

3. ДИАГНОСТИКА СОЛОНЦЕВАТОСТИ ПОЧВ ПО СТЕПИ ИЛЛЮВИРОВАННОСТИ

ИЛЛЮВИРОВАННОСТЬ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ КАК ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ СОЛОНЦЕВАТОСТИ¹

В 1957-1961 гг. в Украине было проведено сплошное крупномасштабное обследование почв, позволившее не только зафиксировать структуру почвенного покрова, но и получить основу для разработки различных приемов повышения плодородия почв.

В последующий период произошло сильнейшее антропогенное воздействие па часть почвенного покрова в результате широкомасштабной ирригации, осушения и химизации. Определенное влияние оказали также и погодные условия, в частности усилившийся па планете парниковый эффект обусловил заметные гидрогеологические изменения. Местами повысился уровень грунтовых вод, что вызвало изменение засоленности, степени солонцеватости почв и другие процессы. Поэтому сегодня актуальным становится вопрос о необходимости повторения сплошного почвенного обследования. В связи с этим вопросы диагностики почв, в том числе солонцеватых, также приобретают большую значимость.

В Украине эти почвы распространены довольно значительно (около 4 млн. га), поэтому проблеме образования солонцевых почв и разработке приемов повышения их плодородия всегда уделялось большое внимание. Первым объектом исследования были галогенные почвы Лесостепи, где работали К.К. Гедроиц (1955), Соколовский (1971), Г.Н. Самбур (1953), А.М. Можейко (1960), А.М. Гринченко (1960), Г.С. Гринь (1969) и другие. Затем началось систематическое исследование солонцов юга Украины: на Херсонщине их проводили А.М. Можейко, С.П. Семенова-Забродина (1952), Г.Н. Самбур (1964), Ю.Е. Кизяков (1975), в Крыму – А.В. Новикова (1953) и другие.

В результате многолетних исследований была выявлена специфика солонцеобразования в разных почвенноклиматических условиях, разработаны и внедрены на больших площадях дифференцированные комплексы приемов мелиорации.

¹ Статья опубликована в сб. «Агрохімія і ґрунтознавство», Харьков, ННЦ ИПА, № 66, 2005. С. 23–37.

К.К. Гейдройц (1932) установил, что причиной возникновения солонцового процесса являются соли натрия. При их удалении из почвы атмосферными осадками до уровня ниже порога коагуляции поглощенный натрий вызывает пептизацию и диспергацию почвенной массы, которая, мигрируя вниз по профилю, подвергается процессам коагуляции под влиянием электролитов. Образуются иллювиальные горизонты, содержащие глинистые минералы, дисперсные системы окиси кремния и полуторных окислов, органические вещества, органо-минеральные соединения, внутрикомплексные молекулярные соединения железа и алюминия. Основным фактором устойчивости движущихся вниз почвенных коллоидных систем является электростатический, хотя определенную роль играют сольватационный и структурно-механический факторы.

По современным представлениям солонцовый процесс – это процесс развития и поддержания комплекса взаимосвязанных явлений в почве, протекающих при относительно низкой концентрации солей в почвенном растворе и повышенном количестве натрия в поглощающем комплексе. Он характеризуется пептизованностью ила и коллоидов, их передвижением вниз, высокой растворимостью органики, высокой щелочностью и трансформаций минералов и органических веществ при щелочном гидролизе. И.Б. Хитров (2003) предлагает диагностические признаки современного солонцового процесса разделить на две группы – морфологические (размеры призматических структурных отдельностей, натечность органических соединений по их поверхности) и физико-химические.

Что касается диагностирования степени солонцеватости, как совокупности свойств почв, обусловленных поглощенным натрием, то в литературе известно много методов.

При полевом обследовании используется морфологическое описание почв с выделением элювиального и иллювиального горизонтов. На основе анализов учитывается относительное содержание поглощенного натрия от суммы катионов и определяется степень солонцеватости по классификации И.Н. Антипова-Каратаева. Имеются предложения определять степень солонцеватости по активности иона натрия (Орлов, Альзубайди, 1965), по соотношению активностей ионов натрия и кальция, (Чаусова, 1978). Однако, как справедливо отмечает Н.Б. Хитров (2003), состав обменных катионов и активность ионов характеризуют прежде всего засоленность, а не солонцеватость. Поэтому автор предложил использовать для диагностики солонцеватости два новых критерия, основываясь на закономерностях измене-

ния активности и рН при разбавлении почвенных паст и растворов: натриевый критерий и Δ рН-критерий.

По мнению В.А. Девярых, Б.П. Градусова и Л.Н. Зацепиной (1986), о степени солонцеватости можно судить и по удельной поверхности илистой фракции солонцовых почв. Н.И. Горбунов, (1978) предложил учитывать неоднородность свойств илистой фракции почв (водно-пептизированный и агрегированный ил).

Разработаны также методы диагностики, основанные на характере распределения ила по профилю почв: по степени иллювированности, (Новикова, Коваливнич, 1968) и по разнице в содержании ила в иллювиальном и элювиальном горизонтах, (Гоголев, Волошин, 1968).

Первый метод разработан авторами по массовым материалам почвенной съемки (Крымская почвенная партия) с учетом выборочных данных по 70-ти разрезам. Авторы ввели понятие «степень иллювированности» (Ni), под которым подразумевается отношение разности в содержании ила в иллювиальном (B) и элювиальном (A) горизонтах к их сумме, выраженной в процентах:

$$Ni = \frac{B - A}{A + B} \cdot 100 (\%)$$

Определение степени корреляционной связи между показателями степени иллювированности и степени солонцеватости по поглощенному натрию для верхней части иллювиированного горизонта показало, что корреляция прямая и сильная, $r = +0,89$ при ошибке коэффициента корреляции $\pm 0,06$ Это дало основание разработать соответствующую шкалу степени солонцеватости по степени иллювиированности (Ni).

Этот метод имеет преимущество не только в связи с его простотой, но и с тем, что такую шкалу возможно разработать и для почв остаточно-солонцеватых малонатриевых с физической солонцеватостью. Специальными исследованиями А.Н. Соколовского по осолонцеванию грунтов (1971) установлено, что образующаяся под влиянием поглощенного натрия дисперсная коллоидная масса сохраняется в почве на месте даже после удаления из нее натрия. По образному выражению Соколовского «натрия нет, но дух его остался». В остаточно-солонцеватых почвах происходит то же самое

Бельгийским почвоведом Ван Вамбеке (1974), установлено, что если элювиальный и иллювиальный горизонты развиваются в пределах одной почвообразующей породы за счет нисхо-

дящего передвижения илистой фракции, то между их мощностями и содержанию ила существует математическая зависимость. Приводятся соответствующие примеры расчетов.

Повышенный интерес к иллювирированности, как к процессу вымывания и накопления коллоидных дисперсий, отраженному в иллювиальном горизонте, является не случайным. Он является важнейшим показателем солонцового процесса, его интенсивности и включает в себя понятие солонцеватости по поглощенному натрию. Его можно характеризовать по морфологическому, по химическому и физико-химическому составу и свойствам иллювиального горизонта, но положению в почвенном профиле, а также количественно по степени иллювирированности (разнице в содержании ила в иллювирированном и элювиальном горизонтах).

Придавая больше значение этому процессу, автор задался целью выявить особенности иллювирированности солонцовых почв в разных природных условиях Украины, установить возможность диагностирования степени солонцеватости по степени иллювирированности с тем, чтобы использовать эти данные при уточнении генезиса, прогнозировании степени податливости к мелиорации и выбору оптимальных путей окультуривания.

Остановимся на рассмотрении условий почвообразования галогенных почв в разных регионах Украины.

Солонцовые почвы республики сосредоточены в двух природных зонах – Лесостепи (и частично Черниговском Полесье) и Степи. В климатическом отношении регионы различаются по величине коэффициента увлажнения: в первом регионе климат суббореальный (умеренно теплый), семигумидный (полувлажный); во втором – суббореальный семиаридный (полусухой).

В геоструктурном отношении первый регион входит в Днепровско-Донецкую впадину, второй – в Причерноморскую.

Различаются эти регионы и по гидрогеологическим условиям. В первом, в его северной части, грунтовые воды залегают очень близко к поверхности (1–1,5 м) и имеют содовое засоление; в южной части грунтовые воды залегают несколько ниже (1,5–2,5 м), химизм солей смешанный, содово-сульфатный. В Причерноморье грунтовые воды залегают на глубине от 1 до 20 и более метров с преобладанием глубин ниже 7–10 м. Химизм солей нейтральный, сульфатно-хлоридный и хлоридный.

В ландшафтно-геохимическом отношении в зоне Лесостепи, в ее северной части, засоленные почвы приурочены к супераквальным преимущественно аккумулятивным ландшафтам,

в южной части – к супераквальным транзитным ландшафтам. В зоне Степи галогенные почвы развиваются вблизи Сиваша в супераквальных аккумулятивных ландшафтах (солончаки), гипсометрически выше – в супераквальных транзитных ландшафтах, а на самых высоких территориях – в автономных ландшафтах. Преобладают последние.

Неодинаковы и почвообразующие породы. В Лесостепной зоне, на Днепровской террасовой равнине, они представлены лесовидными суглинками среднего и легкого гранулометрического состава, подстилаемыми внизу песками. В области Причерноморской низменности основными почвообразующими породами являются лесовидные тяжелосуглинистые и легкоглинистые отложения. На Керченском полуострове они сменяются морскими третичными засоленными глинами.

Источниками солей в зоне Лесостепи являются недровые соли (соляные купола) и соли грунтовых вод содового или смешанного состава. В зоне Степи главными источниками появления солей являются соли лесовидных отложений, грунтовых вод и морские соли, переносимые ветром (импульверизация).

В зоне Лесостепи в условиях плакора развиваются серые лесные почвы, черноземы типичные, оподзоленные и другие. В гидроморфных же условиях широко распространены луговые поверхностно солонцеватые почвы, солонцы содОВОзасоленные, торфяно-болотные и другие почвы. Преобладают гидроморфные почвы.

В зоне Степи солонцовые почвы формируются в гидроморфных, полугидроморфных и автоморфных условиях. Территориально преобладают автоморфные, расположенные на плато и террасах высокого гипсометрического уровня. Это темно-каштановые и каштановые слабосолонцеватые в комплексе со степными солонцами каштановыми и остаточными солонцеватыми темно-каштановыми или каштановыми почвами. Весьма часто в солонцах отмечается физическая солонцеватость.

Меньшую площадь занимают полугидроморфные комплексы солонцовых почв (солонцы лугово-степные в комплексе с лугово-каштановым и или темно-каштановыми почвами). Наибольшую площадь они занимают в Крымском среднепониженном Присивашье, меньшую на террасе – дельте Днепра и в подпах Причерноморья. Еще меньше распространены гидроморфные солонцовые комплексы в виде луговых солонцов и каштаново-луговых солонцеватых почв, они развиваются преимущественно в низменном Крымском Присивашье, а также в подпах Причерноморья и на террасе – дельте Днепра.

В связи с постепенным понижением гипсометрии местности в Крыму, от предгорий к морским берегам, закономерно изменяется глубина грунтовых вод, их минерализация, что оказывает влияние на сезонный водно-солевой режим почв, процессы геохимической миграции солей. В результате этих процессов образовалась своеобразная поясность (зональность) химизма засоления почв (Новикова, 1962).

Таким образом, солонцовые почвы Украины по своему генезису являются весьма разнообразными: гидроморфными, полугидроморфными и автоморфными. В них получили отражение и зональные особенности (черноземные, каштановые). Среди автоморфных выделяют особую группу литогенных солонцовых почв (Коваливнич, 1969).

Солонцеватость автоморфных остаточных солонцеватых почв Причерноморья большинство исследователей связывает с их реликтовостью засоления, поскольку геологическая история Причерноморья связана с неоднократными эпэрогеническими движениями земной коры положительного и отрицательного знаков, сопровождаемыми то трансгрессией, то регрессией морей, а также колебаниями уровня минерализованных грунтовых вод, вызывающих засоление пород и почв. Автор статьи твердо убежден в широком палеогалогидроморфизме почв Причерноморья.

Однако ряд авторов (Полупан и др., 1979, Кисель, 1981) считают, что солонцеватость автоморфных почв обязана импальверизации солей и, следовательно, является не реликтовой, а современной.

Специфичность процесса солонцеватости в разных местных условиях нашла отражение в строении профиля солонцов, различном положении иллювиального горизонта, степени его солонцеватости и степени иллювированности. Поскольку именно иллювиальный горизонт определяет отрицательные агрономические свойства почвы и в целом податливость ее к мелиорации, автор стремился выявить его отличительные черты в разных группах солонцовых почв, используя данные личных и литературных источников. Выделение видов иллювированности осуществлялось для почв, развивающихся в богарных условиях.

Учитывались такие показатели: почвенная зональность, водный режим, преобладающая направленность движения почвенных растворов и коллоидов; местоположение иллювиального горизонта в профиле, глубина нижней границы иллювиального переходного горизонта в солонцах; химизм солей, грануломет-

рический состав, минералогический состав илистой фракции почв и пород.

Нижняя граница иллювиального переходного горизонта приводится для солонцов и является довольно приблизительной, учитывая большую вариабельность морфологических показателей (как и других) для засоленных и солонцовых почв вообще (Севостьянов, 1959). В почвах с верхнепрофильной иллювированностью она отмечается на глубине 20–40 см, со среднепрофильной – 40–55 см; с глубокопрофильной – ниже 60 см.

С учетом вышеназванных показателей нами выделено четыре основных вида иллювиированности солонцовых почв: среднепрофильная типичная, формирующаяся под элювиальным горизонтом при нейтральном засолении в солонцах каштановых степных, лугово-степных и луговых; среднепрофильная литогенная, формирующаяся под элювиальным горизонтом при нейтральном засолении в солонцах черноземных степных; средне- и глубокопрофильная, формирующаяся непосредственно в приповерхностной части почв при выпотном водном режиме и содовом засолении в солонцах черноземно-луговых корковых содово-солонцеватых; высокопрофильная (местная содовая диспергированность), формирующаяся непосредственно на месте в верхней части профиля под диспергирующим воздействием соды при выпотном водном режиме в солонцах корковых черноземно-луговых.

1. Иллювиированность среднепрофильная типичная, формирующаяся под четко выраженным элювиальным горизонтом при нейтральном засолении в солонцах каштановых степных, лугово-степных и луговых.

Нижняя граница иллювиального горизонта четко выражена на глубине 40–55 см, формирование горизонта происходит при нисходящем движении почвенных коллоидов в почвах с однородным гранулометрическим составом (тяжелосуглинистый или легкоглинистый). Химизм солей нейтральный (хлоридно-сульфатный, сульфатно-хлоридный). Охватывает гидроморфные, полугидроморфные и автоморфные солонцовые комплексы в зоне Сухой Степи.

В таблице 1 приведены основные показатели таких почв в Крымском Присивашье, начиная от солонца лугового с содержанием поглощенного натрия в иллювиальном горизонте 27,6% от суммы поглощенных катионов, до солонца степного (21% натрия), темно-каштановой солонцеватой почвы (8% натрия) и каштановой остаточносолонцеватой почвы (3% натрия).

Распределение ила по профилю всех этих почв неравномерное. В иллювиальном горизонте отмечается самое высокое его количество, оно резко уменьшается в породе. Например, в луговом солонце количество ила в элювиальном горизонте равно 22,2 %, в иллювиальном – 45,3 и в породе – 28,2 %. Примерно так же изменяется по профилю величина емкости поглощения катионов, содержание поглощенного натрия, полуторных окислов и набухание. Различной является степень иллювиированности (*Ni*) в разных почвах: от 34 % в луговом солонце, 25 % в степном и 8 % в темно-каштановой почве. Величина рН колеблется в пределах 6,8–7,5 в элювиальном горизонте, увеличиваясь до 7,8–8 в иллювиальном горизонте.

