

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.48

ГИПСОНОСНЫЕ ГАЖЕВЫЕ ПОЧВЫ СУББОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА ЕВРАЗИИ

© 2023 г. И. А. Ямнова^а, *, Г. И. Черноусенко^а

^аПочвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017 Россия

*e-mail: irinayamnova@mail.ru

Поступила в редакцию 19.04.2022 г.

После доработки 28.06.2022 г.

Принята к публикации 28.07.2022 г.

Дана сравнительная характеристика гажевых почв, сформированных в разных климатических условиях суббореального пояса – лесостепи, степи, полупустыни и пустыни. Приведен их морфологический, микроморфологический, минералогический и химический анализ. Генезис гажевых горизонтов разный: седиментационный – результат инситного выветривания плотных гипсодержащих пород, гидрогенный – результат выпадения из грунтовых вод. Показано, что несмотря на различное происхождение гажевого горизонта этих почв, гипс представлен “мучнистыми” формами, размер кристаллов <0.25 мм, содержание гипса >50%, часто содержит карбонаты и легкорастворимые соли с преобладанием сульфата натрия и магния. Полевая диагностика гажевого горизонта и определенное содержание гипса в нем химическими методами оказываются не всегда корректными; для точного определения состава солей необходим минералогический анализ. Анализ микроморфологического строения ярко демонстрирует генезис гипса: в гидрогенных условиях при выпадении гипса из грунтовых вод или полупроточных водоемов отмечается преимущественно гипсовый материал, часто субпараллельного микросложения, тогда как при инситном или латеральном делювиальном перемещении наблюдается совместное отложение гипса с силикатным материалом.

Ключевые слова: микроморфология, минералогический анализ, солевой состав, формы гипса, карбонатность почв, Hypergypsic Solonchak, Naplic Gypsisol, Endocalcic Solonchak

DOI: 10.31857/S0032180X22600603, **EDN:** JKWNMU

ВВЕДЕНИЕ

Гипсоносные почвы, в том числе гажевые, были предметом изучения многих исследователей – В.В. Докучаева, В.В. Акимцева, Б.А. Клопотовского, С.В. Преображенского, И.П. Герасимова, А.Н. Розанова, Н.Г. Минашиной, Ш.Д. Хисматуллина, А.И. Климентьева, С.В. Горячкина, И.В. Спиридоновой, О.Г. Лопатовской [1, 2, 7–9, 13–17, 19, 20, 25, 30–32, 35–37] и др. Почвы на гажевых отложениях широко распространены в зоне сухих субтропиков практически всех континентов – Евразии, Северной Америки, Африки, Австралии, но чаще они встречаются в аридных полупустынных и пустынных зонах. Тем не менее, гажевые почвы формируются и в гумидных бореальных областях на плотных гипсах [8], а также на Русской равнине в Ярославской области [23], в семигумидных полувлажных условиях лесостепи Предбайкалья [10, 30–32, 35, 37], и в семиаридных полусухих условиях Предуралья [13, 40].

Гажевые почвы были отмечены и в других районах. Тюрюканов [27], приводя описание В.В. Аким-

цева разнообразных почв с карбонатным и гипсовым горизонтами в профиле, приходит к выводу, что сульфатные почвы на Кавказе, описанные В.В. Акимцевым в 1931 г. [1], есть не что иное, как испанские барросы, а эриванские белоземы [9] и армянские бурые почвы “киров” [7] идентичны альбаризам, распространенным в окрестностях г. Хереса (Испания). Минашиной были исследованы гажевые серо-коричневые почвы Кура-Араксинской низменности [15] и гажевые солончаки Узбекистана [16, 17].

Прежде чем перейти к характеристике гажевых почв, уточним терминологию. В геологии принято следующее определение гажы.

“Гажа – рыхлая, рассыпчатая порошкообразная масса углекислого кальция, отложения в озерно-болотных водоемах в результате выпадения CaCO₃ из раствора. Глинистые разновидности гажы называются пресноводным, озерным или луговым мергелем. Гажа применяется для производства цемента. В Закавказье и Средней Азии к гаже относят рыхлую породу, состоящую из гипса, глины и песка, которая употребляется в

обоженном виде для штукатурки как вяжущее средство. Синонимы: гипс землистый, мел озерный, известняк луговой, лимнокальцит” [6].

В почвоведении понятие “гажи” приобрело более узкий смысл.

Гажа (синоним – землистый гипс) – природное глинисто-гипсовое карбонатно-глинисто-гипсовое образование, содержащее 20% и более микрокристаллического гипса, обычно не содержащее легкорастворимых солей. Используется для гипсования солонцовых и содовых почв и как строительный материал [26].

Тюркоязычный термин гажа (ганч) – соответствует испанскому понятию “хезо”, выделяемого в гипсоносных почвах Испании.

Морфологически эти отложения представляют собой мучнистую светло-серую массу, состоящую из мелких кристаллов гипса, содержание которого достигает 70–90%; мощность этих отложений колеблется от нескольких сантиметров до 2 м.

Таким образом, согласно разным источникам, гажевые почвы – это группа почв, объединенная одним общим признаком – наличием “мучнистой” формы гипса с его содержанием >20% и размером кристаллов <0.25 мм. Горизонты скопления гипса могут содержать значительное количество карбонатов.

Именно этим почвам – их генезису и свойствам – посвящена настоящая статья.

Непосредственно генезис гажевых почв имеет несколько гипотез: 1 – в результате гидрогенной аккумуляции солей из грунтовых вод [19]; 2 – в результате взаимодействия Са коры выветривания с Na_2SO_4 в делювиальных потоках [14]; 3 – элювиальное (почвенное) [15, 20]; 4 – в результате выветривания и размывания пород, содержащих серу [2].

Процессы, приводящие к образованию в профиле почв гажевых горизонтов, представлены на рис. 1.

Изучены состав и свойства гипсоносных, в том числе гажевых почв. Наиболее полная их микроморфологическая характеристика представлена в монографии “Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths” 2018 г. В главе, посвященной характеристике гипсовых новообразований, приведено описание существующих морфологических форм, а также сделана попытка систематизации их по типам [46]. Наиболее распространенной в почвах морфологической формой гипса является веретенообразный гипс, который описан во многих литературных источниках [18, 38, 39, 41, 42, 44, 47–49, 52].

Авторы [46] различают 4 основных типа почвенной массы гипсоносных почв в зависимости от степени цементации и размера кристаллов гипса: 1 – порошистый гипсовый материал, 2 – микрокристаллический гипс, 3 – устойчивый к разлому гипсовый материал, 4 – эоловый гипсовый материал. Гажевые почвы отнесены к типу порошистого гипсового материала.

Порошистый гипсовый материал содержит обычно более 60% гипса, иногда для него характерна крупная призматическая структура, образовавшаяся вследствие вертикальных трещин, легко диагностируемая в полевых условиях. По предложению Ступса и Поч [50] гипсовый порошистый материал классифицируется как “гипергипсовое чечевицеобразное” субобразование. Крупнозернистый гипсовый материал в почвенной массе состоит в основном из песчаных по размеру чечевицеобразных кристаллов гипса. Мелкозернистый не содержащий гипс материал появляется в почвенной массе как часть фракции в виде “островков”, разделенных гипсом (“островное микросложение”) [43]. Поровые заполнители и пленки гипса неравномерно распределены в почвенной массе и сильно переработаны почвенной фауной, которая реорганизует кристаллы гипса, образуя проходы серповидного характера в ходе процесса гипсообразования. Порошистый гипс особенно присущ гажевым почвам в России, описанным в литературе [18, 35, 37, 51]. Порошистый гипс образуется не только при осаждении из воды [35], но и в результате физического выветривания твердых гипсовых пород в северной тайге России [8]. Эти процессы приводят к образованию гипсового порошкообразного материала с размером частиц 0.01–0.25 мм, реже до 1–2 мм.

