16
ВСа	78-140	8.48	4.27 \pm 0.62	0.55 \pm 0.05
Участок «Гослесополоса, мелиорированный»				
Апах	0-35	8.09	4.79 \pm 0.11	0.35 \pm 0.06
Апл	35-43	7.76	4.23 \pm 0.11	0.39 \pm 0.05
В3са ²	43-100	8.32	4.68 \pm 0.28	0.44 \pm 0.08
В3са	100-120	8.44	4.38 \pm 0.38	0.40 \pm 0.05
ВСа	120-140	8.37	4.61 \pm 0.12	0.43 \pm 0.04

Содержание гумуса в исследованных целинных лугово-каштановых почвах составляет 5% в горизонте А1, уменьшаясь вниз по профилю до 0.94% в нижнем горизонте. По всем этим показателям гумусового состояния (табл. 4) изученные почвы близки к черноземам и темно-каштановым почвам (Орлов, 1980; Классификация ..., 1977).

В мелиорированных почвах наблюдается снижение содержания органического вещества, обусловленное усилением минерализации последнего и ограничением поступления в почву растительных остатков в связи с ежегодной распашкой межкулисных пространств опытных участков. Почвы залежного участка также характеризуются меньшим по сравнению с целиной содержанием гумуса в верхнем горизонте (табл. 4).

Распределение органического вещества по профилю в исследованных лугово-каштановых почвах соответствует распределению корней травянистой растительности: довольно резкое уменьшение содержания гумуса наблюдается при переходе от верхних горизонтов к горизонтам В3са на глубинах 30-65 см, причем в мелиорированных почвах этот переход наиболее заметен. Следует отметить, что распределение органического вещества на участке «ГЛП мелиорированный», а также на залежном участке имеет отличительную особенность – максимум содержания гумуса приходится здесь не на верхний, а на подпахотный горизонт. При этом содержание органического вещества в подпахотных горизонтах мелиорированных и залежных почв существенно превышает таковое в горизонте В1са² почв целинного участка (табл. 4). Наиболее вероятно, что это явление обусловлено оборотом пласта при вспашке, а также «затаскиванием» при мелиоративной обработке почвы обедненного гумусом почвенного материала с микроповышений, занятых солонцами.

Таблица 4. Содержание гумуса в исследованных лугово-каштановых почвах (средние значения из трех повторностей ± доверительный интервал при P=0.9). **Table 4.** The humus content in the investigated meadow-chestnut soils (average values of three replicates ± a confidential interval at P=0.9).

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %
Залежь		
А1пл	0-20	4.11±0.29
А'пл	20-40	4.40±0.31
В	40-60	1.62±0.08
Вса ²	60-75	0.85±0.14
В3са ²	75-150	0.63±0.13
Участок «Гослесополоса, целина»		
А1А2	0-12	5.00±0.03
В1са ²	12-30	3.09±0.19
В3са ²	30-46	1.56±0.27
В3са	46-78	1.78±0.74
ВСа	78-140	0.94±0.10
Участок «Гослесополоса, мелиорированный»		
Апах	0-35	4.09±0.27
Апл	35-43	4.86±0.06
В3са ²	43-100	1.19±0.07
В3са	100-120	0.86±0.03
ВСа	120-140	0.81±0.12

Емкость катионного обмена и состав обменных катионов. Эффективная ЕКО, рассчитанная как сумма обменных Са, Mg, Na и К, в лугово-каштановых почвах залежного участка (табл. 5) составляет 18.1-22.1 ммоль(+)/100 г почвы, несколько уменьшаясь вниз по профилю в соответствии с уменьшением содержания богатыми обменными позициями органического вещества. Близкие величины ЕКО были найдены и для лугово-каштановых почв целинного и мелиорированного участков. Приведенные данные полностью

укладываются в диапазон значений ЕКО для лугово-каштановых почв Северного Прикаспия, приводимый в работах В.А. Девярых (1970), И.В. Иванова с соавторами (1980, 1982).

Таблица 5. Состав обменных катионов в лугово-каштановых почвах участка «Гослесополоса» (средние значения из трех повторностей \pm доверительный интервал при $P=0.9$), в скобках указан % катиона от суммы. **Table 5.** Exchangeable cations in meadow-chestnut soils (average values of three replicates \pm a confidential interval at $P=0.9$, in brackets – % of cation of the sum).

