

УДК 631.416

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА
ЛУГОВО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ
(ДЖАНЫБЕКСКИЙ СТАЦИОНАР)***© 2006 г. А. В. Колесников¹, Т. А. Соколова², М. Л. Сиземская¹¹ Институт лесоведения РАН, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское² Факультет почвоведения МГУ, 119992, Москва, Ленинские горы

Поступила в редакцию 16.11.2004 г.

Получен и обобщен массовый материал по составу и свойствам поглощающего комплекса в целинных и мелиорированных лугово-каштановых почвах Северного Прикаспия. Установлено, что в гор. А1 экспериментально полученные значения ЕКО эффективной оказались меньше рассчитанных, исходя из содержания органического вещества и минералогического состава тонкодисперсных фракций. Предполагается, что это расхождение связано с блокированием части обменных позиций при взаимодействии органического вещества с глинистыми минералами. В гор. ВС экспериментально найденные значения ЕКО почвы почти в два раза выше рассчитанных, исходя из количества лабильных минералов в тонких фракциях, что связано, вероятно, с наличием сорбционных центров на плохо окристаллизованных иллитах и хлоритах в составе фракции ила и с присутствием определенного количества глинистого материала в составе крупных фракций в виде очень прочных агрегатов, не разрушающихся при выделении фракций по методике Айдиняна.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный поглощающий комплекс (ППК) представляет собой наиболее активную часть твердой фазы почвы, с участием которой осуществляется большинство почвенно-химических реакций. Понятие ППК включает совокупность органических, минеральных и органо-минеральных соединений почвы, являющихся материальными носителями сорбционных центров, и находящиеся на них обменные катионы [10, 26, 27]. В качестве одной из важнейших характеристик ППК широко используется емкость катионного обмена (ЕКО).

Хорошо известно, что в почвах аридных регионов преобладающими обменными катионами являются Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ , соотношение которых в ППК определяется содержанием и составом легкорастворимых солей и величинами коэффициента селективности. Проявление этой закономерности отчетливо наблюдается в почвах солонцовых комплексов на территории глинистой полупустыни Северного Прикаспия, где повышения микрорельефа заняты засоленными почвами – солончаковыми солонцами, а в микропонижениях развиваются незасоленные лугово-каштановые почвы [32]. Соответственно в составе ППК в солончаковых солонцах до 30–40% от ЕКО приходится на долю обменного Na^+ , а в лугово-каштановых почвах обменный Na^+ составляет не более 1–2% от ЕКО [7, 21, 32, 34].

Исследования состава ППК почв солонцового комплекса, проводившиеся на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН, касались преимущественно солончаковых солонцов, в которых высокий процент Na^+ в ППК является одним из факторов, негативно влияющих на полезащитные насаждения и сельскохозяйственные культуры при земледельческом освоении агролесомелиоративных участков [7, 33, 34]. Лугово-каштановые почвы в этом отношении изучены значительно меньше.

Целью настоящей работы было изучение состава ППК и природы ЕКО лугово-каштановых почв, формирующихся в понижениях микрорельефа под разнотравно-злаковыми ассоциациями, и их аналогов на агролесомелиоративных участках. Учитывая, что главными носителями обменных позиций являются органическое вещество и глинистые минералы, были охарактеризованы гранулометрический состав почвы и минералогический состав илистой и тонкопылевой фракций, определено содержание гумуса и сделаны ориентировочные расчеты вклада этих компонентов в формирование эффективной ЕКО почв. Определены активность ионов Na^+ и запасы солей как показатели степени засоления почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования – образцы, взятые по генетическим горизонтам из разрезов лугово-каштановых почв на опытных участках Джаныбек-

* Работа выполнена при поддержке Миннауки, проект НШ 1863.2003.4 и РФФИ, проект 03-04-48076.

ского стационара Института лесоведения РАН: Гослесополоса (ГЛП), Госфонд (ГФ) и новый опыт (НО), расположенных на расстоянии 1–2 км друг от друга и отличающихся длительностью агролесомелиоративных мероприятий и структурой лесных полос. Участок ГЛП заложен в 1951 г. и представляет собой насаждение кулисного типа с межкулисными пространствами, равными 18 м; участок ГФ заложен в 1959 г., а НО – в 1970 г. Участки заняты однорядными полосами из вяза приземистого на расстоянии 40 и 56 м друг от друга соответственно. На мелиорируемой территории каждого из участков было заложено по три разреза, а также по три разреза под целинной растительностью на территории, прилегающей к каждому участку.

Из образцов генетических горизонтов после удаления CaCO_3 обработкой 10% HCl методом отмучивания по Айдиняну [1] отделяли фракции ила (размер частиц <1 мкм) и тонкой пыли (1–5 мкм), и определяли их процентное содержание. Минералогический состав выделенных фракций исследовали методом рентген-дифрактометрии на приборе ДРОН-3. Содержание отдельных групп глинистых минералов определяли по интенсивности дифракционных максимумов по модифицированной методике Корнблума [23]. Модификация заключалась во введении поправки на LP-фактор для монокристалла [29] при оценке интенсивности рефлексов. В образцах исследовано содержание органического углерода по Тюрину, содержание и состав обменных катионов по методу Пфедфера в модификации Молодцова и Игнатовой [9]. Определение кальция и магния выполнялось комплексонометрическим титрованием, а натрия и калия – с помощью метода фотометрии пламени. Кроме того, измерены значения активностей кальция, натрия и калия в насыщенных водой почвенных пастах [9]. Полученные данные статистически обработаны [15]. Производство необходимых расчетов, построение графиков проводилось с помощью программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гранулометрический состав. В исследованных целинных лугово-каштановых почвах обнаруживается отмеченная в литературе [17, 18, 32, 35] текстурная дифференциация элювиально-иллювиального типа (табл. 1). Следует отметить, что морфологически заметное осветление элювиальной по илу толщи, которое свойственно большинству текстурно-дифференцированных почв, в исследованных лугово-каштановых почвах, или отсутствует или выражено очень слабо из-за высокого содержания гумуса.

Элювиальным по содержанию илстой фракции является современный обогащенный гумусом

гор. А1 целинных почв. Подобное распределение илстой фракции характерно не только для лугово-каштановых почв Северного Прикаспия, но и для солончаковых солонцов, где накопление ила наблюдается в солонцовом горизонте, а надсолонцовый горизонт обеднен илстой фракцией [32, 33].

Отчетливая текстурная дифференциация профиля лугово-каштановых почв при низком современном содержании обменного натрия в ППК является, по всей вероятности, реликтовым признаком, унаследованным от стадии солонца. Это говорит о возможной однотипности начальной стадии почвообразовательного процесса на данной территории. Демкиным и Ивановым [16] подчеркивается, что формирование признаков солонцеватости в почвах Прикаспийской низменности происходило главным образом на 3–2 тысячелетия до н.э.