Таблица 1

**Некоторые показатели состава и свойств солонцовых почв
Крымского Присивашья**

Глубина отбора образцов, см	Генетический горизонт	Содержание гранулометрических фракций, %		Водорастворимые соли, %	pH	Сумма обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Обменный натрий, % от суммы	R ₂ O ₃ , %	Ni Степень иллювиальности, %	Набухание, %
		<0,001 мм	<0,01 мм							
Разрез 124. Солонец луговой солончаковатый, Азовский р-н, хутор Амур (по данным А.В. Новиковой, (1962))										
0-10	ЕН	22,2	47,5	0,06	6,8	19,3	6,9	16,4	-	-
25-35	ИН	45,3	63,4	0,09	7,2	35,0	27,6	23,0	34	-
45-55	Иh	45,8	64,6	0,10	8,0	31,4	22,6	22,0	-	-
60-70	Рks	28,2	58,8	0,90	-	28,2	-	-	-	-
Разрез 117. Солонец лугово-степной солончаковатый, Азовский р-н, с. Благодатное										
0-17	ЕН	27,6	59,2	0,51	6,9	19,3	8,0	19,0	-	8,4
20-30	ИН	46,1	72,6	0,69	7,8	33,6	19,8	21,9	26	16,5
45-55	Иh	45,9	70,3	0,13	8,5	38,8	19,7	20,2	-	13,2
60-70	Рk	43,0	69,2	0,23	8,1	32,4	-	-	-	12,0
80-90	Рks	39,5	66,4	1,10	-	-	-	-	-	7,5
Разрез 136. Солонец степной солончаковатый, Красноперекопский р-н, Сортоучасток										
0-10	ЕН	24,8	51,3	0,12	7,1	23,0	9,0	18,4	-	-
15-30	ИН	41,7	67,9	0,13	8,0	30,2	21,0	22,8	25	-
45-58	Рk	41,8	68,5	0,29	8,7	-	-	21,7	-	-
62-72	Рks	37,6	70,9	1,17	8,2	-	-	-	-	-
Разрез 126. Темно-каштановая слабо солонцеватая почва, Азовский р-н, с. Великоселье										
0-10	Нпах	37,4	69,7	0,05	-	23,5	4,0	20,9	-	-
35-45	Нip	44,1	71,2	0,05	-	30,2	8,0	21,5	8	-
50-60	Phk	40,0	70,0	0,06	-	-	-	20,4	-	-
140-150	Рks	33,2	68,0	0,32	-	-	-	21,3	-	-
Разрез 10. Каштановая остаточной солонцеватая почва, Геническая опытная станция										
0-10	Нпах	45,4	68,0	0,05	7,5	32,5	2,5	-	-	-
30-48	Нi	47,5	72,0	0,08	7,8	40,2	3,0	-	2	-
48-58	Нik	35,3	57,0	0,09	8,2	30,7	1,5	-	-	-
110-120	Рk	30,2	49,5	0,23	8,0	-	-	-	-	-

Отмечаются различия и в минералогическом составе илстой фракции по генетическим горизонтам (Коваливнич, 1969) По всему профилю преобладают гидрослюды, но в иллювиальном горизонте увеличивается содержание минералов монтморилло-нитовой группы. В породе снова преобладают гидрослюды, но уже в смеси со смешанно-слоистыми минералами монтморилло-нитово-гидрослюдистой ассоциации.

Поскольку в этих солонцовых почвах четко выражены элювиальный и иллювиальный горизонты и была математически доказана тесная корреляционная связь между степенью солонцеватости по натрию и степенью иллювиированности ($r=+0,89$), то для таких почв возможно воспользоваться ранее разработанной нами градацией солонцеватости по иллювиированности.

II. Иллювиированность среднепрофильная литогенная, формирующаяся под четко выраженным элювиальным горизонтом при нейтральном засолении в солонцах черноземных на третичных глинах.

Верхняя граница иллювиального горизонта четкая, нижняя граница хорошо заметна по морфологии. Структура верхней части столбчатая, ниже призматическая с глянцеватым блеском. Процесс солонцеобразования протекает по элювиально-иллювиальному типу. Горизонты формируются при нисходящем движении коллоидов. Химизм солей нейтральный.

Третичные глины, на которых образуются почвы, имеют очень тяжелый гранулометрический состав (иловато-глинистый). Содержание фракции физической глины может достигать 96%, а фракции ила – 70% (против 40% в лессовидных отложениях Присивашья). Глины содержат очень много солей (1–4%). Химизм солей в породах нейтральный, хлоридно-сульфатный натриево-кальциево-магниевый, мощность глин достигает 200 и более метров. Из-за тяжелого гранулометрического состава и большой плотности в толще глин не обнаруживается грунтовая вода.

Минералогический состав илистой фракции сарматских глин представлен в монтмориллонитом (Коваливнич, 1969). Под влиянием выветривания и почвообразования, протекающих в автоморфных условиях, вместе с рассолением происходит процесс солонцеобразования. В целинных условиях рассоление совершается медленно, поэтому уже с глубины 40–50 см в почве обнаруживается солевой горизонт с количеством солей до 2–3 %.

Как видно из таблицы 2, величина pH колеблется в пределах 6,6–7,5, т. е. ниже, чем в солонцах Присивашья. В солонце количество карбонатов незначительное, вскипание по всему профилю не обнаруживается. В солонцеватых почвах черноземного типа почвы вскипают, а скопления карбонатов в виде белоглазки могут появляться даже в гумусированной части.

Илистая фракция распределена неравномерно по профилю, в элювиальном горизонте содержание ее минимально, в иллювиальном – возрастает, но в породе не снижается, как в

почвах Присивашья, а сохраняется на том же уровне или даже несколько возрастает. Это свидетельствует о том, что иллювиальный горизонт имеет четко выраженную верхнюю границу, а нижняя морфологически заметна, но по количеству ила выражена слабо. Порода оказывается более илистой, чем почва. Причина этого до конца не выяснена, возможно, имеет место некоторая вертикальная неоднородность глины. Сумма обменных оснований, содержание поглощенного натрия и полуторных окислов, набухание увеличиваются в иллювиальном горизонте.

Таблица 2

Некоторые показатели состава и свойств солонцовых почв на третичных сарматских глинах Керченского полуострова

Глубина отбора образцов, см	Генетический горизонт	Содержание гранулометрических фракций, %		Водорастворимые соли, %	рН	Сумма обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Обменный натрий, % от суммы	R ₂ O ₃ , %	Ni Степень иллювиранности, %	Набухание, %
		<0,001 мм	<0,01 мм							
Разрез 40. Солонец степной мелкий солончаковатый на третичных глинах, Приморский р-н, с. Чистополье (по данным А.В. Новиковой, (1954)										
0-6	ЕН	28,8	58,9	0,19	7,0	23,8	13,2	15,4	-	14,1
11-20	ИН	53,1	76,0	0,17	7,0	37,2	20,6	13,5	38	20,8
20-40	Иhp	65,7	87,9	0,64	7,5	32,8	24,5	24,5	41	23,1
50-70	Ps	77,3	93,3	3,2	6,8	-	-	-	-	33,1
185-200	Ps	69,3	92,3	2,6	-	-	-	26,7	-	-
Разрез 13. Солонец степной мелкий солончаковатый на третичных глинах, там же (по данным П.Г. Коваливнича, (1954)										
0-7	ЕН	33,3	61,3	0,16	6,5	25,6	13,3	-	-	-
10-20	ИН	59,7	82,3	0,23	7,2	32,2	23,7	-	28	-
20-30	Иhp	57,2	81,5	0,56	7,1	37,4	27,3	-	30	-
40-50	Pihs	63,8	83,9	2,79	7,2	-	-	-	-	-
50-60	Pihs	63,9	86,9	3,0	7,3	-	-	-	-	-
70-80	Ps	70,5	91,5	3,35	6,8	-	-	-	-	-
140-150	Ps	74,8	88,4	2,82	6,8	-	-	-	-	-
Разрез 55. Чернозем южный слабосолонцеватый, к-з "Путь к коммунизму" (по данным Крымской почвенной партии)										
0-10	Нпах	52,7	69,5	-	-	35,9	2,7	-	-	-
30-40	Н	55,7	75,7	-	-	39,6	4,9	-	3	-
60-70	Рк	69,3	82,6	-	-	-	-	-	-	-

Заметно также различие и по минералогическому составу илистой фракции. В верхнем горизонте преобладают гидрослюдистые минералы, но к низу их количество резко уменьшается с одновременным увеличением содержания монтмориллонитовой группы. В иллювиальном горизонте обнаруживается и хлорит. Содержание смешанно-слойных минералов с глубиной возрастает.

тает. А в породе также преобладают минералы монтмориллонитовой группы.

По особенностям генезиса эти почвы, по предложению П.Г. Коваливнича, отнесены к группе литогенных солонцов. Поскольку в солонцах четко выделяется элювиальный и иллювиальный горизонты (последний – по верхней границе), то для диагностических целей возможно использовать степень иллювиированности в качестве показателя степени солонцеватости. Наш предварительный расчет показывает, что ее величина для литогенных солонцов (38–28 %) выше, чем в солонцах Присивашья в связи с более тяжелым гранулометрическим составом. Учитывая это, при последующих исследованиях важно выявить прежде всего тесноту корреляционной связи между величиной поглощенного натрия и степенью иллювиированности, а зачем разработать специальную шкалу солонцеватости по иллювиированности. Сопоставление показателей ведется по верхней части иллювиального горизонта и элювиальному горизонту.

III. Иллювиированность средне- и глубокопрофильная, формирующаяся под четко выраженным элювиальным горизонтом при сульфатно-содовом засолении в солонцах черноземных луговых.

Верхняя граница иллювиального горизонта ясная, нижняя граница иллювиального горизонта и солонцах проходит на глубине 40–55–65 см, количество ила возрастает книзу, где протекает оглеение. Формирование иллювиального горизонта совершается преимущественно при нисходящем движении коллоидов. Гранулометрический состав в средне- и легкосуглинистый. Химизм солей смешанный (сульфатно-содовый). Гидроморфные солонцовые комплексы южной Лесостепи.

Почвы с таким типом иллювиированности образуются на однолесовых террасах Днепра и его притоков, а также на пойменных террасах.

Солонцовый процесс протекает по элювиально-иллювиальному типу при рассолении почв сульфатно-содового химизма. Территория слабодренирована, грунтовые воды находятся на глубине 1,5–2,5 м и глубже. А.М. Можейко, занимавшийся изучением генезиса таких почв и разработкой приемов их мелиорации, отмечал необычайно сильное развитие в них глеевого процесса, протекающего на фоне содового засоления. Иллювиальный горизонт формируется под влиянием двух процессов – передвижения коллоидов сверху вниз и сильнейшего оглеения нижней части с содовым химизмом почв Г.С. Гринь, (1969)

и Б.С. Носко (1964) предложили отнести такие почвы в группу глубокосолонцеватых.

Как видно из таблицы 3 в почвах отмечается очень высокая щелочность, особенно в нижней части (до $pH=9,5$). В солонце (разрез 8) количество ила в элювиальном горизонте составляет 15,9%, в верхней части иллювиального горизонта оно возрастает до 25,1%, в нижней его части, охваченной оглеением на фоне содового засоления, уже до 36,6%. а в породе оно снизилось до 20,1 %.

Таблица 3

*Некоторые показатели состава и свойств солонцовых почв
Южной Лесостепи*

Глубина отбора образцов, см	Генетический горизонт	Содержание гранулометрических фракций, %		Водорастворимые соли, %	рН	Сумма обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Обменный натрий, % от суммы	R ₂ O ₃ , %	Ni Степень иллювируемости, %	Дисперсность по Соколовскому
		<0,001 мм	<0,01 мм							
Разрез 8. Солонец корково-столбчатый осолоделый, солончаковатый, Кременчугский р-н Полтавской области (по данным Б.С. Носко, 1964)										
0-10	EH	15,9	26,4	0,04	6,4	31,6	3,4	20,2	-	4,3
25-35	Hip	25,1	37,5	0,24	7,4	41,3	4,9	27,5	22	55,9
35-45	Hpis	36,6	47,2	0,60	7,8	47,7	18,1	21,4	39	50,3
60-70	Pskgl	38,4	53,8	0,81	7,9	28,9	10,0	-	40	4,5
100-110	Pskgl	20,1	26,9	-	-	15,8	-	-	-	5,2
Разрез 1. Чернозем луговой глубоко слабосолонцеватый, там же										
0-10	Henax	18,0	29,5	0,06	7,1	29,8	2,7	23,3	-	3,7
25-35	He	23,3	34,7	0,08	9,2	34,7	5,1	26,5	11	4,7
75-85	HPiks	25,2	36,1	0,25	9,5	25,2	19,1	27,8	15	22,9
170-180	Pgiks	21,5	31,8	0,54	9,7	14,4	6,9	28,8	-	38,0

Сумма обменных катионов, обменный натрий, дисперсность по Соколовскому изменяются по профилю примерно так же, как и илистая фракция. Степень иллювируемости, установленная по верхней части солонцового горизонта, составляет 22%, а по нижней – 39%. В черноземе луговом слабосолонцеватом иллювируемость равна 11–15 %. В целом и для таких солонцовых почв можно диагностировать солонцеватость по степени иллювируемости, но для этого необходимо выявить степень корреляционной связи, и если она окажется сильной – то провести регрессионный анализ и разработать соответствующую градацию по степени солонцеватости.

IV. Иллювируемость высокопрофильная, формирующаяся в приповерхностной части почв при слабой выраженности элювиального горизонта, выпотном водном режиме и содовом засолении в солонцах черноземно-луговых содово-солончаковых (содовых солонцах-солончаках).

Накопление илистых частиц происходит в верхней части, в пределах 0–20 (40) см, при преобладающем в летний период восходящем движении почвенных растворов и коллоидов. Гранулометрический состав средне- и легкосуглинистый. Химизм солей содовый. Гидроморфные солонцовые комплексы северной Лесостепи.

На Днепровской террасовой равнине северной Лесостепи грунтовые воды, содержащие соду, залегают очень близко к поверхности, на глубине 1–1,5 м. Почвы испытывают выпотной водный режим, вызывающий содовое засоление с самой поверхности. Распространены гидроморфные комплексы корковых солонцов (по Г.Н. Самбуру – содовые солончаки) и поверхностно солонцеватых содовозасоленных почв.

Исследованиями Г.С. Гриня (1969) и Б.С Носко (1964) выявлены особенности генезиса этих почв. Близкое залегание содовозасоленных грунтовых вод обеспечивает почти постоянное капиллярное насыщение почвы до самой поверхности. При содовом засолении натрий активно внедряется в поглощающий комплекс, диспергирует почвенную массу непосредственно на месте вверху профиля. Как видно из таблицы 4, в этих почвах отмечается очень высокая щелочность по всему профилю, рН достигает 9–9,5. Илистая фракция в профиле распределена неравномерно: максимальное количество ее приходится на верхнюю часть почвы с уменьшением книзу. Примерно так же меняется величина емкости обмена катионов и поглощенного натрия, а также дисперсность по Соколовскому.

По данным П.Г. Коваливнича (1969) минералогический состав илистой фракции таких почв неодинаков по профилю. В верхней части преобладают смешанно-слоиные минералы, а в породе – гидрослюдисто-монтмориллонитовые ассоциации.

Отсутствие четко выраженного элювиального горизонта в большинстве случаев не позволяет определить солонцеватость по степени иллювированности.

Подводя итог вышерассмотренному, отметим, что выделенные типы иллювированности имеют как общие признаки, так и различия. Общим является накопление ила в иллювиальном горизонте, где отмечена и самая высокая солонцеватость почв по натрию, повышенное содержание полуторных окислов, высокая щелочность. Это обуславливает неблагоприятные агрофизические свойства почв (повышенная плотность, дисперсность, набухание и др. показатели).

Иллювиальный горизонт занимает в профиле срединное положение между элювиальным горизонтом и породой (это не относится к почвам с высокопрофильной иллювированностью). Верхняя граница горизонта четко прослеживается во всех почвах. Нижняя граница по илу выражена четко только в солонцеватых почвах первого и третьего видов иллювированности. В почвах второго вида (литогенные почвы) она ясно определяется морфологически, но количество ила в породе зачастую больше, чем в иллю-

виальном горизонте, поэтому нижняя граница аналитическими методами выявляется слабо.