Горизонт	Глубина, см	Обменные катионы, ммоль(+)/100г почвы				
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Σ
Залежь						
A1пл	0-20	12.9±1.2 (58)	6.8±1.1 (31)	0.5±0.2 (2)	2.1±0.0 (9)	22.1±0.5
A'пл	20-40	12.8±1.6 (67)	4.5±1.1 (24)	0.4±0.1 (2)	1.4±0.1 (7)	19.1±1.2
B	40-60	10.9±1.2 (56)	6.8±0.0 (35)	0.4±0.0 (2)	1.4±0.1 (7)	19.4±1.2
Bca ²	60-75	12.8±0.6 (69)	3.8±0.6 (21)	0.5±0.0 (3)	1.2±0.1 (7)	18.2±0.7
B3ca ²	75-150	11.6±1.6 (64)	4.9±1.2 (27)	0.4±0.0 (2)	1.2±0.1 (7)	18.1±0.7
Участок «Гослесополоса, целина»						
A1A2	0-12	12.9±0.6 (70)	3.8±1.6 (21)	0.2±0.0 (1)	1.4±0.0 (8)	18.3±2.2
B1ca ²	12-30	14.3±0.6 (76)	3.1±0.5 (16)	0.2±0.0 (1)	1.2±0.3 (7)	18.8±0.7
B3ca ²	30-46	15.1±0.8 (75)	3.5±1.1 (28)	0.2±0.0 (1)	1.2±0.1 (6)	20.0±0.4
B3ca	46-78	14.4±0.4 (70)	4.9±0.9 (24)	0.3±0.0 (1)	1.0±0.0 (5)	20.6±1.2
BCca	78-140	12.9±0.7 (65)	6.0±1.1 (30)	0.2±0.0 (1)	0.6±0.0 (3)	19.7±0.7
Участок «Гослесополоса, мелиорированный»						
Aпах	0-35	14.8±0.8 (75)	3.4±0.2 (17)	0.3±0.0 (1)	1.2±0.1 (9)	19.7±0.8
Aпл	35-43	15.7±0.5 (77)	3.3±0.4 (16)	0.3±0.0 (1)	1.1±0.1 (9)	20.4±0.2
B3ca ²	43-100	14.1±0.5 (75)	3.5±0.5 (18)	0.3±0.0 (1)	0.9±0.0 (5)	18.8±0.7
B3ca	100-120	16.3±0.6 (82)	2.5±0.8 (13)	0.2±0.1 (1)	0.8±0.1 (4)	19.8±0.3
BCca	120-140	14.5±0.5 (78)	3.3±0.3 (18)	0.1±0.0 (1)	0.7±0.0 (4)	18.6±0.5

При рассмотрении состава ППК исследованных лугово-каштановых почв наблюдаются следующие закономерности (табл. 5): преобладающим компонентом ППК является Ca, на долю которого приходится 56-69% ЕКО. Доля обменного Mg варьирует от 21 до 35%. По

сравнению с почвами целинного и мелиорированного участков, в почвах залежи снижается доля обменного кальция и возрастает доля обменного магния. При этом не выявляется каких-либо отчетливых закономерностей в профильном распределении обменных Са и Mg.

На долю обменного натрия приходится 2-3% от эффективной ЕКО. Это связано с отсутствием засоления в исследованных профилях лугово-каштановых почв. Некоторое повышение содержания обменного Na, обнаруженное в профиле залежной почвы относительно целинных и мелиорированных аналогов, вероятно, обусловлено попаданием его в ППК в результате припахивания почвенного материала с окружающих бугорков, занятых солончаковыми солонцами, в ППК которых преобладает натрий (Романенков, 1990; Колесников и др., 2002, Колесников, Соколова, 2006). Тем не менее, небольшая доля обменного натрия в ППК свидетельствует о том, что в пределах верхней полуметровой толщи исследованных лугово-каштановых почв признаков развития современного солонцового процесса не наблюдается.

На долю обменного калия приходится 7-9% от ЕКО эффективной. В пределах всех исследованных профилей его содержание достоверно снижается с глубиной.

