

УДК 631.445.53

ГЕНЕЗИС СОЛЕВОГО ПРОФИЛЯ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ ЮГА ИШИМСКОЙ РАВНИНЫ

А. А. Сеньков, кандидат биологических наук

В. В. Попов, соискатель

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,

Новосибирск, Россия

E-mail: vik632288@yandex.ru

Ключевые слова: генезис, солонцовые комплексы, Ишимская равнина, черноземы южные, ионно-солевой профиль, атмосферные осадки, засоление

Реферат. В степных условиях формирование солонцового горизонта происходит в выщелоченной от карбонатов и незасоленной части профиля почв в результате иллювиального накопления и синтеза гидрофильных коллоидов и высокомолекулярных соединений. Вследствие уменьшения фильтрационной способности образующегося солонцового горизонта в верхних горизонтах почв увеличивается степень испарительного концентрирования атмосферных солей. Это приводит к преобразованию типичного для незасоленных почв состава поглощенных катионов в специфический солонцовый в иллювиальном горизонте, увеличению степени засоления подсолонцовых горизонтов, смещению зоны аккумуляции гипса в иллювиально-карбонатный горизонт. Исходя из предложенной концепции негаломорфного происхождения солонцов, повышенная засоленность солонцового и особенно подсолонцового горизонта, а также насыщенность поглощающего комплекса натрием и магнием являются не причиной процесса осолонцевания, а его следствием. После образования солонцового горизонта изменяется миграционная и функциональная структура ионно-солевой системы почв, вследствие чего активизируется соленакопление в верхних горизонтах почвы как за счет атмосферных солей, так и солей нижних, ранее засоленных горизонтов. Предлагаемая концепция позволяет более обоснованно истолковать ряд феноменов солонцеобразования, а именно: формирование солонцов в очень широком спектре природно-климатических, геоморфологических и экологических условий; образование автоморфных солонцов; наличие двух гипсовых горизонтов; различную глубину залегания солонцового горизонта и ее тесную взаимосвязь с глубиной выщелачивания карбонатов; высокую степень насыщенности магнием малонатриевых солонцов.

DEVELOPMENT OF SALINE PROFILE OF SOLONETZ SOIL IN THE SOUTH OF ISHIM PLAIN

Senkov A. A., Candidate of Biology

Popov V. V., PhD-student

Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry SD RAS, Novosibirsk, Russia

Key words: genesis, solonetz complexes, Ishim plain, southern black humus soils, ionic and saline profile, precipitation, salinization.

Abstract. Natric horizon is formed in the leached soil by means of illuvial accumulation and synthesis of hydrophilic colloids and high-molecular compositions in the steppe conditions. Due to reducing of filtration capacity of natric horizon in the upper layers of soils, the evaporation concentration of atmospheric salines is increasing. This results in transformation of absorbed cations into specific solonetz cations in the illuvial horizon, higher salinization of subsolonet horizons and transformation of salt lime accumulation area into illuvial and carbonate horizon. The authors make case that higher salinization of solonetz and subsolonet horizons and their concentration with Na and Mg are not the reason of solonization but the consequence. After formation of solonetz horizon, the migrational and functional structure of ionic and saline profile is changed and contributes to accumulation of salines in the upper layers by means of atmospheric salines and the salines of low early salinized soil. This concept renders some phenomena of solonetz formation: formation of solonetz

in the wide range of climate, geomorphological and environmental conditions; formation of atmospheric solonetz; different stratification depth of solonetz profile and its close relation with the depth of desalinization of carbonates; high concentration with Mg of solonetz with low concentration of Na.

Большинство почвоведов признают тот факт, что солонцовые почвы являются наиболее сложными природными образованиями, поэтому многие вопросы их генезиса до сих пор остаются открытыми.

Более того, отраженные в публикациях случаи отсутствия мелиоративного эффекта свидетельствуют о серьезном несовершенстве современных теоретических предпосылок генезиса солонцовых почв [1].

Коллоидно-химическая теория образования солонцового горизонта, предложенная К.К. Гедройцем, была признана многими отечественными и зарубежными исследователями. Согласно этой теории, солонцы образуются в результате рассоления изначально засоленных с определенным количеством натрия в поглощающем комплексе почв. Однако позднее природа преподнесла ученым загадку в виде солонцов с малым содержанием катиона натрия. Коллоидно-химическая теория не могла объяснить происхождение таких почв, и тогда их стали называть остаточными, посчитав, что натрий ушел, а его свойства остались. Не нашло достаточного развития и высказывание К.К. Гедройца о том, что при определенном соотношении поглощенного натрия и магния последний может также служить причиной неблагоприятных свойств почв. Экспериментальное изучение роли магния в развитии солонцовых свойств почв не дало однозначного решения проблемы [2]. Тем не менее данная теория стала аксиомной и послужила базой для большинства существующих концепций генезиса солонцов. Но ни одна из этих концепций не способна непротиворечиво объяснить засоление, формирование и функционирование солевой профили в автоморфных и полугидроморфных почвах.

