

ЛЕБЕДЕВА Марина Павловна

**МИКРОСТРОЕНИЕ СУБАРИДНЫХ И АРИДНЫХ ПОЧВ
СУББОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА ЕВРАЗИИ**

Специальность 03.02.13 – почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Москва – 2012

Работа выполнена в лаборатории минералогии и микроморфологии почв
ГНУ Почвенный институт имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии

Официальные оппоненты: Белобров Виктор Петрович
д.с/х. н., ст.н.с., Почвенный институт
им. В.В. Докучаева, в.н.с.

Губин Станислав Викторович
д.б.н., ИФХ и БПП РАН, в.н.с.

Красильников Павел Владимирович
д.б.н., Евразийский центр по продовольственной
безопасности МГУ, руководитель отдела
земельных ресурсов

Ведущее учреждение: Санкт-Петербургский
Государственный Университет

Защита состоится _____ 2012 г. в 11⁰⁰ часов на заседании Диссертационного совета Д 006.053.01 Почвенного института им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии по адресу: 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д.7, стр.2

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Почвенного института им. В.В. Докучаева, на официальном сайте ВАК РФ: www.vak.ed.gov.ru и на сайте ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии www.esoil.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 2012 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба присылать по адресу: 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д.7, стр.2, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, диссертационный совет. Факс: (495)951-50-37.
e-mail: lubimova@agro.geonet.ru

Ученый секретарь Диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук

И.Н. Любимова

Актуальность работы. В пределах Евразии аридные и субаридные территории охватывают большие площади - около 17992 тыс. км² (Лобова, Хабаров, 1978) с широким диапазоном почв от светло-каштановых и солонцов до бурых аридных, серо-бурых и крайнеаридных пустынных. Генезис и особенности микростроения отдельных типов этих почв были предметом изучения многих исследователей (Неуструев, 1913; Герасимов, 1933; Розанов, 1951; Феофарова, 1956; Ковда, 1958; Минашина, 1958; 1965; Ярилова, 1958; Лобова, 1960; Шувалов, 1966; 1962; Герасимова, Ромашкевич 1977; 1982; Панкова, 1992; Howell et. all, 2008; Paglial, Stoops, 2010 и др.). Вместе с тем диагностика почвообразовательных процессов, определяющих их свойства, до сих пор остается предметом дискуссий (Глазовская, Горбунова, 2002; 2004). Это связано с особенностями состава и строения профилей аридных почв, а также с разнообразием почвообразующих пород (Неуструев, 1914; Соколов, 1968; Успанов, Фаизов, 1971). Породный фактор в значительной мере маскирует признаки аридного почвообразования, что вызывает необходимость поиска новых методов в диагностике элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП).

Микроморфологический метод в этом плане дает новые возможности в диагностике твердофазных изменений ЭПП, в изучении строения и состава новообразований и почвенных микроструктур, особенно разнообразных в поверхностных горизонтах почв. Изучение микроморфологических признаков как носителей информации о современных и реликтовых процессах аридного почвообразования особенно актуально с учетом наблюдаемых изменений климатических условий, увеличивающихся антропогенных нагрузок, усилении процессов опустынивания.

Выбор широкого ряда аридных почв в качестве объектов исследования был обусловлен разнообразием почвенных микропризнаков, наличием в почвах специфических микрогоризонтов, обилием микроформ солевых новообразований, хорошей сохранностью реликтовых педогенных признаков микростроения в субаридных и аридных условиях почвообразования.

Цель работы. Выявить генетические особенности и диагностические признаки аридных и субаридных почв на микроморфологическом уровне, оценить роль микропризнаков в диагностике генезиса и эволюции почв.

Задачи исследования.

1. На примере почв солонцовых комплексов выявить современные и реликтовые диагностические микроморфологические признаки солонцов и светло-каштановых почв.
2. Оценить краткосрочные (20-50 лет) тренды ЭПП полупустынной зоны, а также устойчивость отдельных компонентов микростроения к современным процессам засоления – рассоления почв в рамках этих трендов на примере солонцов мелких Джаныбекского стационара.
3. Систематизировать основные микроморфологические признаки субаридных и аридных почв в связи со степенью аридности климата, засоленностью пород и эоловым привносом мелкозема.
4. Охарактеризовать специфику микростроения поверхностных горизонтов субаридных и аридных почв суббореального пояса Евразии. Показать диагностические возможности микроморфологических признаков микропрофиля АКЛ.

5. Изучить особенности микростроения срединных горизонтов субаридных и аридных почв суббореального пояса Евразии.
6. Охарактеризовать микроморфологическую специфику автоморфных крайнеаридных пустынных почв.
7. Установить микропризнаки такыров, связанные с современными процессами почвообразования на фоне высокой литогенности почв и периодического избыточного увлажнения.

Защищаемые положения.

1. В субаридных и аридных условиях почвообразования благодаря преимущественной локализации современного почвообразования в тонких приповерхностных горизонтах и микроэкологических нишах (вблизи пор, трещин, на поверхности и вблизи измененных обломков пород) изучение микроскопического уровня организации почвенной массы занимает ведущее положение в постановке и решении генетических задач.
2. Современные эволюционные тренды развития почв солонцовых комплексов отражаются в особенностях микроструктур, текстурных и солевых новообразованиях, более давние тренды – в свойствах глинистой плазмы. Ее высокая оптическая ориентация может сохраняться при процессах вторичного засоления, рассоления (остепнения) и/или окарбонирования.
3. Поверхностный ксерогумусовый горизонт АКL в корковых солонцах, бурых аридных, серо-бурых и крайнеаридных почвах суббореального пояса Евразии является педогенным образованием. Он представляет собой микропрофиль из парагенетической ассоциации горизонтов, генезис которых определяется активными структурными перестройками: везикуляцией (для пузырчатой корки) и криогенезом (для слоистой подкорки). Эти процессы идут на фоне высокой подвижности тонкодисперсного материала (криптоосолонцевания) и/или золотой аккумуляции материала.
4. Разнообразие микропризнаков гипсовых и карбонатных аккумуляций определяется сочетанием в автоморфных почвах разновозрастных педогенных и литогенных новообразований. Реликтовые гипсовые и карбонатные новообразования (гипсовые бороды, крупные карбонатные конкреции и многослойные кутаны) являются свидетелями гумидного этапа педогенеза для аридных территорий. В процессе современного педогенеза формируются новообразования, которые связаны с процессами, отличающимися локальным проявлением: перекристаллизацией реликтовых литогенных форм гипса и карбонатов; растворением солевых стяжений; образованием специфических гипсовых новообразованием за счет обменных реакций; карбонатно-кальциевой миграцией по профилю с образованием микритовых кутан. Процессы внутрипрофильной миграции солей определяют цикличность развития криптоосолонцевания.
5. Микропризнаки биогенной мобилизации железа с участием сульфат- и железовосстанавливающих бактерий (обезжелезнение околопорового материала с образованием железистых стяжений во внутриведной массе); накопление органического вещества в виде остатков клеток микроорганизмов в везикулярных порах; образование биоминеральных кутан пустынного загара и аморфно-глинистых кутан на поверхности везикулярных пор диагностируют микроморфологическую специфику крайнеаридных пустынных почв. Эти признаки обу-

словлены кратковременной бурной деятельностью микроорганизмов в период редких летних дождей.

6. Поверхностные горизонты водорослевых такыров (такырная корка) при морфологической схожести с ксерогумусовым горизонтом автоморфных аридных почв имеют одновременно микропризнаки седиментогенеза и активной биогенной переорганизации и трансформации минеральной матрицы в периоды длительного поверхностного обводнения. Совокупность данных микропризнаков позволяет рассматривать такырные корки как синлитогенные почвенные микрогоризонты.

7. Для всех суглинистых аридных почв суббореального пояса в автоморфных условиях характерно образование поверхностной пузырьковой (везикулярной) корки. Микроморфологические исследования корковых горизонтов, различающихся по составу плазмы и новообразованиям, позволили показать полигенетичность пузырьковых пор. Их образование может быть: 1) газоэмиссионное – в результате фазовых переходов бикарбонатов кальция и натрия с выделением CO_2 , а также в результате биохимического разложения органического вещества с активным участием микроорганизмов; 2) газо-десорбционное; 3) лизисное – в результате выщелачивания стяжений легкорастворимых солей (тенардита); 4) биогенное – в результате микробиологического капсулирования.

Научная новизна работы. Впервые на микроморфологическом уровне выявлены генетические особенности разных типов аридных и субаридных почв, развитых на различных по составу и засолению почвообразующих породах и с разным долевым участием золотого материала. Разработан диагностический комплекс микроморфологических признаков для автоморфных аридных суглинистых почв, сформированных на пролювиальных суглинисто-щебнистых малозасоленных отложениях, по нарастанию аридности климата. Впервые показано, что формирование пузырьковых корок происходит как в аридных, так и субаридных условиях почвообразования на фоне разного содержания в почвах карбонатов, гипса, легкорастворимых солей, глинистой плазмы. На основании обобщения микропризнаков установлена взаимосвязь между генезисом пузырьковых пор и составом плазмы. Впервые охарактеризован набор механизмов образования пузырьковых пор, что позволяет говорить об их полигенетичности. Впервые показано, что в почвах полупустынных солонцовых комплексов оптическая ориентация глинистой плазмы является устойчивым микропризнаком, который позволяет проводить диагностику реликтового солонцового процесса. Микроморфологический анализ впервые позволил провести генетическую диагностику основных горизонтов аридных почв: пузырьчатой корки и слоистой подкорки как парагенетической ассоциации горизонтов, формирующих ксерогумусовый микропрофиль АКЛ. Впервые показана специфичность микростроения коркового горизонта в крайнеаридных почвах, которая определяется кратковременной бурной деятельностью микроорганизмов в период редких летних дождей. В поверхностных горизонтах такыров впервые выявлены микропризнаки активной биогенной переорганизации и трансформации почвенной минеральной матрицы, связанной с периодами длительного поверхностного обводнения на фоне высокой литогенности почв.

Практическое значение. Результаты исследования показывают возможности

применения микроморфологических исследований в диагностике генезиса поступающего материала и в оценке характера и скорости его почвенной переработки. При наличии определенных реперов на территориях (стационарах) возможно проведение мониторинга по характеристике поступающего материала за определенный интервал времени. Минералого-микроморфологический анализ позволяет определить вещественный состав поступающего материала и его роль в формировании субстантивных профильных особенностей аридных почв. Приведенные в работе материалы и фотографии могут составлять основу атласа микростроения почв южных областей России и стран ближнего зарубежья для выявления тенденций эволюции ландшафтов и оценки их возможного опустынивания. Проведенные исследования по сравнительному анализу микростроения целинных солонцов разного срока опробования почв выявили относительную устойчивость глинистой плазмы текстурных горизонтов, что позволяет использовать ее для палеогеографических исследований.

Апробация работы. Материалы, вошедшие в диссертацию, доложены: на Международных конференциях по микроморфологии почв (Leida, 1993; Москва, 1996; Adana 2004; Chengdu, 2008), на 19-ом Международном конгрессе почвоведов (Brisbane, 2010), на Международном форуме FAO по засолению и изменению климата (Valencia, 2010), на Международной конференции по засолению почв (Budapest, 2009), на Международных конференциях по изучению генезиса и классификации аридных почв (Abu Dhabi, 2010; Pruhonice, 2008), на Международной конференции по палеопочвоведению (Mexico, 2009), на Международной конференции по изучению экосистем Монголии (Ulaanbator, 2005), на Всесоюзных и Российских съездах почвоведов (Санкт-Петербург, 1996; Суздаль, 2000; Новосибирск, 2004; Ростов-на-Дону, 2008), на Всероссийских совещаниях с международным участием (Москва, 2002; Санкт-Петербург, 2006; 2007; 2011; Улан-Удэ, 2003; Астрахань, 2008; 2009), на Всероссийских научных конференциях (Пушино, 2009; Москва, 2008; Петрозаводск, 2004; 2009) и на заседаниях лаборатории минералогии и микроморфологии почв и Ученого Совета Почвенного института им. В.В. Докучаева РАСХН (2009-2011).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 69 работ, в том числе 19 работ в изданиях, соответствующих Перечню ВАК, в 6 международных и российских монографиях, 3 статьи в международных журналах, 41 статья в российских научных журналах, сборниках и материалах конференций.

Личный вклад автора в работу. Диссертация является результатом многолетних (1986-2011 гг.) исследований автора. В ее основу положены данные полевых и лабораторных исследований, выполненных лично автором или при его активном участии на всех этапах работы. Автору принадлежит постановка проблемы, разработка ряда теоретических положений, формулирование цели и конкретных задач работы, планирование экспериментальной части, анализ и обобщение полученных результатов, включая заключение и итоговые выводы. Часть почвенных исследований по изучению аридных почв была проведена при финансовой поддержке РФФИ – гранты №№№ 05-04-49098-а; 08-04-01333-а, 09-04-10104-к; в которых автор работы являлся руководителем инициативных научно-исследовательских и экспедиционных проектов. Доля личного участия в

совместных публикациях пропорциональна числу соавторов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов и приложения. Она изложена на 310 страницах компьютерного текста, 74 рисунка в основном тексте, 42 таблицы, список отечественной и зарубежной литературы из 270 источников.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность доктору с.-х. наук профессору Е.И. Панковой, доктору биологических наук профессору М.И. Герасимовой, доктору с.-х. наук Скворцовой Е.Б., доктору с.-х. наук Т.В. Турсиной, доктору с.-х. наук Н.П. Чижиковой без постоянной поддержки и дружеского участия которых данная работа не состоялась бы. Значительная часть экспедиционных и стационарно-опытных работ была проведена совместно с сотрудниками Почвенного института и других организаций. Автор благодарен многочисленным соавторам и коллегам: Д.Л. Голованову, А.В. Быкову, Е.В. Достоваловой, С.А. Иноземцеву, И.В. Ковде, М.В. Конюшковой, М.Л. Сиземской, С.Ф. Смирновой, Н.Б. Хитрову, С. Ф. Хохлову, Н.П. Шабановой, В.А. Шишкову, И.А. Ямновой. Особую признательность автор испытывает к Э.Ф. Мочаловой, при участии которой были начаты работы по изготовлению микроморфологических шлифов. Без участия М.А. Лебедева проведение данной работы было бы невозможно.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Особенности субаридного и аридного почвообразования в суббореальном поясе Евразии, свойства и диагностика почв

1.1. Условия почвообразования. Аридные и субаридные территории очень неоднородны по своим климатическим показателям. Они делятся на экстрааридные (осадков менее 100 мм), аридные (100-200 мм) субаридные (200-400 мм) и недостаточного увлажнения (400-800 мм) (Лобова, Хабаров, 1978; Пустыни..., 1986). Мы в своей работе будем рассматривать почвы пустынь и полупустынь, относящиеся к территориям, со среднегодовым количеством осадками менее 300 мм.