Селективность катионного обмена Ca-Na. Коэффициенты селективности исследованных лугово-каштановых почв рассчитывались по результатам определения состава обменных катионов и активностей ионов Ca^{2+} и Na^{+} в насыщенных водой почвенных пастах, поскольку определение обменных катионов проводилось по методу В. Пфеффера при узком соотношении твердой и жидкой фаз. В этом случае использование при расчетах активностей ионов в насыщенной водой пасте считается наиболее корректным (Хитров, Понизовский, 1990; Понизовский и др., 1986). Для вычисления коэффициентов селективности использовались уравнения Е.Н. Гапона, А.П. Вэнслоу и Б.П. Никольского.

Высокие значения коэффициентов селективности (табл. 6), вычисленные по любому из уравнений, свидетельствуют о преимущественном поглощении Na по сравнению с Ca в исследованных почвах, что связано, прежде всего, с низкой долей обменного Na в ППК. В таких условиях Na занимает наиболее селективные к нему обменные позиции. Для целинных и мелиорированных лугово-каштановых почв Джаныбекского стационара экспериментально показано, что с увеличением доли Na в составе обменных катионов коэффициенты селективности резко снижаются (Колесников, 2004).

Несмотря на большое пространственное варьирование, в почвах всех вариантов землепользования наблюдается единая закономерность: величины коэффициентов селективности максимальны в верхних горизонтах и снижаются при движении вниз по профилю. Эту закономерность можно объяснить наличием в верхних горизонтах гумусовых пленок на поверхности частиц и агрегатов, блокирующих наиболее селективные к Ca^{2+} внутренние обменные позиции в лабильных минералах, и увеличением с глубиной содержания лабильных силикатов с большой внутренней поверхностью, селективной к Ca^{2+} .

Абсолютные значения коэффициентов селективности обмена Ca-Na, рассчитанные по уравнению Е.Н. Гапона для почв залежного участка, варьировали в пределах от 4.1 до 9.2. Значения $K_{\text{Ca-Na}}$, рассчитанные по уравнению Е.Н. Гапона, полностью укладываются в диапазон значений $K_{\text{Ca-Na}}$, полученных В.А. Романенковым (1989, 1990) такими же методами, которые были использованы в данной работе, для мелиорированных солончаковых солонцов с низким содержанием Na в ППК.

В целом, абсолютные значения коэффициентов селективности, вычисленные по любому из уравнений для залежных почв, оказались выше таковых, полученных для лугово-каштановых почв на целине и мелиорированном участке. Математически это увеличение является следствием повышенного соотношения обменных Na:Ca в ППК, однако физический смысл выявленных различий остался неясным. Увеличение доли Na в ППК теоретически должно было бы вызвать снижение селективности почвы к Na, поскольку при этом Na

занимает менее селективные к нему позиции. Реально наблюдаемое снижение активности Ca^{2+} в почвах залежного участка математически также должно было бы привести к снижению, а не к повышению селективности почвы к Na.

Таблица 6. Коэффициенты селективности Ca-Na ($K_s_{\text{Ca-Na}}$), рассчитанные по уравнениям Е.Н. Гапона, А.П. Вэнслоу и Б.П. Никольского для лугово-каштановых почв участка «Гослесополоса» с использованием данных по активностям ионов в насыщенной водой почвенной пасте (средние значения из трех повторностей \pm доверительный интервал при $P=0.9$). **Table 6.** Selectivity coefficients Ca-Na ($K_s_{\text{Ca-Na}}$), calculated according to E.N. Gapon, A.P. Wanselow and B.P. Nikolsky equations for meadow-chestnut soils of an investigated plot with use of data on ions activities in the water-saturated soil paste (average values of three replicates \pm a confidential interval at $P=0.9$).