Главным недостатком этих концепций является то, что в них недоучитывается или полностью игнорируется такой повсеместно и постоянно действующий источник поступления солей в почву, как атмосферные осадки, хотя количество солей, рассчитанное по известным данным о химическом составе осадков ($100\text{--}300\text{ кг/м}^2$ за голоценовый период), многократно превышает современные запасы солей в профиле автоморфных почв степной зоны. Впервые на ведущую роль атмосферных солей в формировании солевой профили

указал В.Г. Высоцкий [3] еще в начале прошлого века. Однако его концепция «импульверизации», согласно которой солевой профиль автоморфных почв образуется в результате аэриального привноса солей, их испарительного концентрирования, трансформации и перераспределения, до сих пор не получила должного развития. Поступление солей из атмосферы в почвы никем не отвергалось, однако в почвенном галогенезе или полностью отрицалось или недооценивалось.

На основе результатов сопряженного структурно-функционального анализа ионно-солевых профилей (состава твердых солей, почвенного раствора и поглощающего комплекса) почв черноземно-солонцовых комплексов юга Ишимской равнины и опубликованных материалов по другим регионам предлагается концепция негаломорфного происхождения солонцов.

Цель работы – показать на примере черноземно-солонцового комплекса Ишимской равнины непосредственное участие солей атмосферных осадков в формировании солонцового профиля.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования являлись почвы и почвенный покров юго-восточной части Ишимской равнины в пределах Омской области. Основу почвенного покрова составляют двучленные лугово-степные комплексы, образованные черноземными почвами разной степени гидро- и галоморфности. Господствующее положение занимают маломощные глубокосолончаковатые черноземы южные, формирующиеся на автономных (плакорных) позициях рельефа. В замкнутых микропонижениях формируются выщелоченные от карбонатов на глубину 60–120 см незасоленные луговато-черноземные почвы. На их долю приходится от 5 до 20% площади почвенного покрова. Площадь солонцовых почв невелика. Солонцы формируются в виде единичных или группы пятен на преобладающем фоне черноземов. На большей части исследуемой территории почвогрунты зоны аэрации сложены однородными породами тяжелосуглинистого состава.

Для подтверждения выдвинутых предположений было решено рассмотреть ионно-солевой профиль черноземно-солонцового комплекса

и сравнить солонцы с зональными почвами (черноземами южными).

Из опорных разрезов глубиной до 2 м отбирали образцы по генетическим горизонтам. Со дна разреза проводили бурение с отбором образцов до водоносного горизонта. Наряду с ключевыми участками исследование засоления почв и пород зоны аэрации проводили также в других местах обследуемой территории, где отбор образцов осуществляли из единичных разрезов или буровых скважин.

В связи с тем, что данные химического анализа стандартной водной вытяжки не дают представления об истинной концентрации солей в жидких фазах реальных почв, а лишь помогают оценить общее содержание легкорастворимых солей в почвах [4], было решено дополнить программу исследований сопряженным изучением химического состава всех компонентов ионно-солевого комплекса, и в первую очередь почвенного раствора, при естественной влажности. Для получения почвенных растворов нами использовался метод отделения почвенных растворов от твердой фазы почв при помощи давления, разработанный П. А. Крюковым [5].

При проведении исследований использованы также генетический, профильный, морфологический и аналитический методы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе структурно-функционального анализа и балансовых расчетов установлена ведущая роль солей атмосферных осадков в формировании солевых профилей почв и пород зоны аэрации [6]. Легкорастворимые соли, содержащиеся в материнских породах в небольшом количестве, в процессе почвообразования были заменены солями атмосферных осадков. Глубина, степень и химизм засоления почв определяются интенсивностью внутрипочвенного стока, величина которого зависит от условий поверхностного увлажнения элементов микрорельефа и влагоемкости почвообразующих пород.

Для всех представленных солевых профилей характерно одинаковое строение, незначительное различие по глубине залегания иллювиально-гипсового горизонта и отсутствие явных признаков гидрогенной аккумуляции легкорастворимых солей в зоне аэрации. Все почвы, независимо от уровня грунтовых вод, имеют одну и ту же степень засоления легкорастворимыми солями.

Общим является и поведение иона хлора в профиле почвогрунтов.