Цель работы – проведение сравнительного анализа свойств гажевых почв Евразии, сформированных в контрастных биоклиматических условиях суббореального пояса – от лесостепи до пустыни. Рассмотрено морфологическое и микроморфологическое строение, а также химический и минералогический состав гажевых почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили гипсоносные почвы разных биоклиматических зон (рис. 2), относящиеся к трем группам гажевых почв, согласно предложенной выше схеме процессов гипсообразования: 1 – гажевые почвы Предбайкалья, имеющие водноаккумулятивное происхождение (разрез 7-02И); 2 – гажевые почвы Предуралья на плотных породах (разрез 3); 3 – гажевые почвы сазовых зон Казахстана (долина

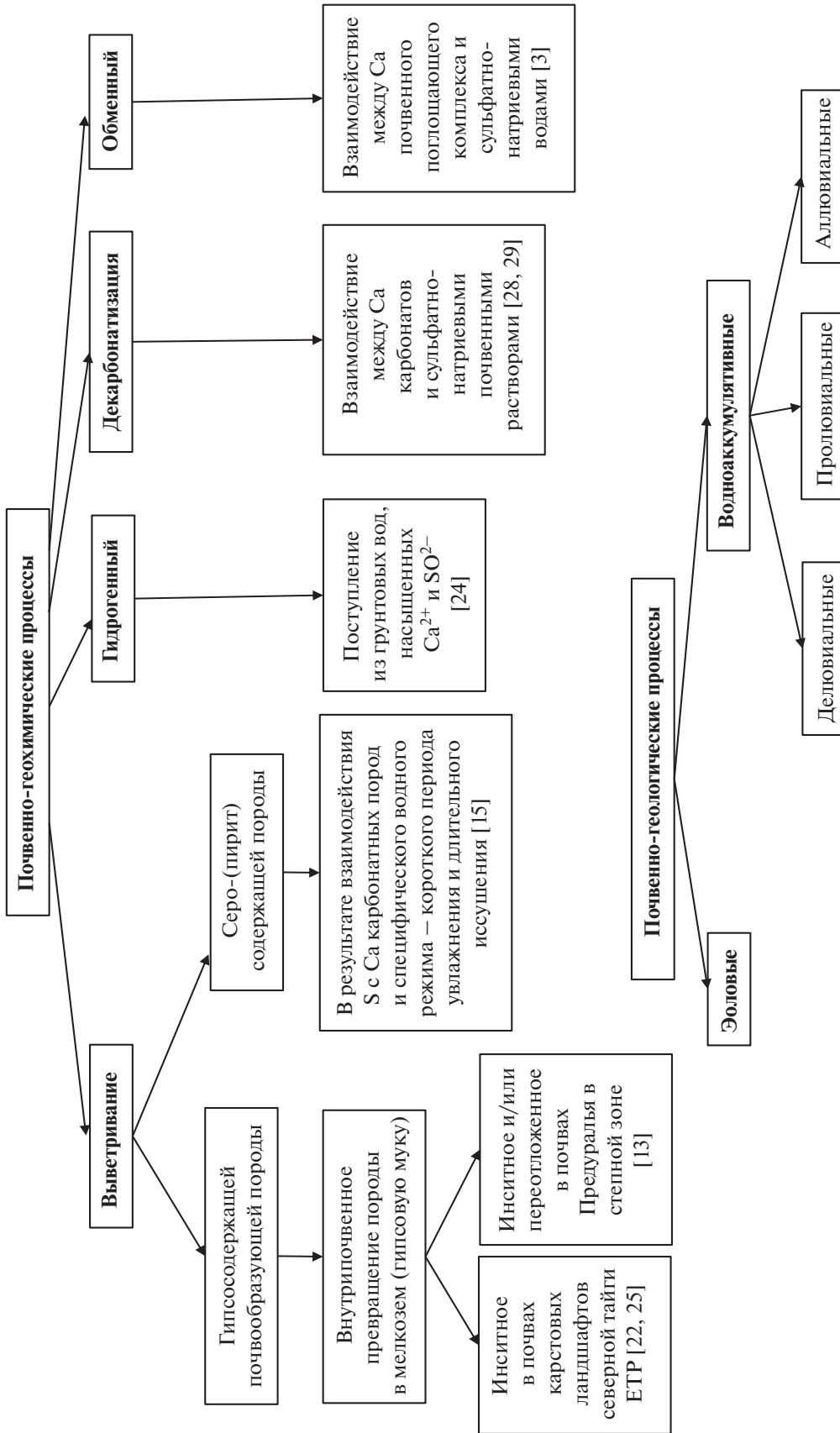


Рис. 1. Процессы образования гипса в почвах.

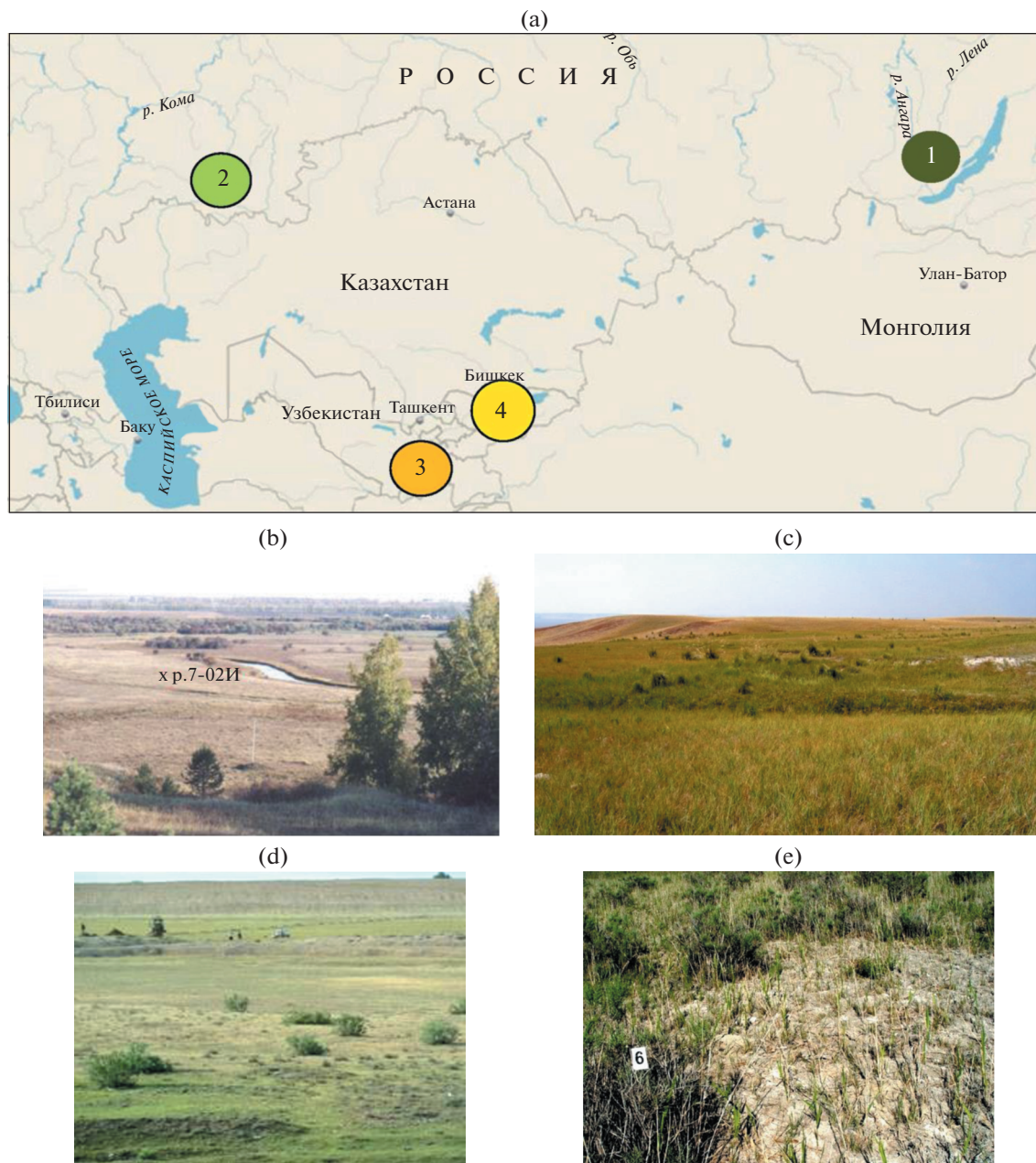


Рис. 2. Районы исследования: а – карта-схема: 1 – лесостепная зона – Предбайкалье, 2 – степная зона – Южный Урал, 3 – субтропическая полупустыня – Голодная степь, Узбекистан, 4 – пустынная зона – долина р. Или, Казахстан; б – ландшафт Предбайкалья, с – ландшафт Южного Урала (Кзыладырское карстовое поле), d – ландшафт Голодной степи, Узбекистан, е – ландшафт долины р. Или, Казахстан.

р. Или, разрез б) и Узбекистана (Голодная степь, разрез 2Г) гидрогенного происхождения.

Для характеристики свойств исследуемых почв была применена система методов диагностики их засоления, представляющая собой сопряженное поэтапное минералогическое и микроморфологическое (с учетом химического) исследование на макро-, мезо-, микро- и субмикроуровнях. Были использованы следующие методы: 1) химические – определение ионного состава

ва легкорастворимых солей (анализ водной вытяжки), содержания гипса по Хитрову [21] и карбонатов по Козловскому [4]; 2) минералогические – (рентгендифрактометрический); 3) микроморфологические – оптическая поляризационная микроскопия. Микроморфологические исследования в шлифах проведены по классическим методикам с использованием оптических минералогических микроскопов Olympus BH-2 и Nikon E-200.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Условия формирования (рельеф, почвообразующие породы и природно-климатические зоны), а также общая характеристика морфологического строения, химического и минералогического состава исследованных почв приведены в табл. 1.

Анализ полученных данных показывает, что, несмотря на значительную разницу в условиях почвообразования (разные природно-климатические зоны и почвообразующие породы), свойства гажевых горизонтов схожи. Во всех исследованных гажевых почвах, кроме профиля разреза 6, наличие гипса подтверждено минералогическим анализом, а также микроморфологически (везде преобладают псевдоромбоидальные кристаллы гипса). В профиле разреза 6 (Или, Казахстан), диагностированном при полевом описании как гажевый, результаты анализа водной вытяжки позволяют предполагать наличие гипса, но ни микроморфологически, ни минералогически его наличие не подтверждается.