Таблица 4

Некоторые показатели состава и свойств поверхностно солонцеватых почв северной Лесостепи и Черниговского Полесья

Глубина отбора образцов, см	Генетический горизонт	Содержание гранулометрических фракций, %		Водорастворимые соли, %	pH	Сумма обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Обменный натрий, % от суммы	R ₂ O ₃ , %	Дисперсность по Соколовскому
		<0,001 мм	<0,01 мм						
Разрез 19. Солонец корковый содово-солончаковый, Черниговская обл., Лосиновский опорный пункт Носовской опытной станции (по данным Б.С. Носко, 1964)									
0-10	Hкк(е)	23,8	35,8	0,42	9,5	37,8	19,8	7,8	49,3
30-40	Hркс	23,5	33,6	0,14	9,5	28,1	10,0	8,1	16,9
50-65	Hркс	20,1	29,1	0,08	9,8	14,2	14,9	7,8	8,0
75-85	PgIMnc	17,8	25,3	0,07	9,5	11,7	17,0	7,6	3,4
105-110	PgIMnc	15,0	19,3	0,06	9,6	9,7	16,0	6,4	10,6
Разрез 15. Чернозем луговой поверхностно слабосолонцеватый содово-солончаковый, там же (по данным Б.С. Носко)									
0-10	Hкк	22,9	33,4	0,17	9,5	-	-	-	5,1
40-50	Hркс	19,5	28,6	0,09	9,0	34,2	6,5	-	4,3
80-90	Hpgkк	18,4	27,7	0,07	9,2	21,2	8,1	-	3,3
150-160	Pgkк	15,3	22,4	0,05	9,8	-	-	-	5,3
Разрез 85. Солонец черноземно-луговой содово-солончаковый, Черниговская обл., с. Талалаевка (по данным А.В. Новиковой, [24])									
0-1	Екс	13,3	77,9	0,20	8,6	22,8	5,9	-	-
1-9	Hкк	17,2	59,1	0,34	9,2	22,5	19,4	-	-
10-20	Hркс	20,2	64,9	0,15	8,7	-	-	-	-
55-63	Phgkк	9,6	47,8	0,08	8,4	-	-	-	-
Разрез 87. Черноземно-луговая поверхностно солонцеватая почва (там же)									
0-10	Hрке	25,6	62,3	0,14	8,7	33,5	5,0	-	-
20-30	Hркс	28,5	38,9	0,13	8,6	31,9	5,3	-	-
55-65	Hpgkк	24,6	34,3	0,13	8,4	-	-	-	-
75-85	Pgkк	12,5	21,0	0,10	8,3	-	-	-	-

Большинство солонцевых почв объединяет то, что накопление илистой фракции совершается при нисходящем движении веществ в отличие от почв четвертого типа (высокопрофильная иллювированность), где этот процесс происходит при восходящем движении почвенного раствора, обогащенного содой, и охватывает самую верхнюю часть почвы.

В почвах третьего вида иллювированности ил накапливается как под влиянием нисходящего передвижения веществ, так и под влиянием глеевого процесса. Это отчетливо заметно по величине степени иллювированности: она увеличивается в

нижней части иллювиального горизонта, в переходном к породе, где количество ила снижается.

Величина степени иллювированности зависит от гранулометрического состава почвы и почвообразующей породы. Максимальная иллювированность отмечается в солонцах на третичных глинах; средняя – в почвах на тяжелосуглинистых и легкоглинистых лессовидных отложениях; минимальная – в солонцовых почвах на легких и средних суглинках. Однако, степень иллювированности и солонцеватости в сильной мере зависит от напряженности солонцового процесса, возраста почвы, места почвы в эволюционном ряду. Хорошо известно, что характерной чертой эволюционного развития солонцов является: постепенное ослабление степени солонцеватости по мере развития рельефа местности, подъема территории, изменения водно-солевого режима в сторону рассоления, в ходе которого под влиянием биологической аккумуляции кальция происходит рассолонцевание солонцов, их остепнение. Лишь в почвах западин развитие солонцов совершается в сторону осолодения.

Возникает вопрос – в какой мере выделенные типы иллювированности могут быть использованы для уточнения генезиса солонцовых почв, для выбора оптимальных приемов мелиорации, а также для учета податливости к мелиорациям. В каких случаях возможно диагностировать степень солонцеватости по степени иллювированности□

Ответ кроется в самой методике выделения видов иллювированности. Как видно из приведенных данных, виды иллювированности выделялись для разных групп солонцов со специфическими условиями солонцеобразования. Поэтому они вполне могут быть использованы при уточнении генезиса солонцовых почв в качестве дополнительного диагностического показателя.

Что касается возможности диагностирования солонцеватости по степени иллювированности, то этот метод возможно использовать только в случае тесной корреляции между степенью солонцеватости по поглощенному натрию и степенью иллювированности.

Поскольку виды иллювированности характеризуют солонцовые почвы разного генезиса, то они могут быть приняты во внимание и при выборе оптимальных приемов окультуривания и для оценки возможной податливости к мелиорации, что мы отметим ниже на примере Украины.

Обобщение опыта мелиорации солонцовых почв в разных странах и континентах показывает, что в мире не существует единственного метода мелиорации для всех солонцов. Суще-

ствуется много методов, которые дифференцируют в зависимости от условий образования и свойств солонцовых почв. Учитывается также экономическая целесообразность, а в последние годы обращается внимание на экологические последствия мелиоративных приемов.

Что касается территории Украины, то здесь приемы мелиорации были строго дифференцированы, что получило отражение в соответствующих публикациях.

Применительно к выделенным нами видам иллювиированности для почв Украины можно назвать следующие оптимальные приемы окультуривания, рекомендованные с учетом податливости почв к ним.

Солонцовые почвы с высокопрофильной иллювиированностью (северная Лесостепь, низкая естественная дренированность, содовое засоление) очень плохо податливы к химической мелиорации, нуждаются в сочетании ее с гидротехнической мелиорацией (дренаж), что в богарных условиях нерентабельно. При искусственном дренаже (гончарные трубы, уложенные через 8 метров) хороший результат получен при внесении гипса, а также отходов промышленного производства (фосфогипс, серная кислота и др.). фитомелиорации, внесении удобрений, введении специальных севооборотов (Грабовский, 2003).

В бездренажных условиях необходима фитомелиорация, отведение земель под культурные пастбища (Чапко, 1967).

Солонцовые почвы со средне- и глубокопрофильной иллювиированностью (южная Лесостепь, несколько повышенная естественная дренированность, сульфатно-содовое засоление) обладают средней податливостью к химической мелиорации. Рекомендуется внесение гипса и отходов промышленного производства – хлористый кальций, сернокислое железо, а также внесение удобрений, фитомелиорация (Гринченко, 1960; Можейко, 1962; Самбур, 1953).

Солонцовые почвы со среднепрофильной иллювиированностью (луговые солонцы солончаковые и солончаковатые, сухая Степь) обладают плохой податливостью к агробиологической мелиорации. Возможно периодическое внесение гипса (Новикова А.В.).

Солонцовые почвы со среднепрофильной литогенной иллювиированностью (южная Степь, Керченский полуостров) плохо податливы к химической мелиорации из-за низкой водопроницаемости сильно засоленных морских глин. Рекомендуется глубокая плантажная вспашка или внесение гипса, молотого известняка один раз в 5–6 лет с внесением удобрений (Новикова А.В.).

Солонцовые почвы со среднепрофильной типичной иллювированностью (сухая Степь) хорошо податливы к глубокой мелиоративной плантажной вспашке (Семенова-Забродина, 1952; Новикова, 1958).

Выводы:

1. Иллювированность, возникающая при солонцеобразовании под влиянием поглощенного натрия в результате пептизации и диспергации почвенной массы, перемещения коллоидов вниз по профилю, с образованием иллювиального горизонта, имеет свою специфику в разных почвенно-климатических, геоморфологических, гидрогеологических и литогенных условиях. В соответствии с этим для регионов Украины выделены четыре основных вида иллювированности.

2. Выделенные виды иллювированности могут служить дополнительным показателем генезиса солонцовых почв, учитываться при выборе оптимальных приемов окультуривания, а также при определении податливости к мелиорации.

3. Диагностику степени солонцеватости по степени иллювированности возможно осуществлять только при наличии математически доказанной тесной корреляционной связи соответствующих показателей для группы почв определенного гранулометрического состава.

В условиях Украины такая диагностика необходима прежде всего для почв с физической солонцеватостью, содержащих мало поглощенного натрия (северное Причерноморье, высокое Причерноморье).

4. Диагностика солонцеватости по степени иллювированности, как дополнительному показателю имеет преимущество в производственной практике, при почвенном обследовании больших территорий. В этом случае достаточно использовать стандартные для почвенной съемки виды анализов (в том числе данные анализа гранулометрического состава), не прибегая к другим, часто сложным анализам, требующим специальной аппаратуры.

5. По мнению автора, при разработке классификации солонцов было бы весьма целесообразно дополнительно включить на видовом уровне показатель иллювированности профиля солонцов (высокопрофильная, среднепрофильная, глубокопрофильная).

О ПРОЯВЛЕНИИ И ОСОБЕННОСТЯХ СОЛОНЦОВЫХ СВОЙСТВ В ПОЧВАХ СТЕПНОЙ И СУХОСТЕПНОЙ ЗОН ЮГА УКРАИНЫ²

Введение

Как известно, диагностика гидроморфных и полугидроморфных солонцов обычно не представляет больших затруднений, поскольку морфологические признаки этих почв хорошо согласуются с содержанием обменного натрия. Более сложной является диагностика таких автоморфных солонцов степной зоны, в которых дифференциация профиля на элювиальный и иллювиальный горизонты довольно четко выражена, но почти всегда не соответствует весьма малому для солонцов количеству поглощенного натрия. Такие солонцы распространены на Украине и их относят к малонатриевым.

В связи с этим почвоведы пытаются найти новые диагностические признаки, позволяющие идентифицировать такие почвы по степени солонцеватости. Одним из таких признаков является показатель степени иллювиированности, который определяется по формуле:

$$Ni = \frac{B - A}{A + B} 100 (\%),$$

где Ni – степень иллювиированности, A – количество ила (%) в элювиальном горизонте, B – то же в иллювиальном горизонте. Этот метод определения степени иллювиированности был предложен нами (Новикова, Коваливнич) в 1967 г. на Всесоюзном совещании по мелиорации солонцов. На этом же совещании с аналогичной идеей выступил и Гоголев, предложивший определять солонцеватость просто по разнице в содержании ила в иллювиальном и элювиальном горизонтах.

Теоретическая основа предлагаемого метода определения солонцеватости почв по степени иллювиированности профиля сводится к следующему. Поглощенный натрий, являясь первопричиной возникновения солонцового процесса, вызывает диспергацию и пептизацию почвенной массы, которая затем в виде органоминеральных коллоидов при нисходящем движении почвенных растворов продвигается вниз, где под влиянием электролитов солей, залегающих в нижележащих горизонтах, коагулирует, образуя иллювиальный горизонт.

В дальнейшем, по мере развития рельефа местности, подъема территории, отрыва почвенного профиля от грунтовых вод, поглощенный натрий постепенно вытесняется кальцием,

² Статья опубликована в ж. «Почвоведение», № 7, 2007. С. 811–822

содержащемся в почвенном растворе, и удаляется из почвенного профиля вниз на глубину 2–3 м и более. Коллоиды же в виде гелей остаются на месте, образуя иллювиальный горизонт. Дальнейшему их перемещению вниз и удалению препятствует геохимический солевой барьер. Таким образом, количество илистой фракции (<0,001 мм) в иллювиальном горизонте солонцовых почв является своеобразным тестом интенсивности солонцового процесса, и, в частности, показателем степени солонцеватости, вызванной натрием (или совместно натрием и магнием).

По мнению Соколовского (1971), такой механизм образования солонцов четко выражен в малонатриевых солонцах, в которых «натрия уже нет, но дух его (коллоиды) остался».

Разумеется, диспергация почвенной массы может происходить в большей или меньшей степени и под влиянием других почвенных процессов, таких как оглеение и осолодение. Но основной причиной диспергации почвенной массы и образования подвижных коллоидов в солонцовых почвах является все же поглощенный натрий.

Нами была поставлена цель определить степень иллювиированности в разных солонцовых почвах юга Украины по массовым материалам, полученным преимущественно при сплошном почвенном обследовании. Это позволило получить усредненные, статистически обработанные данные, а также разработать градацию степени солонцеватости почв по показателю степени иллювиированности (Ni) для малонатриевых солонцов и солонцеватых почв юга Украины и отдельно для средненатриевых солонцов и солонцеватых почв степного Крыма.

Методика работы

Прежде всего, были собраны данные содержания поглощенного натрия (в % от емкости поглощения) и илистой фракции (определяемой при механическом анализе, %) в элювиальном и иллювиальном горизонтах почв конкретных почвенных разрезов. На основании этих данных определялась степень иллювиированности (Ni). Почвенные разрезы были сгруппированы по степени солонцеватости и иллювиированности в соответствующие группы.

В каждой группе определялись статистические параметры: \bar{x} - среднее арифметическое, S_x -- ошибка среднего, V - коэффициент вариации, D_1 и D_2 - доверительные интервалы средней величины при уровне вероятности 95% (D_1) и 99% (D_2) и другие показатели (по Б.А. Доспехову, 1973).

Ставилась задача выявить – существует ли корреляционная связь между содержанием поглощенного натрия в почвах и степенью иллювированности профиля.

Как отмечают специалисты, в природных объектах редко проявляются функциональные связи, когда каждому значению одного признака строго соответствует величина другого. Значительно чаще обнаруживаются корреляционные связи, когда одному признаку соответствует много разных значений другого признака. В этом случае необходимо пользоваться массой аналитических данных.

Для двух групп солонцовых почв – малонатриевых (материковая часть Причерноморья) и средненатриевых (Крымская часть Присивашья) проведен корреляционно-регрессионный анализ. Поскольку была установлена тесная корреляционная связь между аргументом (поглощенный натрий) и функцией (степень иллювированности), то по уравнению регрессии определялась величина степени иллювированности, на основе которой, с учетом градации солонцовых почв по поглощенному натрию, составлялась градация почв по степени иллювированности. Математическая часть работы выполнена П.Г. Коваливничем с использованием компьютерных программ.

При составлении банка аналитических данных использованы публикации, в которых имелись необходимые данные анализов. Это, прежде всего, «Атлас почв Украинской ССР», в котором приведены типичные разрезы с большим объемом аналитических характеристик и описанием почв. Эти разрезы в качестве показательных приведены нами в ряде таблиц. Кроме того, использованы литературные данные, данные автора статьи, а также аналитические материалы, полученные при сплошном почвенном обследовании Украины почвенными партиями института Укрземпроект (Херсонской, Николаевской, Запорожской и Крымской областей).

Переходя к характеристике природных зон и кратким сведениям о морфологии и составе почв, отметим, что этот материал подготовлен на основании ряда литературных источников (Гринь, 1969; Полупан и др, 1979, 1981; Кисель, 1981 др.), собственных исследований, а также в соответствии с картой «Почвы Украинской ССР» в масштабе 1 : 750000 (Киев, 1976 г.), в создании которой принимал участие автор данной статьи.

Результаты и обсуждение

Степная часть Украины занимает около 40% от площади всей территории республики. В ее пределах выделяют две природных зоны: степную черноземную степь и сухую степь с каштановыми почвами.

Степная черноземная зона расположена южнее лесостепной зоны и северная граница ее проходит примерно по линии: с. Глинное – Знаменка – Красноград – Купянск. По биоклиматическим условиям она входит в суббореальный пояс.

Степная черноземная зона подразделяется на две подзоны – северную с черноземами обыкновенными и южную с черноземами южными.

Сухая степь охватывает юго-восточные районы Одесской, южные районы Николаевской, Херсонской и Запорожской и северные – Крымской областей.

Степная зона характеризуется большими тепловыми ресурсами, сумма температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ равна 2860–3500 $^{\circ}\text{C}$, годовое количество осадков колеблется от 450–500 мм в северной части и до 450–360 мм в южной засушливой части территории. Коэффициент увлажнения в северной части равен 0,6–0,8, в южной – 0,3–0,6. По условиям орографии северная часть располагается на отрогах ряда возвышенностей (Молдавской, Подольской, Приднепровской и Приазовской). Южная ее граница совпадает с северной границей Причерноморской впадины и по геоморфологии относится к Причерноморской низменности. Северный Крым представляет собой южный борт Причерноморской впадины. Рельеф степи равнинный, нарушаемый руслами рек, балками и подовыми понижениями. Грунтовые воды на плато залегают преимущественно ниже 5–10 м, местами с понижением рельефа они поднимаются до 3 м и ближе.