Испарение грунтовых вод имеется, но оно мало и в значительной степени перекрывается атмосферным увлажнением в годы с большим количеством осадков. На этот факт указывает относительная выщелоченность хлоридов из верхней части засоленной зоны. Более того, четкая геохимическая последовательность распределения солей в профиле ($\text{CaCO}_3 - \text{CaSO}_4 - \text{NaSO}_4 - \text{NaCl}$), обратная той, которая формируется при гидроморфном засолении, позволяет сделать вывод, что засоление самих грунтовых вод является следствием геохимических процессов, протекающих в зоне аэрации.

Профильное распределение карбонатов и гипса является важной генетической характеристикой степных почв. Во всех исследуемых почвах наблюдается элювиально-иллювиальное распределение карбонатов (рис. 1). В элювиально-иллювиальной зоне черноземов южных запасы карбоната кальция на 20–25 кг/м² превышают его предполагаемое содержание в почвообразующей породе. Отрицательный баланс карбонатов (20–60 кг/м²) наблюдается только в глубоковыщелоченных незасоленных почвах замкнутых микропонижений. Единственным реальным источником для накопления избыточных карбонатов в почвах являются атмосферные осадки, с которыми, по имеющимся данным, ежегодно поступает 2,0–3,5 г/м² карбоната кальция [7]. Другие источники солей могут иметь место, однако их влияние в каждом конкретном случае необходимо строго доказывать.

Солевые профили всех автономных почв, независимо от глубины залегания грунтовых вод, имеют однотипное строение. В них четко выделяются три зоны: выщелачивания (транзита) легкорастворимых солей с незасоленной верхней и слабозасоленной (до 2–4 ммоль-экв/100 г) нижней половиной; гипсово-аккумулятивная с повышенным содержанием сульфатов кальция и магния в водной вытяжке; безгипсовая с равномерным распределением солей до 4–6 м и увеличением с глубиной хлоридно-сульфатного коэффициента. Зональные и региональные различия в степени засоления почв, в глубине залегания солевых горизонтов обусловлены особенностями климатических условий и гранулометрическим составом почвообразующих пород. Такая общность для зонального спектра дает веские основания предполагать, что все солевые профили исследуемых почв имеют моногенетическую природу.

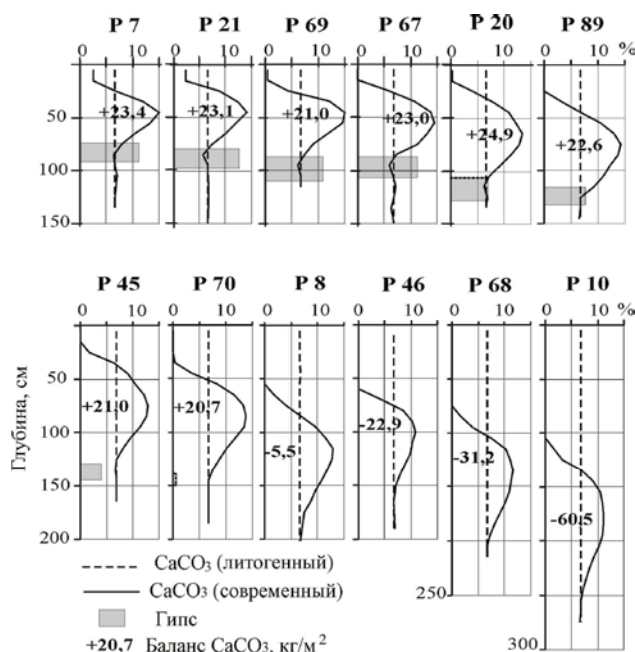


Рис. 1. Содержание карбоната кальция и гипса в черноземах южных (P 7, 21, 69, 67, 20, 89, 45) и луговато-черноземных почвах (P 70, 8, 46, 68, 10)

Concentration of calcium carbonate and plaster in southern chernozem soil (P 7, 21, 69, 67, 20, 89, 45) and meadow chernozem soils (P 70, 8, 46, 68, 10)

Зона выщелачивания черноземов южных засолена неравномерно. Меньше всего солей

в верхней половине зоны (не более 0,1%). С глубиной их количество постепенно увеличивается и в слое, граничащем с гипсовым горизонтом, достигает 0,2–0,4% (рис. 2).

Ниже зоны аккумуляции карбонатов аналитически и морфологически всегда выделяется гипсово-аккумулятивная зона. Эти зоны строго локализованы, всегда вплотную примыкают друг к другу, никогда не перекрываются и не разобщаются, что свидетельствует об устойчивости миграционной и функциональной структуры ионно-солевой системы почв и относительной стабильности климатических факторов в процессе формирования почвенного профиля. Имевшие место на юге Западной Сибири гидротермические флуктуации [8], по-видимому, были незначительными и не оказывали существенного влияния на распределение карбонатов и гипса в профилях.