Химический анализ гажевых горизонтов в ряде случаев показал высокое содержание гипса (56–88%) и легкорастворимых солей – более 1%, а также наличие карбонатов.

Более подробное описание свойств гажевых почв лесостепной, степной, полупустынной и пустынной зон приведено ниже. Описание начнем с гажевых почв, приуроченных к лесостепной зоне Предбайкалья.

Лесостепная зона суббореального пояса Евразии. Предбайкалье. Климат резкоконтинентальный, с холодной зимой, жарким летом, отрицательной среднегодовой температурой воздуха (-2.01°C), небольшим количеством осадков (диапазон значений за 100 лет наблюдений на ближайшей метеорологической станции в Баяндае составил 200–550 мм/год, среднее значение 340 мм/год) и высокой испаряемостью, $KU < 1$, что способствует выпотному типу водного режима. На днищах речных долин почвы промерзают так сильно, что не успевают оттаивать за теплый сезон.

Рельеф – холмисто-увалистый, расчлененный глубокооврезанными речными долинами, падами, ложбинами. Кембрийские отложения, повсеместно распространенные, представлены известняками, доломитами, мергелями, алевролитами, гипсами. Степень минерализации вод, циркулирующих в кембрийской толще, достигает 2–4 г/л, состав вод в основном сульфатно-кальциевый. Растительность на верхних частях склонов представлена лесом, на открытых участках – степными, луговыми и болотными формациями. Почвенный покров разнообразен: плакоры заняты дер-

ново-лесными и дерново-карбонатными почвами, на пониженных гидроморфных позициях – лугово-черноземные, луговые, солончаки [30, 31].

Формирование гажевых почв Предбайкалья ни одна из перечисленных выше гипотез объяснить не может. Наиболее близкой к объяснению генезиса гажевых почв можно считать гипотезу Акимцева о выветривании и размывании серосодержащих пород [1, 2]. Хисматуллин [32] была предложена схожая, связанная с водноаккумулятивными процессами, гипотеза происхождения гажевых отложений. Согласно этой гипотезе, источником гипса в гажевых толщах служат широко распространенные в Лено-Ангарском междуречье засоленные гипсоносные породы усольской свиты кембрия, приуроченные к повышенным элементам рельефа. Формирование гажевых почв представляет собой сложный процесс, состоящий из нескольких этапов.

I этап. В доплейстоценовой эпохе в хорошо развитых речных долинах с четко выраженными террасами в условиях ксерофитизации климата произошло понижение базиса эрозии, и начался процесс почвообразования в поймах.

II этап. В плейстоцене произошло увлажнение климата и затопление пойменных террас; в этих условиях в расширенных частях слабопроточных озеровидных водоемов гипс осаждался из вод, содержащих сульфаты кальция. Именно на этом этапе произошло накопление гажевых толщ.

III этап. В голоцене в результате понижения базиса эрозии участки долин с гажей вышли из-под воздействия водоемов и превратились в первые надпойменные террасы.

Пример гажевой почвы Предбайкалья – гажевый солончак – представлен на рис. 3. Разрез 7-02И расположен на первой надпойменной террасе р. Куды (рис. 2b), координаты 53.122525 N; 104.884196 E. Почва сформирована на красно-бурых кембрийских глинах усольской свиты. Ниже гумусового горизонта залегает хорошо сформированный гажевый горизонт, в котором видна большая морозобойная трещина, глубже – погребенный гумусовый горизонт, лежащий на красно-бурых кембрийских глинах (рис. 3a).

Солончак гажевый в настоящее время находится в автоморфном режиме. По WRB [45] это Amphycalcic Hypergypsic Solonchak (Loamic, Sulfatic, Raptic). В классификации и диагностики почв России (КиДПР [11]) 2004 г. подобные солончаки не выделены.

Профиль почвы засолен, содержание легкорастворимых солей максимально в гумусовом горизонте – 2.5–3.0%, из них токсичных сульфатно-натриевых и сульфатно-магниевых солей –

Таблица 1. Природно-климатическая характеристика районов исследования, морфологические и химико-минералогические особенности гажевых почв

Факторы почвообразования	Предбайкалье	Предуралье	Узбекистан	Казахстан
	природно-климатическая зона			
	лесостепная	степная	полупустынная	пустынная
Рельеф, геоморфологический район	Холмисто-увалистый, расчлененный глубоковрезанными долинами рек, 1-ая надпойменная терраса р. Куды	Холмисто-грядовый карстово-эрозионный, структурная терраса ручья Ащибляк	Аллювиально-пролювиальная голодностепская равнина, шлейф санзарского конуса выноса, сазовая зона	Долина р. Или, конус выноса на террасе р. Чарын, подножье хребта улькен-богуты, сазовая зона
Почвообразующие породы	Красно-бурые глины Усольской свиты нижнего кембрия (с известняками, гипсами, мергелями)	Плотные гипсы и красноватые глины пермского периода кунгурского яруса	Лёссовидные суглинки	Лёссовидные суглинки
Особенности химико-морфологического состава и строения гажевого горизонта	Минералогические	Мономинеральный – гипс	Мономинеральный – гипс, доломит, кальцит	Полиминеральный – гидроглауберит астраханит, тенардит
	Морфологические	Мучнистая светло-серая масса, состоящая из мелких кристаллов гипса	Плотный, светло-серый, мучнистый, выделяются друзы гипса	Рыхлый, состоит из скопления солей
	Микроморфологические	Вихреобразные скопления псевдоромбоидальных кристаллов гипса	Псевдоромбоидальные кристаллы гипса, единичные друзы, преобладающие в нижней части горизонта	Псевдоромбоидальные кристаллы гипса сцементированы карбонатной плазмой; гипсы
Содержание солей, %				
– гипса, CaSO ₄ ·2H ₂ O	56	88	75	10
– карбонатов, CaCO ₃	6.2	0.7	11.7	3.3
– легкорастворимых солей*	1.7/0.7	1.1/0.1	1.2/0.2	56.4/54.4

* Сумма солей общая/сумма токсичных солей.