Основными почвообразующими породами являются лёсы и лёссовидные отложения тяжелосуглинистого, среднесуглинистого и легкоглинистого гранулометрического состава. В северной подзоне они карбонатные, незасоленные, в южной – карбонатные и засоленные в разной степени хлоридами и сульфатами.

Соли в породах и почвах появлялись различными путями: при выветривании кристаллических пород; при импัลверизации солей из морских акваторий; при выходе на дневную поверхность дочетвертичных морских засоленных глин; при непосредственном поступлении солей из близкосталагающих соленых грунтовых вод; при трансгрессии моря.

Огромную роль в поступлении солей сыграла сложная геологическая история Причерноморья, с неоднократными тектоническими движениями земной коры в разные эпохи четвертичного времени. При опускании земной коры наступала трансгрессия моря, сопровождающаяся подъемом уровня грунтовых вод и засолением почвогрунтов. И, наоборот, с подъемом территории соверша-

лась регрессия моря, снижение уровня грунтовых вод и, следовательно, рассоление. Наибольшее опускание территории и трансгрессия моря отмечались в новочетвертичное время, когда произошло погружение устьев рек и образование современных лиманов. Об этом свидетельствует залегание в северном Крыму и других местах лёссовидных пород под донными илами Сиваша. Эпейрогенические движения отмечаются и в настоящее время и носят дифференцированный характер. Большинство исследователей считают, что в Причерноморье засоление почвогрунтов и их солонцеватость являются в основном реликтовыми. Эта идея получила соответствующее отражение как в номенклатурном списке почв Украины, так и на почвенных картах, где выделены остаточно-солонцеватые, а также солонцеватые почвы. Некоторые почвоведы (Кисель, 1981; Полупан, 1979), считают что малонатриевая солонцеватость автоморфных почв обязана не реликтовым, а современным процессам импульверизации солей с моря.

Почвенный покров подзоны северной степи представлен черноземами обыкновенными мощными и среднemocными. На юго-западе развиваются черноземы мицеллярно-карбонатные. На склонах балок с выходами засоленных красно-бурых пестроцветных глин формируются черноземы солонцеватые и изредка солонцы.

Характерной чертой черноземов обыкновенных на лёссовых породах является их опресненность. В двухметровой толще профиля содержится очень небольшое количество солей (до 0,1%) гидрокарбонатно-кальциевого типа. Солевой горизонт обнаруживается очень глубоко (3–4 м), состав его солей обычно сульфатный. Выделения карбонатов представлены преимущественно карбонатным мицелием и, реже, белоглазкой. По гранулометрическому составу почвы являются тяжело-, среднесуглинистыми и легкоглинистыми. Илистая фракция в черноземах распределена по профилю в основном равномерно, резкой дифференциации ила по профилю не происходит. Количество поглощенного натрия в процентах от емкости незначительное, преимущественно до 1, реже – до 3%. Степень иллювированности в большинстве случаев равна нулю или составляет всего 2–3% (табл. 1).

Почвенный покров подзоны южной степи представлен черноземами южными и южными остаточно-солонцеватыми. Мощность гумусированной части черноземов южных составляет 55–70 см. По содержанию гумуса выделяют мало-гумусные (3–4% гумуса) и слабогумусированные (до 3% гумуса).

В отличие от черноземов обыкновенных переходный горизонт черноземов южных морфологически более четко выделяется в профиле. Он приобретает слабую коричневатую окраску, комковато-ореховатую структуру, уплотнен.

Содержание водорастворимых солей в преобладающей части профиля небольшое – до 0,1–0,2%, состав их гидрокарбонатный. Солевой горизонт залегает в пределах 2–3 м от поверхности почвы, состав солей сульфатный. Карбонаты обнаруживаются в нижней части переходного горизонта. Выделения карбонатов представлены белоглазкой, а иногда карбонатным мицелием.

В южных остаточно-солонцеватых черноземах гумусовый горизонт распылен сильнее, а первый переходный горизонт приобретает более коричневатую окраску, чем в черноземах южных, и ясно выраженную ореховато-призмовидную структуру.

Однако, несмотря на довольно ясное морфологическое различие между верхним гумусированным и переходным горизонтами, резкой дифференциации ила по профилю в черноземах южных не отмечается, химическая солонцеватость по поглощенному натрию небольшая. Степень дифференциации ила по профилю в этом случае не проявляется вовсе или выражена незначительно. Лишь с появлением заметного количества обменного натрия (до 10%) обнаруживается и большее накопление ила в переходном горизонте, а степень иллювированности увеличивается до 10–11% (табл. 1). Таким образом, в условиях плакора в почвах, развивающихся на лёссовых породах (черноземы обыкновенные, черноземы южные и черноземы южные остаточно-солонцеватые), степень иллювиирования ничтожно мала, порой нулевая.

Лишь с увеличением количества обменного натрия (которое происходит при образовании почв на засоленных глинах) обнаруживается заметное возрастание степени иллювиированности.

Однако в поймах рек и в подовых понижениях, где почвообразование протекает в гидроморфных условиях, при наличии заметного количества солей в грунтовых водах проявляются процессы засоления и осолонцевания в развивающихся здесь лугово-черноземных, луговых и других почвах. В этих случаях резко возрастает и степень иллювиированности.

Таблица 1

Степень иллювированности черноземов обыкновенных, черноземов южных и черноземов южных солонцеватых³

Номер разреза, местоположение, автор	Почва	Горизонт	Глубина, см	Поглощенный натрий, % от емкости обмена	Содержание ила (<0.001)	Ni
					%	
Донецкая обл., Новоазовский район (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Чернозем обыкновенный мощный малогумусный на лёссе	Нп	0–20	2.0	40.3	Не опр.
		Н	30–40	2.5	38.9	0
		Нрк	60–70	2.9	36.8	0
		Рнк	90–100	Не опр.	33.4	Не опр.
		Рк	130–140	1	31.3	»
Днепропетровская обл., Сивельниковский р-н, с. Раевка (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Чернозем обыкновенный среднемощный малогумусный на лёссе	Нп	0–10	0.5	36.7	»
		Н	30–40	0.5	36.3	0
		Нр	41–50	Не опр.	38.1	1.8
		Нрк	51–60	»	37.9	1.6
		Рк	130–140	»	34.2	Не опр.
117, Кировоградская обл., Бобринский р-н, (В.Д. Кисель, 1981 г.)	Чернозем обыкновенный мощный, среднегумусный	Нп	5–10	0.9	40	»
		Н	30–37	Не опр.	39	0
		Нр	40–45	0.8	40	0
		Рк	120–130	Не опр.	40	Не опр.
Херсонская обл., Новотроицкий р-н, с. Подовое (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Чернозем южный на лёссе	Нп	0–10	1.0	40.9	»
		Нрi	25–30	1.4	42.0	2
		Phi	40–50	1.6	39.1	Не опр.
		Р	140–150	Не опр.	36.9	»
10, Запорожская обл., Мелитопольский р-н, с. Новиколаевка (Н.И. Полупан, 1981 г.)	То же	Нп	0–10	1.0	40	»
		Нрi	29–34	1.4	42	2
		рнк	48–58	1.7	37	Не опр.
		Рк	130–140	Не опр.	39	»
130, Херсонская обл., Великоалександровский р-н, с. Трифоновка (Н.И. Полупан, 1981 г.)	»	Нп	0–10	1.3	36	5
		Н	25–30	1.9	40	Не опр.
		Рнк	40–43	1.8	38	»
		Рк	115–120	Не опр.	42	»
74, Луганская обл., Краснодарский р-н, СЗ "Труд горняка" (Луганская почвенная партия)	Чернозем южный солонцеватый	Н	0–18	3	35	»
		Нрi	35–45	9	43.8	11

³ Здесь и далее используется украинские обозначения генетических горизонтов (17): Н – гумусовый, п – пахотный. I – иллювиальный, Р – почвообразующая порода, к – карбонатный, с – солевой.

Примечание. Определение илистой фракции проводили по методу Качинского с предварительной химической обработкой; определение поглощенных оснований – ацетатным методом с последующим комплексометрическим определением Са и Mg и пламенно-фотометрическим Na. Как правило, анализировались незасоленные горизонты.

Зона сухой степи. Эта зона является основным объектом данной работы. Она простирается к югу от подзоны степи южной на территории с абсолютными отметками в материковой части Причерноморья 50–10 м (иногда и ниже), а в Крымской степи –30(40)–0,5–1 м.

Климат этой зоны более засушливый. Сумма температур более +10°C равна 3400–3600°, годовое количество осадков 330–360 мм, коэффициент увлажнения 0,3–0,6.

Толща осадочных дочетвертичных пород достигает 2–3 км. Выше по профилю они сменяются красно-бурыми глинами, а еще выше – лёссами, которые разделяются слоями погребенных почв на 3–4 яруса. Гранулометрический состав лёссов тяжелосуглинистый и легкосуглинистый. Минералогический состав илистой фракции лёссовых пород представлен каолинитово-гидрослюдисто-монтмориллонитовой ассоциацией (Коваливнич, 1969). Лёссы, являясь основной почвообразующей породой, содержат водорастворимые соли сульфатного или хлоридно-сульфатного типа и гипс (Гринь, 1969; Новикова, 1962; Кисель, 1969).

Вся территория Причерноморской низменности представляет собой аккумулятивную приморскую равнину, изредка пересекаемую балками или речными долинами. В ее северной (материковой) части образовались многочисленные понижения поды, имеющие разную глубину и размеры. Грунтовые воды в подах северной части равнины пресные, в южной – соленые, что проявляется усилением интенсивности процессов засоления и осолонцевания почв южных подов (Вернандер, 1957).

На водораздельных пространствах материковой части Причерноморья грунтовые воды залегают преимущественно глубже 6–10 м. В северном Крыму, в его низменной части, они залегают близко (1–7 м), а на более высокой части Присивашья – значительно глубже (7–20 м).

Особая роль в Причерноморье принадлежит озеру-морю Сивашу, являющемуся заливом Азовского моря. Территория, расположенная к северу и югу от Сиваша, совпадает с верхнеплиоценовыми морскими террасами.

В зоне сухой степи в автоморфных условиях развиваются почвы каштанового типа – темно-каштановые, каштановые и каштановые солонцеватые, а также солонцы.

В соответствии с агропочвенным районированием Украины (Кисель, 1969; Новикова, 1969), в зоне сухой степи выделены две агропочвенные провинции: Причерноморская и Северо-Крымская.

Причерноморская агропочвенная провинция характеризуется широким распространением в северной ее части темно-каштановых остаточно-солонцеватых почв, а немного южнее – темно-каштановых солонцеватых почв. Пятна солонцов в плакорных условиях среди них отсутствуют. В южной же части этой провинции, примерно с абсолютных отметок 20–15 м и ниже (до 5–10 м), почвенный покров представлен каштановыми солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами. Гранулометрический состав тяжелосуглинистый, реже – легкоглинистый.

Морфологические признаки этих почв таковы. В темно-каштановых почвах мощность гумусированной части профиля составляет обычно 50–60 см, в каштановых – 40–50 см. Содержание гумуса в этих почвах невелико и колеблется в пределах 2,5–3%. Глубина залегания солевого максимума, в котором преобладают сульфаты, колеблется от 120 до 200 см. В солонцах мощность гумусового и иллювиального горизонтов составляет около 50 см, а количество гумуса – всего 2%. Глубина залегания солевого горизонта колеблется от 60 до 80–90 см.

В темно-каштановых остаточно-солонцеватых почвах гумусовый горизонт имеет темно-серую с буроватым оттенком окраску и пылевато-комковатую структуру. Ниже он довольно ясно переходит в верхний переходный иллювиальный горизонт темно-бурой окраски с каштановым оттенком и комковато-ореховатой структурой с некоторым уплотнением, а еще ниже – в нижний переходный горизонт бурой окраски комковато-ореховатой структуры уплотненного сложения. Далее профиль постепенно переходит в палевый или буровато-палевый лёсс со скоплением белоглазки.

В каштановых почвах признаки солонцеватости более отчетливы.

В солонцах степных целинных элювиальный горизонт имеет темно-серую окраску и листоватую структуру. Он резко переходит в иллювиальный горизонт коричневой окраски, столбчатой или призмовидной структуры плотного сложения, головки столбиков покрыты кремнеземистой присыпкой, грани структурных отдельностей приобретают глянецовость. Нижний иллювиальный горизонт бурой окраски имеет призмовидную или призмовидно-ореховатую структуру и плотное сложение.

В минералогическом составе илистой фракции солонцевых почв отмечается довольно четкое различие по генетическим горизонтам: в элювиальном горизонте содержится каолинитово-

гидрослюдистая ассоциация, в иллювиальных горизонтах появляется и возрастает содержание монтмориллонита и смешанных слоистых минералов.

Как в темно-каштановых, так и в каштановых почвах количество водорастворимых солей в верхнем метровом слое составляет около 0,1% и меньше, состав их гидрокарбонатный кальциевый и магниевый. В солонцах, где горизонт солевого максимума расположен ближе (60–90 см), в надсолонцовом горизонте содержится мало водорастворимых солей (0,2–0,4%), но в верхнем иллювиальном горизонте состав их гидрокарбонатно-натриевый. В нижней части иллювиального горизонта количество солей увеличивается до 0,3–0,5%, состав солей хлоридно-сульфатной или сульфатно-хлоридный. Величина pH колеблется от 6,5–7 – в верхней части, до 8–8,5 – в солонцовом горизонте. Среди обменных катионов преобладают Ca и Mg, при узком (2–3) их соотношении. Содержание обменного натрия в солонцеватых почвах не превышает 5%, а в солонцах малонатриевых – увеличивается до 6–7%.

Глубина нахождения карбонатов, обнаруживаемых по вскипанию с 10-процентной соляной кислотой, в почвах сухой степи неодинаковая. Статистически обработанные нами данные по вскипанию в 2,4 тыс. почвенных разрезах, заложенных в Херсонской обл., позволили установить следующее (Новикова, Пятакова, 1982). В темно-каштановых, каштановых почвах и солонцах, расположенных в восточной части Причерноморья (к востоку от Каланчака), глубина вскипания карбонатов обнаруживается в пределах 37–49 см, в то время как к западу от Каланчака – с глубины около 65 см и ниже. Объясняется это различием гранулометрического состава пород. В нижнем течении Днепра на его террасе-дельте породы имеют легкий состав (супесчаный, легко-, среднесуглинистый), а в средней части течения реки – тяжелоосуглинистый. В тяжелоосуглинистых темно-каштановых почвах вскипание от 10-процентной соляной кислоты обнаруживается с глубины 48 см, а в легкосуглинистых – 76 см, и в супесчаных – с 117 см. Соответственно и признаки солонцеватости в глубоковскипающих почвах очень слабо выражены, а дифференциация илистых частиц по профилю почти отсутствует или является очень слабой. Скопления белоглазки и солевой горизонт залегают также очень глубоко.

По особенностям геоморфологии и структуре почвенного покрова в пределах Причерноморской агропочвенной провинции

Киселем (1969) выделен ряд агропочвенных районов, среди которых отметим Голопристанский, Скадовский, Асканийский и Присивашский.

Голопристанский и Скадовский районы приурочены к террасе-дельте Днепра. В первом из них почвы образованы на первой надпойменной песчаной террасе, а во втором – на второй и третьей надпойменных террасах средне-и легкосуглинистого гранулометрического состава. Грунтовые воды залегают на разной глубине (от 1 до 5–6 м). Почвенный покров очень пестрый. Наряду с темно-каштановыми солонцеватыми почвами, здесь на низких террасах образуются солонцы солончаковые и солончаковатые, солончаки, лугово-черноземные оглеенные осолоделые и другие почвы. Многие из этих почв образуются на песках и супесях при близком залегании соленых грунтовых вод, где и отмечается особенно значительное засоление и солонцеватость. Так, в темно-каштановой слабосолонцеватой среднесуглинистой почве может содержаться около 3% обменного натрия, степень иллювиированности небольшая (4%). В солонцах луговых супесчаных с близким залеганием минерализованных грунтовых вод количество натрия увеличивается до 40%. Возможно, эта величина характеризует сумму обменного и водорастворимого натрия, поскольку почвы засолены. Степень иллювиированности достигает максимальных значений (55%), что объясняется легкостью вымывания из супесчаной почвы коллоидных суспензий вниз (табл. 2, разр. 114).