Основные особенности водного режима почв в полупустынных и пустынных условиях определяются низким количеством осадков в сочетании с интенсивным испарением, которое в пустынях суббореального пояса достигает 1000-1300 мм в год (Петров, 1964). Второй характерной особенностью водного режима аридных почв является его высокая контрастность. На фоне общего господства в течение года чрезвычайно низкой влажности периодически наступают кратковременные периоды сравнительно высокого увлажнения, к которым приурочена бурная вспышка в развитии растений, почвенных микроорганизмов и разнообразных биохимических процессов. Особенно это характерно для крайнеаридных пустынных почв (Гельцер, 1988).

В теплое время года в Прикаспийской низменности выпадает около 160 мм осадков на севере и 100 мм на юге, что при испаряемости 1000 мм определяет высокую степень засушливости климата. Зимние осадки в количестве 65-80 мм имеют особое значение, поскольку именно они формируют влагозапасы почвы; летние дожди не всегда достигают поверхности, испаряясь в воздухе. Педоклимат почв, входящих в солонцовый

комплекс, различен. Солонцы по сравнению с лугово-каштановыми почвами не получают около 56 мм осадков за счет в основном зимнего перераспределения снега ветром и его задержания в микропонижениях (Роде, Польский, 1961). Эти особенности почвообразования определяют развитие щелочных глинисто-дифференцированных почв с характерными генетическими горизонтами и почвообразовательными процессами. Основными ЭПП для солонцов являются – осолодение и слабое гумусонакопление в поверхностных горизонтах, солонцовый процесс – в срединных, засоление и гипсонакопление в подсолонцовых.

Согласно почвенно-климатическому районированию (Герасимов, 1933; Лобова, 1960) бъекты наших исследований относятся к Среднеазиатской (Туранской), Казахстанской и Центральноазиатским почвенно-климатическим фациям (провинциям) суббореальных пустынь. На фоне отмечаемых провинциальных различий в морфологических и химических свойствах аридных почв содержание карбонатов, гипса, солей и гранулометрический состав почвообразующих пород определяют основные свойства почв (Неуструев, 1913; Польшов, 1952; Соколов, 1968; Успанов, Фаизов, 1971; Фаизов, 1980).

Согласно традиционному подходу, каждой биоклиматической зоне должен соответствовать свой тип почв, имеющий только ему присущий почвообразовательный макропроцесс, к тому же однозначно диагностируемый. Подзоне соответствует подтип, отличающийся наложением дополнительного почвообразовательного процесса. Традиционно в пределах пустынь Узбекистана и Казахстана автоморфные пустынные суглинистые почвы делятся на два типа – бурые и серо-бурые почвы (Лобова, 1960; 1965; Кимберг, 1974). Расширение списка зональных аридных почв от двух до четырех было реализовано для почв пустынной зоны Монголии (Ногина, 1978; Доржготов, 1983; Евстифеев, Рачковская, 1976; 1993). В ряду нарастания аридности был охарактеризован ряд почв от бурых аридных, палево-бурых, серо-бурых до крайнеаридных.

Крайнеаридные почвы Монголии формируются при особых условиях почвообразования, которые характеризуются: 1) низким количеством осадков (< 40 мм в год); 2) летним характером их выпадения (в отличии от зимне-весеннего для аридных почв Средней Азии и поздне-весеннего для Казахстана); 3) повышенной испаряемостью осадков, в том числе за счет их испарения при попадании на разогретую до +80⁰ поверхность пустынной мостовой; 4) высокой контрастностью сезонных температур. В этих условиях воздействие высшей растительности на почвообразование сведено к минимуму. Основным продуцентом органического вещества в подобных экосистемах служат почвенные водоросли, прежде всего зеленые и синезеленые, или цианобактерии (Новичкова-Иванова, 1980; Голованов и др., 2007).

1.2. Главные направления почвообразования. Высокий породный солевой фон, континентальность климата, острый дефицит влаги определяют главные направления субаридного и аридного почвообразования. Для изученных почв субаридных и аридных территорий отмечаются следующие общие элементы строения почвенных профилей.

- Профили почв маломощны, почвообразование и выветривание

малоинтенсивны, во всем облике профиля доминируют породные признаки. Последние определяют цвет, отчасти структуру, сложение и особенности солевого профиля.

- Почвы высококарбонатны, вскипают с поверхности или на небольшой глубине. Засоление почв определяется засолением пород или поверхностной солончаковостью за счет эолового поступления солей, если почвы развиты на незасоленных отложениях.
- Процесс гумусонакопления выражен слабо: содержание гумуса около 1-2% (для субаридных) и менее 1% (для аридных почв), состав его фульватный. Характерна быстрая его минерализация растительных тканей.
- Солонцовый процесс, процесс осолодения определяют развитие солонцов, отличающихся резко дифференцированным профилем с характерным набором горизонтов; содержание обменного натрия в солонцовом горизонте может варьировать от нескольких до 40% от суммы обменных оснований. Пузырчатая корка формируется в корковом солонце.
- Коркообразование, формирование плитчатой подкорки, криптоосолодение, поверхностное окарбоначивание характерно для аридного почвообразование.
- В профиле светло-каштановых и бурых полупустынных почв часто отмечаются срединные горизонты с признаками солонцеватости, с более тяжелым гранулометрическим составом по сравнению с поверхностными горизонтами, с новообразованиями карбонатов (Ковда, Большаков, 1937; Польский, 1958; Роде, Польский, 1961).

Происхождение солонцеватости бурых почв связывают с растительностью и с ее сезонными циклами поступления натрия в поглощающий почвенный комплекс, что определяет развитие биогенного натриевого ощелачивания почв (Будина и др., 1966). Другой гипотезой, объясняющей морфологическую солонцеватость светло-каштановых почв, является признание у этих почв реликтовой солонцовой стадии в их эволюции (Роде, Польский, 1961). Кроме того, в профиле светло-каштановых солонцеватых почв и особенно в бурых почвах отмечают присутствие слоеватого гумусово-элювиального горизонта мощностью в несколько сантиметров, считающихся характерным признаком аридного почвообразования (Лобова, 1960; Глазовская, Горбунова, 2002).

Как отмечают все исследователи, особенностью почвообразования в серо-бурых почвах является появление поверхностной пузырьчатой корочки (К) и плитчатой подкорки (L). Формирование этих поверхностных горизонтов происходит на фоне разного содержания карбонатов, гипса и солей. Срединные горизонты этих почв уплотнены, часто текстурно-дифференцированы, могут иметь отчетливо выраженную морфологическую и аналитическую солонцеватость при значительной щелочности ($pH=8,5-9,0$) (Неуструев, 1913, Лобова, 1960; Минашина, 1960; 1964; 1973; Хамзин, 1965; Шувалов, 1966; Кимберг, 1974; Фазизов, 1980; Попов, 1986; Ногина, Евстифеев, Панкова, 1992; Глазовская, Горбунова, 2002; 2004 и др.).

Морфологический профиль такыров характеризуется теми же горизонтами

и свойствами. Характерны пузырчатая корочка и слоистая подкорка на фоне высокой слоистости материнских пород (Успанов, 1940; Егоров, 1956; Базилевич и др., 1956; Базилевич, Родин, 1956; Феофарова, 1956 Лавров и др., 1956 и многие другие).

Исследования солонцов Прикаспийской низменности, расположенных под курганами (Демкин, Иванов, 1985), показали, что в суббореальный период с его пиками аридизации протекали процессы засоления-осолонцевания-рассоления почв, что фиксируется несколькими солевыми горизонтами в современных почвах (Роде, Польский, 1961). Около 3000 лет назад широко распространились солонцы, Прикаспийская суглинистая равнина приобрела ярко выраженный комплексный характер. Исследования почв с профилем серо-бурых почв, погребенных под эоловыми мощными песками в Кызылкумах и Каракумах показали, что их свойства были сформированы около 5000 лет назад (Степанов, 1975). В это время существовали более влажные и сезонно контрастные условия педогенеза по сравнению современными. При наступившей фазе аридизации текстурные новообразования в аридных почвах были перекрыты карбонатными кутанами разной мощности. Аналогичный комплекс микропризнаков описан для аридных почв Ирана и Сирии (Mehrijardi, Mahmodi, Heidari, 2008).

1.3. Диагностические горизонты, характерные для аридных почв России (сухостепных и полупустынных ландшафтов), в «Классификации почв России» (2004) представлены горизонтами:

- 1) Светлогумусовым гор. (AJ), выделенным для сероземовидных, бурых аридных, каштановых почв и солонцов России; центральный образ этого горизонта сформирован на примере сероземов Средней Азии.
- 2) Ксерогумусовым, называемый также корково-подкорковым гор. (AKL), для пустынных и полупустынных почв.

В пределах России корково-подкорковым гор. AKL был выделен только в бурых аридных почвах полупустынь. Он представляет собой парагенетическую ассоциацию маломощных поверхностных микрогоризонтов – коркового и подкоркового, образующих микропрофиль общей мощностью 3-6 см. В «Полевом определителе почв России» (2008) указывается, что этот корково-подкорковый микропрофиль диагностирует ксерогумусовый подтип в типе бурых аридных почв. Корковый микрогоризонт (K) представляет собой компактный, пористый (вплоть до ноздреватого или ячеистого сложения), буровато-серого или палевого цвета материал. Подкорковый микрогоризонт (L) имеет светло-серую окраску, рыхлое сложение и преимущественно слоегато-чешуйчатую структуру. Срединные горизонты аридных почв различны. Они могут быть представлены: аккумулятивно-карбонатным (гор. ВСА), ксерометаморфическим (гор. ВМК) и железисто-метаморфическим (гор. ВФМ) горизонтами (табл. 3).

Генетические признаки в большинстве случаев не привязаны строго к определенным типам или отделам почв и могут встречаться во многих почвах. Для горизонтов почв аридных территорий наиболее характерны следующие процессные признаки: солонцеватый – *sn*; засоленный – *s*; дисперсно-карбонатный – *ca*; натечно-карбонатный – *ic*; гипс-содержащий – *cs*; криптоосолонцеватый – (*sn*) и рубефицированный – *rb* (Глазовская, Горбунова, 2004);

осолоделый - *sd* (Голованов, Лебедева, 2004). Из аккумулятивно-субстратных признаков для аридных почв наиболее распространенными являются: эолово-аккумулятивные – *ael* и водно-аккумулятивные – *aq*.

По «Классификации почв России» (2004) для каштановых, бурых почв и солонцов диагностическими горизонтами являются: 1) Светлогумусовый гор. АJ; 2) Солонцовый BSN; 3) Структурно-метаморфический гор. BM; 4) Аккумулятивно-карбонатный гор. BSA; 5) Ксерометаморфический гор. BMK; 6) Железисто-метаморфический гор. BFM; 7) Текстурно-карбонатный гор. SAT. В «Полевом определителе почв России» (2008) специально для солонцов вместо элювиального гор. EL включен новый горизонт: *солонцово-элювиальный гор. (SEL)*, характерный для природных солонцов, рассматривающийся как деградиционный солонцовый горизонт.

При диагностике аридных почв Монголии была использована «Классификация почв Монголии» (по Доржготову, 1992).

1.4. При интерпретации полученных результатов были использован перечень элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП), приведенный в монографии Н.А. Караваевой, В.О. Таргульяна с соавторами (1992). Вслед за этими исследователями, каждый отдельный ЭПП рассматривался как специфический процесс записи информации, продуцирующий определенный набор твердофазных признаков – носителей почвенной памяти (Таргульян, 2005). Анализ проблемы почвенной записи для субаридных и аридных территорий базировался на разделении литопамати материнской породы - эндогенной (интрузивные и эффузивные породы) и экзогенной (коры выветривания, осадочные породы). Степень хорошей сохранности разных пород определяется низким биоклиматическим потенциалом современного почвообразования.

Глава 2. Микроморфологическая диагностика аридных почв и почвообразовательных процессов

Диагностические возможности микроморфологического анализа почв определяются его способностью отражать результаты почвенных процессов как в строении и составе новообразований, так и в формировании почвенных микроструктур.

Основы микроморфологической диагностики почвообразовательных процессов в нашей стране были заложены работой И.И. Феофаровой по почвам аридных территорий “Микроморфологическая характеристика такыров” (1956). Позже эти материалы были дополнены работами по изучению микростроения автоморфных и гидроморфных субаридных и аридных почв Яриловой (1958, 1962); Минашиной (1956, 1958, 1965, 1966, 1973, 1974, 1975), Яриловой, Целищевой, Федоровым (1974), Федоровым (1976; 1983), Губиным (1978; 1984), Турсиной (1988), Шобой с соавторами (1980), Герасимовой, Губиным, Шобой (1992), Ямновой (1989), Герасимовой (2003), Ямновой, Головановым (2010). Эти исследования касались микроморфологической диагностики разных типов почв – солончаков, сероземов, бурых, серо-бурых, такыров и других типов и подтипов гидроморфных аридных почв, для которых характерно большое разнообразие солевых, гипсовых и карбонатных новообразований. Микроморфологический анализ солонцов показал высокую информативность этого метода при изучении их генезиса и диагностики осолонцевания, засоления и слабого

гумусо-аккумулятивного процесса (Польский, 1958; Ярилова, 1961, 1966; Турсина, 1979; Nettleton, Flach, Brasher 1969; Miedema, Slager, 1972; Лебедева, Габченко, 2006; Лебедева, Герасимова, 2009). Перспективы применения микроморфологического метода в диагностике ЭПП аридных почв были рассмотрены в ряде работ М.И. Герасимовой (1985; 2003) на примере эволюции такыров при их запесчанивании.

Одна из первых попыток обобщения микроморфологической информации об аридных почвах была предпринята Герасимовой и Ромашкевич (1977, 1982). Разделение почвенных и породных элементов микростроения, диагностика и генезис почвенных солевых новообразований (карбонатных и гипсовых), рассматривается во многих зарубежных работах (Evans and Buol 1968; Stoops, 1970, Sehgal, Stoops, 1972; Souirji, 1991, Mills, Fox, Poch, 2008 . Williams, Buck, Soukup, 2008; Paglial, Stoops, 2009). В настоящее время микроморфологические исследования все активнее привлекаются для палеореконструкций и для изучения эволюции почв (Mehrjardi, Mahmodi, Heidari, 2008; Ковда, 1973; 2008; Хохлова, 2009; Седов, Хохлова, 2010).

В классификационном аспекте микроморфологические свойства аридных почв были охарактеризованы Алленом (Allen, 1985) в тематическом сборнике Американского Общества Почвоведов «Микроморфология и классификация почв». Опыт классификации пустынных почв с использованием микропризнаков представлен в ряде публикаций: Голованова с соавторами (2005), Lebedeva, Gerasimova, Golovanov (2010).

Последняя монография по интерпретации микроморфологических признаков почв и реголитов (редакторы Stoops, Marselino, Mees, 2010) представляет собой обобщение мировой литературы по изучению особенностей микростроения различных горизонтов и новообразований, в том числе генетически значимых для аридных почв. В ней представлены материалы по изучению солевых (Mees, Tursina, 2010), гипсовых (Poch, Artieda, Herrero, Lebedeva-Verba, 2010) и карбонатных (Durand, Monger, Canti, 2010) новообразований. Особо были рассмотрены микропризнаки поверхностных диагностических горизонтов аридных почв - аридик, такырик и иермик (Gerasimova, Lebedeva-Verba, 2010). В специальной главе этой монографии приведена типизация физических и биологических корочек и пленок. Генезис пузырчатой корочки связывают исключительно с процессом выхода заземленного воздуха при увлажнении сухой бесструктурной почвы (Paglial, Stoops, 2009). Описано разнообразие микроорганизмов для биологических корок, показано большое их значение в формировании почвенно-экологических функций аридных почв.