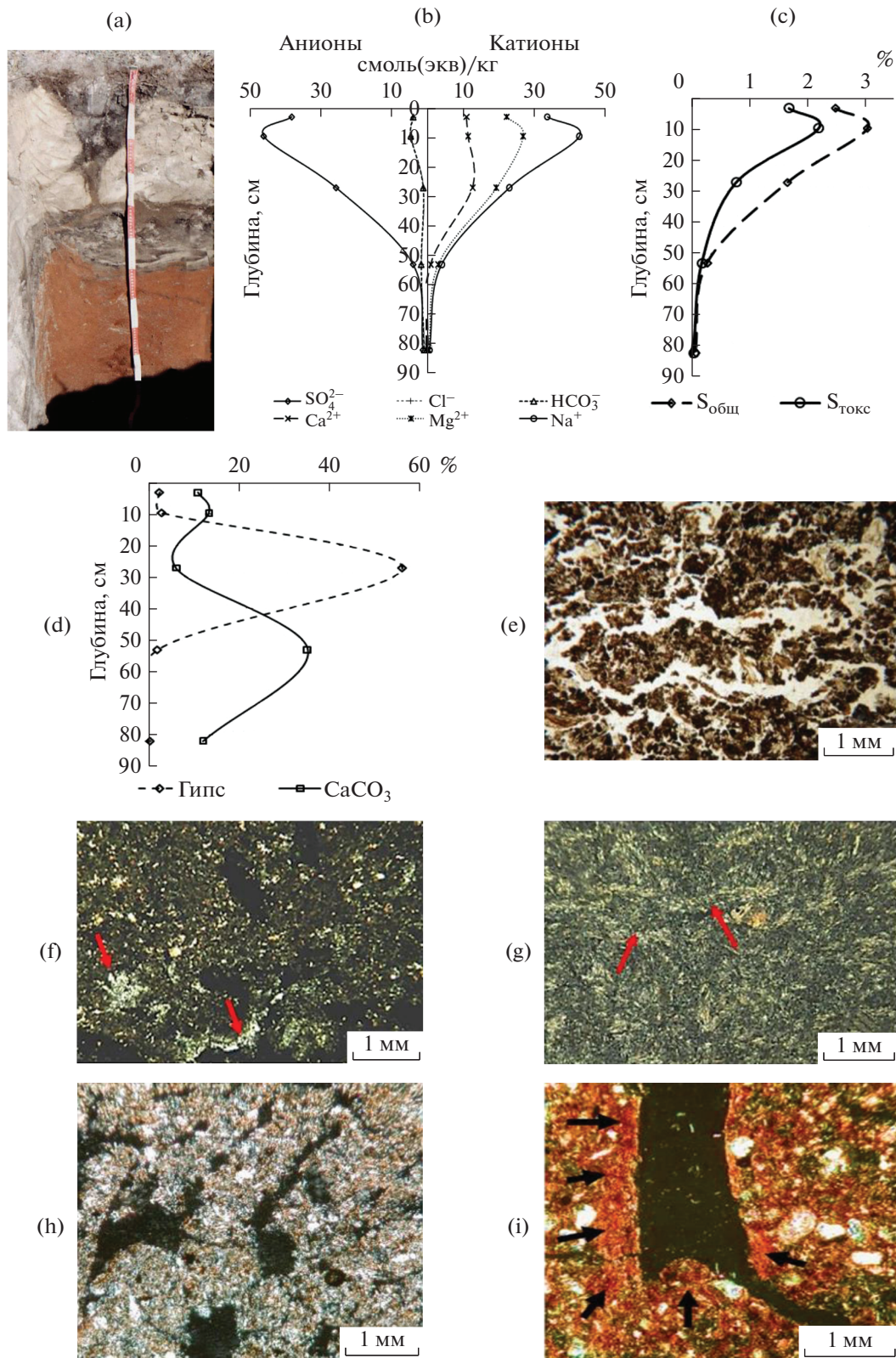


Рис. 3. Разрез гажевого солончака (Иркутская область), первая надпойменная терраса р. Куды: а – профиль; б – солевой состав водной вытяжки 1 : 5; с – сумма солей в водной вытяжке общая и токсичных; д – общее содержание гипса и карбонатов; е – субпараллельное микросложение гумусового горизонта, ПNi; ф – скопления кристаллов гипса в гумусовом горизонте (отмечено стрелками) XNi; г – вихреобразные скопления псевдоромбоидальных кристаллов гипса в гажевом горизонте (отмечено стрелками) XNi; h – погребенный горизонт, ажурная пористость; i – квазикутана в подстилающей породе (отмечено стрелками) XNi.

1.5–2.1%, что соответствует сильной и очень сильной степени засоления (рис. 3b, 3c). Сильную степень засоления имеет и гажевый горизонт, сумма солей составила 1.65%, из них токсичных преимущественно сульфатно-магниевых солей 0.69%. Среди токсичных катионов почв Предбайкалья часто преобладает не натрий, а магний. В погребенном горизонте засоление слабое, ниже отсутствует. Содержание гипса и карбонатов высокое (56 и 15% соответственно) (рис. 3d), горизонт максимального скопления гипса находится над карбонатным горизонтом.

Особенности микростроения разреза 7-02И заключаются в следующем. Гумусовый горизонт характеризуется субпараллельным микросложением, высокой биогенностью (рис. 3e); видны скопления гипса в порах, что говорит, что гипс не иммобилизован в гажевом горизонте, а в настоящее время идет его перераспределение в процессе иссушения и вымораживания растворов (рис. 3f). Особенностью микросложения гажевого горизонта является субпараллельное расположение скоплений кристаллов гипса, турбационные вихреобразные скопления псевдоромбоидальных кристаллов гипса (рис. 3g); по Ступсу – Crescent pattern of lenticular gypsum crystals in a gypsum horizon. Passage feature, fabric pedofeature – выпукло-вогнутая (серповидная) структура (организация) линзовидных кристаллов гипса. В погребенном горизонте сохранилась структура гумусового горизонта, ажурная пористость, среди форм кальцита преобладает пылеватый (рис. 3h). Характерной особенностью микростроения подстилающей породы является наличие глинистых квазикутан, что говорит о подвижности глинистой плазмы (рис. 3i).

Гажевый гипсовый горизонт в этих почвах формировался благодаря сочетанию двух процессов, предшествующих современному почвообразованию: разрушению засоленных и гипсоносных кембрийских пород и переносу гипса (частично растворенного, частично в виде взвеси) в пониженные элементы рельефа с последующим его накоплением в виде гажевых толщ в процессе осаждения из насыщенных растворов в малопроточных водоемах (процесс седиментогенеза).

Таким образом, формирование современного профиля и наличие гажевого горизонта связано с водным (аллювиальным и делювиальным) переносом и последующим отложением гипсового материала, то есть это почвенно-геологический процесс, определяющий особенности современных гипсоносных почв Предбайкалья. Особенности микростроения – форма и размер кристаллов гипса, а также характер микросложения гажевого горизонта, подтвердили его образование в процессе седиментогенеза. Распределение по профи-

лю кристаллов гипса и карбонатов – приуроченность их к порам гумусового горизонта – выявило участие гажевого горизонта в формировании современной стадии профиля.

Степная зона суббореального пояса Евразии. Предуралье. Климат Предуралья семиаридный, резкоконтинентальный, с жарким летом и холодной зимой, среднегодовое количество осадков 300–350 мм, среднегодовая температура воздуха +3.4°C, КУ 0.44-0.77 [13]. Рельеф холмисто-грядовый, карстово-эрозионный [13]. Согласно почвенной карте М 1 : 2.5 млн, – это территория черноземов текстурно-карбонатных с солонцами темными [5]. Однако наличие карстовых ландшафтов вносит большое разнообразие в структуру почвенного покрова, которая отличается резкой контрастностью (как горизонтальной – мозаичности, так и вертикальной – склоновой микрозональности), динамичностью и активностью почвообразовательных процессов. В понижениях формируются засоленные гипсоносные луговые почвы среднего сульфатно-магниевого засоления и гажевые солончаки, преимущественно сульфатно-натриевого засоления с повышенным содержанием магния. На повышенных участках формируются автоморфные и полугидроморфные обычно незасоленные гажевые почвы.

Генезис почвенного гипсонакопления – внутрпочвенное инситу и/или переотложенное превращение плотной гипсосодержащей породы в мелкозем (гипсовую муку). Этот процесс имеет место в зоне передовых складок Урала на территории ландшафтного памятника природы “Кзыладырское карстовое поле” (Оренбургская область) (рис. 2c). Массив карстующихся пород представлен сульфатными отложениями кунгурского яруса пермской системы, суммарная мощность пластов гипса достигает 500 м. Это степная зона.

В качестве примера рассмотрим полугидроморфный незасоленный разрез 3, заложенный у ручья Ашибляк (рис. 4a), координаты: 51.20619 N; 56.89969 E. Почва – гипсопетрозем гумусовый слаборазвитый (по КидПП, [11]), по WRB [45] – Naplic Gypsisol (Hypergypsic, Bathypetrogypsic, Bathyglyeyic). Согласно классификации 1977 г. [12] – слаборазвитая высоко очень сильнозагипсованная глубокоглееватая почва.

Характерной особенностью профиля является наличие мощного (>1 м) белесого гипсового горизонта с содержанием (до 87%) мучнистого гипса (рис. 4a). Исследуемая почва, по данным анализа водной вытяжки (рис. 4b, 4c), не засолена. Довольно высокое содержание сухого остатка (более 1%) определяется наличием слаборастворимого гипса. В нижней части профиля (глубже 113 и, особенно, 150 см) строение приобретает принци-