Сформировавшаяся на стадии солонца текстурная дифференциация профиля осталась в сменивших солонцы лугово-каштановых почвах как реликтовый признак, поскольку эта дифференциация относится к числу необратимых изменений материнской породы под влиянием почвообразования. Степень текстурной дифференциации исследованных лугово-каштановых почв даже больше, чем в современных солончаковых солонцах. По данным Романенкова [33] в надсолонцовом горизонте содержание илстой фракции в пересчете на бескарбонатную обессоленную навеску всего на 15–20% ниже, чем в почвообразующей породе, а не вдвое, как в лугово-каштановых почвах, несмотря на высокое содержание в солонцах обменного Na^+ . Такой неожиданный результат связан, по всей вероятности, с особенностями современного водно-солевого режима почв: лугово-каштановые почвы западин не содержат легкорастворимых солей и почти ежегодно подвергаются промыванию пресными тальными водами, что способствует сохранению и дальнейшему развитию текстурной дифференциации за счет диспергирования и выноса глинистого материала из элювиальной толщи. В солонцах, несмотря на высокое содержание обменного Na^+ , диспергированию и выносу тонкодисперсных частиц препятствуют находящиеся на небольших глубинах гипс и легкорастворимые соли, играющие роль коагуляторов глинистого материала.

В процессе мелиорации распределение ила по профилю лугово-каштановых почв становится равномерным. Дифференциация по илу еще проявляется на участке ГФ, более слабо – на участке НО, а на участке ГЛП исчезает совсем. Возможной причиной этого может быть принос материала с бугорков, занятых солонцами, при планировании поверхности пашни, а также перемешивание почвы при распашке.

Таблица 1. Содержание илистой и тонкопылеватой фракций в целинных и мелиорированных лугово-каштановых почвах, данные по индивидуальным разрезам (% от воздушно-сухой навески)

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций, %, размер частиц, мм		Сумма тонких фракций, %	Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций, %, размер частиц, мм		Сумма тонких фракций, %
		<0.001	0.005–0.001				<0.001	0.005–0.001	
целина					мелиорированный участок				
Гослесополоса									
A1'	0–12	9	22	31	Апах	0–35	27	16	43
B1ca	12–30	24	15	39	Аплант	35–43	26	18	44
B1ca ²	30–46	29	13	42	B3ca ²	43–100	27	11	38
B3ca ²	46–78	28	13	41	B3ca	100–120	25	11	36
B3ca	78–140	27	12	39	BCca	120–140	27	10	37
Госфонд									
A1	0–12	11	25	36	Апах	0–18	26	17	43
A1B	12–41	26	19	45	Аплант	18–35	29	14	43
B3ca	31–70	35	16	51	B1ca	35–55	20	18	38
B3ca ²	70–100	23	10	33	B3ca ²	55–80	25	10	35
B3'ca ²	100–120	26	8	34	B3'ca ²	80–120	25	8	33
BCca	120–160	28	10	38	BCca	120–180	28	9	37
Новый опыт									
A1	2–12	18	19	37	Апах	0–22	15	19	34
A1'	12–25	29	19	48	Аплант	22–45	20	19	39
B2t	25–38	27	16	43	B3ca	45–78	27	13	40
B3ca	38–65	28	13	41	B3ca ²	78–115	26	11	37
B3ca ²	60–110	28	11	39	BCca	115–185	26	9	35
B3'ca ²	110–155	27	11	38					

Гор. B2t обогащен илистой фракцией по сравнению с породой. В гор. B3 и BC содержание ила довольно постоянно и составляет 27%. Содержание тонкопылеватой фракции, напротив, максимально в верхнем горизонте (22%) и уменьшается вниз по профилю. Это можно объяснить двумя причинами. С одной стороны, контрастный режим увлажнения и континентальный климат способствуют дроблению минеральных частиц и, таким образом, возможно пополнение содержания тонкой пыли за счет дробления более крупных гранулометрических фракций. С другой стороны, в верхнем горизонте вероятно наличие очень прочно агрегированного ила, который не вышел в илстую фракцию при отмучивании. Дифференциация по содержанию тонкой пыли в условиях агролесомелиорации сохраняется (табл. 1).

Минералогический состав тонкодисперсных фракций рассмотрен на примере профилей участка ГФ (табл. 2, рис. 1). В составе илистой фракции присутствуют глинистые компоненты, обычно встречающиеся в составе подобных фракций рыхлых четвертичных отложений суглинисто-

глинистого гранулометрического состава. Одним из таких компонентов является диоктаэдрический иллит, который дает довольно широкие отражения первого и второго порядка, что свидетельствует о несовершенстве кристаллической структуры. Вторым – хлорит, процентное содержание которого по методу Корнблюма [23] определяется вместе с каолинитом. На основании прямой линейной зависимости между интенсивностями рефлексов 0.71 и 0.48 нм (рис. 2) можно заключить, что в этой сумме хлорит преобладает, и однозначная идентификация каолинита в таком случае вызывает сомнения. Третьим компонентом в составе илистой фракции является неупорядоченный смешанослойный иллит-монтмориллонитовый минерал с блоками монтмориллонитовых пакетов (диагностика по [13]), дающий на рентгенограммах препаратов, насыщенных глицерином, отражение в области ~1.9 нм. В небольшом количестве присутствует кварц.

Тонкопылеватая фракция отличается от илистой большим количеством кварца и хлорита, присутствием полевых шпатов и лучшей ок-

Таблица 2. Минералогический состав тонких фракций лугово-каштановой почвы участка Госфонд

Горизонт	Глубина, см	Иллит	Каолинит + + хлорит	Лабильные минералы	Кварц	Хлорит
		% от суммы			полуколичественная оценка*	
Целина, илистая фракция						
A1	0–12	63	20	17	+	+
A1B	12–41	57	17	26	+	+
B3ca	31–70	52	22	26	+	+
B3ca ²	70–100	54	33	13	+	++
B3'ca ²	100–120	51	30	19	+	++
BCca	120–160	57	31	12	+	++
Целина, тонкопылеватая фракция						
A1	0–12	58	30	12	++	+
A1B	12–41	61	27	12	++	+
B3ca	31–70	52	32	16	++	+
B3ca ²	70–100	43	37	20	++	+
B3'ca ²	100–120	49	44	7	++	+
BCca	120–160	50	45	5	++	++
Мелиорированный участок, илистая фракция						
Апах	0–18	66	20	14	?	+
Аплант	18–35	65	26	9	+	+
B1ca	35–55	64	29	7	+	+
B3ca ²	55–80	50	28	22	+	++
B3'ca ²	80–120	49	34	17	+	++
BCca	120–180	45	29	26	+	++
Мелиорированный участок, тонкопылеватая фракция						
Апах	0–18	51	35	14	++	+
Аплант	18–35	53	36	11	++	+
B1ca	35–55	52	38	10	++	++
B3ca ²	55–80	52	38	10	++	++
B3'ca ²	80–120	40	37	23	++	+++
BCca	120–180	41	48	11	++	+++

* +++ – много; ++ – средние; + – мало.