Иная картина наблюдается к северо-востоку от террасы-дельты Днепра – в Асканийском агропочвенном районе, расположенном в наиболее северной части Причерноморской агропочвенной провинции. Это плоскоравнинная территория с многочисленными (до 20%) подами. На плато здесь залегают автоморфные темно-каштановые остаточно-солонцеватые и темно-каштановые солонцеватые почвы, а иногда – черноземы южные остаточно-солонцеватые. Солонцы автоморфные здесь отсутствуют, а появляются лишь в подах, в их верхней части, и по особенностям водного режима относятся к автоморфно-гидроморфным (Кисель, 1969).

К юго-востоку простирается приморская равнина, примыкающая к северному высокому берегу Сиваша. Это – Присивашский агропочвенный район. Здесь в автоморфных условиях развиваются степные комплексы каштановых малонатриевых солонцов и каштановых (реже темно-каштановых)

солонцеватых почв, являющихся преимущественно тяжелосуглинистыми. В подовых понижениях образуются лугово-черноземные оглеенные осолоделые и другие почвы.

Как видно из табл. 2, в темно-каштановых глубоко вскипающих почвах количество обменного натрия ничтожно мало – около 2%. Перемещение илистой фракции практически отсутствует.

Таблица 2

Степень иллювирированности солонцовых почв Асканийского, Присивашского и Голопристанского р-нов Причерноморской агропочвенной провинции

Номер разреза, местоположение, автор	Почва	Горизонт	Глубина, см	Обменный натрий, % от емкости обмена	Содержание ила (<0.001)	Ni
						%
Северная часть сухостепной зоны, средние данные по 18 разрезам (Ю.Е. Кизяков, 1975 г.)	Темно-каштановая глубоко вскипающая	He	0–10	1.8	37.8	He опр.
		Hip	30–40	2.0	37.8	0
Сухостепная зона, средние данные по 30 разрезам. (Ю.Е. Кизяков, 1975 г.)	Солонец каштановый малонатриевый	He	0–10	3.4	28.2	He опр.
		Ип	30–40	6.1	45.9	24.0
Новотроицкий р-н, с. Сивашское, (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Темно-каштановая солонцеватая на лёссе (пахотная)	Hep	0–10	1.6	38.4	He опр.
		Hp(i)	35–45	1.8	39.8	2
		Phik	50–60	2.7	40.0	2
		Pk	90–100	He опр.	40.3	He опр.
Генический р-н, с. Чонгар, (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Каштановая солонцеватая на лёссе	Hed	0–6	3.7	40.2	He опр.
		HPhk	17–27	4.4	42.2	2
		phik	33–43	He опр.	44.9	5
		Pkh	55–65	»	44.2	He опр.
		Pk	125–135	»	46.8	»
10, Генический р-н, Геническая с.-х. опытная станция, (А.В. Новикова, 1984 г.)	Каштановая солонцеватая на лёссе	He	0–10	2	45.4	»
		Hi	30–48	3	47.5	2
		hik	48–58	1.5	35.3	He опр.
		Pk	110–120	He опр.	30.2	»
Чаплинский р-н, заповедник "Аскания-Нова", (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Солонец каштановый на лёссе	HEd	0–5	2.9	22.3	»
		Eh	7–12	3.3	29.0	»
		Ih	18–23	6	42.8	19
		phk	32–37	8	40.9	17
Геническая опытная станция, (Н.М. Лаврентьев, 1984 г.)	Солонец остепненный	Hпах	0–10	5.1	29.2	He опр.
		Ип	20–30	6.5	47.8	24
Северное Присивашье, (Г.Н. Самбур, 1958 г.)	То же	HE	0–10	5.6	21.3	He опр.
		Ип	15–26	8.8	41.7	32
		Pih	30–40	11.1	50.6	40
		HE	0–10	7.5	8.7	He опр.
11423, Голопристанский р-н (Херсонская почвенная партия)*	Солонец луговой солончаковый супесчаный	HE	0–10	7.5	8.7	He опр.
		Ип	30–40	34.9	31.2	56

* Образец с глубины 30–40 см засолен.

В темно-каштановой слабосолонцеватой почве Новотроицкого административного района химическая солонцеватость по обмену натрию также небольшая, не превышает в переходном горизонте 2,2% от емкости поглощения. Степень иллювирированности здесь также малая – около 2%. Незначительное количество обменного натрия в этих почвах, по-видимому, стало причиной того, что на мелкомасштабной почвенной карте (Полупан, Соловей, 2005) темно-каштановые почвы показаны без указания на их солонцеватость. Кизяков (1975)

считает, что солонцеватость этих почв не является зональным признаком.

В каштановых солонцеватых почвах химическая солонцеватость немного увеличивается. В солонцах каштановых малонатриевых она увеличивается несколько больше, но в целом остается весьма небольшой для этого типа почв (всего 6-8%). Более заметно возрастает солонцеватость в иллювиально-карбонатном горизонте. Такое распределение натрия служит подтверждением остаточного (реликтового) характера солонцеватости.

Важно подчеркнуть, что по своим агрофизическим свойствам малонатриевые солонцы почти не отличаются от солонцов средненатриевых. Так, плотность сложения составляет в элювиальном горизонте 1,1-1,2, а в иллювиальном -1,5 г/см^3 . Общая скважность соответственно равна 52 и 44%.

Разумеется, количественные показатели состава и свойств почв весьма переменны, поэтому важно было определить их колебания. С этой целью нами проведена статистическая обработка данных содержания обменного натрия и степени иллювиированности в рассматриваемых солонцах и развивающихся с ними зональных почвах (табл. 3). Как видно, значения доверительных интервалов не перекрывают друг друга только при уровне вероятности 95%.

Таблица 3

Статистические параметры степени иллювиированности (под чертой) и количество обменного натрия (над чертой) в автоморфных и гидроморфных (терраса дельты Днепра) солонцеватых почвах Причерноморской агропочвенной провинции

Почвы	Объем выборки, n	Статистические параметры				
		\bar{x}	S_x	V	D_1	D_2
Темно-каштановые остаточно-солонцеватые средне- и тяжелосуглинистые	17	2.35	0.30	52	1.72-2.98	1.49-3.2
		5.76	0.44	32	4.8-6.7	4.5-7.0
Каштановые солонцеватые тяжелосуглинистые	9	4.56	0.53	35	3.34-5.78	2.78-6.34
		7.78	1.54	59	4.22-11.34	2.61-12.93
Солонцы автоморфные малонатриевые тяжелосуглинистые	14	6.98	0.64	34	5.60-8.36	5.08-8.91
		21.65	1.07	18	19.34-23.96	18.43-24.87
Терраса-дельта Днепра солонцы гидроморфные супесчаные	7	28.25	5.03	47	15.98-40.6	9.65-46.90
		45.71	4.62	27	34.41-57.0	28.6-62.8

Судя по средним величинам, степень иллювиированности растет от 5,8% в темно-каштановых почвах, до 7,8% в каштановых солонцеватых и 21,6% в солонцах автоморфных, в гидроморфных почвах она резко увеличивается (до 45%).

Наибольший коэффициент вариации степени иллювирированности – 59% отмечается в каштановых солонцеватых почвах и наименьший – 18% в солонцах малонатриевых. Вероятно, это связано с разным объемом статистической выборки.

Для всего ряда статистической выборки, где повторность составляет 40 разрезов (без гидроморфных солонцов) был проведен корреляционно-регрессионный анализ, позволивший установить, что связь между количеством обменного натрия и степенью иллювирированности в автоморфных солонцовых почвах является средней и прямой. Коэффициент корреляции выше среднего ($r = 0,77$). Получено уравнение регрессии следующего вида: $N_i = 1,34 + 2,34Na$, где N_i – степень иллювирированности, %; Na – количество обменного натрия, % от емкости обмена. С помощью уравнения были получены значения иллювирированности для конкретных величин обменного натрия.

При разработке градации по степени иллювирированности малонатриевых солонцовых почв (табл. 4) в качестве исходной была использована общепринятая (1970) градация по обменному натрию для малогумусных солонцовых почв. В ней к несолонцеватым отнесены почвы, содержащие менее 3% натрия, а к солонцам – более 15%. Но, учитывая, что в малонатриевых солонцах Украины содержится в два раза меньше обменного натрия (7 против 15%), нам пришлось разработать новую градацию, представленную ниже, учитывающую условия Украины. Эта градация составлена на основании относительно небольшого объема статистической выборки ($n = 40$), поэтому она носит предварительный характер, но все же даже сейчас может быть использована при почвенных обследованиях.

Преимущество ее состоит в том, что отпадает необходимость определения содержания обменного натрия. Достаточно лишь установить количество илистой фракции в иллювиальном и элювиальном горизонтах при механическом анализе образцов почв с предварительной химической обработкой по методу Качинского. В этом случае сокращаются затраты на выполнение сложных анализов по определению обменных оснований.

Таблица 4.

Градация малонатриевых солонцовых автоморфных почв Причерноморья (без степного Крыма) по степени иллювирированности

Почвы	Степень иллювирированности, N_i , %	Содержание обменного натрия, % от емкости
Несолонцеватые	<8	<3
Слабосолонцеватые	8–13	3–5
Средне- и сильносолонцеватые	13–17	5–7
Солонцы	>17	>7

Крымская степь. В Крымской степи автором статьи выделены две природные подзоны: степь сухая и степь южная. Они простираются по широте, но размещены в обратном направлении по отношению к аналогичным подзонам в материковой части Украины, что связано с различными климатическими условиями и изменением абсолютных высот поверхности земли с севера полуострова на юг. В подзоне степи сухой выделена одна Северо-Крымская провинция с темно-каштановыми и другими солонцеватыми почвами, а в подзоне степи южной – две провинции: Крымская и Керченская с южными черноземами и солонцами на третичных глинах (в этой работе они не рассматриваются).

Северо-Крымская агропочвенная провинция охватывает Крымское Присивашье или, как его называют некоторые авторы, Северо-Крымскую низменность. Она начинается с южного берега Сиваша и Каркинитского залива Черного моря на абсолютных отметках около 0,5–1 м и протягивается на юг до отметок около 30 м. Далее она переходит в возвышенную Таврическую центральную равнину (подзона степи южной), а затем в предгорную и горную зоны.

По гидрогеологическим условиям и структуре почвенного покрова в Северо-Крымской агропочвенной провинции выделены два агропочвенных района: Красно-Перекопский и Раздольненско-Азовский. Первый охватывает самую низменную часть Присивашья с гидроморфными и полугидроморфными почвами, второй – более повышенную часть территории с автоморфными почвами и остаточным (реликтовым) засолением и солонцеватостью. Гранулометрический состав почв преимущественно легкоглинистый, иногда – тяжелосуглинистый.

В почвах Крымского Присивашья четко прослеживается геохимическая зональность солей, начиная от высокого Присивашья и кончая низменной его частью возле Сиваша. Химизм солей в горизонтах их скопления сменяется от гидрокарбонатного к сульфатному, хлоридно-сульфатному, сульфатно-хлоридному и хлоридному (Новикова, 1962). По морфологическому строению солонцовые почвы Крымского Присивашья близки к таковым северного Присивашья, но солонцеватость в них выражена значительно сильнее.

Как видно из табл. 5, где представлены конкретные разрезы почв, наибольшая солонцеватость по обменному натрию отмечается в солонцах луговых. Она несколько снижается в лугово-степных и степных, но эта величина в целом остается высокой (около 20%), что в соответствии с классификацией солонцов

позволяет отнести солонцы Крымского Присивашья к группе средненатриевых.

Таблица 5

Степень иллювированности солонцовых почв Крымского
Присивашья (данные А.В. Новиковой, 1962 г.)

Номер разреза, местоположение	Почва	Горизонт	Глубина, см	Обменный натрий, % от емкости обмена	Содержание ила (<0,001)	Ni
					%	
124. Азовский р-н, село Амур	Солонец луговой солончаковатый	ЕН	0–10	6.9	22.2	He опр.
		ИН	25–35	27.6	45.3	34
		Иh	45–55	22.6	45.8	34
		Рks	60–70	He опр.	28.2	He опр.
117. Азовский р-н, село Благодатное	Солонец лугово-степной солончаковатый	ЕН	0–17	8.0	27.6	»
		ИН	20–30	19.8	46.1	26
		Иh	45–55	19.7	45.9	24
		Рk	60–70	He опр.	43.0	He опр.
136. Краснопереконский р-н, Сортоучасток	Солонец степной солончаковатый	ЕН	0–10	9.0	24.8	»
		ИН	15–30	21.0	41.7	25
		Рk(i)	45–58	He опр.	41.8	26
		Рks	62–72	»	37.6	He опр.
126. Азовский р-н, село Великоселье	Темно-каштановая солонцеватая	Н	0–10	4.0	37.4	»
		Нip	35–45	8.0	44.1	8
		Phk	50–60	He опр.	40.0	3
		Рks	140–150	»	33.2	He опр.
13. Краснопереконский р-н, с. Источное	Темно-каштановая слабосолонцеватая	He	0–10	1.2	42.5	»
		Hi	23–34	1.8	46.2	4
		Phk	34–54	3.6	35.8	He опр.
		Рk	90–100	He опр.	35	»

Степень варьирования средних величин солонцеватости для различных групп почв представлена в табл. 6, из которой видно, что доверительные интервалы средних величин содержания обменного натрия постепенно возрастают от слабо- к сильносолонцеватым почвам и солонцам. Они не перекрывают друг друга при разных уровнях вероятности, обосновывая правильность разделения почв на группы. Также четко происходит возрастание степени иллювированности от 6–8 в слабосолонцеватых до 23–30% в солонцах. Такое различие отмечается как при уровне вероятности 95, так и при 99%.

Таблица 6

Статистические параметры степени иллювированности (под чертой) и содержания обменного натрия (над чертой) в почвах Северо-Крымской агропочвенной провинции

Почвы	Объем выборки, n	Статистические параметры				
		\bar{x}	$S_{\bar{x}}$	V	D_1	D_2
Темно-каштановые слабосолонцеватые	70	5.89	0.22	32	5.4–6.3	5.30–6.5
		7.50	0.45	50	6.6–8.4	6.30–8.7
Темно-каштановые среднесолонцеватые	23	12.04	0.3	15	11.3–12.8	11.0–13.0
		13.87	1.03	36	11.74–16.0	10.97–16.77
Темно-каштановые сильносолонцеватые	14	16.79	0.42	9	15.8–17.7	15.5–18.0
		18.59	1.29	25	17.2–21.4	14.70–22.5
Солонцы степные, лугово-степные и луговые	27	23.85	0.75	16	22.3–25.4	21.8–26.0
		26.52	1.55	30	23.3–30.0	22.0–31.0

Объем статистической выборки для этих почв оказался большим ($n = 134$). Корреляционно-регрессионный анализ показал, что между содержанием обменного натрия и степенью иллювииро-

ванности существует прямая и сильная корреляционная связь, коэффициент корреляции равен 0,83. Уравнение регрессии имеет следующий вид: $N_i = 1,679 + 0,997 Na$.

Поскольку солонцы являются в основном средненатриевыми, то для градации солонцеватости по содержанию обменного натрия нами использована общепринятая группировка почв по содержанию обменного натрия.

С учетом соответствия показателей степени солонцеватости почв по обменному натрию и степени иллювируемости, нами разработана следующая уточненная (по сравнению с первой работой (1968)) градация по степени иллювируемости солонцовых почв Северо-Крымской агропочвенной провинции (табл. 7).

Таблица 7

Градация средненатриевых солонцовых почв Крымского Присивашья по степени иллювируемости

Почвы	Степень иллювируемости, N_i , %	Обменный натрий, % от емкости
Несолонцеватые	<7	<5
Слабосолонцеватые	7–12	5–10
Среднесолонцеватые	12–17	10–15
Сильносолонцеватые	17–22	15–20
Солонцы	>22	>20

Переходя к обсуждению приведенных данных, отметим, что солонцовые почвы Причерноморской впадины, расположенные на северном и южном ее бортах, довольно заметно отличаются друг от друга, хотя и приурочены к одной зоне сухой степи. Химическая солонцеватость почв северного борта впадины заметно меньше, чем южного борта. Особенно разительно отличаются солонцы. В первом регионе они по существу должны быть отнесены к слабосолонцеватым почвам, поскольку содержат всего 6–7% обменного натрия. Во втором регионе солонцы содержат 20% обменного натрия (средненатриевые солонцы). В почвах первого региона диапазон колебаний степени иллювируемости является меньшим, чем в почвах второго региона (8–17 против 7–22%).