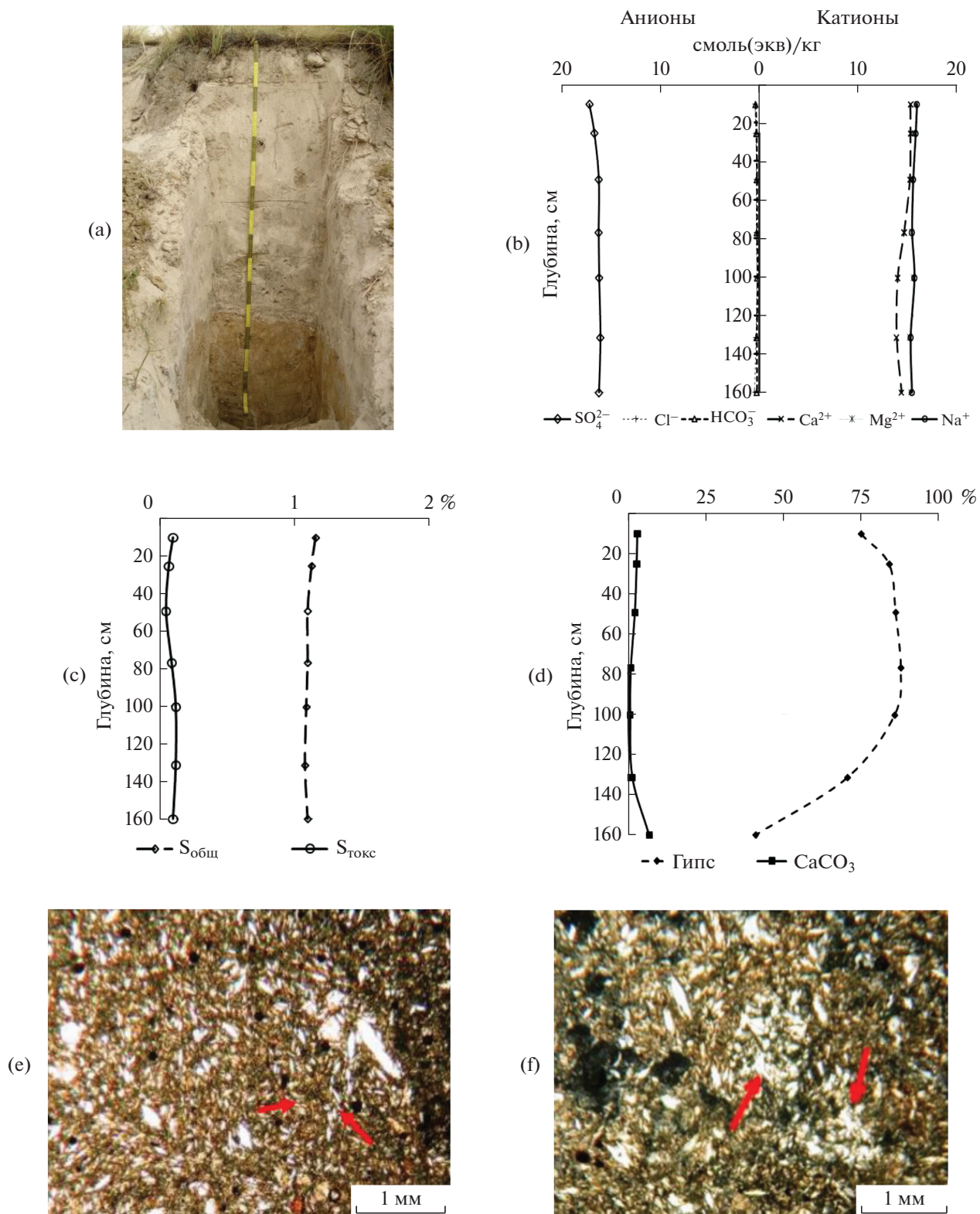


Рис. 4. Разрез слаборазвитой сильнозагипсованной почвы (Оренбургская область), Кызыладырское карстовое поле: а – профиль; б – солевой состав водной вытяжки 1 : 5; в – сумма солей в водной вытяжке общая и токсичных; д – общее содержание гипса и карбонатов; е – скопления кристаллов гипса (отмечены стрелками), XNi; ф – друзы гипса (отмечены стрелками), XNi.

пиально другой характер, окраска сменяется на темно-бурую, пеструю от обилия ржаво-охристых пятен и гипсовых новообразований, представленных стекловидными друзами.

Содержание гипса уменьшается, при этом возрастает содержание карбонатов кальция (рис. 4d). Здесь наблюдается крайне незначительное увеличение содержания токсичного сульфата магния. Такое распределение по профилю гипса, карбонатов и наличие сульфата магния в составе легкорастворимых солей говорит о возможном их подтягивании и отложении в зоне капиллярной каймы грунтовых вод.

Анализ микростроения основного гипсоносущего горизонта показал, что преобладающим компонентом микростроения являются многочисленные очень мелкие отдельные кристаллы гипса псевдоромбоидального облика в плазменном материале, друзы — единичны (рис. 4е). В нижней части горизонта друзы преобладают, количество единичных кристаллов гипса снижается (рис. 4f). Минералогический анализ подтвердил мономинеральный состав — соли представлены гипсом.

Таким образом, в слабо развитых сильнозагипсованных почвах Кызыладырского карстового поля в настоящее время идет процесс трансформации гипса. Процесс соленакопления не проявляется, почва находится в полугидроморфном режиме.

Полупустынная зона суббореального пояса Евразии. Подгорная Голодностепская равнина. Подгорные равнины Туркестанского хребта — Голодная и Джизакская степи — характеризуются аридным климатом (осадков выпадает 200–300 мм/год). Чрезвычайно низкая относительная влажность воздуха вызвана близостью пустыни Кызылкум. Засоленные почвообразующие породы (лёссовидные суглинки) и обводненность территории способствуют очень широкому распространению здесь засоленных почв. Однако режим осадков (зимне-весенние промывки) не приводит к формированию злостных солончаков. В шлейфовой части конусов выноса, в сазовой зоне формируются гидроморфные сильнозасоленные гипсоносные почвы.

Гажевые почвы чаще образуются в результате гидрогенного выпадения солей из грунтовых вод.

Исследовалась, согласно классификации 1977 г., сероземно-луговая сильнозагипсованная солончаковая почва (рис. 2d, разрез 2Г), приуроченная к сазовой зоне подгорной Голодностепской равнины (рис. 5a). Разрез заложен в междуречье рек Клы и Токурса, координаты: 40.154341 N; 68.044742 E. Почва сформировалась на лёссовидных суглинках в гидроморфном режиме — при

близком залегании (280 см) слабоминерализованных грунтовых вод. По КиДПП 2004 г. это гипсопетрозем гумусовый слабо развитый, по WRB [45] — Haplic Gypsisol (Hypergyptic, Endopetrogyptic, Bathycalcic, Bathyglyeic).

Особенности распределения солей в профиле разреза 2Г заключаются в следующем: 1) высокое содержание гипса наблюдается с поверхности до 126 см, максимальное содержание — 75% в средней части профиля на глубине 100 см (рис. 5d); 2) зона накопления карбонатов находится в нижней части профиля непосредственно под гипсовой зоной, максимальное содержание CO_2 карбонатов на глубине 150–170 см — 11% (рис. 5d); 3) максимум накопления солей приурочен к средней части профиля, плотный остаток достигает 2.4%, однако столь высокое значение создается за счет присутствия большого содержания нетоксичных сульфатно-кальциевых солей (гипса). По токсичным солям почва засолена за счет сульфата магния, в меньшей степени сульфата натрия, степень засоления профиля от слабой до средней (рис. 5b, 5c).

Порядок распределения солей в профиле — легко растворимые соли, затем гипс, в нижней части профиля — карбонаты — говорит о классическом для гидроморфного соленакопления распределении солей в порядке их выпадения из раствора при упаривании грунтовых вод.

Особенностью морфологического строения профиля является четкая дифференциация на горизонты по цвету, плотности, содержанию и размерам кристаллов гипса. Отличительной особенностью является наличие очень плотного белесого гипсового горизонта на глубине 81–126 см, являющегося естественной границей корнеобитаемой зоны.

Микроморфологические исследования позволили выявить особенности микростроения профиля. Горизонты верхней части профиля характеризуются специфическим микростроением, для которого характерна глинисто-карбонатная масса, обогащенная новообразованиями гипса и карбонатов. Гипс представлен преимущественно идиоморфными кристаллами псевдоромбоидального облика, причем все кристаллы покрыты карбонатными пленками; много псевдоморфоз кристаллически-зернистого кальцита по гипсу. Карбонаты — в виде разнообразных стяжений. В горизонте максимального скопления гипса многочисленные кристаллы псевдоромбоидального облика сцементированы карбонатной плазмой, состоящей из пылеватого кальцита. Поры заполнены гипсом или полностью, или частично в виде гипсан (рис. 5е). Нижняя, карбонатная часть профиля представляет собой