ристаллизованностью всех глинистых компонентов (рис. 1).

В профиле распределении основных глинистых минералов в составе фракций ила и тонкой пыли выявляются определенные закономерности: тонкие фракции в верхних горизонтах обогащены иллитом и обеднены лабильными силикатами и хлоритами.

Аналогичные закономерности дифференциации глинистых минералов отмечены многими исследователями для большинства почв степной и сухостепной зон – черноземов, каштановых почв, солонцов и др. [4, 5, 22–24, 30, 33, 36, 37 и др.]. Уменьшение количества хлоритов в составе тонкодисперсных фракций верхних горизонтов все

авторы связывают с процессом разрушения этого минерала в ходе почвообразования; по поводу обогащения верхних горизонтов иллитом существуют разные точки зрения. Корнблум [23, 24] объяснял накопление иллитов в верхних горизонтах степных почв процессом иллитизации, Алексеев [5] отводил главную роль процессам физического дробления слюд и иллитов пылеватых фракций до размера иллитовых частиц. По всей вероятности, накопление иллитов в верхних горизонтах и увеличение с глубиной содержания лабильных структур являются результатом совместного действия нескольких процессов.

Содержание органического вещества. Содержание гумуса в исследованных целинных лугово-

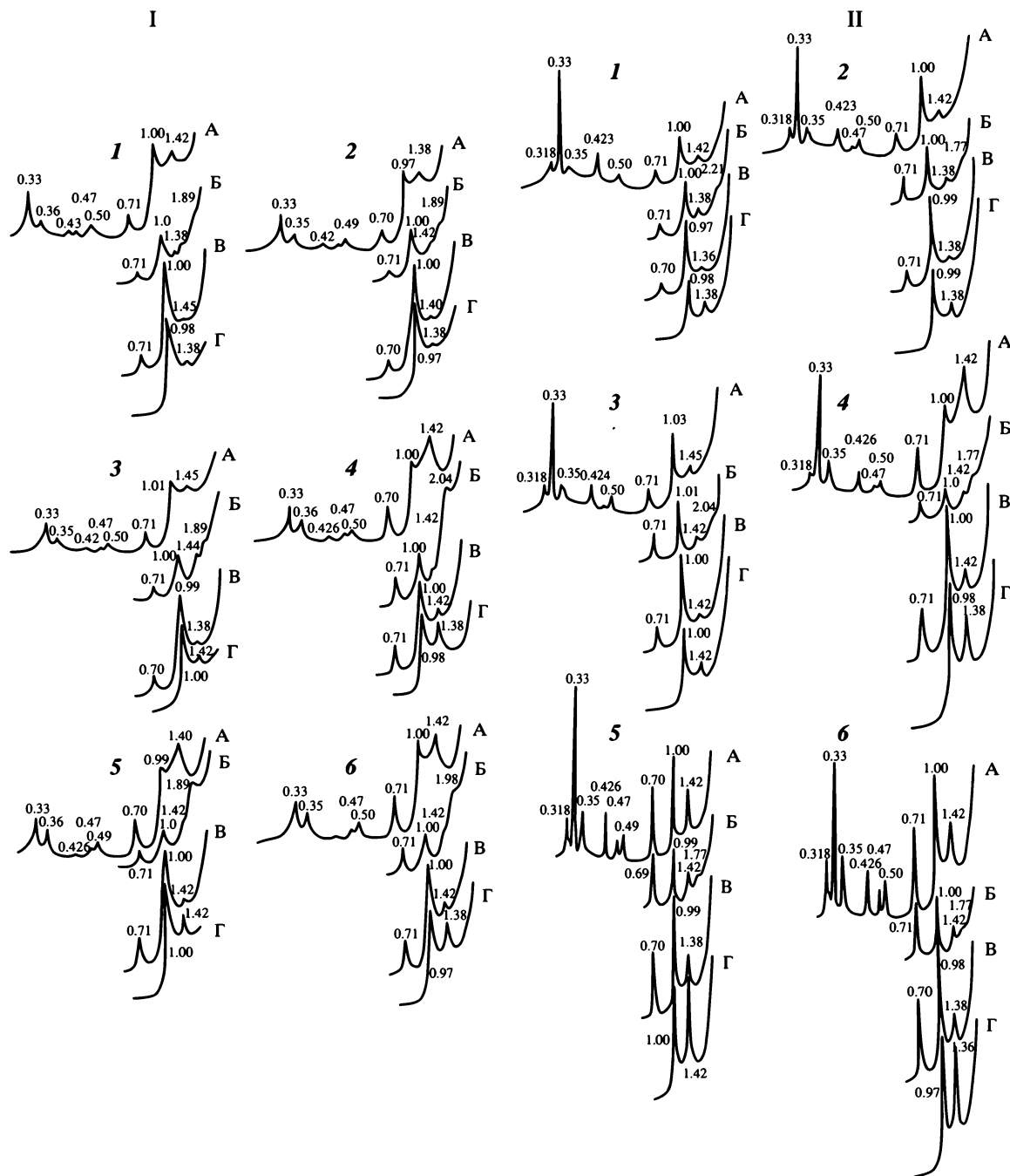


Рис. 1. Рентген-дифрактограммы илистых (I) и тонкопылеватых фракций (II) целинной лугово-каштановой почвы. Участок ГФ. Условные обозначения: А – Mg, H₂O; Б – Mg, глицерин; В – Mg, 350°C; Г – Mg, 550°C. Горизонты: 1 – А1, 0–12 см; 2 – А1В, 12–31 см; 3 – В3са, 31–70 см; 4 – В3са², 70–100 см; 5 – Вd'ca', 100–120 см; 6 – ВСса, 120–180 см.

каштановых почвах составляет 4.07–6.49% в гор. А1, уменьшаясь вниз по профилю до 0.65–0.94% в нижнем горизонте (табл. 3), что согласуется с литературными данными [6, 28, 32]. Высокое содержание гумуса в лугово-каштановых почвах обусловлено высокопродуктивными степными биогеоценозами понижений микрорельефа. Степная растительность западин отличается наиболее высокой биологической продуктивнос-

тью, в среднем составляющей 24 ц/га, что вдвое больше, чем у сухостепных ассоциаций, и втрое больше, чем у полупустынных, занимающих соответственно склоны и верхние части повышений микрорельефа [12].