В целом, если оценить соотношение количества публикаций, посвященных микростроению почв аридных и гумидных регионов, то оказывается, что первые изучены значительно меньше. В литературе существуют единичные данные по изучению микроморфологических свойств поверхностных микрогоризонтов (мощностью 1-3см) в автоморфных аридных почвах (Губин, 1984), по которым, как мы считаем, можно получить информацию о текущих трендах почвообразовательных процессов. Отсутствуют данные по сравнительному анализу микростроения горизонтов в разных типах аридных почв, сформированных на разных породах, суббореального пояса Евразии.

Глава 3. Объекты и методы исследования

Основными объектами исследования являются автоморфные целинные суглинистые субаридные и аридные почвы – светло-каштановые почвы в комплексе со светлыми солонцами, бурые аридные, серо-бурые, крайнеаридные пустынные. Исследованные почвы расположены в южных районах европейской части России (Прикаспийская низменность) и в странах ближнего зарубежья – Узбекистане, Казахстане, Туркмении и Монголии (рис. 1).

Целинные почвы солонцовых комплексов (разные виды солонцов и светло-каштановые почвы) были изучены в северо-западной части Прикаспийской низменности на территории Джаныбекского стационара (Институт лесоведения РАН) и на террасах сора Хаки (Казахстан).

Бурые аридные почвы были изучены на поверхности бугра Бэра (Астраханская обл.). Серо-бурые почвы на поверхности древних останцов Бухарского оазиса. Бурые аридные почвы, серо-бурые и крайнеаридные почвы изучались на подгорной равнине Илийского горного обрамления (Казахстан). На подгорных равнинах Заалтайской Гоби (Монголия) были исследованы бурые, серо-бурые, палево-бурые и крайнеаридные почвы.



Рис. 1. Районы исследования: 1-2 - Прикаспийская низменность (1 – Джаныбекский стационар РАН; 2 – Астраханская обл.); 3 – подгорная равнина Копетдага (Туркмения); 4 – подгорная равнина Туркестанского хребта (Узбекистан); 5 – подгорная равнина Илийского горного обрамления (Казахстан); 6 – Заалтайская Гоби (Монголия)

Изученные почвы различаются по климатическим показателям (рис. 2).

Субаридные (почвы солонцовых комплексов) и аридные почвы Узбекистана и Казахстана были изучены автором работы в составе экспедиций Почвенного института им. В.В. Докучаева в республиках бывшего СССР. Образцы ряда автоморфных почв и такыров из Монголии и Туркмении были отобраны в ходе комплексных международных экспедиций д.с.х.н. Е.И. Панковой (1992), к.г.н. Д.Л. Головановым (2007) и проф. М.А. Глазовской и любезно предоставлены автору для их микроморфологической диагностики.

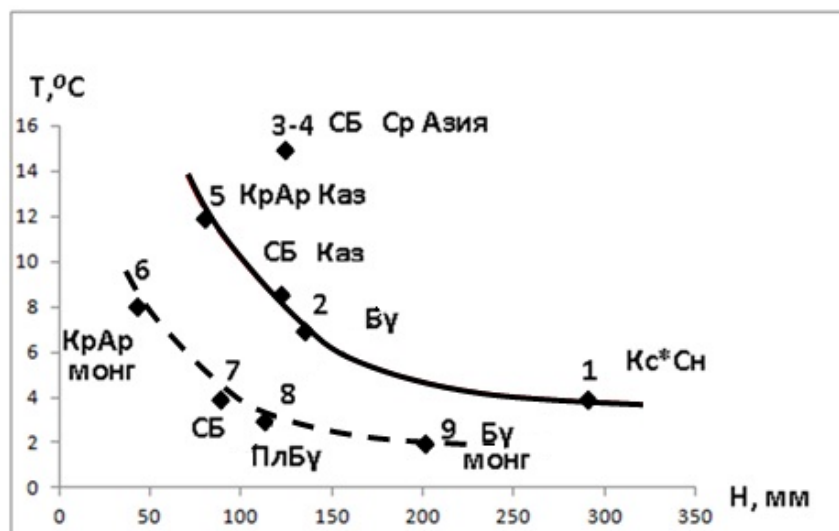


Рис. 2. Изменение гидротермических показателей зональных аридных и субаридных почв. 1-9 номера ключевых участков (по рис. 1): 1 – 2 – Россия; 3 – Узбекистан; 4 – Туркмения; 5 – Казахстан; 6-9 Монголия; — в Казахстане; - - - в Монголии.

T - средняя годовая температура; H , мм – среднее годовое количество осадков.

Почвы: Кс*Сн – полупустынных солонцовых комплексов; Бу – бурые аридные; СБ – серо-бурые; КрАр – крайнеаридные пустынные.

Микроморфологический метод является основным в данной работе. Особенностью его применения было детальное изучение микроморфотипов в тонких горизонтах (мощностью 1-3 см) и морфонах в пределах верхних 10-15 см почвенных профилей. Исследовали шлифы вертикальной ориентации. При изготовлении шлифов использовались полисинтетические смолы в условиях вакуумной пропитки микромонологитов, что позволило сохранять солевые новообразования и почвенные структурные отдельные глинистого состава без разрушения. Площадь готовых шлифов в среднем 3x4 см, иногда 6x8 см. При изучении микростроения корковых и солонцовых горизонтов параллельно были изучены шлифы горизонтальной ориентации, чтобы в объеме охарактеризовать характер пористости и проявление микропризнаков иллювиирования глины. Для экспертной оценки встречаемости микропризнака в диагностических горизонтах в серо-бурых, крайнеаридных пустынных почвах и светлых солонцах повторность составляла от 4 до 12 шлифов.

Микроморфологические исследования проводились с использованием оптических минералогического микроскопа Olympus BH-2, фотосканера Epson perfection 2450 Photo, цифровой фотокамеры Nikon E 4500. Для характеристики микроскопических признаков были использованы международные (Stoops, 2003) и российские руководства (Парфенова, Ярилова, 1962).

Субмикроскопический метод с использованием сканирующего электронного микроскопа SEM JSM-6610LV с сопряженной системой рентгеновского микроанализа INCAx-act был использован для определения элементного состава новообразований и поверхностных морфоструктур минералов солей (карбонатов, гипса, легкорастворимых солей).

Минералогический анализ крупных фракций был привлечен для оценки профильной однородности почвообразующего материала, для уточнения характера поступающего материала, для оценки интенсивности и вида изменений при почвообразовании.

Изучение разнообразия микроморфологических особенностей пустынных почв разных провинций проводилось с применением сравнительно-географического анализа. Исследования изменчивости микропризнаков в почвах солонцовых комплексов с помощью катенарного метода. Проведенные исследования опираются на опубликованные в литературе материалы и оригинальные данные по химическим и физико-химическим свойствам аридных и субаридных почв. Анализы выполнены в Почвенном институте им. В.В. Докучаева по общепринятым методикам (Воробьева, 1998; Хитров, 1990).

Глава. 4. Микроморфологическая диагностика почв солонцовых комплексов

4.1. Микростроение солонцов и светло-каштановых почв Джаныбекского стационара. Свойства почв солонцовых комплексов на Джаныбекском стационаре хорошо изучены и подробно представлены в литературе (Большаков, 1937; Ковда, 1937; 1950; Роде, 1953; 1962; Польский, 1958; Абатуров, 1976; 1984; Соколова с соавторами, 2000; Базыкина, 1978; Сапанов, 2004; Сиземская, 2010).

Почвы стационара являются «классическим» примером комплексности почвенного покрова, развитого в северной части Прикаспийской низменности. Почвы пустынных биогеоценозов представлены солончаковыми солонцами светлыми, сухостепных биогеоценозов – светло-каштановыми почвами, степных – темноцветными и черноземовидными почвами. Почвообразующими породами являются бурые лессовидные карбонатные суглинки. Почвенный покров отличается высоким количеством разновозрастных сусликовин (Абатуров, 1985). Для него характерны вскипающие с поверхности солонцы (Хитров, 2004).

Таблица 1. Химическая характеристика почв солонцового комплекса на территории Джаныбекского стационара

Горизонт	Глубина образца, см	рН водный	% обменного Na от суммы обм. оснований	Гумус	CO ₂ карб.	SO ₄ гипса	Сумма солей
					%		
Солонец светлый (разрез 7М-02)							
AJEL	0-7	9,7	14	2,0	-	-	0,08
BSN	7-14	9,7	32	1,3	-	-	0,16
BSNbc	14-24	9,8	50	0,9	0,40	-	0,30
BMKs, bc	24-31	9,0	57	0,6	1,94		1,89
BCAs	31-55	9,1	58	-	2,90	1,84	2,15
BCs	55-100	9,4	40	-	2,28	1,17	2,24
Cs, q1	100-141	9,1	45	-	1,01	1,40	2,02
Cs, q2	141-160	9,2	48	-	0,88	3,52	2,11
Светло-каштановая почва (разрез 160)							
AJ	0-13	7,7	1	2,8	-	-	0,04
AJ BMK	17-25	7,6	2	0,7	-	-	0,04
BMK	27-42	7,9	2	1,1	0,08	-	0,04
CAT1	43-48	8,5	4	0,2	1,32	0,06	0,07
CAT2	50-55	8,6	-	0,6	2,30	0,10	0,07
Cca	82-87	9,1	-	0,0	2,93	0,10	0,09

Примечание: Прочерк – не определялось

Солончаковые солонцы по солевому профилю близки между собой (табл. 1). В верхней слабо засоленной части профиля (до 25-30 см) наблюдается повышенная щелочность (2-3 ммоль(экв)/100г почвы). Глубже 25-30 см засоление

очень сильное сульфатно-натриевое (рис. 3).

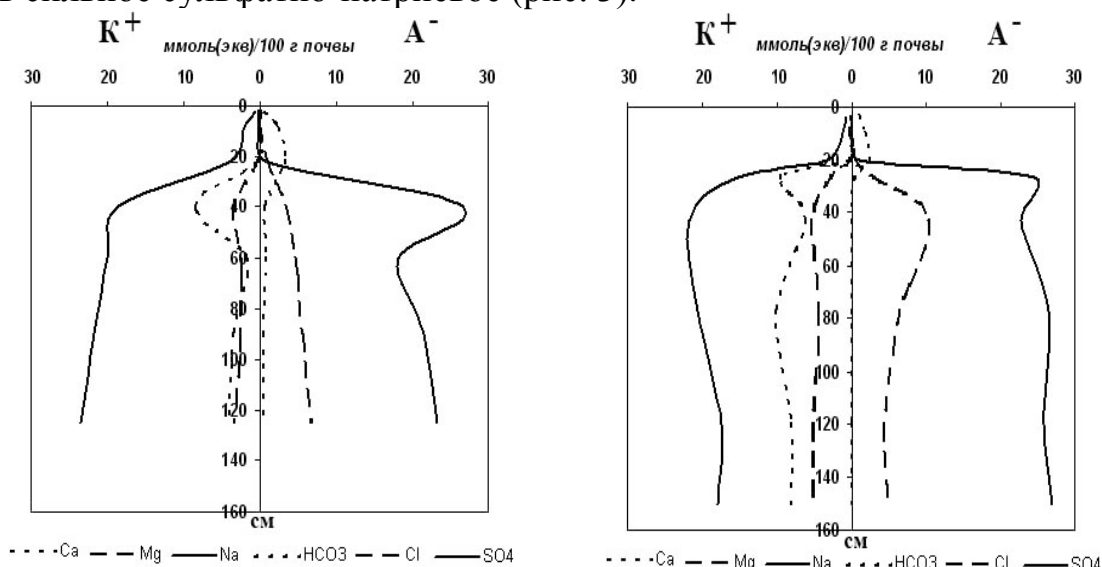


Рис. 3. Профильное распределение солей в солончаковых солонцах: корковый солонец (слева); мелкий солонец (справа)

Особенностью солонцов стационара является засоленность и окарбоначенность нижней части солонцового горизонта. С глубиной увеличивается содержание карбонатов. Содержание обменного натрия в гор. BSN составляет 30-50% от суммы поглощенных катионов. Светло-каштановая почва в верхней части профиля не засолена.

Анализ микростроения надсолонцовых горизонтов светлых солонцов выявил общие и специфические микропризнаки. К характерным элементами микростроения *надсолонцовых* горизонтов могут быть отнесены – низкое содержание плазмы и плитчато-линзовидная агрегированность. От коркового солонца к светло-каштановой почве отмечается увеличение содержания разложившихся растительных остатков, копрогенных агрегатов. Усиливается общая гумусированность почвенной массы с образованием характерных микроэлементов светлогумусового гор. AJ (рис. 4).

Особенностью микростроения солонца коркового является наличие гор. AKL. Верхний везикулярный микрогоризонт (гор. AK) отличается массивной структурой с большим количеством округлых пузырьковых пор (рис. 6А). Вокруг пузырьковых пор отмечено образование тонко-пылеватых скелетан. С глубиной плитчато-везикулярный горизонт сменяется на плитчатый (гор. AL). Для него характерно: обилие мелких железистых стяжений, плазменно-пылеватое микростроение, дисперсные микроформы гумуса и большое количество биогенных нитчатых форм, предположительно водорослей (рис. 6Б). Характерные элементы микростроения и их постепенная смена позволяют рассматривать горизонт AKL как микропрофиль, в образовании которого принимают участие разные механизмы структурной перестройки почвенной массы.

Анализ микростроения солонца мелкого и среднего выявил микропризнаки элювиально-иллювиального передвижения гумусово-глинистых частиц с образованием гумусово-пылеватых кутан в крупных каналах (рис. 6В) и тонких темных глинисто-гумусовых кутан на поверхности линзовидных агрегатов (рис. 6Г).

Микроморфологические особенности солонца среднего вскипающего с поверхности определяются влиянием солевых растворов при их латеральном перераспределении от свежего выброса суслика (расстояние в 4 м). В отдельных микроразонах плитчатые агрегаты обесцвечены, по-видимому, за счет разрушения глинисто-гумусовых веществ солями.

В солонцах глубоких отмечена дифференциация микропризнаков в надсолонцовых горизонтах формирования по микропризнакам профиля: AJel-AJ-SEL. Гор. AJel представлен тонкочешуйчатым светло-серым материалом с обилием мелких растительных тканей. Гор. AJ выделяется наиболее прогумусированным материалом, значительной биогенной переработкой почвенной массы. В гор. EL появляются мелкие железистые стяжения (рис. 6Д).