Горизонт	Глубина, см	Ks, рассчитанные по уравнениям:		
		Е.Н. Гапона	А.П. Вэнслоу	Б.П.Никольского
Залежь				
А1пл	0-20	7.6 \pm 4.4	136.4 \pm 119.6	26.3 \pm 14.1
А'пл	20-40	8.9	192.6 \pm 28.5	31.6 \pm 1.9
В	40-60	9.2 \pm 0.9	174.3 \pm 25.0	30.3 \pm 1.5
Вса ²	60-75	4.5 \pm 0.8	53.6 \pm 20.0	16.1 \pm 3.2
В3са ²	75-150	4.1 \pm 0.8	42.5 \pm 21.3	14.2 \pm 3.6
Участок «Гослесополоса, целина»				
А1А2	0-12	3.3 \pm 0.9	31.2 \pm 18.2	11.9 \pm 3.1
В1са ²	12-30	4.2 \pm 0.4	50.6 \pm 12.8	15.9 \pm 2.0
В3са ²	30-46	3.8 \pm 1.7	47.3 \pm 33.0	14.9 \pm 6.6
В3са	46-78	3.1 \pm 1.6	37.7	11.7 \pm 5.7
В3са	78-140	2.3 \pm 2.3	13.8	8.3 \pm 0.9
Участок «Гослесополоса, мелиорированный»				
Апах	0-35	3.5 \pm 0.3	33.0	13.4 \pm 9.0
Апл	35-43	3.0 \pm 0.7	20.6 \pm 11.2	11.8 \pm 2.6
В3са ²	43-100	3.0	26.5	12.0 \pm 2.2
В3са	100-120	1.6	11.2 \pm 7.2	6.4
В3са	120-140	1.5 \pm 0.5	7.3 \pm 3.9	5.7 \pm 1.7

Определенное влияние на селективность обмена $\text{Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{Na}^+$ в исследованных почвах могла оказать повышенная концентрация растворимых сульфатов. Известно, что почвы сульфатного засоления при прочих равных условиях более селективны к Na^+ , чем почвы хлоридного засоления (Минкин и др., 1980; Paliwal, 1987; Poonia et al., 1984). Однако, учитывая, что почвы всех сравниваемых участков практически не засолены, такое объяснение нельзя считать исчерпывающим. Очевидно, что для выяснения причин выявленного противоречия необходимо проведение дополнительных исследований. В целом повышение коэффициентов селективности в системе $\text{Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{Na}^+$, в почвах залежного участка по сравнению с почвами других участков можно рассматривать как неблагоприятное

явление: при прочих равных условиях оно характеризует способность почвы к осолонцеванию.

Выводы

1. Грунтовые воды под лугово-каштановыми почвами на залежи имеют достоверно более низкую минерализацию по сравнению с ГВ на целинном и мелиорированном участках. Это различие объясняется тем, что в агролесомелиоративной системе грунтовые воды интенсивно расходуются лесными полосами, и происходит боковой подток засоленных ГВ из-под окружающих солонцов и повышение их минерализации. Почвы исследованного целинного участка также могли испытывать влияние подтока минерализованных ГВ.

2. Профиль лугово-каштановых почв на залежном участке характеризуется низким содержанием легкорастворимых солей. В составе водной вытяжки наблюдается небольшое, но статистически достоверное, возрастание концентраций ионов Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} и Mg^{2+} в почвах залежного участка по сравнению с целинными и мелиорированными аналогами. Выявленное различие можно объяснить припахиванием материала с окружающих солонцов на микроповышениях в лугово-каштановые почвы при проведении плантажной вспашки.

3. Исследованным лугово-каштановым почвам залежного участка в связи с отсутствием засоления свойственны низкие значения активностей ионов Na^+ и Ca^{2+} в насыщенной водой пасте. По сравнению с лугово-каштановыми почвами на целине и в системе АЛМ в почвах залежного участка выявлено некоторое снижение активности иона Ca^{2+} , что можно объяснить более высокой концентрацией сульфат-иона, образующего ионные пары с Ca^{2+} .

4. В составе ППК лугово-каштановых почв залежного участка преобладают обменные Ca^{2+} и Mg^{2+} . По сравнению с почвами на целине и в системе АЛМ в почвах залежного участка наблюдается достоверное увеличение доли обменного Na^+ и тенденция к снижению доли Ca^{2+} в составе обменных катионов.