По нашему мнению, причина такого различия кроется в неодинаковой интенсивности солончаково-солонцового процесса в этих регионах, отличающихся топографическими условиями (абсолютной высотой местности) и, в соответствии с этим, разным уровнем грунтовых вод и типом водно-солевого режима.

Наш опыт наблюдений за водносолевым режимом почв степного Крыма показал следующее. На плоских морских берегах с глубиной грунтовых вод 1–3 м почвы испытывают капил-

лярно-грунтовое увлажнение с сезонно-необратимым засолением. В почвах более повышенной части равнины, при залегании грунтовых вод на глубине 3-7 м устанавливается пленочно-капиллярный водный режим с сезонно-обратимым процессом засоления-рассоления. В более высоком Присивашье при глубине грунтовых вод 7-8 м устанавливается элювиальный тип водного режима с сезонно-необратимым режимом рассоления.

Эти данные по водно-солевому режиму хорошо согласуются со структурой почвенного покрова. По данным Крымской почвенной партии, в пределах береговой части Каркинитского залива и побережья Сиваша залегает полоса приморских солончаков (площадь 16 тыс. га), развивающихся на иловато-морских и лёссовидных отложениях.

Несколько выше протягивается полоса луговых солонцов с каштаново-луговыми и другими солонцеватыми почвами (площадь 77 тыс. га). Они переходят в лугово-степные солонцовые комплексы – солонцы и лугово-каштановые, а также темно-каштановые солонцеватые почвы (площадь 142 тыс. га). Все эти почвы входят в Красно-Перекопский агропочвенный район, который занимает площадь 235 тыс. га или 51% от площади Северо-Крымской агропочвенной провинции.

В Раздольненско-Азовском агропочвенном районе, расположенном южнее, развиваются автоморфные почвы. Здесь преобладают темно-каштановые солонцеватые почвы, отчасти, каштановые солонцеватые почвы, и их комплексы с солонцами. В то же время остаточные солонцеватые темно-каштановые почвы занимают всего около 3 тыс. га (для сравнения – в Причерноморской агропочвенной провинции они занимают преобладающую часть территории, порядка 60–70% от площади зоны).

В геохимическом отношении территория Северо-Крымской агропочвенной провинции наполовину занята подчиненными ландшафтами, а наполовину – автономными.

Что касается солонцовых почв, расположенных на северном борту Причерноморской впадины в Причерноморской агропочвенной провинции, то вся эта приморская полоса характеризуется преобладанием более высоких абсолютных отметок (50–10 м), хотя здесь имеется много подовых понижений и небольших плоских берегов. В связи с этим в геохимическом отношении территория северного Причерноморья представлена преимущественно автономными ландшафтами, а в структуре почвенного покрова преобладают автоморфные почвы (темно-каштановые, каштановые и степные солонцы).

Надо полагать, что в прошлом вся эта приморская полоса испытала кратковременное тектоническое опускание с повышением уровня грунтовых вод, что и привело к засолению и осолонцеванию почвогрунтов и образованию солонцов. Затем эта территория поднялась и стала подвергаться интенсивному рассолению и рассолонцеванию. Это и привело к тому, что обменный натрий был

вытеснен кальцием и магнием, поэтому в солонцах его осталось ничтожно мало. И лишь профильная дифференциация, четко выраженная в солонцах, свидетельствует об интенсивности реликтового солонцового процесса.

В крымских же солонцах, которые на половине территории до сих пор связаны с грунтовыми водами и претерпевают современное засоление и солонцеобразование, содержится много поглощенного натрия, как и в лугово-каштановых и темно-каштановых солонцеватых почвах. В эволюционном отношении это молодые почвы, некоторые образовались на морских илах.

Поскольку метод определения степени иллювиированности солонцовых почв является показателем не только современного, но и реликтового солонцового процесса, мы предлагаем использовать его для диагностики степени солонцеватости всех почв сухой степи.

В целом для степной зоны, с учетом степени иллювиированности, почвы можно расположить в такие последовательные ряды (от большей к меньшей степени иллювиированности):

а) Солонцы гидроморфные и полугидроморфные > солонцы автоморфные средненатриевые >> солонцы автоморфные малонатриевые.

б) Каштаново-луговые солонцеватые > лугово-каштановые солонцеватые > темно-каштановые и каштановые солонцеватые > темно-каштановые остаточносолонцеватые.

в) Черноземы южные солонцеватые > черноземы южные > черноземы обыкновенные.

Выводы

1. Солонцовый процесс, возникающий под действием солей натрия, вызывает профильно-коллоидную дифференциацию генетических горизонтов. Количественно она определяется степенью иллювиированности, возрастающей от слабосолонцеватых почв к солонцам. С помощью математической статистики впервые определены статистические параметры степени иллювиированности и содержание обменного натрия в разных почвах степной зоны Украины.

2. Установлено, что между степенью иллювиированности и содержанием обменного натрия существует прямая средняя или сильная корреляционная связь. Она меняется в зависимости от объема статистической выборки. Сильная связь отмечается в группе средненатриевых солонцов (Крым), где имелась большая выборка.

3. На основании корреляционно-регрессионного анализа разработана градация солонцеватости по иллювиированности для групп малонатриевых и средненатриевых почв.

4. Малонатриевые солонцовые почвы имеют реликтовое происхождение. В настоящее время они встречаются на топо-

графически повышенной территории северного борта Причерноморской впадины в автономных геохимических ландшафтах, где преобладают процессы рассоления и рассолонцевания.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПРОФИЛЯ И ЕЁ ИЗМЕНЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ ОСТЕПНЁННЫХ СОЛОНЦОВ В ЗОНАЛЬНЫЕ ПОЧВЫ⁴

Как известно, основателями русской школы почвоведения (В.В. Докучаев, С.И. Коржинский, П.С. Коссович, В.И. Танфильев и др.), а также их последователями установлено, что почвы в своем развитии претерпевают изменение состава и свойств, т.е. эволюционируют.

А.А. Роде (1947) установил, что эволюция почв может вызываться различными причинами: изменением факторов почвообразования, саморазвитием биогеоценозов, влиянием соседних биогеоценозов, филогенезом растений и других живых организмов.

Исходя из такой трактовки причин эволюции можно считать, что эволюция почв засоленного ряда совершается под влиянием как внешних факторов, так и внутренних (саморазвитие, вызываемое спецификой процесса солонцеобразования). Исследователями выделены два основных направления эволюции засоленных почв: в сторону осолодения) (Гедройц, 1932) и в сторону остепнения (Ковда, 1939).

Различие этих направлений объясняется особенностями водного режима. При временном или длительном промывном режиме солонцы подвергаются осолодению и превращаются в солоды. В условиях же только атмосферного увлажнения и непромывного водного режима солонцы проходят стадию остепнения и эволюционируют к зональному типу автомофных почв (Панин, 1972). Такие направления эволюции солонцов наблюдаются во многих регионах России, Украины, Казахстана и других местах. Так, Е.Н. Иванова, В.М. Фридлянд (1954), установили, что на низменных равнинах степной, сухостепной и полупустынной природных зон, по мере усиления естественной дренированности и снижения уровня минерализованных грунтовых вод, происходит эволюционный переход луговых солонцовых комплексов в лугово-степные и далее в степные.

⁴ э Статья опубликована в сб. «Агрохімія і ґрунтознавство». Харьков, ННЦ ИПА, № 70, 2009. С. 13–28.

В.А. Ковда (1939), разработал схему эволюции солонцов. В соответствии с этой схемой остепнение солонцов совершается постепенно с прохождением ряда следующих стадий: остаточно солончаковатый солонец → остаточно слабосолончаковатый солонец → остепнённый солонец → каштановая солонцеватая почва.

Таким образом, в степных солонцовых комплексах солонец в процессе эволюции трансформируется в каштановую почву. Элементарные почвообразовательные процессы (ЭПП), протекающие при этом (засоление-рассоление, обменнопоглотительные реакции и др.), освещены в многочисленных работах. Однако исследований по вопросу инфильтрационного перемещения тонкодисперсных фракций ($< 0,001\text{ мм}$ по почвенному профилю и переводу труднорастворимых веществ в коллоидное состояние было проведено всё ещё недостаточно, а результаты их были дискуссионными (Антипов-Каратаев; Цюрупа, 1961).

Широкое использование методов коллоидной и физической химии, а также исследований минералогического состава глинистых минералов во второй половине XX века позволило получить новые данные о путях и формах миграции тонкодисперсной фракции в солонцовых почвах.

В данном сообщении сделана попытка объяснить трансформацию иллювиального горизонта солонцов в процессе эволюции от луговых к степным солонцам и солонцеватым почвам на примере почв Крымского Присивашья. Кроме личных материалов использованы публикации других авторов.

Крымское Присивашье или Северо-Крымская низменность расположено на южном борту Причерноморской впадины. В геологическом прошлом территория испытала неоднократные тектонические опускания, сменявшиеся поднятиями, которые сопровождалась морскими трансгрессиями и регрессиями. Самая низкая прибрежная часть низменности была палеолагуной (Лычагин, 1958).

По геоморфологии – это низменная приморская равнина, представляющая собой морскую плиоценовую террасу. Поверхность её слабо наклонена с юга на север к морским водоёмам, топографические отметки её высоты уменьшаются соответственно с 30 (40) м до 1 м. В литологическом отношении она сложена лёссовидными тяжелыми суглинками и глинами, содержащими водорастворимые соли (0,3 – 1,0 %), а также карбонаты кальция, и гипс. В нижней части толщи суглинков сформирован сплошной водоносный горизонт, движущийся с юга на север в соответствии с топографическими условиями.

Минерализация грунтовых вод постепенно возрастает с юга на север от 3 до 20–60 *г/л*. Меняется и химизм солей с гид-

рокарбонатного до хлоридно-сульфатного, сульфатно-хлоридного и хлоридного натриевого.

Почвенный покров на низменных прибрежных территориях представлен луговыми солончаково-солонцовыми комплексами, которые сменяются при залегании грунтовых вод на глубине от 3 до 6 (7) м от поверхности лугово-степными комплексами с лугово-степными солонцами и лугово-каштановыми и темно-каштановыми солонцеватыми почвами, а при более низком положении грунтовых вод (глубже 6 (7) м) – степными комплексами солонцов степных и темно-каштановых солонцеватых почв, сменяемых темно-каштановыми остаточными солонцеватыми почвами, а далее такими же без признаков солонцеватости (Гусев В.П., Колесниченко В.Т., 1955; Новикова А.В., 1962).

Динамическими наблюдениями было выявлено, что в наиболее низкой части территории почвы (луговые комплексы) испытывают капиллярно-грунтовое увлажнение и сезонно-необратимое засоление. В лугово-степных почвах устанавливается плёночно-капиллярное увлажнение с сезонно-обратимым режимом засоления-рассоления. В степных солонцовых комплексах почвы испытывают элювиальное увлажнение с сезонно-необратимым режимом рассоления [30]. В этом же направлении (с севера на юг) отмечается своеобразная геохимическая зональность состава солей в горизонтах их аккумуляции: хлоридный на побережье Сиваша сменяется сульфатно-хлоридным и хлоридно-сульфатным, сульфатным и, наконец, гидрокарбонатным в высокой части Присивашья (Новикова А.В., 1962)

По условиям увлажнения почв всю территорию Крымского Присивашья можно подразделить на две почти равные части: одну половину занимают гидроморфные и полугидроморфные почвы, другую – автоморфные.

В целом, Крымское Присивашье является примером пространственной смены одних солонцовых комплексов другими. В то же время, учитывая сложную геологическую историю с неоднократными движениями земной коры, сопровождавшимися трансгрессией и регрессией морских вод, широким засолением почво-грунтов, можно предполагать, что ныне автоморфные почвы (или часть их) были некогда засолены, а сейчас опресняются. В этом плане существующий в пространстве переход одних почв в другие можно рассматривать и как эволюцию этих почв во времени.

Перейдём к рассмотрению некоторых показателей строения почвенного профиля и состава солонцовых почв Крымского Присивашья.

В таблице 1 приведены данные массовых определений параметров строения почв лугово-степных и степных солонцовых комплексов.

Нижняя граница иллювиального горизонта в лугово-степных и степных солонцах залегает на глубине 45–52 см. В лугово-каштановых солонцеватых почвах – в пределах 49–51 см, а в тёмно-каштановых среднесолонцеватых – снижается до 58 см.

Таблица 1

Строение профиля почв лугово-степных и степных комплексов Северо-Крымской низменности (Севастьянов, 1969)

Почвы	Глубина, см					
	Нижние границы генетических горизонтов			Вскипание	Бело-глазка	Сульфаты
Лугово-степные комплексы						
Солонцы средние солончаковатые (22 разреза)	EH	IH	IH(p)	40	-	57
	13	30	45			
Солонцы глубокие солончаковатые (69 разрезов)	EH	IH	IH(p)	44	-	60
	19	32	47			
Лугово-каштановые среднесолонцеватые глубоко солончаковатые (193 разреза)	He	Hi	Ihp	50	53	92
	20	34	51			
Лугово-каштановые сильно солонцеватые глубокосолончаковатые (58 разрезов)	He	HI	Ih	43	-	82
	20	32	49			
Степные комплексы						
Каштановые среднесолонцеватые (63 разреза)	He	Hi	Phi	48	56	113
	21	35	54			
Тёмно-каштановые среднесолонцеватые (486 разрезов)	He	Hi	Phi	47	58	136
	22	38	58			
Солонцы средние глубокосолончаковатые (10 разрезов)	EH	IH	IHp	45	50	79
	13	32	47			
Солонцы глубокие глубокосолончаковатые (8 разрезов)	EH	IH	IHp	44	55	85
	15	35	52			
Лугово-каштановые почвы микрозападин (21 разрез)	He	HeP	PH(i)	49	64	>200
	28	43	62			

В элювиальном горизонте и в верхней части иллювиального горизонта карбонаты отсутствуют. Глубина вскипания от 10 % HCl в солонцах обнаруживается с 40–44 см, а в лугово-каштановых и тёмно-каштановых солонцеватых почвах с 43–50 см. Новообразования карбонатов в виде «белоглазки» встречаются в тёмно-каштановых солонцеватых почвах с 58 см и в каштановых солонцеватых – с 56 см.

Скопление солей (преимущественно сульфатов) в почвах лугово-степных комплексов обнаруживается в солонцах на глубине 57–60 см, в лугово-степных солонцеватых почвах – 82–92 см; а в

степных солонцеватых комплексах в солонцах глубоко-солончаковатых с 79 см, в каштановых солонцеватых почвах со 113 см, а в тёмно-каштановых почвах – со 136 см.

А теперь рассмотрим некоторые данные таблицы 2, где приведены показатели состава и свойств почв на примере конкретных разрезов, начиная с луговых к лугово-степным солонцам и заканчивая тёмно-каштановой слабосолонцеватой почвой (Новикова А.В., 1962). По нашему мнению такой ряд почв может характеризовать эволюционный переход на протяжении длительного времени (тысячи лет).