Гипсово-аккумулятивная зона характеризуется повышенным (до 1,5–2,0%) содержанием солей с их резким колебанием. По данным анализа водной вытяжки, максимумы засоления связаны с повышенным содержанием в составе солей сульфатов и обусловлены неравномерностью распределения конкреций гипса в профиле. Только натриевые соли равномерно распределены независимо от состава анионов и степени засоления.

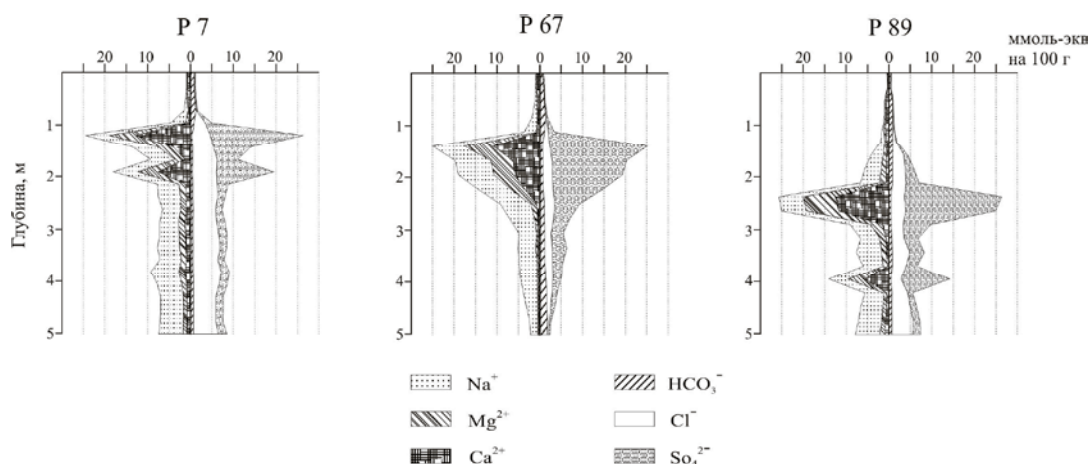


Рис. 2. Засоление почв и подстилающих пород черноземов южных юго-восточной части Ишимской равнины (ммоль-экв/100 г)

Salinization of soils and undersoils of southern chernozem soil in south-eastern part of the Ishim plain. (mmol-eq/100 g)

Содержание иона натрия достигает своих максимальных значений в аккумулятивно-гипсовом горизонте и с глубиной практически не изменяется. Поведение иона хлора совсем иное. Как правило, верхняя часть аккумулятивной гипсовой зоны в разной степени выщелочена от ионов хлора. Его концентрация в профиле увеличивается

постепенно и достигает наибольших значений иногда на 100–150 см ниже гипсового горизонта.

Основная масса гипса сосредоточена в иллювиальном горизонте мощностью 15–30 см, расположенном в самой верхней части зоны. Ниже гипс находится в виде неравномерно рассеянных округлых стяжений диаметром 1–3 см.

По мере увеличения мощности зоны выщелачивания происходит уменьшение содержания гипса вплоть до полного исчезновения на глубине более 150 см.

В образцах, где установлено наличие гипса, содержание сульфата магния всегда выше, чем в образцах без гипса. Это явление синхронного повышения содержания сульфата кальция и магния в водных вытяжках присуще всем почвам, в профиле которых присутствует то или иное количество гипса, и обусловлено в основном обменной реакцией между солями, перешедшими в водную вытяжку, и обменным магнием почвы, т.е. это результат вытеснения магния из почвенно-

глошающего комплекса почвы кальцием растворяющегося гипса. Поэтому содержание магния в водной вытяжке не соответствует реальному содержанию его в почве и почвенном растворе [9].

В черноземах южных незасоленными являются почвенные растворы самого верхнего слоя мощностью 40–70 см (табл. 1). Нижняя граница этого слоя, как правило, совпадает с максимумом содержания карбонатов в профиле почв. Концентрация основных солеобразующих ионов обычно не превышает 3,0 ммоль-экв/л. Ниже максимума карбонатов содержание солей увеличивается и достигает номинальных значений (20–30 г/л) в зоне аккумуляции гипса.

Таблица 1

Химический состав почвенных растворов черноземов южных (разрез 89) юго-восточной части Ишимской равнины, ммоль-экв/л
Chemical concentration of soil solutions of southern chernozem soils (profile 89) of south-eastern part of the Ishim plain, mmol-eq/l