По показателям гумусового состояния изученные почвы близки к черноземам и темно-каштановым [20, 25]. Профильное распределение органического вещества в исследованных лугово-ка-

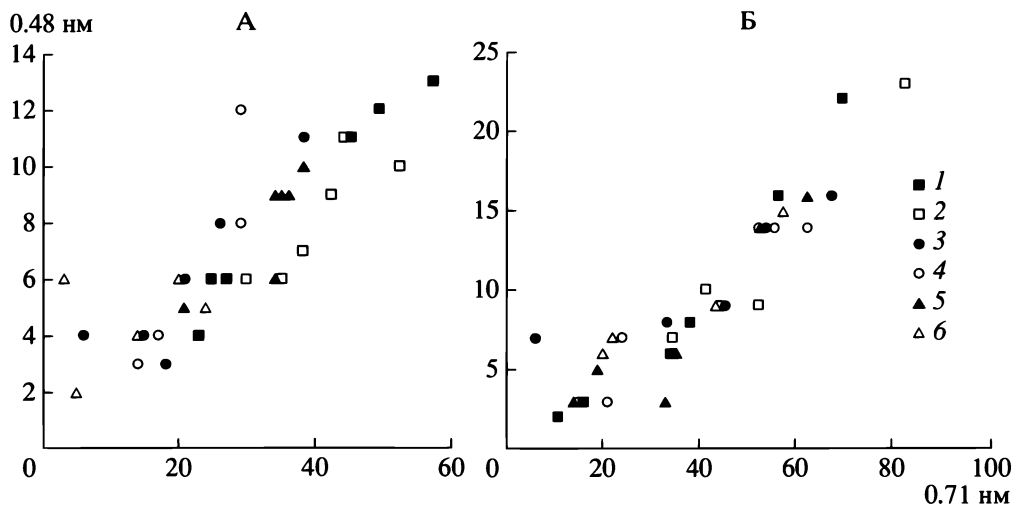


Рис. 2. Зависимость между интенсивностями рефлексов 0.48 и 0.71 нм для илистой (А) и тонкопылеватой (Б) фракций лугово-каштановых почв. Условные обозначения: Госфонд: 1 – целина, 2 – мелиорированный участок; гослесополоса: 3 – целина, 4 – мелиорированный участок; новый опыт: 5 – целина, 6 – мелиорированный участок.

штановых почвах соответствует распределению корней травянистой растительности: довольно резкое уменьшение содержания гумуса наблюдается при переходе от верхних горизонтов к гор. ВЗса на глубинах 30–65 см. В лугово-каштановых почвах агролесомелиорированных участков процентное содержание гумуса снижается, что, однако, не приводит к изменению запасов органического вещества в почвенном профиле в целом.

Сумма солей и активность ионов Na^+ (табл. 4) в целинных и мелиорированных лугово-каштановых почвах свидетельствуют об отсутствии в них современного засоления в пределах исследованной толщи мощностью 1.5 м. Сумма солей, рассчитанная по результатам анализа водной вытяжки, измеряется в большинстве горизонтов сотыми долями процента, и только в нижних горизонтах почвы целинного участка ГФ и мелиорированного участка НО превышает 0.2%. Активность иона Na^+ , измеренная в пасте, составляет десятые доли миллимоля в литре, и только в почве целинного участка ГФ увеличивается на порядок, достигая 1.5 ммоль/л. Эта особенность связана, очевидно, с тем, что нижние горизонты почвы целинного участка ГФ находятся в пределах капиллярной каймы и испытывают влияние засоленных грунтовых вод. В остальных профилях засоление почвенно-грунтовой толщи в условиях довольно высокого стояния уровня грунтовых вод также имеет место, но в более глубоких горизонтах [8].

Состав обменных катионов. В составе ППК исследованных лугово-каштановых почв (табл. 5) преобладающим компонентом является Ca^{2+} , на долю которого приходится 69–84% ЕКО. Доля обменного Mg^{2+} варьирует от 11 до 30%. При этом не выявляется каких-либо отчетливых зако-

номерностей в профильном распределении обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} , не наблюдается также отличий между целинными и мелиорированными профилями. На долю обменного Na^+ как в целинных, так и в мелиорированных профилях приходится 1–2% от эффективной ЕКО. Это связано с отсутствием засоления в пределах верхней части почвенно-грунтовой почвы мощностью 1.5 м, в которой проводилось определение состава обменных катионов. Некоторое повышение содержания обменного Na^+ наблюдается в верхних горизонтах мелиорированной почвы на участке НО, что, вероятно, обусловлено припахиванием почвенного материала с окружающих бугорков, занятых солончачковыми солонцами, в ППК которых преобладает натрий [21, 33]. Несколько повышено содержание обменного Na^+ также в гор. ВССа целинной почвы участка ГФ, что объясняется увеличением активности иона Na^+ в этом горизонте. Таким образом, в настоящее время в пределах верхней полутораметровой толщи исследованных лугово-каштановых почв признаков развития современного солонцового процесса не наблюдается. На долю обменного калия приходится 3–9% от эффективной ЕКО. В пределах каждого из исследованных профилей его содержание достоверно снижается с глубиной. Исключение составляет, по не выясненным пока причинам, профиль под целинной растительностью вблизи участка НО, в котором максимальное содержание обменного K^+ наблюдается в гор. ВЗса и ВЗса² (38–110см).

Эффективная ЕКО рассчитывалась как сумма обменных катионов (табл. 5) и варьировала в пределах 13.6 до 20.4 смоль(+)/кг, что соответствует литературным данным для лугово-каштановых почв исследованной территории [14, 17, 18]. В

Таблица 3. Содержание и запасы гумуса в целинных и мелиорированных лугово-каштановых почвах (средние значения из трех повторностей \pm доверительный интервал при $P = 0.9$)