Таблица 2

Некоторые показатели состава и свойств солонцевых почв Крымского Присивашья
(по данным А.В. Новиковой, 1962)

Номер разреза, почва, место отбора образцов	Глубина отбора образцов, см	Генетический горизонт	Гумус по Тюрину, %	Количество ила, частиц <0,001 мм, %	Водорастворимые соли, %	pH	Сумма обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Обменный натрий, % от суммы катионов	Молекулярное отношение $SiO_2:R_2O_3$	Степень иллювированности, (Ni)	Коэффициент содержания (Kc)
Разрез 124 Солонец луговой глубоко-призматический солончаковатый. Азовский район, хутор Амур	0-10	EH	3,4	22,2	0,06	6,8	19,3	6,9	9,0	-	1,0
	25-35	ИH	1,7	45,3	0,09	7,2	35,0	27,6	5,7	34,2	1,4
	45-55	Иh	1,2	45,8	0,10	8,0	31,4	27,6	6,1	34,7	2,4
	60-70	Pkgl	0,6	28,2	0,17	-	-	-	5,7	-	4,2
	75-85	Pks	-	-	0,86	-	-	-	-	-	-
Разрез 117 Солонец луговой степной глубоко-призматический ореховатый солончаковатый. Азовский район, с. Благодатное	0-17	EH	2,2	27,6	0,06	6,9	19,3	-	7,5	-	1,0
	20-30	ИH	1,4	46,1	0,06	7,9	33,6	19,8	5,5	26,0	1,8
	45-55	Иh	1,1	45,9	0,13	8,5	38,8	19,7	5,9	24,0	3,3
	60-70	Pk	0,6	43,0	0,23	8,6	32,4	-	-	-	1,4
	80-90	Pks	0,3	39,5	1,10	-	-	-	-	-	< 1,
	15-30	ИH	0,9	41,7	0,12	7,1	23,0	9,0	6,0	25,0	< 1
Разрез 136 Солонец степной призматический ореховатый солончаковатый. Красноперекопский район, Сортоучасток	45-58	Иhk	0,5	41,8	0,29	8,7	30,2	21,0	4,0	25,0	1,5
	62-72	Pks	0,3	37,6	1,17	-	-	-	4,8	25,0	< 1
	0-10	EH _{max}	1,8	24,7	0,07	-	22,9	8,0	8,6	-	-
	18-35	ИH	1,5	38,3	0,07	-	31,0	16,1	6,4	21,2	-
Разрез 128 Солонец степной призматический ореховатый глубоко-призматический с. Солонцовое	35-44	Иh	1,1	45,3	0,08	-	30,8	16,1	6,1	29,0	-
	65-75	Pk	0,3	44,0	0,16	-	-	-	-	-	3,0
	105-115	Pks	0,1	43,7	0,52	-	-	-	-	-	< 1
	0-10	Иh _{max}	2,3	37,4	0,05	7,6	27,5	4,0	6,3	-	< 1
Разрез 126 Тёмно-каштановая слабосолонцеватая почва. с. Великоселье	35-45	EH	1,4	44,0	0,05	8,2	30,1	5,1	6,0	8,0	1,1
	75-80	Pk	-	46,0	0,07	8,3	-	-	6,0	10,0	1,5
	140-150	Pk	-	38,1	0,35	8,4	-	-	6,0	-	1,2
	200-210	Pks	-	32,0	1,81	8,1	-	-	-	-	< 1

Прежде всего, отметим, что почвы по гранулометрическому составу относятся к тяжелосуглинистым и легкосуглинистым.

Распределение солей во всех почвах весьма сильно варьирует в пространстве в связи с положением почвы относительно мезо- микро- и нанорельефа. В луговых солонцах часто встречаются солончаковые виды (кроме солончаковатых), а в лугово-степных и степных солонцах солончаковые виды не встречаются. Здесь преобладают солончаковатые, а в степных солонцах, кроме того, – глубокосолончаковатые.

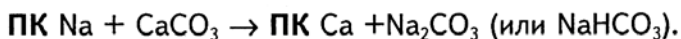
В целом в почвах происходит постепенное углубление солевого горизонта: от 0–5 см в приморских солончаках (данные в таблице не приводятся) до 160–200 см в тёмно-каштановых почвах. Меняется и химизм солей: в приморских солончаках он хлоридно-натриевый; в луговых высокосолончаковатых солонцах – хлоридно-сульфатно-натриевый; в солонцах луговых, лугово-степных и степных солончаковатых – преимущественно сульфатно-натриевый, а в тёмно-каштановых слабо солонцеватых почвах сульфатно-кальциево-магниевый.

Как видно из таблицы 2, содержание **поглощённого натрия** в луговых солонцах достигает 27,6 % от суммы катионов. В лугово-степных и степных солонцах количество его уменьшается до 20–16 %, а в тёмно-каштановых – до 5 %. Следовательно, в процессе эволюции произошло постепенное рассолонцевание этих почв.

Почвы имеют **слабощелочную и щелочную** реакцию, pH колеблется в пределах от 6,9 до 8,5–8,7. Заметное ощелачивание обнаруживается в незасоленной части, находящейся над солевым горизонтом. Исследованиями Гедройца установлено, что в бескарбонатной части солонцового горизонта появление соды происходит при вытеснении ионом водорода обменного натрия из поглощающего комплекса почвы (ПК). Образующийся при этом едкий натрий в присутствии углекислоты почвенного раствора переходит в соду, как это показано ниже:



В карбонатной части солонцового горизонта сода образуется в результате двойного обмена между поглощённым натрием почв и кальцием карбоната кальция по реакции:



Однако сода может появиться в почвах и вследствие других процессов: выветривания кристаллических пород с гидроли-

зом натриевых алюмосиликатов; воздействия на карбонатную почву растворов сернокислого натрия; процесса сульфат-редукции в анаэробной среде; подпитывания почв грунтовыми содовозасоленными водами и др.

Содовое засоление обнаруживается в том случае, когда величина коэффициента содопроявления (K_c) превышает единицу. K_c по Посохову рассчитывают по формуле:

$$K_c = \frac{HCO_3}{Ca + Mg}$$

В рассматриваемых почвах (табл. 2) K_c имеет повышенное значение (3–4) в солонцах и снижается до 1,5 в тёмно-каштановой слабосолонцеватой почве. Следовательно, в ходе эволюции от остепнённых солонцов к каштановой остаточносолонцеватой почве происходит постепенное ослабление процесса ощелачивания.

К такому заключению ранее пришел и Антипов-Каратаев. Он выделял в профиле каштановых почв такие горизонты: карбонатный (промытый), щелочной и гипсово-солевой. Отмечая при этом, что щелочной горизонт особенно чётко выражен в солонцах, а в каштановых он значительно слабее в связи с воздействием гипсово-солевого горизонта.

При введении орошения на территориях с глубоким залеганием уровня грунтовых вод усиливается выщелачивание солей из почв, увеличивается мощность промытого карбонатного горизонта, повышается щелочность (Зимовец, 1979).

Следует подчеркнуть, что повышение щелочности происходит не только в связи с образованием соды, но и вызывается присутствием в растворе химических соединений, проявляющих себя как основания (карбонаты, бораты, силикаты, гуматы натрия и других катионов). Ф.И. Козловский (2003) предложил назвать их щелочным резервом, характеризующим процесс ощелачивания.

В табл. 2 приведены значения **молекулярных отношений** окислов ($SiO_2 : R_2O_3$) по данным валового химического состава. Судя по этим данным, а также по данным анализов щелочных вытяжек из почвенных образцов в 5 % растворе КОН, можно прийти к заключению, что в элювиальном горизонте солонцов наблюдается повышенное содержание окиси кремния (по сравнению с полуторными окислами) и даже наличие свободной

аморфной SiO_2 , которая рассматривается как признак осолодения.

Максимально высокая величина молекулярного соотношения окислов в элювиальном горизонте наблюдается в луговом солонце (9,0), что говорит о высокой активности в этом горизонте солонцового процесса, и несколько понижается (до 7,5–8,6) в солонцах лугово-степных и степных. В иллювиальном горизонте эти величины уменьшаются до 5,5–6,0. В тёмно-каштановых слабо солонцеватых почвах в элювиальном и в нижележащем иллювиальном горизонтах, а также в почвообразующей породе эти соотношения падают до 6,3–6,0.

Приведенные данные свидетельствуют об определённых различиях валового химического состава в элювиальном и иллювиальном горизонтах, вызванных солонцовым процессом и некотором осолодении (особенно в луговых солонцах), возникающем при промывном водном режиме.

Важным показателем солонцового процесса является **содержание илистой фракции** в почве и её распределение по профилю. Отметим, что здесь приводятся данные содержания илистой фракции, выделенной по методу Качинского с предварительной химической подготовкой. Поскольку эволюционное преобразование почв совершается за очень длительный период, то наиболее пригодным методом определения ила является именно этот метод.

Из таблицы 2 видно, что содержание илистой фракции ($< 0,001 \text{ мм}$) довольно резко меняется по профилю почв. В солонцах её количество в иллювиальном горизонте резко увеличивается по сравнению с элювиальным, а в тёмно-каштановой слабосолонцеватой почве разница становится значительно меньшей.

Для суждения об интенсивности процесса иллювиирования в солонцовых почвах нами (Новикова, Коваливнич, 1968) было предложено определять степень иллювиированности (N_i) по разности содержания ила в иллювиальном (B) и элювиальном (A) горизонтах, отнесённой к их сумме в процентах по формуле:

$$N_i = \frac{B - A}{A + B} \cdot 100 (\%)$$

где: N_i – степень иллювиированности, %;

B – содержание ила ($< 0,001 \text{ мм}$) в иллювиальном горизонте, %;

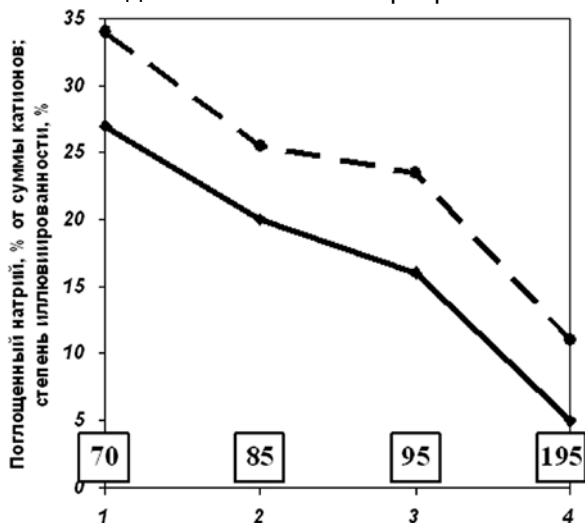
A – содержание ила ($< 0,001 \text{ мм}$) в элювиальном горизонте, %

Как показано в таблице 2, степень иллювиированности в луговом солонце достигает 34% и уменьшается в лугово-степных и степных солонцах до 24–21%, а в тёмно-каштановых снижается до 8–10%. При этом максимальная иллювиированность по-

степенно сдвигается в нижнюю переходную часть солонцового горизонта. В целом гранулометрическая дифференциация профиля ослабляется.

Связь между показателями степени иллювируемости и солонцеватостью, определяемой по величине поглощённого натрия, существует прямая и сильная. Она была установлена нами при корреляционно-регрессионном анализе массовых данных (134 разреза). Коэффициент корреляции r оказался равным 0,83.

В целом, по мере снижения солевого горизонта происходит уменьшение количества поглощенного натрия и ослабление степени иллювируемости. Это иллюстрирует диаграмма (рис. 1), построенная по данным нескольких разрезов из таблицы 2.



Условные обозначения:

Почвы: 1 – солонец луговой; 2 – солонец лугово-степной;

3 – солонец степной; 4 – темно-каштановая слабосолонцеватая почва

— поглощенный натрий, % от суммы катионов;

- - - - - степень иллювируемости, %;

70

— глубина залегания аккумулятивного солевого горизонта, см.

Рис 1. Схема изменения содержания поглощенного натрия, степени иллювируемости и глубины солевого горизонта в солонцовых почвах Крымского Присивашья

Обратимся теперь к вопросу о составе высокодисперсной части солонцовых, почв. В ходе солонцеобразования, которое

протекает при рассолении почв с внедрением натрия в поглощающий комплекс, ощелачиванием, пептизирующим воздействием натрия на почвенную массу, происходит образование органических, органо-минеральных и минеральных соединений (Гедройц; Антипов-Каратаев; Хитров и др.).

Как показали исследования ряда специалистов, состав высокодисперсной части неодинаков, прежде всего, по *гранулометрии*. Более крупные частицы, размером $> 0,22$ мкм, составляют всего 20 %, а мельчайшие, размером $< 0,22$ мкм – до 80% (Гедройц, 1932) Оказалось, что и состав минералов в этих фракциях различен.

Так, исследованиями Л.С. Травниковой и А.В. Титовой (1978) установлено, что в иллювиальном горизонте солонцовых почв Калмыцкой степи фракции размером 1–5 мкм состоят из индивидуальных минералов. Во фракциях 1–0,2 мкм содержится до 60 % индивидуальных минералов, а в коллоидной фракции $< 0,22$ мкм преобладают смешанно-слоиные образования.

Отечественными исследователями (Горбунов, 1961, 1969) установлено, что глинистые (вторичные) минералы образовались при разрушении в процессе выветривания первичных минералов, таких как полевые шпаты, кварц, слюды, хлориты, амфиболы и др. Превращение минералов протекает стадийно. На первых стадиях образуются гидрослюды, монтмориллонит и каолинит, на последующих этапах образуются хлориты, вермикулиты и высокодисперсный кварц, и лишь на самых последних этапах образуются аморфные соединения – полуторные окислы, кремнекислота и другие. При их синтезе могут снова образоваться вторичные минералы.

Н.И. Горбунов отмечает, что при превращении первичных минералов во вторичные совершаются различные химические, физико-химические и многие другие процессы, такие как кристаллизация аморфных соединений, окислительно-восстановительные процессы, гидратация, дегидратация и т.д. В связи с многообразием таких процессов очень трудно выявить какие-либо закономерности в изменении состава минералов в разных типах почв. Важнейшее значение имеет состав минералов в почвообразующей породе.

Н.И. Горбунов подчеркивает, что строгой приуроченности вторичных минералов к конкретному виду солонцов также не обнаруживается. Во фракции $< 1–2$ мкм содержатся гидрослюды, монтмориллонит, каолинит, реже вермикулит. Встречаются также смешанно-слоиные образования. Более характерным минералогическим признаком солонцов является наличие монтмориллонитовой группы (сметитов) в иллювиальном горизонте.

Отсутствие надёжных количественных методов определения глинистых минералов в почвах лишает исследователей возможности точного выяснения воздействия солонцового процесса на состав илистой фракции и её перемещения по профилю.

Что касается *состава вторичных минералов* в рассматриваемых почвах Крымского Присивашья, то исследованиями П.Г. Коваливнича (1984) было установлено, что минералогический состав илистой фракции солонцовых почв в основном унаследован от почвообразующих пород и особенно явно это наблюдается в нижних горизонтах.

В лугово-степных солонцах преобладают слоистые гидрослюдистые минералы, в меньшем количестве содержится каолинита и ещё меньше хлорита. По мере углубления вниз по профилю количество каолинита и хлорита уменьшается, но увеличивается содержание минералов монтмориллонитовой группы. В почвообразующей породе преобладают минералы гидрослюдистой группы и смешано-слойные минералы гидрослюдисто-монтмориллонитовой ассоциации.

В тёмно-каштановой слабосолонцеватой почве в верхних горизонтах в значительном количестве обнаружены гидрослюдистые минералы (до 64%), каолинит – около 21 % и небольшое количество монтмориллонита (7 %.)

В иллювиальном горизонте обнаружены в незначительном количестве смешано-слойные минералы монтмориллонитово-гидрослюдистой ассоциации. Вероятно, появление смешано-слойных минералов в иллювиальном горизонте произошло в результате воздействия солонцового процесса, приведшего к частичному разрушению в элювиальном горизонте сверх высокодисперсных ($< 0,22$ мкм) слоистых минералов (гидрослюд и монтмориллонита) и перемещения продуктов разрушения в нижележащий иллювиальный горизонт, где и образовались смешано-слойные ассоциации.

В почвообразующей породе содержание минералов монтмориллонитовой группы возрастает до 24 %, несколько уменьшается количество гидрослюдов (до 54 %) и каолинита (до 17 %).

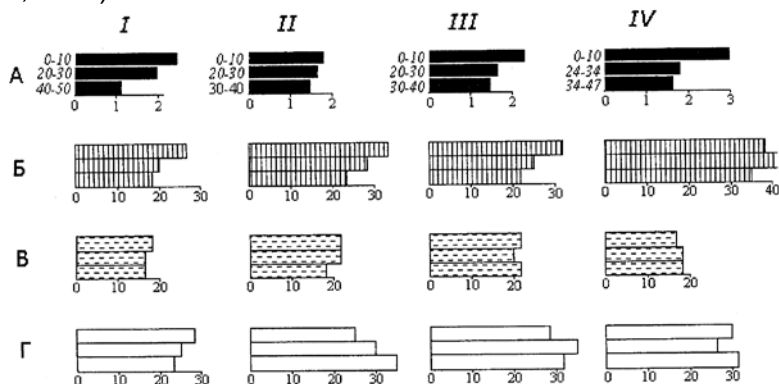
В целом же можно отметить, что элювиальный и иллювиальный горизонты несколько отличаются друг от друга по минералогическому составу.

Примерно такие же особенности распределения глинистых минералов (увеличение монтмориллонита и смешано-слойных ассоциаций) обнаружены также и в солонцах сухостеп-

ной зоны России, Казахстана и других регионов (Володин, 1971; Кирюшин, 1980).