Глубина, см	Сумма, г/л	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
5–20	0,77	3,14	2,40	1,67	5,40	1,70	2,17
33–43	2,21	8,00	6,40	3,16	19,10	9,20	3,26
65–75	9,44	13,20	78,00	13,20	46,20	57,50	35,22
85–95	15,62	5,20	210,00	44,37	64,80	100,00	106,90
105–115	24,88	8,00	248,00	158,18	49,20	188,30	193,10
116–130	26,78	6,80	253,00	189,28	48,00	203,30	200,40
150–160	26,32	4,80	262,00	177,26	46,80	187,50	211,00
190–210	25,12	5,60	261,00	151,12	49,20	177,50	217,00
260–270	23,49	5,20	260,00	130,62	49,20	150,00	206,90
350–370	20,62	5,20	245,00	95,79	52,20	124,00	189,50
450–470	20,10	6,00	251,00	84,54	56,40	117,30	178,70
520–540	19,54	4,40	246,00	83,41	58,20	115,00	168,70
Грунтовая вода	17,68	6,00	223,00	73,30	48,00	105,00	156,30

Примечание: Здесь и далее: $P=0,05$.

Следует обратить внимание на уменьшение минерализации и концентрации хлора в поровых растворах ниже гипсово-аккумулятивной зоны. Отмеченная закономерность характерна для всех солевых профилей и не зависит от глубины залегания грунтовых вод. Это связано главным образом с аридизацией климата юга Западной Сибири в последние 200 лет, о чем свидетельствуют усыхание озер и снижение радиального прироста древесины в степной зоне [10]. Как результат – формирование относительно более минерализованных поровых растворов в гипсово-аккумулятивной зоне и особенно над ней. В аридные фазы климата накопление и концентрирование атмосферных солей происходит в карбонатно-аккумулятивной зоне. В гумидные фазы в связи с увеличением интенсивности внутрисочвенного стока соли сбрасываются в гипсово-аккумулятивную зону.

В верхних слоях почв наблюдается четкая взаимосвязь состава обменных катионов с распределением в профиле карбонатов (табл. 2). В зоне выщелачивания карбонатов почвы имеют типичный для черноземов состав обменных оснований. На долю кальция приходится 70–80, магния – 15–20% от суммы поглощенных катионов. Содержание обменного натрия невелико и обычно не превышает 0,2 ммоль-экв/100 г. Увеличение содержания магния и натрия в поглощающем комплексе происходит в слоях ниже максимума карбонатов и связано с ростом концентрации легкорастворимых солей в почвенных растворах. Максимальная насыщенность поглощающего комплекса магнием (45–50%) и натрием (15–20%) в черноземах южных наблюдается в зоне аккумуляции гипса, обычно на глубине 1–2 м.

Таблица 2

Состав обменных катионов черноземов южных (разрез 89) юго-восточной части Ишимской равнины
Composition of exchange cations of southern chernozems (profile 89) of south-eastern part of the Ishim plain

Глубина, см	Содержание, ммоль-экв/100 г				Сумма	В % от суммы			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
0–15	27,85	6,58	0,26	2,75	37,44	74,39	17,57	0,69	7,35
15–30	25,14	7,25	0,26	1,12	33,77	74,44	21,47	0,77	3,32
33–43	28,90	8,51	0,23	0,99	38,63	74,81	22,03	0,60	2,56
45–55	26,90	9,09	0,29	0,68	36,96	72,78	24,59	0,78	1,84
58–68	25,73	10,83	0,51	0,53	37,60	68,43	28,80	1,36	1,41
85–95	16,45	13,53	2,00	0,41	32,39	50,79	41,77	6,17	1,27
105–115	13,85	14,65	3,05	0,46	32,01	43,27	45,77	9,53	1,44
116–126	13,27	16,25	3,98	0,51	34,01	39,02	47,78	11,70	1,50
150–160	11,28	13,60	3,93	0,46	29,27	38,54	46,46	13,43	1,57
180–190	10,57	11,60	3,01	0,52	25,70	41,13	45,14	11,71	2,02
250–260	11,75	12,96	3,36	0,60	28,67	40,98	45,20	11,72	2,09
340–350	13,16	11,21	3,61	0,53	28,51	46,16	39,32	12,66	1,86
440–450	15,27	12,76	4,49	0,76	33,28	45,88	38,34	13,49	2,28

Элювиально-иллювиальный характер распределения, профильная разобщенность карбонатов, сульфатов и хлоридов в соответствии с их растворимостью дают нам право рассматривать генезис солевых профилей на основе концепции Г.Н. Высоцкого. Аэральные соли, поступающие в почву с атмосферными осадками, в слое ежегодного промачивания не могут накапливаться, потому что нисходящим током воды постоянно проталкиваются за его пределы. В иллювиально-карбонатном горизонте раствор солей концентрируется до стадии осаждения карбоната кальция. В нижней части зоны выщелачивания после осаждения карбонатов и дальнейшего испарительного концентрирования почвенного раствора относительно возрастает содержание хлоридов и сульфатов. В гипсовом горизонте атмосферный солевой раствор концентрируется до стадии насыщения сульфатом кальция. Здесь происходит осаждение основной массы гипса. В процессе дальнейшего продвижения вниз по профилю концентрирование солевого раствора продолжается. Об этом свидетельствует увеличение содержания хлора. Попутно продолжается и осаждение гипса, но уже в не столь большом количестве, как в гипсовом горизонте. В результате формируется гипсово-аккумулятивная зона. Ниже этой зоны поток (хотя и замедленный) солевого раствора продолжается, но его упаривание прекращается. Прекращается и осаждение гипса. После осаждения основной массы сульфатов в гипсово-аккумулятивной зоне в растворе возрастает доля хлоридов. Поэтому в равномер-