Анализ элементов микростроения гор. AJ светло-каштановых почв показал более высокую гумусированность, значительную биогенную проработку (рис. 6З), обилие разложенных растительных остатков в почвенной массе. На этом фоне формируется гантелевидная форма криогенных агрегатов (рис. 6Е). В результате можно отметить, что выявленные изменения в микростроении поверхностных надсолонцовых горизонтов от коркового солонца к светло-каштановой почве обусловлены: 1) различиями в водном режиме изученного ряда целинных почв и 2) вмешательством зоогенного фактора с формированием особых видов солонцов – вскипающих с поверхности.

Солонцовые горизонты на фоне их морфологической однотипности при изучении почв в поле существенно различаются на микроуровне. Эти изменения выражены в: 1) степени проявления кутан иллювиирования; 2) сохранности кутан в виде обрывков (папул); 3) характере оптической ориентации глинистой плазмы; 4) разной прогумусированности внутривершинной массы.

В ряду изученных почв активное иллювиирование гумусово-глинистых частиц с образованием современных кутан иллювиирования по порам любого размера выражено в корковом и мелком солонцах (рис. 7А). В мелких солонцах сформирован горизонт с классическими элементами микростроения – микроморфотип солонцового горизонта (Герасимова, Губин, Шоба, 1992).

В микростроении глубоких солонцов выявлены наиболее существенные различия по сравнению с микроморфотипом солонцового горизонта. Промытый от солей на большую глубину солонец характеризуется обезливанием и обезжелезнением периферийных зон структурных отдельностей в его верхней части (рис. 7Г). В нижней – образованием солевых новообразований (тенардита) между угловатыми солонцовыми агрегатами (рис. 7Д).

В средних солонцах микроморфологические признаки дифференцированы в пределах солонцовых горизонтов. В верхней части гор. BSN отмечено снижение двупреломления глинистой плазмы и увеличение ее ожелезненности (рис. 7Б). В нижней – выявлена максимальная деградация солонцовых агрегатов – солонцовые агрегаты приобрели вид округлых мелких фрагментов, окруженных псевдопесчаными солевыми агрегатами (рис. 7В), что связано с вторичным засолением за счет поднятия уровня засоленных грунтовых вод (УГВ).

В карбонатном солонце агрегаты солонцового материала полностью разрушены, от них остались расплывчатые зоны, в которых сохранилась вокруг-

скелетная оптическая ориентация плазмы. Специфический микропризнак гор. BSN_{Ca,s} – наличие поровых заполнений из кристаллов гипса и тенардита.

Подсолонцовые засоленные горизонты солонцов характеризуются общими элементами микростроения – типичной псевдопесчаной структурой (рис. 7е) и разными формами гипсовых новообразований: за счет подтягивание солей корнями растений (рис. 7Ж), формирование гипсовых стяжений в порах (каледоскопная форма) за счет подтягивания растворов по капиллярам (рис. 7З) и/или образование крупных линзовидных кристаллов вблизи уровня грунтовых вод (табл. 5).

В микростроении гор. ВМК светло-каштановой почвы на фоне слабо анизотропной гумусово-глинистой плазмы диагностируются микрозоны и микроагрегаты с повышенной оптической ориентацией глинистой плазмы. В гор. САТ, Сса появляются зоны с глинисто-карбонатной плазмой.

Таким образом, высокая оптическая ориентация глинистой плазмы и папулы сохраняются при процессах вторичного засоления, рассоления (остепнения), окарбоначивания солонцов. Повышенная ориентация глинистой плазма сохраняется и в отдельных зонах гор. ВМК светло-каштановой почвы.

4.2. Микроморфологическая характеристика временных изменений солонцов мелких. Материалы по изучению микропризнаков целинных солонцов на территории Джаныбекского стационара показали, что они несут информацию о современных и эволюционных этапах почвообразования, на основании чего была проведена оценка устойчивости микропризнаков во времени.

На юго-востоке Европейской России за последние 30 лет наблюдается тренд увеличения увлажненности климата и, как результат, подъем УГВ. Среднее многолетнее количество осадков – 295 мм/год, начиная с 1970-х годов, возросло на 50 мм (Сотнева, 2004). Одновременно произошел подъем уровня грунтовых вод (УГВ) с 5-7 м до 3-5 м (Соколова и др., 2000; Сапанов, 2007).

На основании сравнения шлифов за 1982 и 2002 гг. практически из одних и тех же разрезов и их сравнения с литературными данными (Ярилова, 1962) были выявлены различия в микростроении генетических горизонтов почв.

За 20-50 летний период в мелких солонцах произошли следующие изменения: 1) увеличилось количество тонкодисперсного гумуса, количество мелких растительных остатков, произошло накопление тонкодисперсных фракций на поверхности плитчатых агрегатов в надсолонцовых горизонтах; 2) увеличилось количество глинистых частиц в верхней части гор. BSN, появилось большое количество стресс кутан, зон со струйчатой оптической ориентацией плазмы в его средних частях; в нижней части – изменения не выявлены; 3) увеличилась плотность сложения псевдопесчаной почвенной массы в подсолонцовых горизонтах; 4) изменились микроформы гипсовых новообразований – появились более крупные кристаллы гипса правильных форм в нижних засоленных горизонтах. Исследования показали, что отмеченные изменения приурочены к последнему 20-летнему периоду наблюдения, когда произошли наиболее интенсивные изменения факторов почвообразования – подъем УГВ и увеличение среднемноголетнего количества атмосферных осадков.

Выявленные изменения в микростроении почв позволили оценить тренды почвообразовательных процессов. За наблюдаемый период отмечается активи-

зация следующих процессов: 1) для *надсолонцовых* горизонтов – гумусонакопление; биогенное оструктурирование; элювиирование пылевато-глинисто-гумусового вещества; осолодение; накопление углистых частиц; 2) для *солонцовых* горизонтов – вовлечение и переорганизация глинистых кулан во внутрипедную массу горизонтов; 3) для *подсолонцовых* – уплотнение псевдопесчаной почвенной массы, окарбоначивание и гипсообразование.

Анализ микростроения позволяет предполагать, что в верхней части солонцового горизонта произошло накопление тонкодисперсных частиц за счет процесса лессиважа с последующим образованием характерных для гор. BSN агрегатов. В нижних частях горизонта подобных изменений не выявлено.

4.3. Микроморфологические особенности строения солонцов на террасах сора Хаки и их сравнение с микростроением солонцов стационара. Почвы солонцовых комплексов террас сора Хаки мало изучены, расположены в переходной зоне между светло-каштановыми и бурыми почвами (Ковда, 1950; Будина, Медведев, 1966; Андрющенко и др., 1977; Шабанова и др., 2010). В почвенном покрове преобладают гидрометаморфизованные светлые солонцы (мелкие и средние). Грунтовые воды минерализованы и находятся близко к поверхности: 1,6 м – 2,2 с минерализацией соответственно 37 г/л - 16 г/л на первой и второй террасах соответственно. Воды характеризуются хлоридно-натриевым химизмом.

Таблица 2. Некоторые химические свойства почв на второй террасе сора Хаки

Горизонт	Глубина, см	рН (1:2,5)	Na погл., от ППК	Mg погл., от ППК	Гумус	Гипс	CaCO ₃
			%				
Солончаковатый солонец (ровная поверхность)							
AJ	1,5-6	6,84	3	31	1,92	не опр.	не опр.
SEL	6-10(12)	7,97	12	26	1	»	»
SEL/BSN	10(12)-12(14)	8,09	23	40	0,76	»	»
BSN	12(14)-20	8,44	24	37	0,99	»	»
BMK	20-25(27)	9,02	34	39	1,19	»	5,34
BCAs,cs1	25(27)-42,5(50)	9,1	40	40	0,71	»	15,94
BCAs,cs2	42,5(50)-57	8,51	не опр.	не опр.	0,31	6,20	14,44
BCAs,cs3	57-60	8,57	»	»	0,47	1,30	12,89
BCAs,cs4	66-80	8,45	»	»	0,35	3,36	10
BCs	80-..	8,34	»	»	0,24	3,52	7,34

Морфологической особенностью этих почв являются хорошо развитые плотные столбчатые структуры в гор. BSN. Светло-каштановые солонцеватые почвы выражены в виде узких зон вокруг микропонижений. Цветовое морфологическое проявление гидроморфизма в изученных почвах выражено слабо, отмечены мелкие железисто-марганцевые примазки.

По сравнению с почвами солонцовых комплексов Джаныбекского стационара в солонцах на террасах сора Хаки (табл. 2) отмечено: 1) более низкое содержание гумуса; 2) более тяжелый гранулометрический состав гор. BSN; 3) высокое содержание поглощенного магния по сравнению с натрием. Особенностью почвообразующего материала является их высокая слоистость и как следствие этого «пилообразный» характер засоления.

Микроморфологический анализ солонцов выявил высокую внутрипрофильную дифференциацию признаков. Поверхностные горизонты характеризуются линзовидной структурой и пылевато-песчаными скелетанами в субпараллельных порах – микропризнаки криогенного оструктурирования. На верхних гранях линзовидных агрегатов отмечены темные глинисто-гумусовые кутаны, которые были характерны для мелких/средних солонцов Джаныбекского стационара. На контакте с солонцовым горизонтом отчетливо выражен элювиальный горизонт, который имеет характерные микроморфологические признаки солонцово-элювиального гор. SEL (рис. 6Ж).

Гор. BSN характеризуется относительно мощными железисто-гумусово-глинистыми кутанами иллювиирования, что связано с более тяжелым составом отложений, на которых формируется солонцовый горизонт. В отличие от солонцов Джаныбекского стационара, во внутрипедной массе гор. BSN выявлено повышенное количество темных углистых частиц и темно-серых глинисто-гумусовых сгустков. Предположительно, эти микропризнаки унаследованы от реликтовой луговой стадии развития солонцов. В настоящее время происходит усиление гумусирования глинистых кутан *in situ*, что связано с разложением растительных корней в кутанах при активном участии почвенной мезофауны.

Для поверхностных горизонтов в светло-каштановых солонцеватых почвах характерно сочетание микропризнаков высокой биогенной агрегированности и криогенной сортировки материала с образованием тонко линзовидных агрегатов, развитых между биогенными морфонами. Высокая оптическая ориентация глинистой плазмы является устойчивым микропризнаком. Она отчетливо выражена на фоне высокого биогенного оструктурирования в светло-каштановых солонцеватых почвах в условиях близкого залегания минерализованных грунтовых вод.

4.4. Микроморфологическая индикация основных ЭПП в солонцах, возможности использования микропризнаков для диагностики и эволюции почв солонцовых комплексов. В изученных почвах солонцовых комплексов (в траншеях и разрезах) (рис. 4) отчетливы признаки трех процессов – гумусонакопления с активной зоогенной составляющей, солонцового и засоления. Микроморфологические исследования позволили уточнить направленность развития современных почвообразовательных процессов в почвах солонцовых комплексов, связанных с изменениями условий почвообразования. По микростроению надсолонцовых горизонтов было выделено 3 типа генетических горизонтов – AJ, SEL, AKL, каждый из которых отличается определенным комплексом микропризнаков.

Микропрофиль AKL формируется в корковых солонцах и характерен для почв, развивающихся в наиболее контрастных и аридных условиях педоклимата: на микроповышениях, в условиях резко непромывного режима, при актив-

ном развитии почвенных водорослей и минимальном развитии в напочвенном покрове высшей растительности. Образование пузырчатой корочки (К) связано с газо-эмиссионными процессами при высокой активности биохимических процессов разложения органического вещества и фазовых переходах бикарбонатов натрия при иссушении почв. Процессы современного осолодения и осолонцевания в пузырчатой корочке диагностируются по образованию скелетан на стенках везикулярных пор и мелких железистых стяжений. Микростроение подкоркового горизонта (L) определяется развитием криогенных структур на фоне высокой подвижности гумусово-глинистой плазмы.

Микроморфологические признаки солонцового горизонта в средних и глубоких солонцах «размыты» или модифицированы и лишь частично соответствуют микроморфотипу солонцовых горизонтов в мелких солонцах. Различия в микростроении изученных почв свидетельствуют об изменчивости почв, следовательно, динамичности почвенного покрова комплексной полупустыни.

Принимая во внимание эволюционную неустойчивость полупустынных солонцовых комплексов (по Ивановой, Фридланду, 1958; Ивановой и др., 1966), можно предполагать, что в почвах сочетаются признаки разных этапов их циклического развития. Микроморфологические признаки горизонтов, являясь первыми «чуткими» индикаторами различных изменений факторов почвообразования, свидетельствуют об образовании солевых новообразований в подсолонцовых горизонтах в условиях повышения УГВ, зафиксированного в последнее время.

Проведенное исследование позволяет предположить, что микроструктуры в солонцовых горизонтах перестраиваются в течение первых десятилетий, тогда как плазма основной массы более консервативна, поскольку ее высокая оптическая ориентация наблюдается во всех солонцовых горизонтах в условиях современных вторичных процессов засоления – рассоления солонцов. Одним из ведущих факторов усиления процесса гумусонакопления и преобразования диагностических солонцовых признаков является активная деятельность почвенных животных и растений.

Глава 5. Микростроение целинных аридных почв суббореального пояса Евразии.

Почвы аридных территорий развиты на разных по гранулометрическому составу, возрасту материнских породах и засолению. Свойства отложений во многом определяют свойства почв, в том числе и сильное засоление автоморфных почв. На фоне разной мощности и засоления для всех изученных почв на макроуровне характерно формирование пузырчатой корочки, часто слоистой подкорки и срединного более тяжелого, оструктуренного в разной степени срединного горизонта, в нижележащих горизонтах часто отмечено засоление и гипсонакопление (табл. 3, 4).

5.1. Микростроение автоморфных бурых аридных почв. Бурые аридные почвы на буграх Бэра являются наиболее северными из изученных аридных почв. Их особенностью является высокая химическая солонцеватость при отсутствии морфологической. Для гор. АЖ/К(са) характерно компактное плазменно-песчаное микросложение и микроразональное распределение плазменных

Таблица 3. Генетические горизонты аридных почв.

Бурые	Палево-бурые	Серо-бурые	Крайнеаридные пустынные	Крайнеаридные пустынные (на засоленных породах)
AJ/Кса	К са	К са (ael)	К sd	Ksd / cs
AJca	L ca	L ca	L ca, s	Ls, cs
AJ/Вса, ic	BCA[BFM] ca	BMK rb, ca	BMK rb, ca	BMK rb, cs
BCA	Cca	C ca, s	BC ca, s	C ca, s
C ca				

глинисто-карбонатных участков, к которым приурочено развитие округлых пор-пузырьков, плотные стенки которых покрыты тонкими новообразованными зернами кальцита. В нижележащих горизонтах характерно песчано-плазменное микростроение. Плазма глинистая, слабо карбонатная. На основании элементов микростроения можно заключить, что почва наследует микропризнаки материнской породы – плотность, слоистое распределение минералов крупных фракций, мозаичную оптическую ориентацию глинистой плазмы. Среди новообразований отмечены спаритовые биогенные новообразования в порах вблизи растительных корней. Таким образом, пузырьковая пористость выражена отчетливо в плазменных зонах. В срединных горизонтах кутаны иллювиирования отсутствуют. Признаков активной биогенной деятельности не выявлено, гор. L выражен локально.