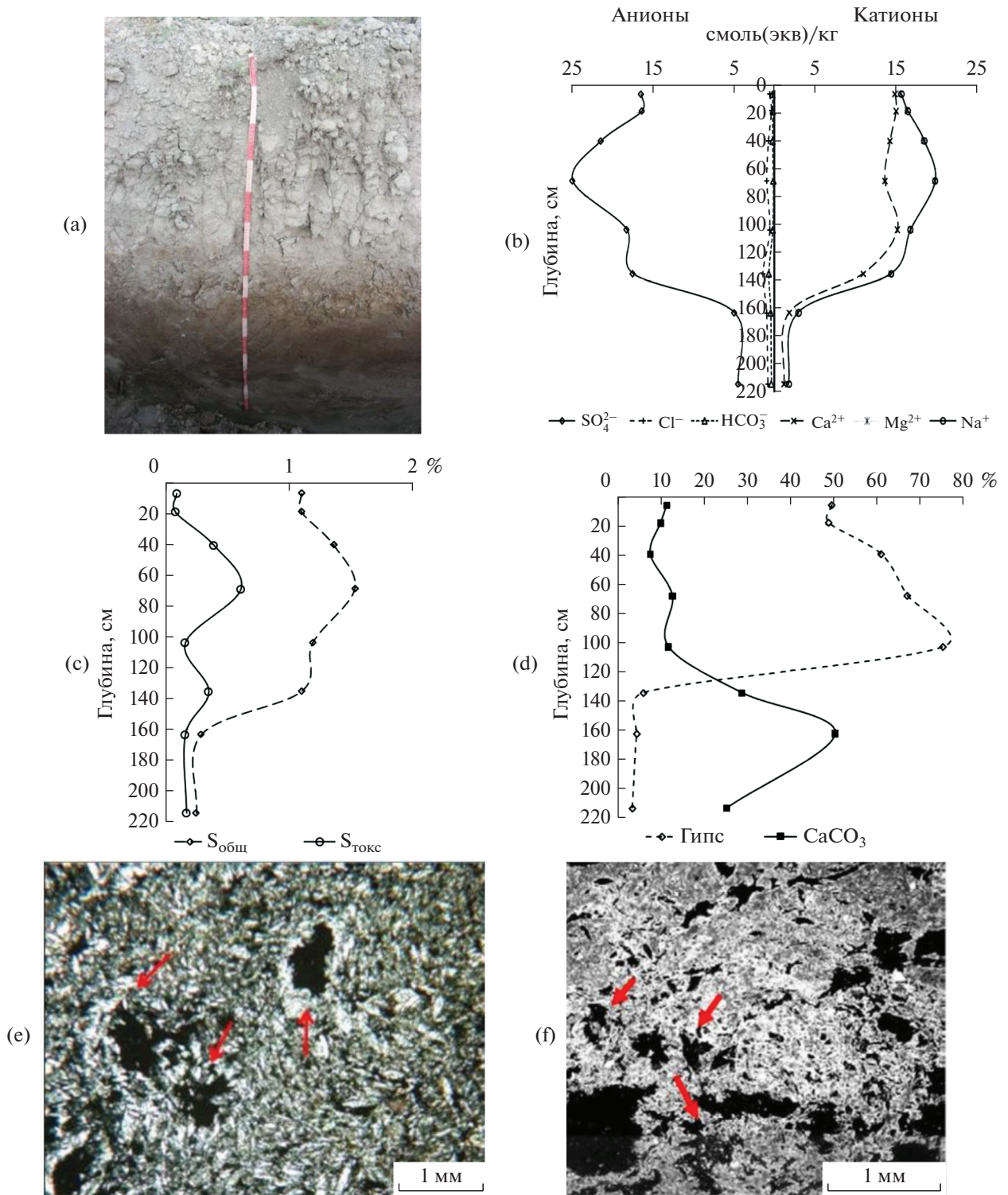


Рис. 5. Разрез 2Г сероземно-луговой сильногипсоносной солончаковой почвы, Узбекистан, Голодная степь: а – профиль; б – солевой состав водной вытяжки 1 : 5; в – сумма солей в водной вытяжке общая и токсичных; д – общее содержание гипса и карбонатов; е – скопления идиоморфных кристаллов гипса и гипсаны (отмечены стрелками), XNi; ф – карбонатная плазма, псевдоморфозы кальцита по гипсу с образованием отрицательных кристаллов (отмечены стрелками), XNi.

карбонатную плазму, цементирующую идиоморфные кристаллы гипса, или, в большинстве случаев, псевдоморфозы кальцита по гипсу с образованием отрицательных кристаллов (рис. 5f). Горизонт максимального скопления гипса отличается наличием мощных глинистых пленок на кристаллах гипса и псевдоморфоз. Подгипсовая часть представляет собой принципиально иную структуру — это глинисто-карбонатная плазма, состоящая из плазменных чешуек, на поверхности которых располагаются мелкие кристаллы карбонатов в виде присыпки.

Пустынная зона суббореального пояса Евразии. Илийская впадина Восточного Казахстана. Подгорные равнины хребта Улькен-Богуты, обрамляющие Илийскую впадину, относятся к территориям со среднегодовым количеством осадков менее 150 мм, то есть к аридным с очень высокой степенью континентальности: годовая амплитуда температурных экстремумов достигает 82° . Особенности водного режима почв определяются малым количеством осадков в сочетании с интенсивным испарением, которое в пустынях суббореального пояса достигает 1000–1300 мм/год. Эти климатические особенности способствуют развитию на плакорах крайнеаридных почв, часто карбонатных и гипсоносных, а в шлейфовой части конусов выноса — в сазовой зоне — сильногипсоносных солончаков.

Приведем характеристику солончака гидроморфного лугово-болотного сульфатно-натриевого. Разрез 6 заложен в Восточном Казахстане на подгорной равнине хр. Улькен-Богуты (Илийская котловина, Казахстан) в 20 км севернее пос. Таш-Карасу севернее современного массива орошения (рис. 2е). Координаты: 43.93875 N; 79.57903 E, $H = 503$ м. При полевом описании он был диагностирован как сильногипсоносный.

Растительность представлена однородным массивом с кустами тамарикса (*Tamarix ramosissima*) высотой до 1 м, тростника (*Phragmites communis*) и ажрека (*Aeluropus litoralis*). СПП 15–20% на микроповышении с разрезом, в понижении СПП 50–60% злаки и чина. Поверхность с хрустящими кавернозными солевыми корочками, сильно нарушена скотом. Солончак сформировался в шлейфовой части конуса выноса — в сазовой зоне — в гидроморфных условиях. УГВ 95 см.

Макроморфологическое описание и химический анализ показали, что почвенный профиль дифференцирован по содержанию солей. Основная масса солей сосредоточена в двухслойной солевой корке 0–6 см и подкорковом солевом горизонте (рис. 6b, 6c, 6d). Содержание солей — 74 и 56% соответственно. Ниже по профилю содержа-

ние солей уменьшается от 3.3 до 1% в нижней части профиля.

Химизм сульфатно-натриевый, в корке хлоридно-сульфатно-натриевый. Солевой горизонт — порошистый от солей, серовато-белый, бесструктурный; ниже в профиле отмечается присутствие солей и гипса, а с 45 см — признаки оглеения. Содержание гипса по данным химических анализов в корке и в слое 10–20 см 7–10%, ниже по профилю менее 1% (рис. 6d). Наличие порошистого горизонта серовато-белого цвета при полевой диагностике, литературным данным, а также содержание гипса 10% по данным химического анализа позволили высказать предположение о наличии гажевого горизонта.

Однако микроморфологический, а также минералогический анализы не подтвердили это предположение.

Особенностью микростроения солевого горизонта является тот факт, что горизонт полностью состоит из агрегатов легкорастворимых солей (изотропных) неправильной формы (рис. 6е). В нижних горизонтах микростроение носит принципиально другой характер — это карбонатная плазма с отдельными кристаллами гипса, а также псевдоморфозами кальцита по гипсу; в крупных карбонатно-плазменных агрегатах отмечены отрицательные кристаллы гипса (рис. 6f).

Морфологический облик верхнего серого мучнистого горизонта определяется высоким содержанием легкорастворимых солей. Минералогический анализ показал присутствие легкорастворимых солей (рис. 6g) — тенардита Na_2SO_4 , астраханита $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$, гидроглауберита $\text{Na}_{10}\text{Ca}_3(\text{SO}_4)_8 \cdot (\text{H}_2\text{O})_6$. Гипс обнаружен не был. Определение гипса химическим методом связано с наличием Ca^{2+} и SO_4^{2-} в составе гидроглауберита.

Таким образом, наличие гидроглауберита свидетельствует о расхождении состава солей, диагностированного химическим путем, и реального минералогического состава, а название “гипсоносный” не соответствует действительности.

Почва — солончак гидроморфный лугово-болотный сульфатный по классификации 1977 г., солончак типичный по КиДПР 2004 г., или Endogleyic Endocalcic Solonchak (Sulfatic, Evaporustic) по WRB.

В заключение хотелось бы обратить внимание на классификационное положение сильногипсоносных почв. В классификации и диагностике почв России (КиДПР [11]) 2004 г. гажевые (сильногипсоносные) солончаки не выделены. В статье Хитрова и Герасимовой [34] было предложено расширить классификационные диагностические свойства почв и включить в КиДПР 2004 г. нали-