но засоленной зоне профиля черноземов южных хлоридно-сульфатное отношение составляет 2–5, в то время как в атмосферных осадках оно равняется 0,56.

В солонцах профильное распределение карбонатов и гипса (если он имеется) аналогично с рядом расположенными и формирующимися в одинаковых условиях черноземами южными. Естественно предположить, что формирование данных морфоструктур ионно-солевого профиля происходило в досолонцовую стадию развития. Отличаются солонцовые почвы повышенной засоленностью солонцового и особенно подсолонцового горизонта, а также наличием второго гипсового горизонта в зоне аккумуляции карбонатов (рис. 3, табл. 3). Насыщенность поглощающего комплекса магнием в солонцовом горизонте увеличивается до 40–55, а натрием – до 10–15% (табл. 4). Это связано с уменьшением интенсивности внутрипочвенного стока и увеличением концентрации легкорастворимых солей в верхних горизонтах почвы (включая и солонцовый) в результате образования иллювиального-глинистого (солонцового) горизонта. На основе сопряженного структурно-функционального анализа ионно-солевых профилей (состава твердых солей, почвенного раствора и поглощающего комплекса) почв черноземно-солонцовых комплексов юга Ишимской равнины и опубликованных материалов по другим регионам нами предложена концепция негаломорфного происхождения солонцовых почв [11].

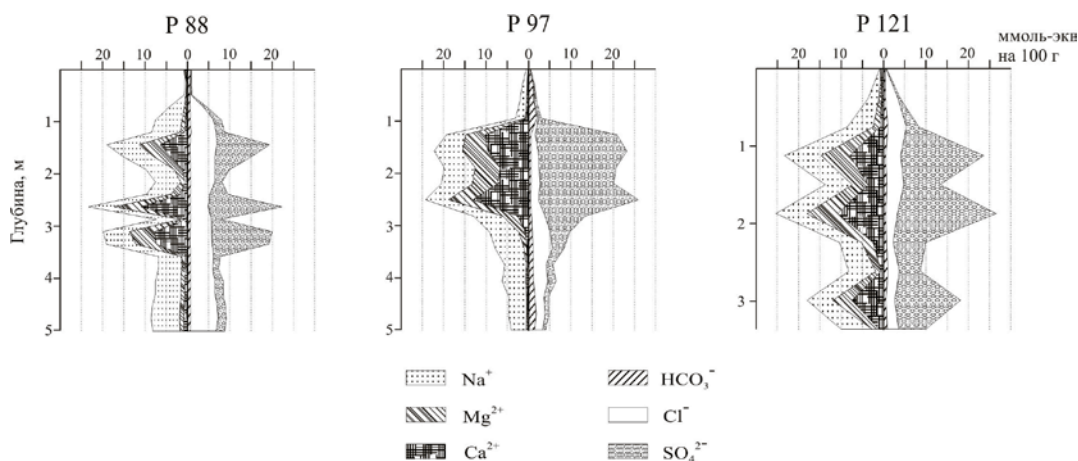


Рис. 3. Засоление почв и подстилающих пород солонцов юго-восточной части Ишимской равнины (ммоль-экв/100 г)
Salinization of soils and undersoils of solonetz soils in the south-eastern part of the Ishim plain (mmol-eq/100g)

Таблица 3

Химический состав почвенных растворов солонцов (разрез 88) юго-восточной части Ишимской равнины, ммоль-экв/л

Chemical composition of solonetz soil solutions (profile 88) of south-eastern part of the Ishim plain, mmol-eq/l

Глубина, см	Сумма, г/л	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
0–25	2,27	1,80	18,00	1,44	16,80	9,50	9,65
25–40	19,90	4,80	286,00	12,76	68,40	112,50	166,96
42–52	30,17	6,00	426,00	79,06	76,80	208,34	244,18
52–62	32,56	6,00	459,00	98,60	76,80	212,50	269,23
65–75	32,91	6,40	456,00	108,40	77,40	227,17	272,36
85–95	33,54	6,00	493,00	95,84	79,80	229,17	276,53
107–117	34,59	5,60	510,00	92,68	90,00	254,17	284,88
140–150	37,39	3,60	582,00	90,38	99,00	266,67	292,19
180–200	37,08	5,60	574,00	90,22	96,00	245,84	301,06
250–270	32,02	3,20	495,00	80,88	81,00	185,50	276,53
360–370	24,83	3,60	367,00	66,74	68,20	128,84	232,36
420–450	23,79	4,00	352,00	62,42	64,80	120,84	226,16
500–520	21,55	4,40	318,00	59,74	60,00	108,34	196,70
Грунтовые воды	21,16	6,00	306,00	56,49	58,20	112,50	200,70