5.2. Серо-бурые почвы на древней останцовой поверхности Бухарского оазиса

5.2.1. Серо-бурая почва (р.111-88) выделяется в ряду изученных почв относительно мощным эоловым наносом с присутствием характерных почвенных агрегатов, которые по микростроению соответствуют агрегатам из гор. AJ типичного серозема (рис. 8А). Граница между эоловым наносом и погребенной коркой резкая. Граница изометричных пор в гор. К(са) извилистая. Плитчатые агрегаты в гор. L са выражены слабо, в них включены округлые микроагрегаты, которые, вероятно, унаследованы от предыдущего эолового наноса. Активные структурные перестройки с образованием микропризнаков гор. AJ переорганизуют эоловый материал, создавая особые элементы микростроения.

Гор. BFM са выделяется наличием высокого количества железисто-глинистых кутан вокруг песчаных зерен, мелких карбонатных стяжений и мощных зон прокарбонирования. Внутри самих крупных карбонатных фрагментов есть включения глинистых папул.

Микропризнаки гор. BCca, s – CS характеризуются неоднородностью - включением крупных агрегатов с железисто-глинистой или глинистой плазмой. Среди гипсовых новообразований гипсовые бороды, проникающие и раздвигающие почвенные агрегаты (рис. 93).

5.3. Аридные почвы подгорных равнин Илийского горного обрамления (Казахстан)

Особенности элементов микростроения разных типов аридных почв представлены на рис. 5. Не смотря на разную мощность почвенных профилей и

породное содержание солей и гипса, генетические горизонты в аридных почвах всегда выражены пузырчатой корочкой, слоистой подкоркой и уплотненным более тяжелым срединным горизонтом.

5.3.1. Бурая аридная почва (р.11-06). Анализ микроморфологических свойств показал, что поверхностный гор.АJ отличается высоким содержанием лессовидных и более крупных комковатых агрегатов, обилием тонких карбонатных кутан вокруг зерен скелета любой размерности. С глубиной размер современных карбонатных микритовых кутан увеличивается, появляются слоистые обломки реликтовых карбонатных кутан. Профиль формируется на легкосуглинистых щебнистых отложениях, в которых велика доля лессовидных агрегатов. На микроуровне формирование корково-подкорковых горизонтов не отмечено, что связано с легким гранулометрическим составом отложений

5.3.2. Серо-бурая почва (р. 1-06). Особенностью микростроения AJk(са), (ae1) является формирование биогенной корки с розетками пустынного мха, который агрегирует эоловый материал (рис. 8В). Анализ микростроения гор. ВМК(sn) показал, что горизонт отличается большим количеством современных новообразований: 1) железо-марганцевые дендровидные кутаны на поверхности педов, 2) изотропные пылеватые (с гумусом и аморфным кремнеземом) инфиллинги (рис. 9В), 3) микритовые кутаны на щебне, 4) свежие глинистые кутаны на карбонатной плазме и карбонатных кутанах (рис. 9Ж). Микропризнаки проявления жизни отмечены во всех горизонтах до глубины 60 см, что определяется хорошими фильтрационными свойствами лессовидных суглинков. В микростроении гор. ВС са, s, cs – отмечены обломки седиментогенной такырной корки – реликтовый микропризнак этапа гидроморфного почвообразования, с последующим его погребением под мощным эоловым наносом.

Гипсовые новообразования представлены инкрустационной микроформой (табл. 6), образующей рыхлые инфиллинги с глубины 55см в порах между обломками пород с глинистыми кутанами. Гипсовые новообразования расположены ниже горизонта с мощными карбонатными кутанами, на поверхности которых отчетливо видны современные глинистые кутаны.

5.3.3. Крайнеаридная почва (р. 4-06). Анализ микростроения гор. KL(са) показал, что пузырьковые поры выражены микрizonaльно, приурочены к наиболее мощным плитчатым агрегатам гор. L. В микростроении гор. Vca выявлена неоднородность строения – в верхней части отмечена тонкочешуйчатая структура, ниже структура становится массивной с ажурной пористостью. В зонах с высоким содержанием песчаных зерен отмечаются слоистые железисто-глинистые кутаны. Анализ микростроения гор. CS выявил те же формы шестоватых гипсовых аккумуляций, как и в почве, сформированной на засоленных отложениях (р. 3-06). Отличием этого разреза является относительно большая толщина шестоватых кристаллов гипса.

5.4. Аридные почвы Заалтайской Гоби (Монголия)

5.4.1. Палево-бурая почва (р.30). Анализ микростроения показал, что в пределах профиля АКL корковый горизонт более окарибоначен, чем подкорковый и отличается высокой межагрегатной пористостью, рыхлостью и плазмен-

но-песчаным составом. Наиболее компактные плазменно-тонкопылеватые зоны характеризуются пузырьковой микроструктурой. Сверху вниз отмечено увеличение содержания глинистой плазмы и ослабление пропитки глинистых кутан микритом. Глинистые кутаны вокруг минералов и обломков основных пород диагностируются во всех зонах, но наиболее четко в менее окаربонированных. В поле зрения можно наблюдать современное окарибонирование корней, реликтовые сложные карбонатные и реликтовые глинистые кутаны по щебню (рис. 9Г). В срединных горизонтах микроморфологические исследования выявили два типа карбонатных кутан (рис. 10 Г-Е). Первый тип кутан (рис. 10Г) – островной, состоит из рыхло упакованных идиоморфных спаритовых зерен кальцита на крупных силикатных зернах. Второй тип (рис. 10Д) в перпендикулярном сечении состоит из трех слоев, отличающихся толщиной, размером, формой кристаллов кальцита. Поверхностный слой отличается повышенной корродированностью зерен кальцита (рис. 10Е). Предполагаем, что такие мощные карбонатные кутаны со специфическими свойствами являются реликтовыми литогенными образованиями. Предполагаем, микропризнаки их перекристаллизации и разрушения являются современными. Микроморфологические исследования показали, что специфической особенностью этого микрогоризонта являются многочисленные мощные, многослойные реликтовые железисто-глинисто-карбонатные кутаны со сложным рисунком и составом - обломки древних кор по Е.И. Панковой (1992).

5.4.2. Серо-бурая почва (р.28). По микростроению гор. Кса характеризуется очень высокой окарибонированностью глинистой плазмы и наличием округлых макропор. Стенки пор покрыты слоистыми, трещиноватыми железисто-глинистыми кутанами иллювирирования, которые различаются неравномерной окарибонированностью. В гор. Лса практически все песчаные частицы имеют очень тонкие глинисто-карбонатные (реже – карбонатно-глинистые) кутаны, элементарное микросложение пленочно-мостиковое. Немногочисленные карбонатные новообразования представлены рыхлыми стяжениями и кутанами на боковых поверхностях щебня.

Срединные горизонты характеризуются наличием железисто-глинистой плазмы с вокругскелетной оптической ориентацией. К крупным порам-каналам приурочены карбонатные новообразования – микритовые кутаны и инфиллинги. Таким образом, в профиле отмечены как современные, так и реликтовые карбонатные новообразования. На поверхности реликтовых карбонатных кутан выявлены микропризнаки их перекристаллизации.

5.4.3. Крайнеаридная почва (р. 10). Во всех генетических горизонтах отмечено высокое содержание текстурных новообразований. Особенностью гор. К является: 1) очень низкое содержание микрита в плазме, 2) отсутствие каких-либо карбонатных новообразований; 3) наличие тонкопылеватого-глинистых кутан с тусклой интерференционной окраской во многих округлых макропорах; 4) присутствие в отдельных округлых порах прогумусированного материала, содержащего отдельные бурые клетки, предположительно, водорослей.

Район исследования	Тип почвы	Отложения, мощность профиля	Особенности химического состава почв
Поверхность бугра Бэра, (Россия)	Бурая аридная	Пылевато-песчано-тяжелосуглинистые* (50 см)	Не засолена. Отличается высокой химической солонцеватостью без морфологической выраженности гор. BSN
Древний останец (Бухарский оазис, Узбекистан).	Серо-бурая р.111-88	Древнеаллювиальные и с лессовидным мелкоземом (70см)	Не засолена. До 25см карбонатная (CO ₂ карб.= 5,8%), ниже 25 см гипсоносная (SO ₄ гипса 40%)
Подгорная равнина Илийского горного обрамления (Казахстан)	Бурая р.11-06	Пролувиальные щебнисто-суглинистые (70 см)	Не засолена. Глубже 50 см засоление низкое, хлоридное. CO ₂ карб.= 2-4%; SO ₄ гипса - 0,1-0,8%
	Серо-бурая р.1-06	Пролувиальные суглинисто-щебнистые (50 см)	Засоление с 30 см (хлоридное со следами соды, с 50 см.- гипсоносная), CO ₂ карб.= 2-3%; на глубине 50 см - SO ₄ гипса -4%
	Крайнеаридная р.3-06	Пролувиальные засоленные щебнисто-суглинистые (25 см)	Засолена с поверхности - чередование хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного засоления, содержание CO ₂ карб.= 3-5%; гипса - 0,1- 8%
	Крайнеаридная р.4-06	Пролувиальные суглинистые с шестоватым гипсом (25 см)	Не засолена. CO ₂ карб.= 3%, содержание гипса увеличивается с глубиной - 0,2-27%
	Крайнеаридная р.5-06	Неогеновые засоленные глины (15 см)	Сильно засолена с поверхности, с хлоридно-натриевым засолением по горизонтам. CO ₂ карб.= 1-3%, гипса 12-34% (рис. 13Г)
Подгорные равнины Заалтайской Гоби (Монголия)**	Палево-бурая р.30	Пролувиальные щебнисто-суглинистые (30 см)	Не засолена. CO ₂ карб.= 4-7%, гипс под щебнем, локален
	Серо-бурая р. 28	Пролувиальные щебнисто-суглинистые (30 см)	Не засолена. CO ₂ карб.= 8-10%, гипс 0,2%(гнездами).
	Крайнеаридная р.10	Делювиально пролувиальные щебнисто-суглинистые (20 см)	Слабо засолена. CO ₂ карб.= 5% (гор. К); 2% (гор. С).Гипса 0,5-21% (в гор.С - гнездами)
	Крайнеаридная р. М-48	Красноцветные мелпалеогеновые глины (20 см)	Поверхностно сильногипсоносная на фоне хлоридного засоления

Таблица 4. Расположение объектов исследования, материнские породы, особенности химического состава почв.

Примечание: * данные по химическим свойствам почв на буграх Бэра по Яковлевой (2009); **данные по химическим свойствам почв Заалтайской Гоби по Панковой (1992)

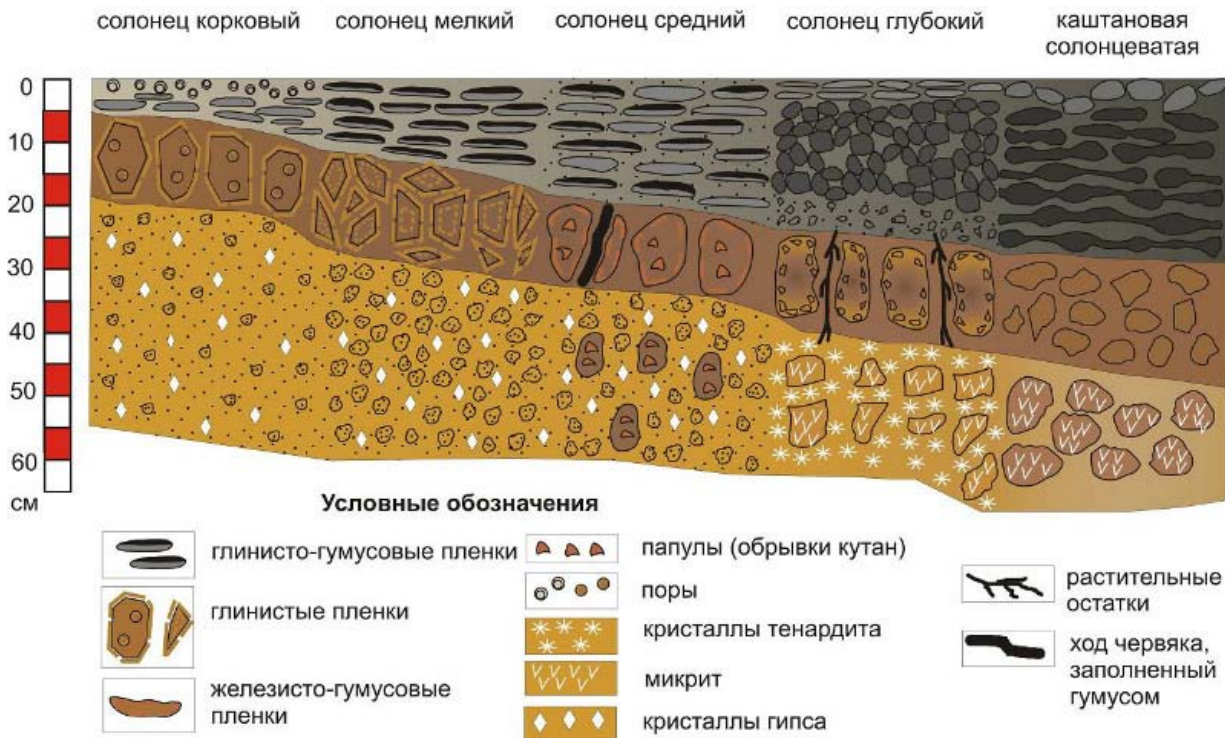


Рис.4. Особенности микростроения почв солонцового комплекса на Джаныбекском стационаре. Цветом выделены разные генетические горизонты: серый – надсолонцовые; коричневый – солонцовые; желтый – засоленные, карбонатные подсолонцовые