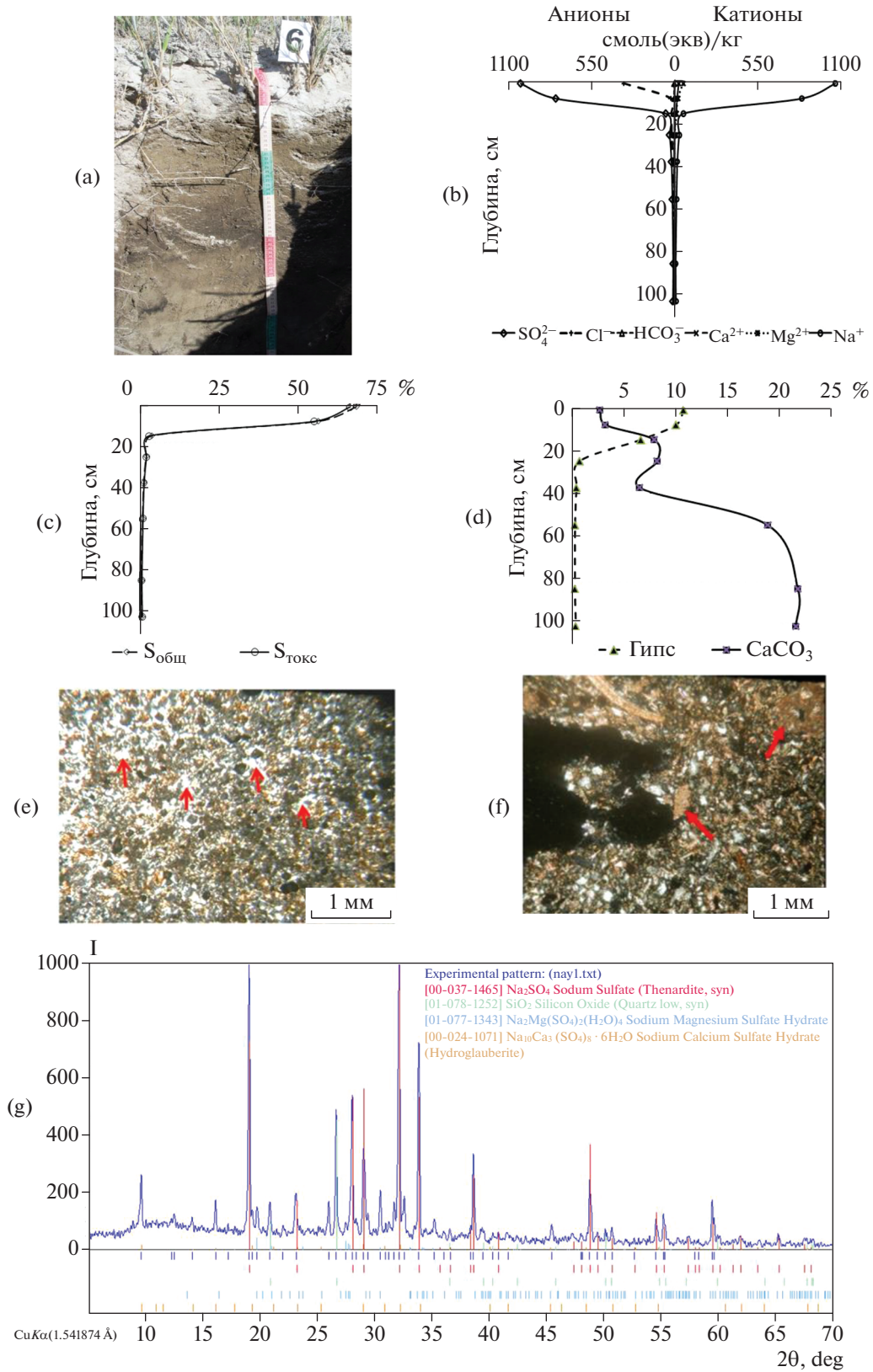


Рис. 6. Разрез б солончака лугово-болотного, Казахстан, долина р. Или: а – профиль; б – солевой состав водной вытяжки 1 : 5; с – сумма солей в водной вытяжке общая и токсичных; д – общее содержание гипса и карбонатов; е – агрегаты легкорастворимых солей (отмечены стрелками), XNi; ф – карбонатная плазма с кристаллами гипса, псевдоморфозы кальцита по гипсу, отрицательные кристаллы гипса (отмечены стрелками), XNi; г – минералогический состав солевого горизонта.

чие мучнистого гипса в качестве признака. В этом случае почва определяется как солончак гипсосодержащий мучнистый омергеленный. Тем не менее, с нашей точки зрения, этого недостаточно для почв, имеющих мощный гипсоносный гажевый горизонт (20–40 см и более) с содержанием гипса 50% и выше, который для подобных почв является диагностическим, что в целом согласуется с представлениями о диагностических горизонтах, высказанных ранее [33]. К гажевым солончакам Минашина с соавт. [17] отнесли почвы, содержащие гипс 50% и более, а с содержанием гипса 10–25% – к солончакам гипсоносным. Это различие в названии почв, на наш взгляд, небезосновательно, так как почвы с очень высоким содержанием гипса (>50%) имеют специфические свойства и морфологический профиль. Возможно, необходимо внести дополнение в КиДПР 2004 г. и выделить гажевый горизонт как диагностический и на уровне подтипа выделять Солончаки гажевые.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование гипсоносных почв с мучнистым горизонтом, выделенных в литературе как гажевые, показало следующее.

Понятие гажевые почвы неоднозначно. Оно объединяет разные типы почв, объединенные одним общим признаком – наличием “мучнистой” формы гипса и/или карбонатов размером <0.25 мм. В большей части гажевых почв содержание гипса в гажевых горизонтах профиля составляет 50–70, карбонатов – 20–40%. Обычно гажевый горизонт легко визуально диагностируется, у него специфические свойства и он имеет значительную мощность. Это позволило нам выдвинуть предложение о внесении его в список диагностических горизонтов, а в случае наличия в верхней части профиля очень сильного засоления токсичными солями выделять на уровне подтипа солончаки гажевые.

Однако наличие серого мучнистого горизонта не всегда связано с высоким содержанием гипса или карбонатов, что в полевых условиях не всегда определяется. Даже при химических анализах, согласно данным которых при расчете в горизонте определяется гипс, это не всегда соответствует действительности. В ряде случаев почвы, выделяемые ранее как гажевые (Казахстан, долина р. Или), являются солончаками с высоким содержанием легкорастворимых солей сложного, в основном, сульфатного состава (астраханит, гидроглауберит) с содержанием гипса не более 10%. Незначительное количество гипса и процесс его растворения показал также

микроморфологический анализ. Сульфаты, определяемые химическим анализом, входят в состав гидроглауберита $\text{Na}_{10}\text{Ca}_3(\text{SO}_4)_8 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$, что позволяет определить только минералогический анализ. Поэтому важно использовать комплексный анализ гажевых почв.

Формирование гажевых горизонтов в профиле почв полигенетично. В исследованных нами гажевых почвах лесостепной зоны Предбайкалья гажевый горизонт имеет седиментационный генезис и является реликтом эпохи плейстоцена; в настоящее время процесс гипсонакопления в таких масштабах не фиксируется. Гажевый горизонт степных почв Предуралья имеет совсем иное происхождение; он образовался в процессе внутрипочвенного инситу превращения плотной гипсосодержащей породы в гипсовую муку при выветривании и переотложении плотных гипсосодержащих подстилающих пород; образование гажеи в этом районе происходит и в настоящее время. В полупустынной зоне Узбекистана гажевые горизонты образуются в гидроморфных условиях при гидрогенном выпадением гипса из насыщенных по Ca^{2+} и SO_4^{2-} грунтовых вод.

Особенностью микростроения гажевого горизонта всех исследованных почв является наличие кристаллов мелкокристаллического гипса псевдоромбоидального облика.

Различия заключаются в следующем. В почвах лесостепной зоны Предбайкалья образование гажевого горизонта происходило в процессе седиментогенеза, что подтверждается субпараллельным сложением гипсовых скоплений, состоящих из мелких вихреобразных аккумуляций псевдоромбоидальных кристаллов гипса. Присутствие скоплений гипса в гумусовом горизонте свидетельствует о его перераспределении в почвенном профиле на современной стадии формирования.

Характерной особенностью микростроения гажевого горизонта полупустынной почвы (Узбекистан) является неупорядоченное скопление идиоморфных кристаллов гипса, сцементированных карбонатной плазмой с порами, заполненными гипсом или полностью, или частично в виде гипсан.