Таблица 4

Состав обменных катионов солонцов (разрез 88) юго-восточной части Ишимской равнины
Composition of solonetz exchange cations (profile 88) of south-eastern part of the Ishim plain

Глубина, см	Содержание, ммоль-экв/100 г				Сумма	В % от суммы			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5–15	20,85	6,76	0,79	1,09	29,49	70,70	22,92	2,68	3,70
15–25	19,50	6,58	0,89	1,08	28,05	69,52	23,46	3,17	3,85
25–40	14,80	16,05	3,47	1,02	35,34	41,88	45,42	9,82	2,89
42–52	15,57	16,12	3,71	1,03	36,43	42,74	44,25	10,18	2,83
52–62	12,74	16,63	4,59	1,05	35,01	36,39	47,50	13,11	3,00
62–71	12,27	14,31	4,09	0,96	31,63	38,79	45,24	12,93	3,04
80–90	13,10	13,54	4,09	0,93	31,66	41,38	42,77	12,92	2,94
107–117	12,30	12,80	3,85	0,85	29,80	41,28	42,95	12,92	2,85
117–135	13,45	11,80	3,71	0,57	29,53	45,55	39,96	12,56	1,93

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
140–150	12,57	10,64	3,24	0,52	26,97	46,61	39,45	12,01	1,93
170–180	14,45	10,64	3,14	0,58	28,81	50,16	36,93	10,90	2,01
240–250	12,80	9,48	3,24	0,53	26,05	49,14	36,39	12,44	2,03
340–350	14,57	10,83	3,83	0,57	29,80	48,89	36,34	12,85	1,91
440–450	16,21	11,80	4,29	0,66	32,96	49,18	35,80	13,02	2,00

На предсолонцовой стадии эволюции почв на месте будущего солонцового горизонта в выщелоченной от карбонатов и незасоленной части профиля в результате биогеохимического выветривания происходит иллювиальное накопление и синтез гидрофильных коллоидов и высокомолекулярных соединений. Параллельно протекают и усиливаются во времени в лишенном карбонатного цемента горизонте процессы дезагрегирования многопорядковой исходной структуры, уплотнения и слитизации в результате набухания и усадки. Вследствие уменьшения фильтрационной способности образующегося иллювиального горизонта изменяется миграционная, а вместе с этим и функциональная структура ионно-солевой системы почв, ухудшается солевая вентиляция, в верхних горизонтах увеличивается степень испарительного концентрирования солей, поступающих с атмосферными осадками. Это приводит к преобразованию типичного для незасоленных почв состава поглощенных катионов в специфический солонцовый в иллювиальном горизонте, увеличению степени засоления подсолонцовых горизонтов, смещению зоны аккумуляции гипса в иллювиально-карбонатный горизонт.

Исходя из концепции негаломорфного происхождения солонцов, повышенная засоленность солонцового и особенно подсолонцового горизонта, насыщенность поглощающего комплекса натрием и магнием являются не причиной процесса осолонцевания, а его следствием. После образования солонцового горизонта изменяется миграционная и функциональная структура ионно-солевой системы почв, вследствие чего активизируется соленакопление в верхних горизонтах почвы как за счет атмосферных солей, так и солей нижних, ранее засоленных горизонтов.

Предлагаемая концепция позволяет более обоснованно истолковать ряд феноменов солонцеобразования: формирование солонцов в очень широком спектре природно-климатических, геоморфологических и экологических условий; образование автоморфных солонцов; наличие двух гипсовых горизонтов; различную глубину залегания солонцового горизонта и ее тесную взаи-

мосвязь с глубиной выщелачивания карбонатов; высокую степень насыщенности магнием мало-натриевых солонцов.

ВЫВОДЫ

1. На территории Ишимской степи главным источником поступления солей в почвы являются атмосферные осадки. Глубина, степень и химизм засоления почв определяются интенсивностью внутрипочвенного стока, величина которого зависит от условий поверхностного увлажнения элементов микрорельефа и влагоемкости почвообразующих пород.

2. Солевые профили всех автономных почв данной территории имеют однотипное строение. В них четко выделяются три зоны: выщелачивания легкорастворимых солей, гипсово-аккумулятивная и безгипсовая. Такая общность для зонального спектра дает веские основания предполагать, что все солевые профили исследуемых почв имеют моногенетическую природу.