5. Коэффициенты селективности обмена $\text{Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{Na}^+$, вычисленные для почв залежного участка, подтверждают общую для лугово-каштановых почв Джаныбекского стационара закономерность: высокие значения коэффициентов селективности свидетельствуют о преимущественном поглощении Na^+ по сравнению с Ca^{2+} , причем величины коэффициентов селективности максимальны в самых верхних горизонтах и снижаются вниз по профилю.

6. Абсолютные значения коэффициентов селективности, вычисленные по любому из уравнений для лугово-каштановых почв залежного участка, оказались выше чем для почв на целине и на мелиорированном участке по невыясненным пока причинам. Повышение селективности почв к Na^+ на залежном участке можно рассматривать как неблагоприятное явление, т. к. при прочих равных условиях оно характеризует способность почвы к осолонцеванию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Биогеоэценологические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. 1974. М.: Наука. 360 с.
- Воробьева Л.А. 1998. Химический анализ почв. М.: МГУ. 272 с.
- Гедройц К.К. 1955. Избранные сочинения. Т. 1. М.: ГИСХЛ. 415 с.
- Гордеева Т.К., Ларин И.В. 1965. Естественная растительность полупустыни Прикаспия как кормовая база животноводства. М.-Л.: Наука. 160 с.
- Девярых В.А. 1970. Генетические особенности почв солонцового комплекса Северо-Западного Прикаспия: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М. 17 с.
- Дмитриев Е.А. 1995. Математическая статистика в почвоведении. М.: МГУ. 320 с.

- Иванов И.В., Демкин В.А., Губин С.В., Брылев В.А. 1980. Генезис каштановых почв Северного Прикаспия и некоторые особенности сухостепных почв // Почвоведение. № 8. С. 43-54.
- Иванов И.В., Демкин В.А., Губин С.В., Мамонтов В.И. 1982. Развитие почв бессточной равнины Северного Прикаспия в голоцене // Почвоведение. № 1. С. 5-17.
- Классификация и диагностика почв СССР. 1977. М.: Наука. 223 с.
- Колесников А.В. 2004. Закономерности катионного обмена в целинных и мелиорированных лугово-каштановых почвах Северного Прикаспия (на примере почв Джаныбекского стационара). Автореф. дис... канд. биол. наук. М.: МГУ. 24 с.
- Колесников А.В., Соколова Т.А. 2004. Активность ионов кальция, натрия и калия в лугово-каштановых почвах Северного Прикаспия // Вестник МГУ. Серия 17. Почвоведение. 2004. № 3. С. 3-17.
- Колесников А.В., Соколова Т.А. 2006. Характеристика почвенного поглощающего комплекса лугово-каштановых почв Северного Прикаспия (Джаныбекский стационар) // Почвоведение. № 2. С. 179-189.
- Колесников А.В., Соколова Т.А., Толпешта И.И., Сиземская М.Л. 2002. О составе обменных катионов и селективности катионного обмена в целинных солончаковых солонцах Северного Прикаспия // Вестник МГУ. Серия 17. Почвоведение. № 3. С. 12-18.
- Минкин М.Б., Бабушкин В.М., Садименко П.А. 1980. Солонцы юго-востока Ростовской области. Ростов-на-Дону. 272 с.
- Орлов Д.С. 1980. Органическое вещество почв и теория гумификации. М.: МГУ. 286 с.
- Повышение продуктивности полупустынных земель Северного Прикаспия. 1989. М.: Наука. 200 с.
- Понизовский А.А., Пинский Д.Л., Воробьева Л.А. 1986. Химические процессы и равновесия в почвах. М.: МГУ. 102 с.
- Роде А.А., Польский М.Н. 1961. Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. Т. 56. С. 3-214.
- Романенков В.А. 1989. Изменение почвенно-поглощающего комплекса солончаковых солонцов при мелиорации // Повышение продуктивности полупустынных земель Северного Прикаспия. М.: Наука. С. 48-59.
- Романенков В.А. 1990. Изменение почвенного поглощающего комплекса солончаковых солонцов под влиянием мелиорации. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. 24 с.
- Сапанов М.К. 2003. Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула: Гриф и К. 247 с.
- Сиземская М.Л. 1989. Изменение морфологии и солевого состояния почв солонцового комплекса Северного Прикаспия под влиянием агролесомелиорации (на примере почв Джаныбекского стационара). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М. 24 с.
- Сиземская М.Л. 1991. Мелиорируемые солонцы Северного Прикаспия и подходы к их классификации // Почвоведение. № 9. С. 97-108.
- Сиземская М.Л., Соколова Т.А., Топунова И.В., Толпешта И.И. 2004. Динамика солевого состояния солончаковых солонцов глинистой полупустыни Северного Прикаспия в условиях агролесомелиорации (на примере почв Джаныбекского стационара РАН) // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей Виктора Абрамовича Ковды. Под ред. Н.Ф. Глазовского. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 301-323.
- Хитров Н.Б., Понизовский А.А. 1990. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных почв. М. Наука. 240 с.
- Paliwal K.V. 1987. Validity of Gapon's constant in predicting soil sodicity // Annals of Arid Zone.
- АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2010, том 16, № 5 (45)