Горизонт	Глубина, см	Гумус		Горизонт	Глубина, см	Гумус	
		%	запас, кг/м ²			%	запас, кг/м ²
целина				мелиорированный участок			
Гослесополоса							
A1A2	0–12	5.00 \pm 0.03	7.1 \pm 0.0	Апах	0–35	4.09 \pm 0.27	17.9 \pm 1.2
B1ca ²	12–30	3.09 \pm 0.19	7.8 \pm 0.5	Аплант	35–43	4.86 \pm 0.06	5.8 \pm 0.1
B3ca ²	30–46	1.56 \pm 0.27	3.5 \pm 0.6	B3ca ²	43–100	1.19 \pm 0.07	12.6 \pm 0.7
B3ca	46–78	1.78 \pm 0.74	8.5 \pm 3.5	B3ca	100–120	0.86 \pm 0.03	2.7 \pm 0.1
BCca	78–140	0.94 \pm 0.10	9.4 \pm 1.0	BCca	120–140	0.81 \pm 0.12	2.5 \pm 0.4
Госфонд							
A1	0–12	4.07 \pm 0.12	5.9 \pm 0.2	Апах	0–18	3.78 \pm 0.20	7.3 \pm 0.4
A1B	12–31	2.73 \pm 0.07	6.5 \pm 0.2	Аплант	18–35	2.22 \pm 0.15	3.4 \pm 0.2
B3ca	31–70	1.56 \pm 0.03	9.1 \pm 0.2	B1ca	35–55	1.36 \pm 0.05	4.7 \pm 0.7
B3ca ²	70–100	1.00 \pm 0.14	5.0 \pm 0.7	B3ca ²	55–80	1.07 \pm 0.17	3.9 \pm 0.6
B3'ca ²	100–120	0.80 \pm 0.07	2.7 \pm 0.2	B3'ca ²	80–120	0.89 \pm 0.24	5.8 \pm 1.6
BCca	120–160	0.68 \pm 0.02	3.3 \pm 0.1	BCca	120–180	0.48 \pm 0.07	4.6 \pm 0.6
Новый опыт							
A1	3–12	6.49 \pm 0.07	6.7 \pm 0.1	Апах	0–22	4.42 \pm 1.00	12.4 \pm 2.8
A1'	12–25	4.59 \pm 0.20	6.8 \pm 0.3	Аплант	22–45	3.53 \pm 0.43	10.4 \pm 1.3
B2t	25–38	4.15 \pm 0.15	5.3 \pm 0.2	B3ca	45–78	1.66 \pm 0.26	8.7 \pm 1.3
B3ca	38–65	2.62 \pm 0.10	10.6 \pm 0.4	B3ca ²	78–115	0.80 \pm 0.02	4.9 \pm 0.1
B3ca ²	65–110	1.15 \pm 0.16	7.5 \pm 1.1	BCca ²	115–185	0.36 \pm 0.12	4.1 \pm 1.4
B3'ca ²	110–150	0.65 \pm 0.03	4.5 \pm 0.2				

целинных профилях, несмотря на аккумулятивный характер распределения органического вещества, наблюдается некоторое повышение ЕКО с глубиной в соответствии с увеличением содержания в почве илстой фракции. В мелиорированных профилях напротив, максимальные значения ЕКО наблюдаются в верхних горизонтах, вероятно, за счет перемешивания почвенного материала при плантажной вспашке.

Приведенные выше материалы по содержанию и составу тонких фракций и количеству органического вещества позволяют сделать ориентировочные расчеты вклада различных компонентов твердой фазы в формирование эффективной ЕКО. Ниже приводятся результаты таких расчетов для гор. А1 и ВС целинной почвы участка ГФ. При содержании гумуса в гор. А1, равном 4.07%, и допущении, что половина органических соединений представлена гуминовыми и фульвокислотами [25], и что содержание карбоксильных групп в специфических органических кислотах варьирует от 5 до 10 моль(+)/кг кислоты, получаем, что органическое вещество в гумусовых горизонтах теоретически способно обеспечить величины

ЕКО в интервале от 10 до 20 смоль(+)/кг почвы. В том же горизонте при содержании илстой фракции 11% и количестве в ней лабильных минералов 17% и при допущении, что ЕКО лабильных силикатов равна 120 смоль(+)/кг, получаем, что эти минералы в составе ила способны обеспечить около 2.2 ммоль(+)/100 г почвы; аналогичные расчеты для тонкопылеватой фракции с учетом ее содержания дают дополнительно 3.6 ммоль(+)/100 г. Таким образом, общая ЕКО за счет присутствия в ней органического вещества и лабильных минералов могла бы достигать 16–26 смоль(+)/кг. Реально определенное значение эффективной ЕКО – 15.2 смоль(+)/кг почвы – несколько ниже расчетных данных. Рассчитанные по такой же схеме и экспериментально определенные значения ЕКО в гор. А1 других целинных лугово-каштановых почв составили: на участке НО 23.7–40.0 и 16.4 смоль(+)/кг, на участке ГЛП 23.7–36.2 и 18.3 смоль(+)/кг соответственно.

Из приведенных ориентировочных расчетов следует, что расчетные величины ЕКО во всех исследованных гор. А1 лугово-каштановых почв существенно превышают экспериментально най-

Таблица 4. Содержание солей и активность Na^+ в целинных и мелиорированных лугово-каштановых почвах (средние значения из трех повторностей \pm доверительный интервал при $P = 0.9$)

Горизонт	Глубина, см	Σ солей, %	Активность Na^+ , ммоль/л	Горизонт	Глубина, см	Σ солей, %	Активность Na^+ , ммоль/л
целина				мелиорированный			
Гослесополоса							
A1A2	0–12	0.06	0.418 ± 0.091	Апах	0–35	0.03	0.351 ± 0.061
V1ca ²	12–30	0.09	0.281 ± 0.025	Аплант	35–43	0.03	0.389 ± 0.051
V3ca ²	30–46	0.08	0.330 ± 0.170	V3ca ²	43–100	0.05	0.435 ± 0.075
V3ca	46–78	0.10	0.414 ± 0.161	V3ca	100–120	0.05	0.398 ± 0.053
VCca	78–140	0.09	0.551 ± 0.051	VCca	120–140	0.08	0.428 ± 0.037
Госфонд							
A1	0–12	0.08	0.291 ± 0.007	Апах	0–18	0.03	0.431 ± 0.070
A1B	12–31	0.09	0.292 ± 0.064	Аплант	18–35	0.06	0.386 ± 0.107
V3ca	31–70	0.21	0.453 ± 0.087	V1ca	35–55	0.06	0.350 ± 0.033
V3ca ²	70–100	0.10	0.510 ± 0.033	V3ca ²	55–80	0.06	0.453 ± 0.119
V3'ca ²	100–120	0.17	0.662 ± 0.104	V3'ca ²	80–120	0.07	0.637 ± 0.195
VCca	120–160	0.28	1.545 ± 0.192	VCca	120–180	0.08	0.786 ± 0.227
Новый опыт							
A1	3–12	0.04	0.397 ± 0.049	Апах	0–22	0.11	0.244 ± 0.037
A1'	12–25	0.04	0.418 ± 0.027	Аплант	22–45	0.11	0.276 ± 0.042
B2t	25–38	0.08	0.378 ± 0.034	V3ca	45–78	0.19	0.323 ± 0.041
V3ca	38–65	0.08	0.339 ± 0.015	V3ca ²	78–115	0.20	0.292 ± 0.069
V3ca ²	65–110	0.20	0.310 ± 0.055	VCca ²	115–185	0.27	0.408 ± 0.023
V3'ca ²	110–150	0.11	0.455 ± 0.096				