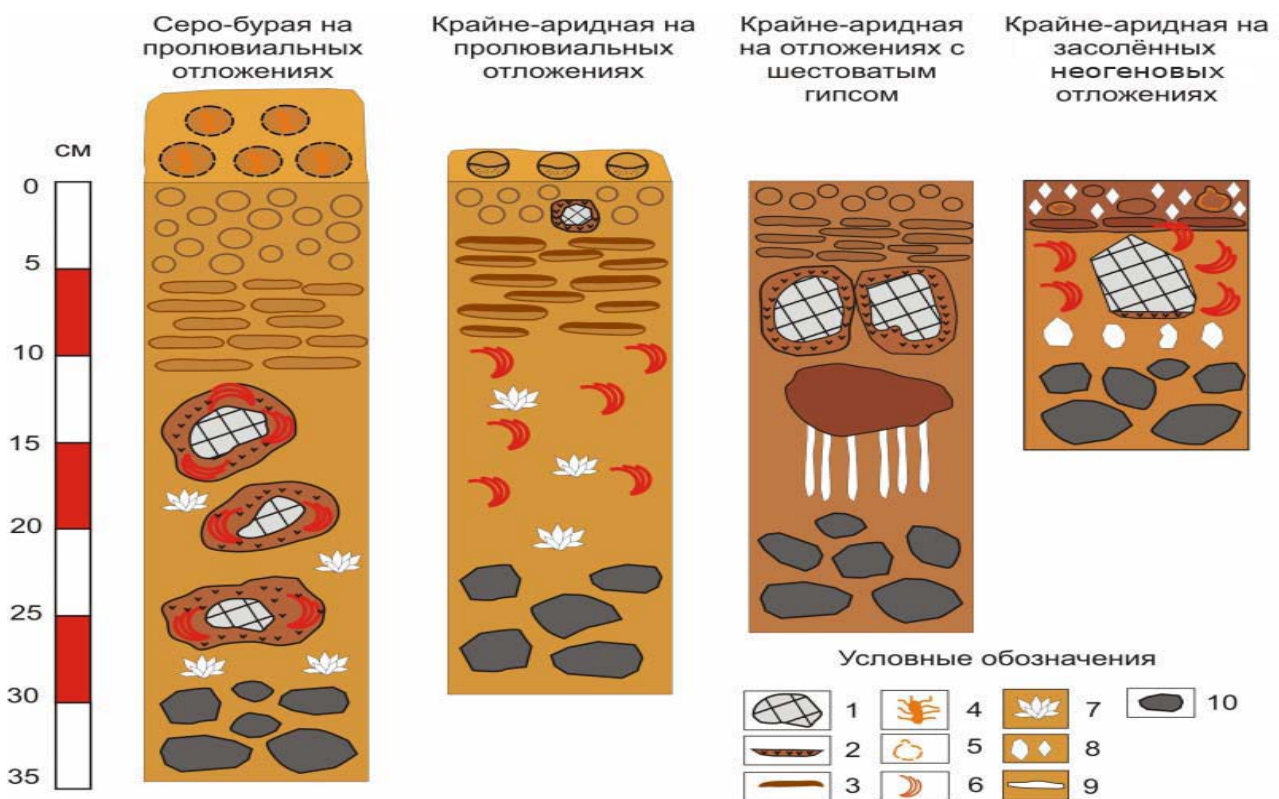
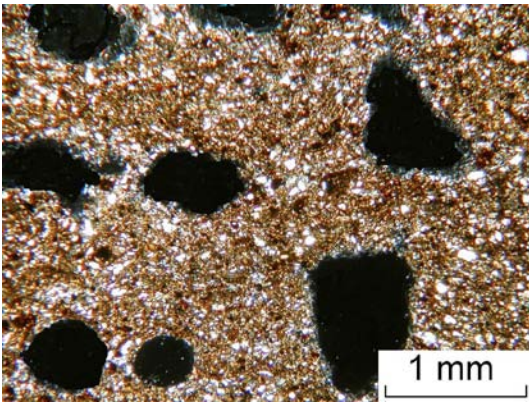
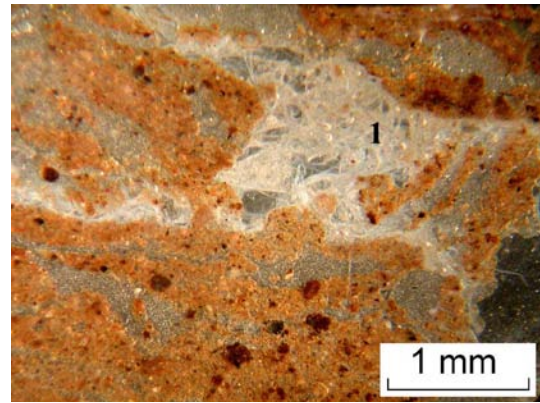


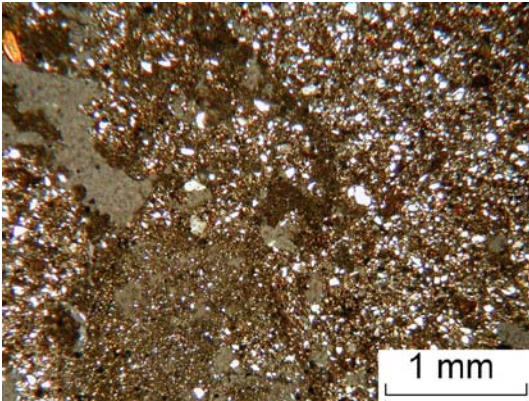
Рис. 5. Особенности микростроения разных типов аридных почв, сформированных на разных по засолению и гипсоносности отложениях (подгорные равнины Илийского горного обрамления): 1. обломки пород; 2. карбонатные кутаны; 3. гумусово-глинистые кутаны на верхних гранях плитчатых агрегатов; 4. пустынный мох в золовом наносе; 5. современные глинисто-пылеватые кутаны в гор. К; 6. папулы. Микроформы гипсовых новообразований: 7. инкрустационно-квазикутанная; 8. вытянуто-калейдоскопная; 9. реликтовая шестоватая. 10. пролювий



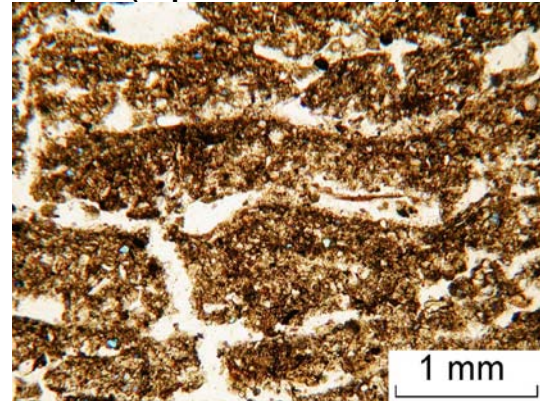
А. Пузырчатые поры в гор. АК (X N)



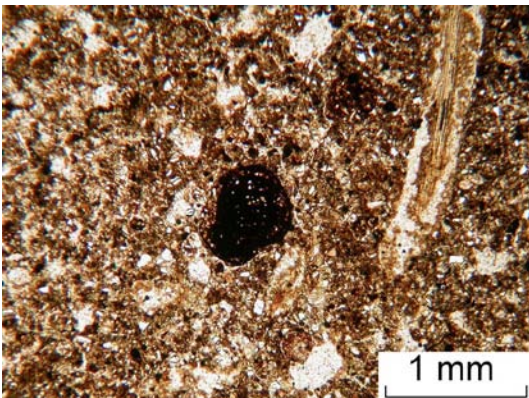
Б. Fe стяжения и микроорганизмы (1) в гор. L (отраженный свет)



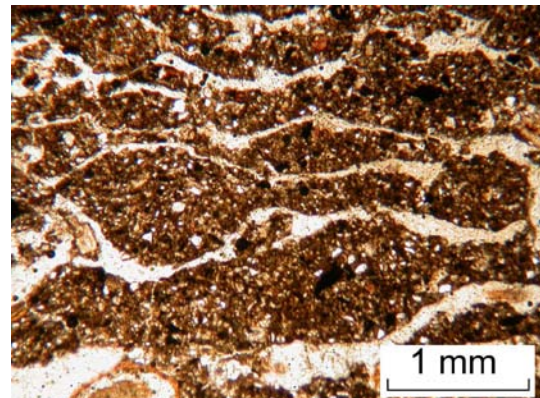
В. Гумусово-пылеватая кутана (X N)



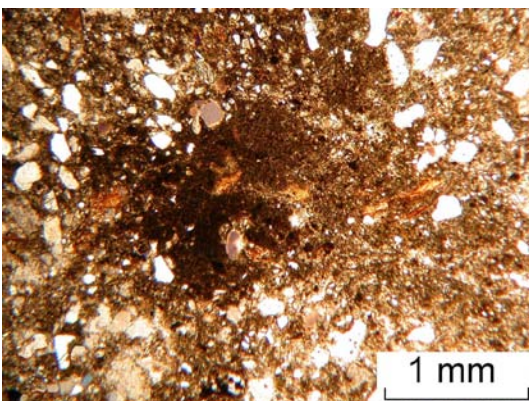
Г. Тонко плитчатая структура (II N)



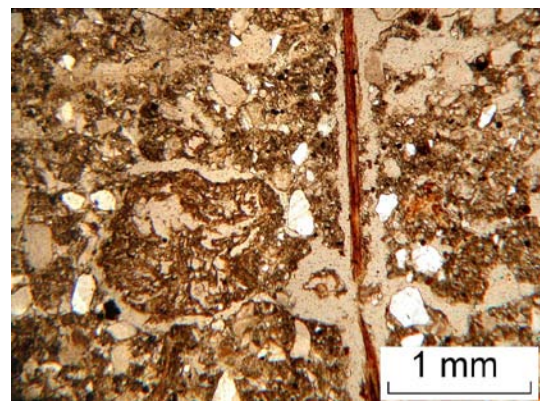
Д. Fe нодуль и растительные корни (II N)



Е. «Гантелевидная» структура в каштановой почве (II N)

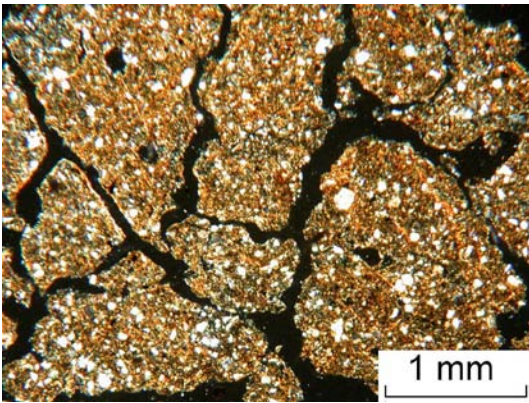


Ж. Гумусовая кутана, папулы в гор. SEL (II N)

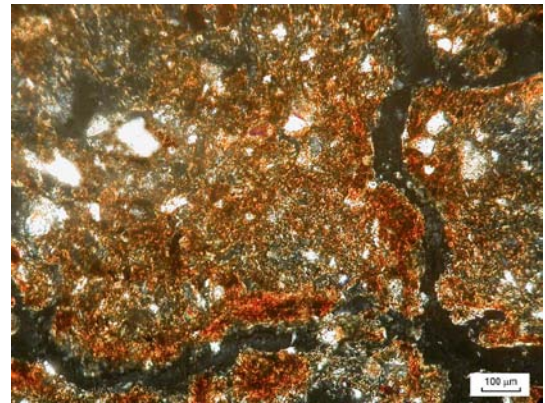


З. Копрогенные агрегаты в гор. AJ (II N)

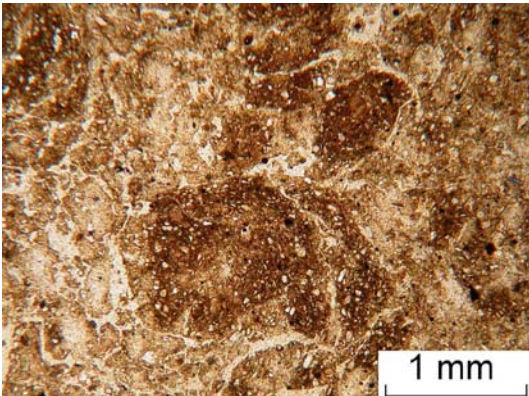
Рис. 6. Микростроение поверхностных горизонтов в почвах солонцовых комплексов



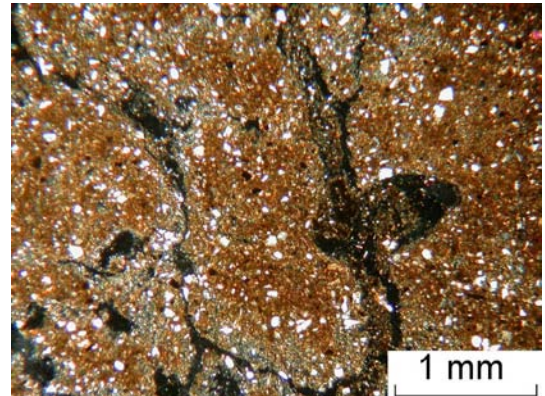
А. Структурные отдельныености (X N)



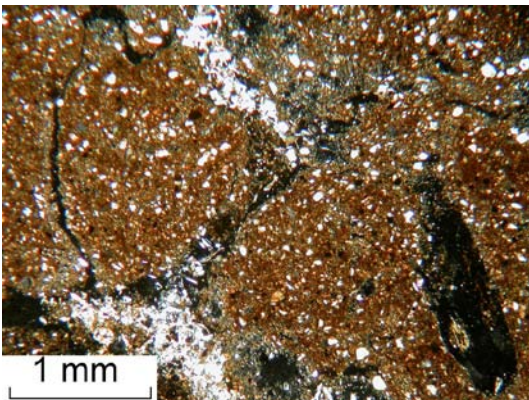
Б. Глинисто-железистые кутаны (X N)



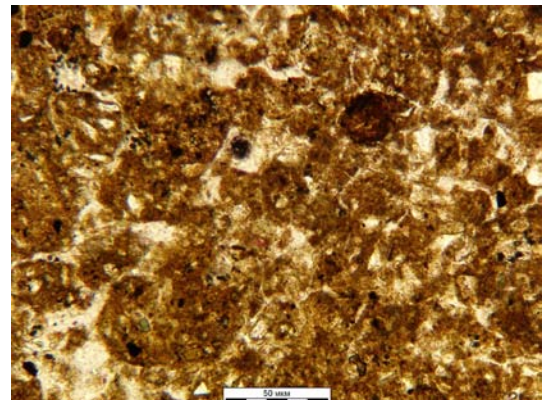
В. Соли между агрегатами (II N)



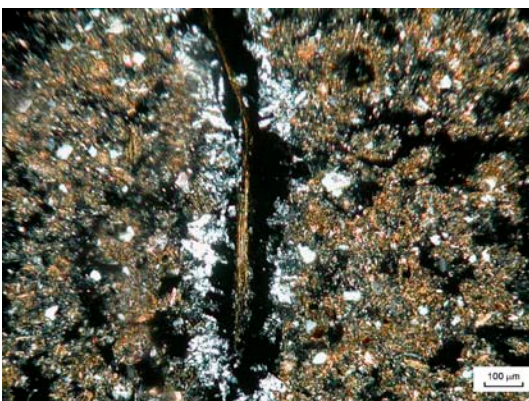
Г. Обезжелезнение агрегатов (X N)



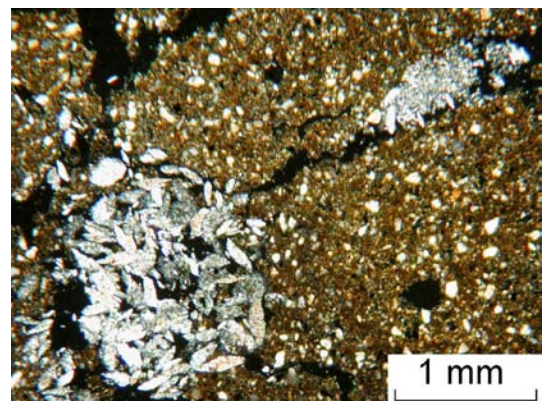
Д. Соли между агрегатами (X N)



Е. Псевдопесчаные агрегаты (II N)