Для микростроения гажевого горизонта слабо развитого гипсопепетрозема (Предуралье, степная зона) характерно преобладание совместного отложения очень мелких отдельных кристаллов гипса псевдоромбоидального облика и силикатного материала, с увеличением в нижней части горизонта гипсовых друз.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность Н.Б. Хитрову и Е.И. Панковой (Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва) за советы и обсуждение; А.И. Климентьеву (ОНЦ УрО РАН, Оренбург), В.М. Павлейчику (институт степи УрО РАН, Оренбург) и С.Ф. Хохлову (Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва) за помощь в организации и проведении полевых работ в Предуралье; М.А. Лебедеву за изготовление шлифов; П.В. Королевой за помощь при оформлении рисунков.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акимцев В.В.* О перегнойно-сульфатных почвах // Почвоведение. 1931. № 5–6. С. 30–35.
2. *Акимцев В.В.* Сульфатные и карбонатные почвы // Уч. записки Ростовского ун-та. Харьков, 1953. Т. 19. Вып. 3. С. 217–226.
3. *Антипов-Каратаев И.Н.* Выветривание и почвообразование на Восточном Памире // Тр. АН Тадж. ССР. 1951. Т. 1. С. 3–17.
4. *Воробьева Л.А.* Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 272 с.
5. Географический атлас Оренбургской области / Гл. ред. А.А. Соколов. Оренбург: Институт степи Уральского отделения РАН, 2020. 160 с.
6. Геологический словарь. М.: Недра, 1973. Т. 1. 486 с.
7. *Герасимов И.П.* Белоземы // Генетические типы почв субтропиков Закавказья. М.: Наука, 1979. С. 251–255.
8. *Горячкин С.В., Спиридонова И.А., Седов С.Н., Таргульян В.О.* Северотаежные почвы на плотных гипсах: морфология, свойства, генезис // Почвоведение. 2003. № 7. С. 773–785.
9. *Докучаев В.В.* Предварительный отчет об исследованиях на Кавказе летом 1899 г. // Изв. Кавк. отд. Русск. геогр. общ-ва. 1899. Т. 2. С. 288–318.
10. *Киселева Н.Д., Лопатовская О.Г.* Особенности профильного распределения гипса в некоторых почвах Приангарья // Вестник Крас. ГАУ. 2010. № 9. С. 17–22.
11. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
12. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
13. *Климентьев А.И., Чибилев А.А., Павлейчик В.М., Грошев И.В., Ложкин И.В., Нестеренко Ю.М.* Почвы и ландшафты Кызылдырского карстового поля на Южном Урале и проблемы их охраны // Почвоведение. 2007. № 1. С. 12–22.
14. *Клопотовский Б.А.* Реликтовые гипсовые солончаки (“гажевые почвы”) Южной Грузии // Почвоведение. 1949. № 2. С. 110–114.
15. *Минашина Н.Г.* Серо-коричневые гажевые (гипсоносные) почвы Кировабадского массива Азербайджанской ССР // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1958. Т. LIV. С. 151–254.
16. *Минашина Н.Г., Шишов Л.Л.* Гипсоносные почвы: распространение, генезис, классификация // Почвоведение. 2002. № 3. С. 273–281.
17. *Минашина Н.Г., Шишов Л.Л., Гаврилова Г.Л.* Гажевые солончаки юго-западной части Голодной степи, их почвенные растворы и генезис // Почвоведение. 2004. № 5. С. 527–536.
18. *Панкова Е.И., Ямнова И.А.* Формы гипсовых новообразований как фактор, определяющий мелиоративные свойства гипсоносных почв // Почвоведение. 1987. № 7. С. 101–109.
19. *Преображенский А.С.* Очерк почв Кировабадского района // Тр. АзФАН. Кировабад. Баку. 1936. Т. 21.
20. *Розанов А.Н.* Зональные почвы равнин и предгорий Кура-Араксинской низменности // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1954. Т. XLIV. С. 79–157.
21. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. 1990. 236 с.
22. *Семиколенных А.А., Спиридонова И.А., Туюкина Т.Ю., Пучнина Л.В., Шаврина Е.В., Горячкин С.В.* Экстремальные экосистемы и почвы открытых гипсово-карстовых ландшафтов тайги Европейского Севера. М.: Медиа-Пресс, 2015. 208 с.
23. *Симонова Ю.В., Русаков А.В., Рюмин А.Г.* Засоленные почвы Ростовской низины (Ярославская область): морфология, генезис и динамика засоления в годовом гидрологическом цикле // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. № 93. С. 40–74.
24. *Соколова Т.А., Царевский В.В., Максимюк Г.П., Сиземская М.Л.* Солевые новообразования в солончаковых солончаках Северного Прикаспия // Почвоведение. 1985. № 6. С. 120–130.
25. *Спиридонова И.А.* Почвообразование и выветривание на плотных гипсах в бореальной зоне: пространственно-временные закономерности. Автореф. дис. ... канд. геогр. н. М., 2007. 28 с.
26. Толковый словарь по почвоведению / Под ред. А.А. Роде. М.: Наука, 1975. 288 с.
27. *Торюканов А.Н.* О чем говорят и молчат почвы. М.: Агропромиздат, 1990. 224 с.
28. *Феофарова И.И.* Псевдоморфозы кальцита по гипсу в почвах // Тр. Почв. ин-та. 1950. Т. 34. С. 202–207.
29. *Феофарова И.И.* Сульфаты в засоленных почвах // Тр. Почв. ин-та. 1958. Т. 53. С. 89–14.
30. *Хисматуллин Ш.Д.* Засоленные почвы речных долин Верхнего Приангарья // Тр. I Сибирской конференции почвоведов. Красноярск, 1962. С. 298–315.
31. *Хисматуллин Ш.Д.* Материалы к классификации засоленных почв лесостепных районов Верхнего Приангарья // Очерки по географии и генезису

- почв Средней Сибири. М.: Наука, 1964. С. 139–154.
32. *Хисматуллин Ш.Д.* О дерново-сульфатных почвах Приангарья. В кн. Материалы к конференции молодых научных работников. Иркутск. 1961. Сер. биолог. Вып. 2. С. 15–24.
 33. *Хитров Н.Б., Герасимова М.И.* Диагностические горизонты в классификации почв России: версия 2021 г. // Почвоведение. 2021. № 8. С. 899–910. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21080098>
 34. *Хитров Н.Б., Герасимова М.И.* Предлагаемые изменения в классификации почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 3–18. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22010087>
 35. *Черноусенко Г.И., Лопатовская О.Г., Ямнова И.А.* Распространение, химизм и генезис засоленных почв Предбайкалья // География и природные ресурсы. 2005. № 2. С. 84–92.
 36. *Ямнова И.А., Панкова Е.И.* Гипсовые новообразования и формирующие их почвообразовательные процессы // Почвоведение. 2013. № 12. С. 1423–1436. <https://doi.org/10.7868/S0032180X13120125>
 37. *Ямнова И.А., Черноусенко Г.И.* Особенности микростроения почв на гипсоносных (гажевых) отложениях Предбайкалья и пустынь Средней Азии // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогеннопреобразованных экосистем. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2006. С. 135–137.
 38. *Allen B.L.* Micromorphology of Aridisols // Soil Micromorphology and Soil Classification. Soil Science Society of America Special Publication 15, SSSA, Madison, Wisconsin, 1985. P. 197–216.
 39. *Artieda O.* Materiales Parentales y Geomorfología en la Geógenes de Aridisoles en un Sector del Centro del Valle del Ebro. PhD Dissertation, Universidad de Zaragoza, Spain, 2004. 567 p.
 40. *Chernousenko G.I., Yamnova I.A.* Gazha Soils of Russia // 19th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference SGEM 2019: conference proceedings, Albena, Bulgaria, 30 June–6 July, 2019. Sofia, 2019. V. 19. Iss. 3.2. Soils Forest Ecosystems. P. 231–238. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/3.2/S13.031>
 41. *Eswaran H., Zi-Tong G.* Properties, genesis, classification, and distribution of soils with gypsum // Occurrence, Characteristics, and Genesis of Carbonate, Gypsum, and Silica Accumulations in Soils. Soil Science Society of America Special Publication 26, SSSA, Madison, Wisconsin, 1991. P. 89–119.
 42. *Herrero J.* Morfología y Geógenes de Suelos Sobre Yesos. Monografías INIA 77, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid, 1991. 447 p.
 43. *Herrero J., Porta J., Fedoroff N.* Hypergypsic soil micromorphology and landscape relationships in north eastern Spain // Soil Sci. Soc. Am. J. 1992. V. 56. P. 1188–1194.
 44. International Symposium on soils with Gypsum / Ed. R. Poch. Lleida, 15–21 September, 1996. 48 p.
 45. *IUSS Working Group WRB*, World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015, International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, World Soil Resources Reports No. 106. UN Food and Agriculture Organization, Rome, 2015.
 46. *Poch R.M., Artieda O., Herrero J., Lebedeva-Verba M.* Gypsic Features // Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Amsterdam: Elsevier, 2018. P. 259–280.
 47. *Poch R.M.* Fabric and Physical Properties of Soils with Gypsic and Hypergypsic horizons of the Ebro Valley. PhD Dissertation, Ghent University, Belgium, 1992. 285 p.
 48. *Poch R.M., De Coster W., Stoops G.* Pore space characteristics as indicators of soil behaviour in gypsiferous soils // Geoderma. 1998. V. 87. P. 87–109.
 49. *Stoops G., Ilaiwi M.* Gypsum in arid soils, morphology and genesis // Proceedings of the Third International Soil Classification Workshop. Damascus, Syria, 1981. P. 175–185.
 50. *Stoops G., Poch R.M.* Micromorphological classification of gypsiferous soil materials // Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis. Developments in Soil Science. Elsevier, Amsterdam, 1994. V. 22. P. 327–332.
 51. *Verba M.P., Yamnova I.A.* Gypsum neoformations in nonirrigated and irrigated soils of the serozem zone // Proceed. of the Int. Work. Meet. on Soil Micromorph. 1997. P. 187–195.
 52. *Watson A.* Gypsum crusts in deserts // J. Arid Environments. 1979. V. 2. P. 3–20.

Gypsiferous Gazha Soils of the Subboreal Zone of Eurasia

I. A. Yamnova^{1,*} and G. I. Chernousenko¹

¹Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, 119017 Russia

*e-mail: irinayamnova@mail.ru

Gypsiferous soils (gazha soils – loose powdery gypsum) developed under different bioclimatic conditions – forest-steppe, steppe, semidesert, and desert of the subboreal zone – are analyzed. Their morphological, micromorphological, mineralogical, and chemical properties are described. Gazha horizons of these soils may have different geneses: sedimentation, in situ weathering of hard gypsum rocks, and hydrogenic precipitation

from groundwater. Despite the different origins of the gazhahorizon of these soils, its morphology and properties have much in common: the gypsum content of >50%, its powdery character with crystal size of <0.25 mm, the presence of calcium carbonates and soluble salts with a predominance of sodium and magnesium sulfates. However, in some cases, the field determination of the gazhahorizon and the chemical determination of gypsum give incorrect information about its presence; mineralogical analysis is necessary to determine the composition of the salts. An analysis of the micromorphological structure clearly demonstrates the genesis of gypsum: under hydrogenous conditions, when gypsum precipitates from groundwater or from lake and river water, the predominantly gypsum material with subparallel microstructure is formed, while in the in situ gazha or gazha originated from the lateral (colluvial) processes, gypsum is deposited together with plasmic material.

Keywords: genesis, micromorphology, mineralogical analysis, gypsum content, salt composition, carbonate content, soil classification, Hypergypsic Solonchak, Haplic Gypsisol, Endocalcic Solonchak