денные. В действительности расчетные величины должны быть еще больше, так как остальные глинистые минералы (кроме лабильных) в составе илистой и тонкопылеватой фракций, которые не учитывали в приведенных расчетах, тоже обладают определенной ЕКО. Выявленное несоответствие можно объяснить совместным влиянием нескольких факторов. Во-первых, взятые из литературы данные о числе карбоксильных групп в ГК и ФК, способных функционировать как обменные позиции, могут оказаться завышенными для условий нативной почвы. Они относятся в основном к выделенным препаратам этих кислот, обладающим иными сорбционными свойствами, чем реально присутствующие в почве ГК и ФК, с иными конфигурационными и конформационными характеристиками. Во-вторых, в гор. А1 часть обменных позиций на глинистых минералах может быть блокирована пленками органического вещества, что может приводить к снижению ЕКО. При взаимодействии гуминовых веществ с минеральными компонентами почвы может происходить уменьшение ЕКО образующихся органо-минеральных соединений по сравнению с ЕКО чистого гуминового вещества и повышение

ЕКО образующихся соединений по сравнению с чистыми их минеральными компонентами [2, 3]. В любом случае произведенные расчеты позволяют сделать вывод о том, что в гор. А1 лугово-каштановых почв органическое вещество играет большую роль в формировании ЕКО, чем глинистые минералы.

В целом обменная поглотительная способность почв определяется суммарным вкладом всех почвенных компонентов, обладающих способностью к ионному обмену, причем, ЕКО почвы не является простой суммой емкости обмена отдельных ее носителей. Механизм формирования ЕКО таков, что емкость поглощения отдельного компонента всегда больше его ЕКО в составе поглощающего комплекса [11, 31]. Таким образом, отмеченное выше превышение расчетных величин ЕКО над экспериментально найденными находится в хорошем соответствии с литературными данными.

В гор. ВС вкладом органического вещества в формирование ЕКО можно пренебречь и принимать в расчет только вклад глинистых минералов. В профиле под целинной растительностью вблизи участка ГФ при содержании илис-

Таблица 5. Состав обменных катионов и эффективная ЕКО в лугово-каштановых почвах (средние значения из трех повторностей \pm доверительный интервал при $P = 0.9$), в скобках указан % катиона от суммы

Объект	Горизонт	Глубина, см	Обменные катионы, смоль(+)/кг почвы				ЕКО эффективная
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	
ГЛП. Целина	A1A2	0–12	12.9 \pm 0.6 (70)	3.8 \pm 1.6 (21)	0.2 \pm 0.0 (1)	1.4 \pm 0.0 (8)	18.3 \pm 2.2
	V1ca ²	12–30	14.3 \pm 0.6 (76)	3.1 \pm 0.5 (16)	0.2 \pm 0.0 (1)	1.2 \pm 0.3 (7)	18.8 \pm 0.7
	V3ca ²	30–46	15.1 \pm 0.8 (75)	3.5 \pm 1.1 (28)	0.2 \pm 0.0 (1)	1.2 \pm 0.1 (6)	20.0 \pm 0.4
	V3ca	46–78	14.4 \pm 0.4 (70)	4.9 \pm 0.9 (24)	0.3 \pm 0.0 (1)	1.0 \pm 0.0 (5)	20.6 \pm 1.2
	BCca	78–140	12.9 \pm 0.7 (65)	6.0 \pm 1.1 (30)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.6 \pm 0.0 (3)	19.7 \pm 0.7
ГЛП. Мелиорированный участок	Апах	0–35	14.8 \pm 0.8 (75)	3.4 \pm 0.2 (17)	0.3 \pm 0.0 (1)	1.2 \pm 0.1 (9)	19.7 \pm 0.8
	Аплант	35–43	15.7 \pm 0.5 (77)	3.3 \pm 0.4 (16)	0.3 \pm 0.0 (1)	1.1 \pm 0.1 (9)	20.4 \pm 0.2
	V3ca ²	43–100	14.1 \pm 0.5 (75)	3.5 \pm 0.5 (18)	0.3 \pm 0.0 (1)	0.9 \pm 0.0 (5)	18.8 \pm 0.7
	V3ca	100–120	16.3 \pm 0.6 (2)	2.5 \pm 0.8 (13)	0.2 \pm 0.1 (1)	0.8 \pm 0.1 (4)	19.8 \pm 0.3
	BCca	120–140	14.5 \pm 0.5 (78)	3.3 \pm 0.3 (18)	0.1 \pm 0.0 (1)	0.7 \pm 0.0 (4)	18.6 \pm 0.5
ГФ. Целина	A1	0–12	11.3 \pm 0.5 (74)	2.6 \pm 0.9 (17)	0.2 \pm 0.0 (1)	1.2 \pm 0.0 (8)	15.2 \pm 0.5
	A1B	12–31	10.2 \pm 0.8 (75)	2.2 \pm 0.5 (16)	0.1 \pm 0.0 (1)	1.0 \pm 0.0 (8)	13.6 \pm 0.8
	V3ca	31–70	12.2 \pm 0.5 (69)	4.4 \pm 0.3 (25)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.9 \pm 0.1 (5)	17.7 \pm 0.7
	V3ca ²	70–100	11.7 \pm 0.4 (75)	3.0 \pm 0.2 (19)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.6 \pm 0.1 (4)	15.5 \pm 0.6
	V3'ca ²	100–120	11.7 \pm 0.6 (75)	3.2 \pm 0.8 (21)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.6 \pm 0.1 (4)	15.6 \pm 0.8
	BCca	120–160	13.2 \pm 0.7 (74)	3.5 \pm 0.8 (19)	0.4 \pm 0.0 (2)	0.7 \pm 0.0 (4)	17.8 \pm 0.1
ГФ. Мелиорированный участок	Апах	0–18	12.3 \pm 1.0 (73)	3.1 \pm 0.4 (18)	0.2 \pm 0.0 (1)	1.4 \pm 0.1 (8)	16.9 \pm 1.5
	Аплант	18–35	13.3 \pm 1.1 (77)	3.1 \pm 2.1 (18)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.8 \pm 0.1 (4)	17.2 \pm 1.2
	V1ca	35–55	11.6 \pm 2.9 (70)	4.1 \pm 3.1 (25)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.6 \pm 0.0 (4)	16.4 \pm 0.6
	V3ca ²	55–80	11.7 \pm 0.3 (80)	2.1 \pm 0.1 (15)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.6 \pm 0.1 (4)	14.6 \pm 0.4
	V3'ca ²	80–120	10.9 \pm 0.4 (76)	2.8 \pm 0.4 (20)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.4 \pm 0.0 (3)	14.4 \pm 0.3
	BCca	120–180	10.6 \pm 0.6 (71)	3.6 \pm 0.8 (24)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.5 \pm 0.0 (3)	14.8 \pm 0.5
НО. Целина	A1	3–12	11.7 \pm 0.3 (71)	4.0 \pm 0.5 (24)	0.3 \pm 0.0 (2)	0.5 \pm 0.0 (3)	16.4 \pm 0.8
	A1'	12–25	12.1 \pm 0.2 (75)	3.4 \pm 0.7 (21)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.4 \pm 0.0 (3)	16.2 \pm 0.5
	B2t	25–38	13.9 \pm 1.3 (84)	2.0 \pm 1.1 (12)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.4 \pm 0.0 (2)	16.5 \pm 0.6
	V3ca	38–65	14.0 \pm 0.6 (80)	2.2 \pm 0.4 (13)	0.2 \pm 0.0 (1)	1.1 \pm 0.1 (6)	17.5 \pm 0.4
	V3ca ²	65–110	15.0 \pm 0.8 (75)	3.8 \pm 0.2 (19)	0.2 \pm 0.0 (1)	1.0 \pm 0.0 (5)	20.0 \pm 0.9
	V3'ca ²	110–150	15.7 \pm 0.8 (80)	2.9 \pm 0.9 (15)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.8 \pm 0.1 (4)	19.6 \pm 1.4
НО. Мелиорированный участок	Апах	0–22	15.2 \pm 0.5 (76)	3.2 \pm 0.2 (16)	0.4 \pm 0.0 (2)	1.2 \pm 0.1 (6)	20.0 \pm 0.4
	Аплант	22–45	15.4 \pm 0.1 (77)	3.3 \pm 0.3 (16)	0.4 \pm 0.1 (2)	1.0 \pm 0.0 (5)	20.1 \pm 0.3
	V3ca	45–78	14.9 \pm 0.2 (80)	2.5 \pm 1.2 (13)	0.3 \pm 0.0 (2)	0.9 \pm 0.0 (5)	18.5 \pm 0.9
	V3ca ²	78–115	14.9 \pm 1.5 (83)	2.1 \pm 0.8 (11)	0.3 \pm 0.0 (1)	0.7 \pm 0.1 (4)	18.0 \pm 1.6
	BCca ²	115–185	13.9 \pm 0.7 (78)	3.1 \pm 1.7 (18)	0.2 \pm 0.0 (1)	0.6 \pm 0.0 (4)	17.9 \pm 1.0