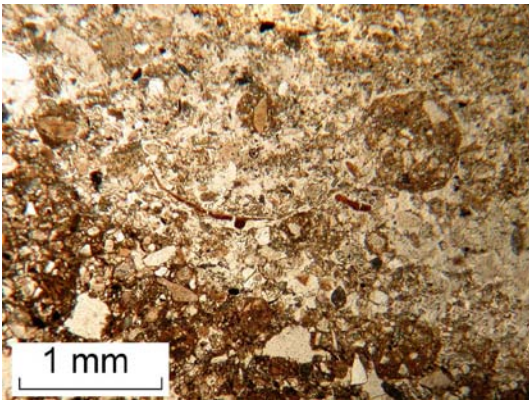


Ж. Новообразованный гипс (X N)

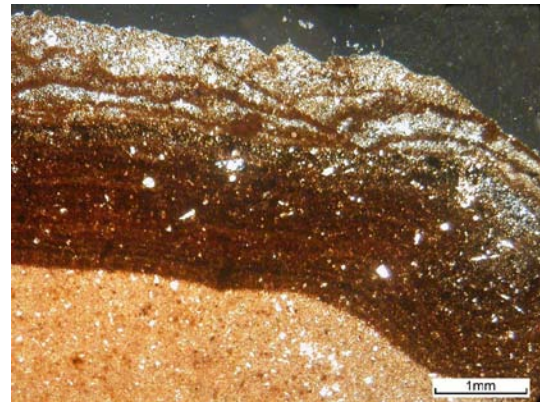


З. Плотные гипсовые стяжения (X N)

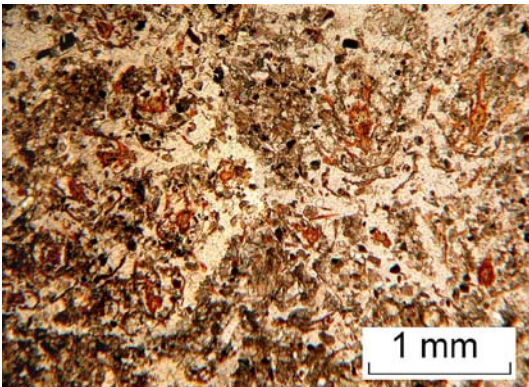
Рис. 7. Микростроение солонцовых горизонтов: А - мелкий солонец; Б - средний солонец; В – глубокий солонец (нижняя часть гор. BSN); Г – Д – средний солонец - микропризнаки деградации (Г – верхняя; Д – нижняя часть гор. BSN); Е – З - микростроение подсолонцовых горизонтов – разные микроформы гипсовых новообразований



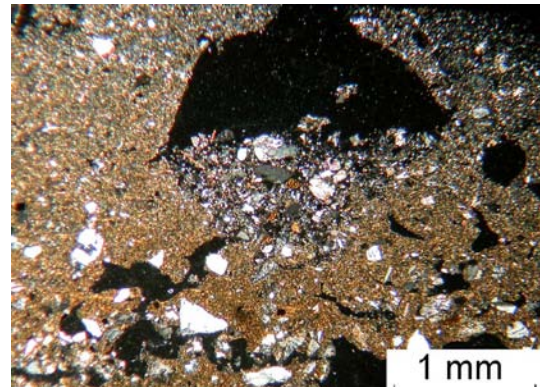
А. Эоловый нанос с почвенными агрегатами (II N)



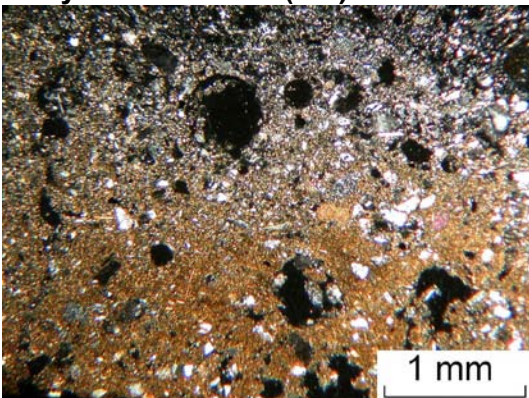
Б. Сложная пленка ржавчины на щебне (X N)



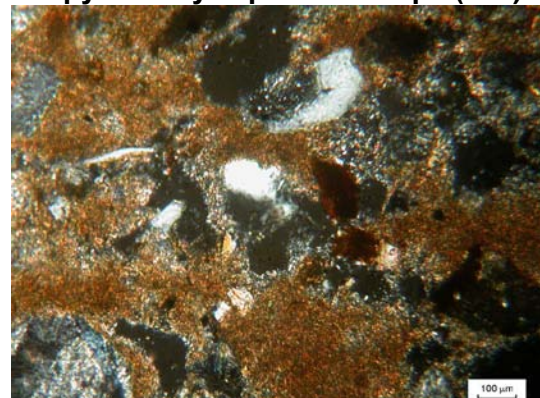
В. Пустынный мох (II N)



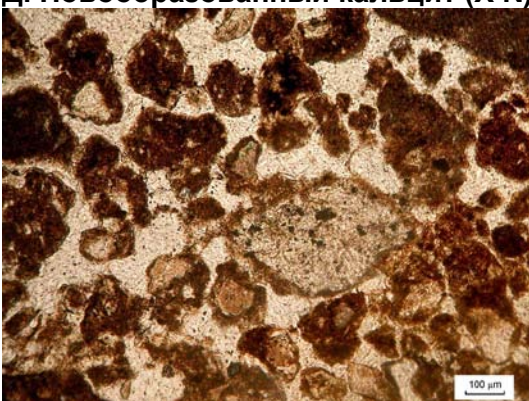
Г. Крупная пузырьковая пора (X N)



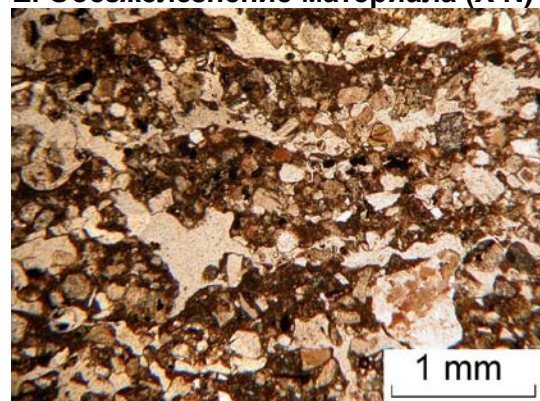
Д. Новообразованный кальцит (X N)



Е. Обезжелезнение материала (X N)

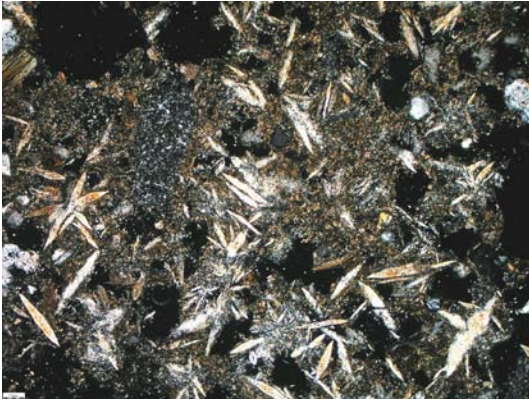


Ж. Биогенные агрегаты у щебня (II N)

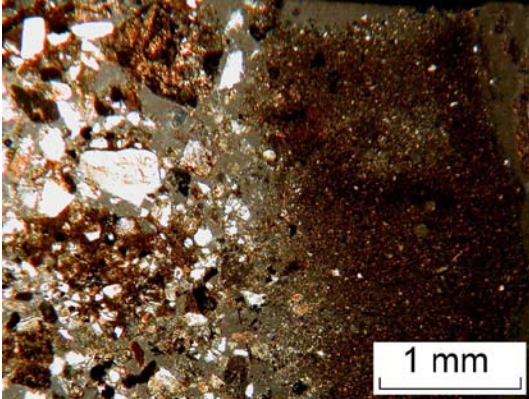


3. Микролитчатый гор. L (II N)

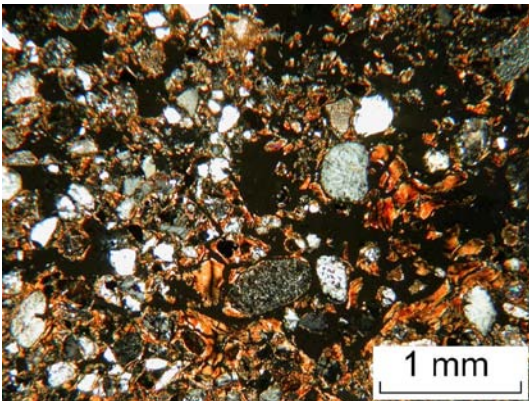
Рис. 8. Особенности микростроения поверхностных горизонтов аридных почв: А-Ж – пузырьчатые корки; 3 – слоистая подкорка



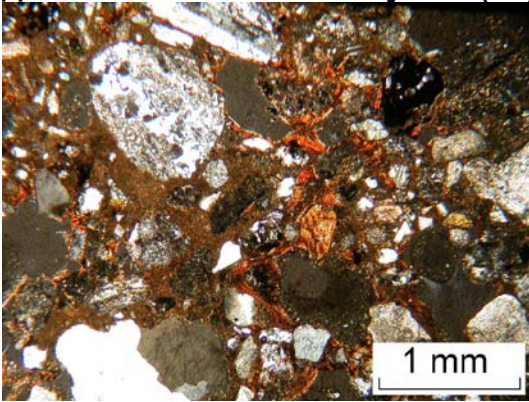
А. Звездчато-солевые новообразования в гор. К (X N)



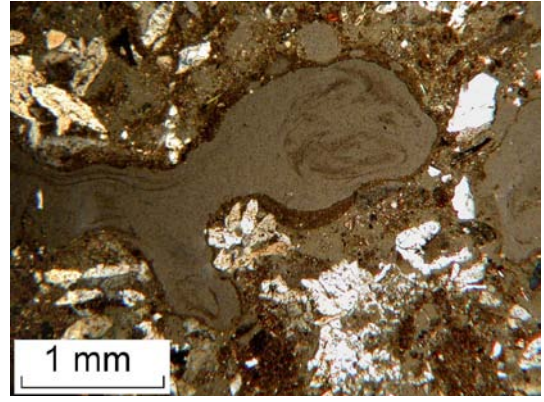
В. Органо-минеральная кутана (X N)



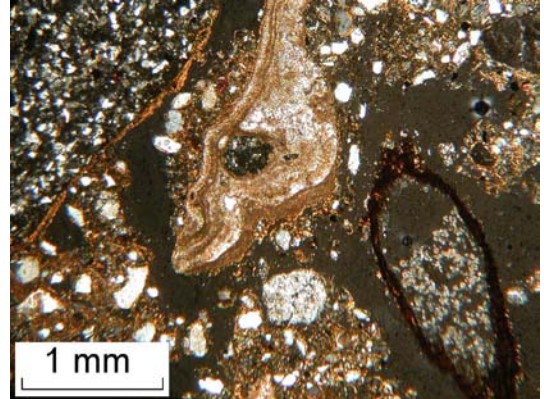
Д. Реликтовые глинистые кутаны (XN)



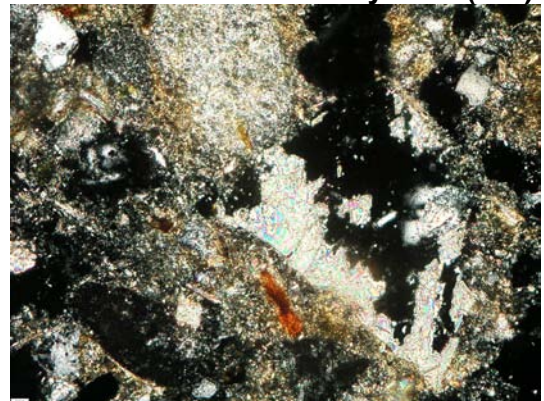
Ж. Карбонатные и глинистые кутаны (XN)



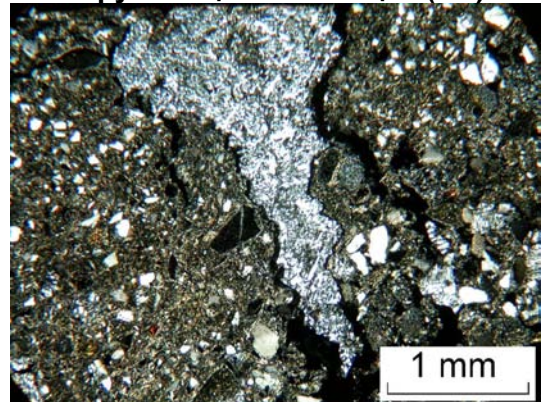
Б. Пылеватая кутана и гипсовые сrostки в гор. К (X N)



Г. Корень с солью, реликтовые карбонатные и глинистые кутаны (X N)



Е. Разрушающийся кальцит (XN)



З. Гипсовая борода (XN)

Рис. 9. Разнообразие современных и реликтовых педогенных новообразований в поверхностных и срединных горизонтах аридных почв в разных почвенных зонах суббореального пояса Евразии

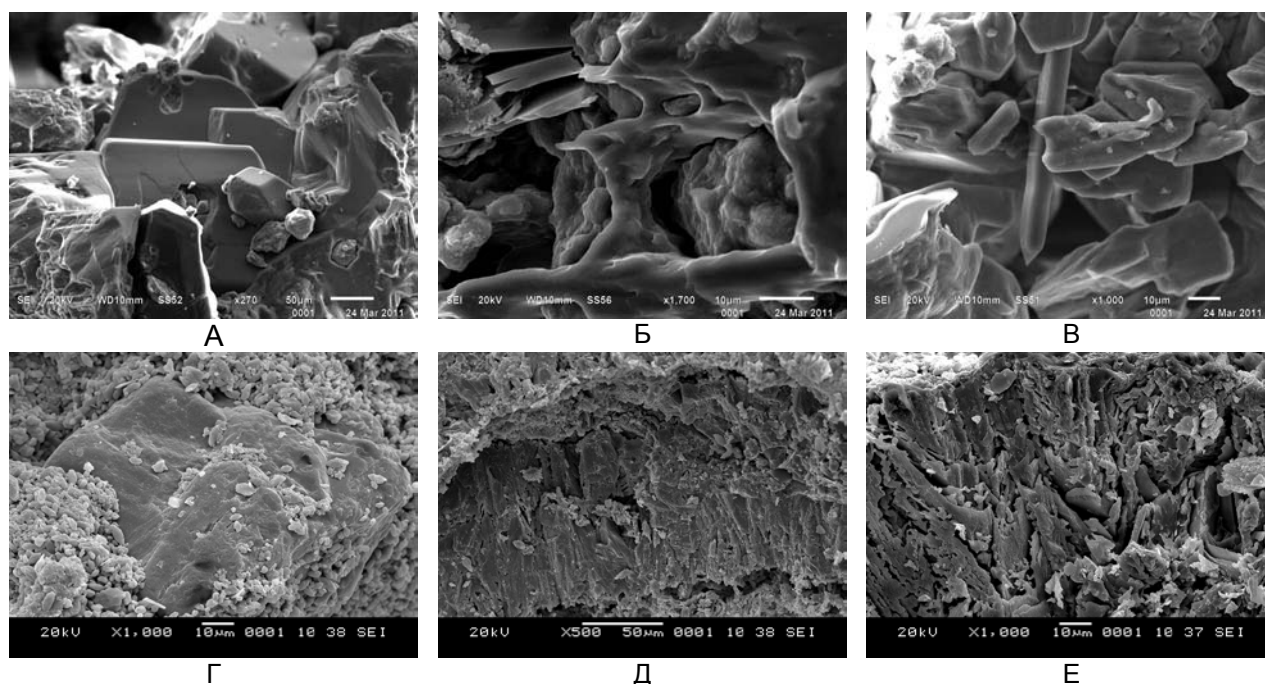


Рис. 10. Микростроение гипсовых и карбонатных современных и реликтовых новообразований (SEM, вторичные электроны): А-В – Гипсовые новообразования: А) новообразованные гипсовые кристаллы, примыкающие к щебню, включения силикатных частиц (x 270); Б) гипсовые сталагматы с включением силикатных минералов (x 1700); В) карандаш из целестина среди перекристаллизованных кристаллов гипса (x 1000). Г-Е – Карбонатные новообразования: Г) островная карбонатная кутана на зерне минерала; Д) реликтовая литогенная карбонатная кутана с «паркетоподобным» расположением удлиненных зерен кальцита; Е) корродированность зерен кальцита.