Важным показателем состава ила является *способность его к пептизации*. Н.И. Горбунов (1961) предложил дифференцированный метод выделения ила, с подразделением его на такие группы: водно-пептизированный ил (А), агрегированный ил (Б) и прочносвязанный ил (В). Неоднородность ила по его пептизации обусловлена многими факторами: наличием несиликатных полуторных окислов, ионов-коагуляторов, состава обменных оснований и др. Наиболее благоприятные условия передвижения ила вниз по профилю создаются в почвах с лёгким гранулометрическим составом и промывным режимом увлажнения. В тяжёлых почвах передвижение воднопептизированного ила ограничено.

Как говорилось выше, в состав илистых частиц кроме минеральных образований входят ещё органические и органоминеральные соединения. Эти соединения можно охарактеризовать, прежде всего, составом гумуса. Рассмотрим (рис. 2) особенности состава гумуса почв Крымского Присивашья (Новикова А.В., 1959)



I – луговой солонец; **II** – лугово-степной солонец;
III – тёмно-каштановая солонцеватая почва;
IV – южный слабогумусированный чернозём.
А – содержание гумуса общее, %;
Б – доля гуминовых кислот фракций I и II в составе гумуса, %;
В – доля фульвокислот фракций I и II в составе гумуса, %;
Г – доля гуминов в составе гумуса, %.

Рис 2. Состав гумуса в верхних слоях солонцовых и других почв Крыма

Содержание гумуса в луговых солонцах невелико – 2,53 %, в лугово-степных – 1,90 %, а в тёмно-каштановой почве – 2,30 %. Содержание гуминовых и фульвокислот снижается вниз по профилю, причём гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами, их соотношение колеблется в пределах 1,3–1,5. Это можно объяснить тем, что в далёком прошлом в этих почвах проходил лугово-дерновый процесс почвообразования при обводнении территории Присивашья (Луцкий, 1929).

Гумус солонцовых почв обладает большой подвижностью, что подтверждается наличием фракции «свободной» гуминовой кислоты (растворяемой непосредственно в щелочах до декальцинирования почвы). Это свидетельствует о неустойчивости гумусовых кислот, связанных с натрием. Подвижность органического вещества меняется от солонцов к зональной тёмно-каштановой почве. В луговом солонце доля «свободных» гуминовых кислот составляет 6 %, в лугово-степном – 11,9 %, в тёмно-каштановой почве падает до 5,9 %, а в южном чернозёме они исчезают вовсе.

Содержание органических веществ, прочно связанных с минеральной частью почвы (гуминов), увеличивается книзу (за исключением луговых солонцов). По форме связи органических веществ с минеральной частью почвы установлено, что основная часть (40–50 %) гуминовых и фульвокислот связана с кальцием, и только 2–3 % – с полуторными окислами.

Таким образом, в солонцовых почвах в условиях щелочной реакции и наличия натрия органические кислоты приобретают большую подвижность и могут свободно мигрировать по всему профилю, способствуя большей подвижности минеральных коллоидов, что, в конечном результате, приводит к некоторому обезиливанию солонцового (иллювиального) горизонта.

К органо-минеральным соединениям относятся хелаты, т.е. комплексные высокомолекулярные соединения железа и алюминия с органическими кислотами. В силу своего молекулярного состояния они довольно легко передвигаются вниз по профилю и могут как накапливаться в иллювиальном горизонте, также легко и удаляться из него при соответствующих условиях.

Большую подвижность илистым частицам могут придать свежееобразованная полимерная кислота, силикат натрия, гидроксиды железа и алюминия (Ребиндер, 1941). В состав тонкодисперсных систем входит так называемая коллоидная плазма, выделенная из иллювиальных горизонтов солонцов (Михайличенко, 1979). Размер частиц этой плазмы < 0,2 мкм, в её состав входит кремний – (44–45 %), железо и алюминий – (40–50 %).

Особенностью плазмы является высокая обратимость её из твёрдого состояния в коллоидный раствор и наоборот. Вымываясь из иллювиального горизонта, она может способствовать его обезливианию.

Рассмотрим вопрос о **способах передвижения** высокодисперсных коллоидных систем в почвах. Известно, что стабильность коллоидных систем обусловлена разными факторами. Специалисты в области коллоидной и физколлоидной химии (Дерягин; Пасынский; Ребиндер; Антипов-Каратаев и другие) установили, что устойчивость коллоидной системы обеспечивается тремя основными факторами: электростатическим, сольватационным и структурно-механическим. Электростатический фактор обусловлен электрическими зарядами, препятствующими сближению коллоидных частиц. Сольватационный фактор проявляется образованием вокруг коллоидных частиц структурированной оболочки. Применительно к солонцовым почвам это проявляется гидратацией обменных катионов. Структурно-механический фактор возникает при образовании на поверхности гидрофобных коллоидных частиц слоя гидрофильных коллоидов, также препятствующих коагуляции коллоидов. Наиболее существенным фактором стабильности коллоидов почвы считается электростатический (Кирюшин, 1980).

В почвоведении передвижение коллоидальных частиц вниз по профилю рассматривается не только с точки зрения устойчивости коллоидов, но и по их способности к фильтрационному перемещению. Существует мнение, что такое передвижение коллоидов совершается путём оподзоливания или лессиважа. **Оподзоливание** – это процесс, заключающийся в разрушении первичных и вторичных минералов под влиянием микроорганизмов и органических кислот с последующим выносом продуктов разрушения в нижележащие горизонты почвенного профиля. **Лессиваж** – это процесс перемещения в почвенном профиле илистой фракции без её предварительного химического разрушения, т.е. перенос не только глинистых, но, возможно, и измельченных первичных минералов в химически неизменённом виде. В последние годы (2002) предложен новый термин – **натриевый лессиваж**. Он означает элементарный почвообразовательный процесс (ЭПП), который складывается из пептизации ила, переноса ила вниз и последующей его аккумуляции.

Накопление тонкодисперсных частиц в нижних горизонтах происходит не только в результате их переноса вниз, но и при образовании их непосредственно на месте при развитии в почвах процессов оглинивания. Этот процесс может происходить в связи с преобразованием первичных минералов во вторичные, например,

по схеме: слюда → иллит → смешано-слоистые образования → монтмориллонит, или в результате других схем преобразований (Парфеново, Ярилова, 1960).

Вопрос о способах перемещения вниз по профилю высокодисперсной части почв, имеющих дифференцированный профиль, обсуждается уже много лет. Ему посвящены многочисленные публикации, в том числе обобщающие обзоры.

Так, в литературном обзоре Антипова-Каратаева и Цюрупы (1981) отмечается, что по данным зарубежных исследователей перемещение тонких частиц в лёгких почвах происходит суспензионно-инфильтрационным способом. В тяжёлых же почвах они могут передвигаться только в виде частиц коллоидного размера, а, следовательно, сначала должно произойти разложение почвенных минералов до размеров коллоидов, и лишь потом они могут опускаться вниз.

Дюшофур (1970) считает, что солонцовый процесс состоит из ошелачивания и лессиважа. Однако он подчёркивает, что в условиях щелочной реакции «...структура некоторых натриевых глин становится неустойчивой и кристаллическая решетка их более или менее быстро разрушается. Тогда в профиле появляются аморфные минералы» (стр. 559). К такому же заключению ранее пришел и Гедроиц (1932) отмечая, что «разрушение поглощающего комплекса почвы водой понимается как уменьшение его количества в почве, причём органическую часть вода просто распыляет и выносит как таковую вниз, а минеральную часть разрушает и выносит уже продукты этого разрушения» (стр. 165).

Доказательством того, что при осолонцевании почв идёт разрушение минералов, могут быть исследования А.Я. Демиденко и А.Д. Ивашины (1974), проводимые ими при искусственном осолонцевании грунтов путём внесения в ложе канала больших доз поваренной соли. Идею о создании водонепроницаемых экранов в оросительных каналах с использованием поваренной соли выдвинул академик А.Н. Соколовский, а развили Н.К. Крупский и его ученики. Под влиянием поваренной соли и её концентрированных растворов происходит осолонцевание грунтов. В верхней части образуется элювиальный горизонт, а в нижней – иллювиальный. Последний сильно набухает и препятствует фильтрации воды из оросительных каналов. Установлено, что в первые годы в осолонцованном слое грунта содержится до 20–30 % поглощенного натрия, а через 18 лет его количество снижается до 5 %. Однако антифильтрационные свойства грунта сохраняются на протяжении длительного времени (конечный

срок не установлен). Как показали исследования минералогического состава илистой части антифильтрационного экрана, в нём произошло разрушение органо-минеральной части, которое привело к появлению высокоподвижных соединений – кремнекислоты и полуторных окислов.

Таким образом, по нашему мнению, при солонцовом процессе передвижение вниз высокодисперсных частиц из элювиального в иллювиальный горизонт в тяжелосуглинистых почвогрунтах Украины происходит с предварительным их разрушением. Доказательством этого являются вышеприведенные материалы по почвам Крымского Присивашья, где отмечалась неоднородность валового химического и минералогического состава в элювиальном и иллювиальном горизонтах, а также упомянутые результаты исследований по искусственному осолонцеванию почво-грунтов (Демидиенко, Ивашина, 1974).

Вернёмся к главному вопросу данной статьи – **о трансформации иллювиального горизонта**. Интенсивность солонцового процесса в почвах рассматриваемого солонцового ряда неодинакова. Максимального развития он достигает в луговых солонцах, а затем, по мере усиления степени дренированности территории и снижения уровня грунтовых вод, он ослабевает и полностью завершается.

Нас интересует заключительная стадия, когда солонцовый процесс полностью затухает и формируется зональная почва. С учетом современной терминологии процессов почвообразования (Любимово, 2002), нам представляется, что на этой завершающей стадии протекают следующие элементарные почвообразовательные процессы (ЭПП) вызывающие полную утрату иллювиального горизонта и гранулометрическую дифференциацию профиля почв.

ЭПП засоления – рассоления. Процесс направлен в сторону рассоления. При этом происходит углубление солевого горизонта до 80 см и более. Меняется и состав солей в сторону сульфатно-кальциево-магниевого.

ЭПП осолонцевания – рассолонцевания. При рассолонцевании происходит отчётливое уменьшение количества поглощённого натрия и замена его кальцием и магнием почвообразующей породы. Вытесненный из поглощённого комплекса натрий переходит в почвенный раствор и с анионами образует сульфаты (хлориды) натрия. Происходит своеобразный цикл превращения натрия: из почвенного раствора он попадает сперва в поглощающий комплекс, а затем, после его вытеснения

кальцием и магнием, снова возвращается в почвенный раствор и уже аккумулируется в солевом горизонте.

ЭПП кислотно-основного равновесия (ощелачивание-нейтрализация). На стадии затухания солонцового процесса происходит некоторое снижение содопроявления. Однако величина рН колеблется в пределах щелочного интервала, как в почвообразующей породе.

ЭПП солонцового (натриевого) лессиважа: пептизация илестых частиц, их вынос, осаждение). В ходе процесса солонцеобразования, под влиянием поглощённого натрия и щелочного гидролиза, происходит пептизация почвенной массы с некоторым разрушением минералов и передвижение её вниз в виде ила и коллоидов. Это приводит к гранулометрической дифференциации профиля, наиболее четко выраженной в луговых и других солонцах. Степень иллювированности (Ni) в почвах рассматриваемого эволюционного ряда меняется от 34 % в луговых солонцах, снижаясь до 25–26 % в лугово-степных солонцах по мере ослабления солонцеватости. В степных глубокосолончаковых солонцах она колеблется в пределах 21–29 %, а в тёмно-каштановых слабосолончеватых почвах падает до 8–10 %. При этом в степном глубокосолончаковом солонце и в тёмно-каштановой слабосолончаковатой почве максимальное накопление ила отмечается не в верхней, а в нижней части иллювиального горизонта. Это также свидетельствует о постепенном рассолонцевании почвы.

Следовательно, по мере естественного рассолонцевания и остепнения почв происходит ослабление гранулометрической дифференциации профиля и выравнивание количества ила в элювиальном и иллювиальном горизонтах, что особенно чётко отмечается в тёмно-каштановых слабосолончеватых и несолончеватых почвах.

Механизм уменьшения количества ила в солончеватом горизонте недостаточно изучен. Автор предлагает следующее объяснение механизма трансформации иллювиального горизонта.

Интенсивность процесса натриевого лессиважа по мере уменьшения количества поглощённого натрия в почвенном поглощающем комплексе солонцового горизонта постепенно ослабевает. Из солонцового горизонта при этом могут удаляться только наиболее подвижные компоненты ила, такие как связанные с натрием гуминовые кислоты, коллоидная плазма, силикаты натрия, окислы железа и алюминия, подвижная кремнекислота, хелаты и др. По-видимому, эти соединения близки к составу так называемого

«активного ила» по Соколовскому, или воднопептизированного ила по Горбунову.

После удаления из почвенного профиля наиболее подвижной высокодисперсной части ила, в горизонте остаётся ил, связанный с кальцием и магнием, т.е. пассивный или агрегированный прочносвязанный ил. Таким путём, вероятно и происходит своеобразная трансформация иллювиального горизонта. Удаляется наиболее подвижный ил, а агрегированный, прочносвязанный с кальцием и магнием, сохраняется на месте.

Изменению состава ила способствует процесс остепнения, протекающий при смене галофитно-ксерофитной растительности полынно-злаковой и злаковой ассоциации. При этом усиливается накопление гумуса, улучшается структура и водно-физические свойства почв, повышается их плодородие, что было установлено рядом исследователей в сухостепной и полупустынной зонах. Процесс рассолонцевания можно резко ускорить применением мелиорации солонцов. Однако, как правильно отвечает И.Н. Любимова (2002), при этом будет происходить не естественная, а агрогенная эволюция солонцовых почв.

В аспекте эволюционного развития солонцовых почв можно говорить о **реликтовости** солонцовых признаков в современных содонцеватых почвах. Такого взгляда придерживаются Г.С. Гринь (1969), Г.Н. Самбур (1953), А.М. Можейко (1958) и др. В то же время имеется и противоположная точка зрения. Ряд авторов (Полупан, Кисель и др., 1979) считают, что солонцовый процесс в автоморфных условиях Украины является не реликтовым, а современным. И причиной появления солонцовых признаков почв, по их мнению, является импัลверизация солей с морских побережий.

Разумеется, перенос солей за счёт импัลверизации вблизи побережья возможен, но этот процесс не является преобладающей причиной солонцеватости почв региона. В условиях приморских низменных равнин, испытывавших неоднократные движения земной коры с трансгрессией и регрессией морских вод и длительным гидроморфизмом, главной причиной появления солей в почвах и их солонцеватости являются соли грунтовых и морских вод. Доказательством этого служат большие запасы водорастворимых солей во всей толще лёссов Причерноморской низменности, наличие марганцево-железистых примазок в них и некоторые другие показатели.

Приведенные нами данные являются убедительной иллюстрацией эволюционно-генетической теории В.А. Ковды о роли палеогидроморфизма в эволюции почв низменных равнин.

Выводы

1. В процессе естественной эволюции почвенного покрова таких низменных приморских равнин, как Крымское Присивашье, по мере усиления степени дренированности территории и снижения уровня грунтовых вод происходит постепенная смена почвенных солонцовых комплексов от луговых к лугово-степным и степным, с рассолением и рассолонцеванием почв. Она выражается не только уменьшением поглощённого натрия и заменой его кальцием и магнием, но и постепенным ослаблением и исчезновением текстурной дифференциации профиля.

2. Этот процесс протекает на фоне щелочной реакции и, по-видимому, вызван удалением из элювиального горизонта наиболее подвижных органических и органо-минеральных соединений, таких как свободная гуминовая кислота, связанная с натрием, коллоидная плазма, подвижная кремнекислота, полуторные окислы, хелаты и др. В то же время сохраняется агрегированный, прочносвязанный ил.

Высказанное нами предположение нуждается в проверке с постановкой модельных и других опытов, с использованием методов коллоидной, физической химии и минералогии высокодисперсной части почв.

Рассматриваемый вопрос имеет важное теоретическое значение не только в области генезиса, эволюции солонцовых почв, разработки концепции мелиорации солонцов, но и для разработки коллоидно-химических технологий, направленных на создание водонепроницаемых экранов в оросительных каналах, хранилищах промышленных стоков, т.е. имеет сельскохозяйственную, природоохранную и экологическую значимость.