той фракции в горизонте 28% и лабильных силикатов в составе ила 26% и при ЕКО лабильных минералов, равной 120 смоль(+)/кг, эти минералы способны обеспечить ЕКО, равную 8.8 смоль(+)/кг; при содержании тонкопылеватой фракции 9% и лабильных минералов в ее составе 11% эта фракция может обеспечить ЕКО, равную 1.9 смоль(+)/кг. Суммируя эти величины, получаем 10.7 смоль(+)/кг. Для гор. BC

почв под целинной растительностью вблизи участков НО и ГЛП расчетные величины ЕКО, полученные аналогичным путем, оказались равными 10.8 и 12.5 смоль(+)/кг. В действительности полученные таким способом расчетные величины ЕКО должны быть меньше, так как процент лабильных силикатов в тонких фракциях определялся в процентах от суммы глинистых минералов без учета содержания в них кварца и полевых

шпатов. Но и при таком расчете величины ЕКО оказались почти вдвое ниже, чем определенные как сумма обменных катионов.

Можно назвать несколько причин превышения экспериментально найденных значений ЕКО над расчетными, полученными, исходя из содержания лабильных минералов. Во-первых, в исследованных почвах определенной ЕКО могут обладать минералы группы иллитов, особенно учитывая их слабую окристаллизованность, а также минералы хлоритовой группы. Во-вторых, определенное количество глинистого материала в исследованных почвах может находиться в составе крупных фракций в виде очень прочных агрегатов, не разрушающихся при выделении фракций по методике Айдиняна. Такой механизм формирования ЕКО почвы за счет участия крупных фракций был экспериментально установлен Кирюшиным [19] для подзолистых почв.

ВЫВОДЫ

1. Исследованным целинным лугово-каштановым почвам свойственна текстурная элювиально-иллювиальная дифференциация профиля по солонцовому типу, предположительно связанная с прохождением этими почвами стадии солонцов в процессе эволюции с последующей промывками пресными водами. Как в целинных, так и в мелиорированных почвах наблюдается накопление фракции тонкой пыли в верхней части профиля, что можно объяснить физическим дроблением более крупных фракций до размера тонкопылеватых частиц.

2. В минералогическом составе илистой фракции лугово-каштановых почв преобладают иллиты, смешанослойные иллит-монтмориллонитовые минералы и хлориты. Верхние горизонты по сравнению с нижележащими характеризуются более высоким содержанием иллитов и пониженным количеством хлоритов в составе тонких фракций.

3. Исследованные почвы характеризуются высоким содержанием гумуса и постепенным снижением его количества с глубиной, что объединяет эти почвы с черноземными и темно-каштановыми. Верхняя 1.5 м толща исследованных почв в настоящее время не засолена.

4. И в целинных, и в мелиорированных профилях 70–80% от ЕКО приходится на долю обменного Са, 13–30% – на долю обменного Mg без существенной профильной дифференциации этих катионов по горизонтам; обменный Na составляет около 1% от ЕКО, т.е. в настоящее время развития солонцового процесса в верхней 1.5 м толще лугово-каштановых почв не наблюдается.

5. В гор. А1 экспериментально полученные значения ЕКО эффективной оказались меньше рас-

считанных, исходя из содержания органического вещества и содержания и минералогического состава тонкодисперсных фракций. Предполагается, что это расхождение связано с блокированием части обменных позиций при взаимодействии органического вещества с глинистыми минералами.