3. Аналогичное распределение карбонатов и гипса в профиле солонцов и черноземов южных дает право предположить, что формирование данных морфоструктур ионно-солевого профиля происходило до формирования солонцового горизонта.

4. После формирования иллювиально-глинистого (солонцового) горизонта изменяется миграционная и функциональная структура ионно-солевой системы почв, ухудшается солевая вентиляция, что приводит к активизации соленакопления в верхних горизонтах почвы главным образом за счет атмосферных солей.

5. Согласно концепции негаломорфного происхождения солонцов, повышенная засоленность солонцового и особенно подсолонцового горизонта, насыщенность поглощающего комплекса натрием и магнием являются не причиной процесса осолонцевания, а его следствием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Карбонатно-кальциевое равновесие в системе вода–почва* / Т.М. Минкин, А.П. Ендовицкий, В.П. Калинин, Ю.А. Федоров. – Ростов-н/Д: Изд-во Юж. федер. ун-та, 2012. – 376 с.
2. *Панов Н.П. Особенности генезиса почв солонцовых комплексов степной зоны: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук.* – М., 1972. – 36 с.
3. *Высоцкий Г.Н. Избранные сочинения: в 2 т.* – М.: Изд-во АН СССР, 1962.
4. *Теория и практика химического анализа почв* / под ред. Л.А. Воробьевой. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.
5. *Крюков П.А. Горные, почвенные и иловые растворы.* – Новосибирск: Наука, 1971. – 220 с.
6. *Сеньков А.А. Галогенез степных почв (на примере Ишимской равнины).* – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 152 с.
7. *Сеньков А.А. Влияние природных факторов на атмосферное засоление почв и пород юга Ишимской равнины* // Сиб. экол. журн. – 2004. – № 3. – С. 301–313.
8. *Орлова Л.А. Голоцен Барабы.* – Новосибирск: Наука, 1990. – 127 с.
9. *Черноземы: свойства и особенности орошения* / В.П. Панфилов, И.В. Слесарев, А.А. Сеньков [и др.] // Особенности засоления почв, подстилающих пород и грунтовых вод. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – С. 57–71.
10. *Шнитников А.В., Ловелиус Л.В., Седова Л.И. Дендроиндикация внутривековой изменчивости общей увлажненности* // Озера Срединного региона (историческая изменчивость и современное состояние). – Л.: Наука, 1976. – С. 181–195.
11. *Сеньков А.А. Генезис степных солонцов* // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2005. – № 15. – С. 123.

REFERENCES

1. Minkin T.M., Endovitskiy A.P., Kalinichenko V.P., Fedorov Yu.A. *Karbonatno-kal'tsievoe ravnovesie v sisteme voda–pochva* [Carbonate-calcium equilibrium in the water-soil system]. Rostov-n/D: Izd-vo Yuzh. feder. un-ta, 2012. 376 p. (In Russ.).
2. Panov N.P. *Osobennosti genezisa pochv solontsovykh kompleksov stepnoy zony* [Peculiarities of the genesis of soils of solonetz complexes of the steppe zone]. Moscow, 1972. 36 p. (In Russ.).
3. Vysotskiy G.N. *Izbrannye sochineniya* [Selected works]: v 2 t. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1962. (In Russ.).
4. *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv* [Theory and practice of chemical soil analysis]. Pod red. L.A. Vorob'evoy. Moscow: GEOS, 2006. 400 p. (In Russ.).
5. Kryukov P.A. *Gornye, pochvennye i ilovye rastvory* [Mountain, soil and silt solutions]. Novosibirsk: Nauka, 1971. 220 p. (In Russ.).
6. Sen'kov A.A. *Galogenez stepnykh pochv (na primere Ishimskoy ravniny)* [Halogenesis of steppe soils (on the example of the Ishim Plain)]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004. 152 p. (In Russ.).
7. Sen'kov A.A. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*, no. 3 (2004): 301–313. (In Russ.).
8. Orlova L.A. *Golotsen Baraby* [Holocene Baraba]. Novosibirsk: Nauka, 1990. 127 p. (In Russ.).
9. Panfilov V.P., Slesarev I.V., Sen'kov A.A. i dr. *Osobennosti zasoleniya pochv, podstilayushchikh porod i gruntovykh vod*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1988. pp. 57–71. (In Russ.).
10. Shnitnikov A.V., Lovelius L.V., Sedova L.I. *Ozera Sredinnogo regiona (istoricheskaya izmenchivost' i sovremennoe sostoyanie)*. Leningrad: Nauka, 1976. pp. 181–195. (In Russ.).
11. Sen'kov A.A. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 15 (2005): 123. (In Russ.).