Vol. 6. P. 75-78.

Poonia S.R., Mehta S.C., Pal R. 1984. The effect of electrolyte concentration on calcium-sodium exchange equilibria in two soil samples of India // Geoderma. Vol. 32. P. 63-70.

CHEMICAL CHARACTERISTICS OF MEADOW-CHESTNUT SOILS OF A FALLOW FIELD IN THE DZHANYBEK RESEARCH STATION

© 2010. A.V. Kolesnikov*, T.A. Sokolova**

**Institute of Forest Science of Russian Academy of Sciences*

Russia, 143030 Moscow area, Odintsovskii distr., Uspenskoe, Sovetskaja str., 21. E-mail: root@ilan.ras.ru

***Moscow State M.V. Lomonosov University, Soils Science faculty*

Russia, 119991 Moscow, Vorobievsky Gory, MSU, bl. 1. E-mail: sokolt65@mail.ru

Abstract. Soluble salts content, exchangeable cations, pH values, Na^+ and Ca^{2+} activity and the selectivity coefficients for the $\text{Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{Na}^+$ exchange have been measured in samples taken by genetic horizons from three meadow-chestnut soil profiles of a fallow field in the Dzhanybek Experimental Station. On this field the trenching plowing was conducted in the early 1950s and various crops were grown till 1970s. Later on the field was abandoned. Ground water mineralization and their ion composition were examined. The data obtained was compared with respective characteristics of meadow-chestnut soils and ground water of pristine area and with those of meadow-chestnut soils reclaimed in the agricultural afforestation system.

The groundwater occurring on the studied area at the depth about 5m was found to be reliably less mineralized than that on reclaimed and pristine areas. This difference can be attributed to the lateral inflow of highly mineralized water to meadow-chestnut soils of the reclaimed plot caused by intensive uptake of water by shelterbelts. The pristine area studied can also be subject to the influence of mineralized groundwater.

The profiles studied are not affected by salinization, the sum of soluble salts in water extract does not exceed 0.1%. The concentrations of Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} and Mg^{2+} albeit being low are reliably higher than in soils of pristine and reclaimed plots. It can be explained by the involvement of small amounts of soluble salts from the adjacent solonchakous solonetz soils in the course of the trenching plowing.

According to the small concentrations of soluble salts the activity of Na^+ and Ca^{2+} are also low. Some decrease in Ca^{2+} activity in soils of a fallow field as compared with soils of pristine and reclaimed plots can be attributed to the slightly higher concentrations of SO_4^{2-} , forming ion pairs with Ca^{2+} .

As of the composition of exchangeable cations the soils of the fallow field are notable for the predominance of Ca^+ and Mg^{2+} . The percentage of exchangeable Na^{2+} albeit being small is reliably higher than in soils of pristine and reclaimed areas owing to the involvement of small amount of sodium sulfate from the adjacent salt-affected soils in the course of the trenching plowing.

The selectivity coefficients values for the binary $\text{Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{Na}^+$ exchange calculated after Gapon, Wanselow and Nikolsky equations testifies to the high selectivity of soils studied to Na^+ mainly due the low percentage of exchangeable Na^+ . The $K_{\text{S Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{Na}^+}$ values were higher in soils of the fallow field than in those on pristine and reclaimed plots.

Key words: cation exchange, meadow-chestnut soils, Dzhanybek Research Station.