6. В гор. ВС экспериментально найденные значения ЕКО почвы оказались почти в два раза выше рассчитанных, исходя из количества лабильных минералов, что связано, вероятно, с наличием сорбционных центров на плохо окристаллизованных иллитах и хлоритах в составе фракции ила и с присутствием определенного количества глинистого материала в составе крупных фракций в виде очень прочных агрегатов, не разрушающихся при выделении фракций по методике Айдиняна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдинян Р.Х. Извлечение ила из почв. Краткая инструкция. М., 1960.
2. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л., 1980, 288 с.
3. Александрова Л.Н., Надь М.О. О природе органо-минеральных коллоидов и методах их изучения // Почвоведение. 1958. № 10. С. 21–27.
4. Алексеев В.Е. Минералогический анализ в диагностике лессиважа, оподзоливания и оглинивания // Почвоведение. 1983. № 10. С. 12–19.
5. Алексеев В.Е. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы. Диагностика, параметры, факторы, процессы. Кишинев, 1999.
6. Базыкина Г.С., Титова Н.А. Изменение органического вещества почв солонцового комплекса Северного Прикаспия под влиянием лесомелиорации // Почвоведение. 1993. № 1. С. 19–25.
7. Биогеоэкологические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. М.: Наука, 1974. 360 с.
8. Бычков Н.Н., Колесников А.В., Сиземская М.Л. Солевое состояние мелиорированных лугово-каштановых почв Северного Прикаспия // Вест. Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 2005 (в печати).
9. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 272 с.
10. Гедройц К.К. Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз, 1955. Т. 1. 615 с.
11. Горбунов Н.И. Взаимодействие органических веществ с компонентами почв // Почвоведение. 1981. № 7. С. 39–48.
12. Гордеева Т.К., Ларин И.В. Естественная растительность полупустыни Прикаспия как кормовая база животноводства. М.: Наука, 1965. 160 с.
13. Градусов Б.П. Минералы со смешанослойной структурой в почвах. М.: Наука, 1976.
14. Девятых В.А. Генетические особенности почв солонцового комплекса Северо-Западного Прикаспия. Автореф. дис. ... к. б. н. М., 1970. 17 с.
15. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 320 с.

16. *Иванов И.В., Демкин В.А.* Проблемы генезиса и эволюции степных почв: история и современное состояние // Почвоведение. 1996. № 3. С. 320–323.
17. *Иванов И.В., Демкин В.А., Губин С.В., Брылев В.А.* Генезис каштановых почв Северного Прикаспия и некоторые особенности сухостепных почв // Почвоведение. 1980. № 8. С. 43–54.
18. *Иванов И.В., Демкин В.А., Губин С.В., Мамонтов В.И.* Развитие почв бессточной равнины Северного Прикаспия в голоцене // Почвоведение. 1982. № 1. С. 5–17.
19. *Кирюшин А.В.* Емкость катионного обмена лесных подзолистых почв различной степени гидроморфизма на примере почв ЦЛГБЗ. Автореф. дис. ... к. б. н. М., 2003. 20 с.
20. *Классификация и диагностика почв СССР.* М.: Наука, 1977. 223 с.
21. *Колесников А.В., Соколова Т.А., Толпешта И.И., Сиземская М.Л.* О составе обменных катионов и селективности катионного обмена в целинных солончаковых солонцах Северного Прикаспия // Вестник Моск ун-та. Сер. 17, почвоведение. 2002. № 3. С. 12–18.
22. *Корнблум Э.А., Дементьева Т.Г.* Химико-минералогические особенности лиманных солодей пустынно-степного Заволжья // Почвоведение. 1976. № 8. С. 107–121.
23. *Корнблум Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирин А.Г.* Изменение глинистых минералов при образовании южного и илистого черноземов лиманной солоды и солонца // Почвоведение. 1972. № 1. С. 67–85.
24. *Корнблум Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирин А.Г.* Некоторые особенности процесса передвижения и преобразования глинистых минералов при образовании южного и илистого черноземов лиманной солоды и солонца // Почвоведение. 1972. № 5. С. 107–114.
25. *Орлов Д.С.* Органическое вещество почв и теория гумификации. М.: Изд-во Моск ун-та, 1990. 262 с.
26. *Орлов Д.С.* Химия почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. 400 с.
27. *Пинский Д.Л.* Ионообменные процессы в почвах. Пушино. 1997. 165 с.
28. *Повышение продуктивности полупустынных земель Северного Прикаспия.* М.: Наука, 1989. 197 с.
29. *Порай-Кошиц М.Л.* Практический курс рентгеноструктурного анализа. М., 1960. Т. 2. 625 с.
30. *Приходько В.Е., Дронова Т.Я., Соколова Т.А.* Глинистые минералы в почвах солонцового комплекса Северного Прикаспия и их изменение под влиянием орошения // Почвоведение. 2000. № 11. С. 1472–1480.
31. *Ремезов Н.П.* Почвенные коллоиды и поглощательная способность почв. М., 1957. 234 с.
32. *Родё А.А., Польский М.Н.* Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Труды Почвенного ин-та им. В.В.Докучаева. 1961. Т. 56. С. 3–214.
33. *Романенков В.А.* Изменение почвенного поглощающего комплекса солончаковых солонцов под влиянием мелиорации. Автореф. дис. ... к. б. н. М., 1990. 24 с.
34. *Романенков В.А.* Изменение почвенного-поглощающего комплекса солончаковых солонцов при мелиорации // Повышение продуктивности полупустынных земель Северного Прикаспия. М.: Наука, 1989. С. 48–59.
35. *Тальзина И.В., Соколова Т.А., Кулакова Н.Ю., Сапанов М.К.* Химико-минералогическая характеристика и некоторые показатели калийного состояния черноземовидной почвы и солонца // Почвоведение. 1994. № 9. С. 61–67.
36. *Хитров Н.Б., Чижикова Н.П.* Минералогический состав слитых почв Ставрополя // Почвоведение. 1995. № 8. С. 987–997.
37. *Чижикова Н.П., Позняк С.П., Градусов Б.П., Гоголев И.Н.* Преобразование минералогического состава черноземов южных юго-запада Украины при орошении // Почвоведение. 1992. № 8. С. 77–87.

Soil Adsorption Complex of the Meadow-Chestnut Soils at the Dzhanlybek Research Station in the Northern Caspian Region

A. V. Kolesnikov, T. A. Sokolova, and M. L. Sizemskaya

Data on the composition and properties of soil adsorption complex in the virgin and ameliorated meadow-chestnut soils in the northern Caspian region are generalized. It is shown that the experimental values of the effective CEC in the A1 horizon are lower than those calculated on the basis of data on the organic matter content and the content and mineral composition of fine fractions. We explain this discrepancy by the interactions between the organic matter and clay minerals resulting in the blocking of a part of the exchangeable positions. In the BC horizon, the experimental values of the effective CEC are twice as high as those calculated from the data on the amount of labile clay minerals in fine fractions. This can be explained by the presence of sorption centers on poorly crystallized illites and chlorites in the clay fraction and by the partial aggregation of clay material into coarser fractions that cannot be destroyed upon the separation of clay fractions by the Aidinyan procedure, which leads to the underestimation of the clay content.