Гор. Lca характеризуется наличием пузырьковых пор и высокой карбонатности. Наметилась тенденция в образовании субпараллельных трещин - перереорганизация погребенной корки в слоистую подкорку, что позволяет говорить о его недавнем погребении.

Микроморфологические исследования срединных горизонтов BFMca, сс показали большое количество железисто-глинистых кутан, расщепленных на отдельные слои в порах между песчаными зёрнами, с образованием специфической гранулярной микроструктуры (рис. 9Д).

Сверху вниз в гор. ВСса и Сса наблюдается утончение глинистых кутан на песчаных зёрнах и уменьшение содержания глинистой плазмы в целом. В обломках реликтовых железисто-глинисто-карбонатных кутан отмечены признаки растворения или/и перекристаллизации карбонатов, современные образования спарита. Таким образом, профиль характеризуется большим разнообразием текстурных признаков на большую глубину.

5.5. Микростроение аутоморфных крайнеаридных почв на засоленных отложениях

5.5.1. Крайнеаридные почвы в Казахстане. (р. 3-06). Микроморфологические исследования показали, что почва обладает сложным комплексом современных и реликтовых микропризнаков. Анализ микростроения гор. Kca выявил, высокое содержание округлых пор, приуроченных к верхней части горизонта. Отмечены пузырьковые поры двух видов: 1) мелкие поры (0,1-0,3 мм), расположенные среди светлой, слабо уплотненной тонко карбонатной массы

(рис. 8Д) и 2) крупные (0,8-1,2 мм), открытые к поверхности, которые могут быть заполнены почти до половины эоловым материалом (рис. 8Г). Граница между поверхностным светлым тонко карбонатным микрослоем и нижним, более плотным, очень постепенна, что позволяет говорить о современном генезисе поверхностного микритового светлого слоя. Для горизонта характерно большое количество обломков щебня с железисто-марганцевыми эндолитными пленками, под ними отмечено скопление биогенных темно коричневых сгустков (рис. 8Ж). На поверхности корки диагностированы синезеленые водоросли. Отмечены микропризнаки скопления железистых пятен, рыхлых пленок вокруг первичных минералов. Их генезис, предположительно, связан с деятельностью микроорганизмов, зафиксированный микробиологическим анализом. Подкорка Lca имеет отчетливо выраженную микроплитчатость, с более темными верхними гранями (рис. 8З). Анализ микростроения гор. BCAs показал, что сверху вниз постепенно увеличивается размер плитчатых агрегатов и усложняется их внутренняя организация. В верхней части отмечен тонкочешуйчатый материал, ниже – плитчатый с элементами коагуляционной структуры, которые являются диагностическим микропризнаком горизонтов, отличающихся высоким засолением.

Гор. BCAs отличается по основным элементам микростроения от вышележащих горизонтов: 1) глинисто-карбонатно-железистой плазмой, 2) большим количеством железистых стяжений, 3) наличием биогенных микроморфологических форм (ожелезненных тяжей, нитей), 4) разнообразием мелких карбонатных аккумуляций, в том числе специфических плотных криптокристаллических стяжений с резкими границами и точечным ожелезнением, 5) образованием очень тонких зон обезжелезнения вокруг пор любого размера, 6) микроплитчатым строением. Можно предполагать, что этот горизонт представляет собой погребенный корковый горизонт со специфическими микропризнаками интенсивного оксидогенеза на карбонатном фоне.

(р. 5-06). Анализ микростроения гор. KLS показал его высокую пористость. Среди пор выделяются: пузырьковые (в пылевато-карбонатном материале) и поры выщелачивания реликтовых оплывших шестоватых гипсовых новообразований – поры выщелачивания калейдоскопно-вытянутых кристаллов (табл. 5). Для горизонта характерно большое разнообразие форм гипсовых новообразований: 1) оплывшие реликтовые вытянутые (тонко шестоватые) кристаллы, окруженные карбонатно-пылеватым материалом; 2) сростки из мелких ромбоэдральных кристаллов; 3) неправильно линзовидные вытянутые стяжения (перекристаллизованные шестоватые формы). В везикулярных порах отмечены новообразованные темные пылеватые (солевые) кутаны (рис. 9Б).

Анализ микростроения гор. BCS показал увеличение содержания глинисто-карбонатной плазмы и ее уплотнение по сравнению с вышележащими горизонтами. В микростроении гор. CS отчетливо видны тонкошестоватые формы гипса, имеющие включения силикатных частиц.

5.5.2. Крайнеаридная почва в Монголии (р. M48). Микроморфологические исследования показали, что корковый гор. Ksd выделяется в профиле сложной комбинацией солевых, гипсовых и железистых новообразований. Отмечены микропризнаки: 1) Обезжелезнения внутриведной массы вокруг ряда

везикулярных пор с образованием железистых микростяжений в основной массе, что является нехарактерным элементом микростроения для пустынных почв (рис. 8Е). 2) Растворения округлых стяжений из легкорастворимых солей (тенардита) с образованием специфических округлых пор. 3) Разрушения первичных зерен кальцита (рис. 9Е). 4) Образования вторичной карбонатной белоглазки, покрытой глинисто-силикатной кутаной с обломком глинистой папулы. В нижележащем гор. Ls характерны микропризнаки образования «звездчатых» кристаллов гипса за счет обменных реакций между легкорастворимыми солями и кальцитом карбонатной плазмы (рис. 9А). В результате этих реакций плазма вокруг новообразованных кристаллов гипса менее карбонатна. Анализ микростроения гор. ВFMca, cs показал наличие уплотненного карбонатно-глинистого материала с высоким содержанием солей. Глинистые кутаны на щебне имеют высокую оптическую ориентацию.

5.6. Микроморфологическая диагностика ЭПП в крайнеаридных почвах, развитых на засоленных гипсоносных отложениях.

Автоморфные аридные почвы, сформированные на засоленных и гипсоносных отложениях, отличаются большим разнообразием современных и реликтовых микроморф гипса. По результатам исследования В.В. Добровольского (2007) шестоватые формы гипса являются древними литогенными образованиями. Они встречаются на контакте древней коры выветривания и четвертичных отложений и образованы в условиях интенсивного обводнения территории. Бородчатые формы гипса моложе шестоватых, их наличие свидетельствует о прохождении почвами гумидных этапов почвообразования, определивших сплывание шестоватых форм гипса. Для почв, развитых на делювиально-пролювиальных отложениях с шестоватыми и бородчатыми аккумуляциями гипса, характерной формой их преобразования являются полости растворения и/или перекристаллизация под щебнем. Эти изменения зафиксированы для гор. ВСs серо-бурых почв Узбекистана и Казахстана.

На засоленных мел-палеогеновых красноцветных отложениях в крайнеаридных почвах Монголии гипсовые кристаллы присутствуют с самой поверхности (в корковом и подкорковом горизонтах) и отличаются большим морфологическим разнообразием. Специфические звездчатые и звездчато-солевые микроформы гипса (рис. 9А) и гипсаны вокруг реликтовых крупных кристаллов гипса свидетельствуют о современном образовании гипса в результате обменных процессов.

В гор. К крайнеаридных почв Казахстана отмечены микропризнаки постепенного растворения и перекристаллизации реликтовых шестоватых форм гипса с образованием современных инкрустационно-квазикутаных микроформ (рис. 9Б). Этот тип гипсовых новообразований является индикатором современных активных процессов элювиально-иллювиальной миграции гипса, подтягивание растворов по капиллярам во внутриведную массу по принципу фитиля. Таким образом, выявленные микроформы гипсовых аккумуляций для автоморфных аридных почв свидетельствуют об их полигенетичности и разновозрастности в аридных почвах. Приуроченность выделенных микроформ гипсовых новообразований позволяют проводить диагностику процессов современного и/или реликтового гипсообразования в субаридных и аридных почвах (табл. 5)

Таблица 5. Типы гипсовых новообразований (ГН)

Типы ГН	Признаки ГН		Процессы
	Микроформа	Микростроение	
<i>Гипс в макропорах</i>			
1	Шестоватая	Оплавленные «колонны» с перемычками – соты с включением силикатных частиц. «Колонны» отличаются разной толщиной и плотностью упаковки вытянутых индивидуальных кристаллов	Этапы растворения палеогидрогенного литогенного гипса с образованием локальных полостей растворения. Медленные обтекания силикатного мелкозема при периодическом растворении (условия образования близки генезису сталагматов)
2	Бородчатая	Утончающиеся книзу плотные скопления из крупных кристаллов бассанита с признаками раздвигания почвенной массы	Медленное растворение и иллювиование гипса на близкое расстояние (условия образования близки генезису сталактитов)
3	Вытянуто-калейдоскопная	Вытянутые сростки овальных крупных кристаллов, расположенных перпендикулярно поверхности почвы	Многофазные этапы постепенного выщелачивания реликтовых шестоватых форм гипса в условиях поверхностного обводнения на глубину сезонного промачивания. При полном растворении образуются характерные удлиненно-овальные поры выщелачивания.
4	Перекристаллизационная	Гипидиморфные кристаллы (разного размера) с единичными включениями мелких силикатных частиц на контакте с неправильными по форме кристаллами	Одноразовое насыщение материала растворами (под щебнем)
5	Чечевицеобразная	Крупные сростки линзовидных кристаллов, часто в виде роз	Одноразовое насыщение материала водами вблизи уровня грунтовых вод
6	Калейдоскопная	Плотные заполнения из неправильных по форме кристаллов разного размера	Неоднократное (колебательное или многофазное) насыщение материала вблизи уровня грунтовых вод
<i>Гипс в мезопорах</i>			
7	Инкрустационно-квазикутанная	Единичные кристаллы или их скопления из правильных по форме линзовидных кристаллов, расположенных в основной почвенной массе перпендикулярно стенкам пор – гипсовые квазикутаны	Подтягивание растворов по капиллярам во внутрипедную массу при условии иссушения почв – эффект внутрипедного фитиля.
8	Инкрустационно-кутанная	Единичные кристаллы или их скопления из относительно правильных по форме мелких линзовидных кристаллов, расположенных в порах	Подтягивание растворов по капиллярам при условии поверхностного иссушения почв. При этом обязательно гипсовые новообразования расположены выше в профиле, чем карбонатные новообразования. Выщелачивание солей в нижележащие горизонты в условиях поверхностного обводнения на глубину сезонного промачивания. При этом карбонатные новообразования располагаются выше в профиле, чем гипсовые.
<i>Гипс в почвенной основе</i>			
9	Звездчатая	Сростки из мелких веретенообразных тонких кристаллов в основной почвенной массе	Обменные реакции между кальцием ППК и почвенными растворами
10	Звездчато-конкреционная	«Звездчатые» гипсово-тенардитовые микроконкреции	Обменные реакции между солевыми конкрециями и карбонатами почвенной массы в условиях высокого поверхностного сульфатно-натриевого засоления

5.7. Микростроение каменистой отморстки в крайнеаридных почвах. Относительно мощная пустынная мостовая является своеобразным генетическим горизонтом крайнеаридных почв. Она определяет своеобразие их гидротермического режима. Анализ микростроения пустынного загара на щебне в крайнеаридных

ридных почвах Монголии и Казахстана показал, что на их поверхности формируются черные блестящие биопленки разного состава, строения и возраста.

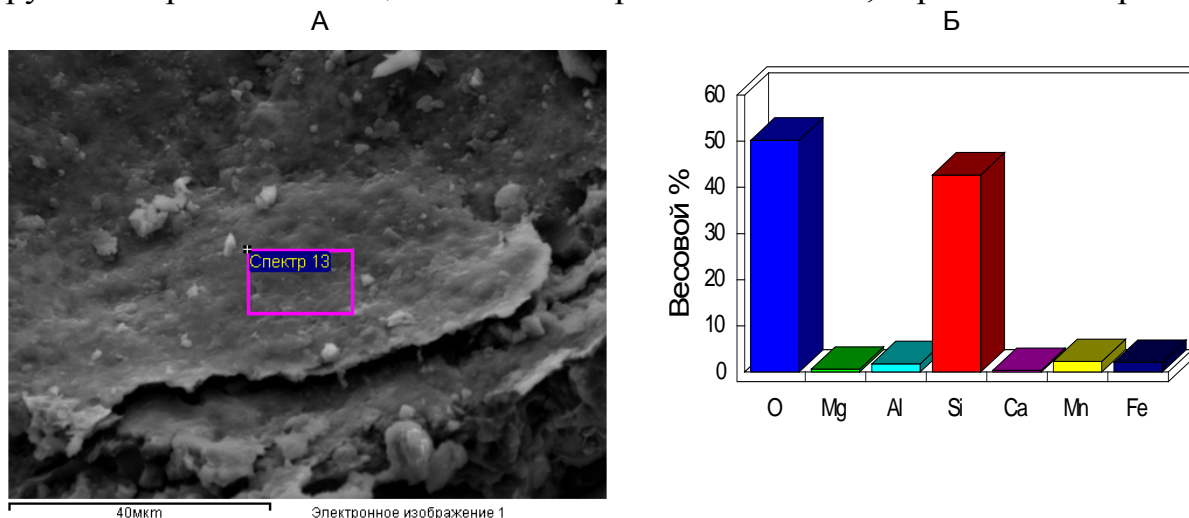


Рис. 11. Иллювиальные кремнеземистые пленки в микро углублениях на поверхности щебня с пустынным загаром: А) двухслойная иллювиальная пленка с нитями микроорганизмов между ними (SEM), Б) ее элементный состав по площади (спектр 13).

В результате микроморфологических и минералогических исследований 6 образцов щебня с черными лаковыми кутанами было выявлено 3 типа пленок: 1) Однослойные биопленки, состоящие из тонкого железисто-марганцевого слоя с биоморфными внедрениями железобактерий между зернами полимиктового песчаника. Описаны для песчаников в Казахстане. Выявлена биомеханическая дезинтеграция обломков пород. 2). Двухслойные биопленки. Поверхностный слой состоит из поверхностного тонкодисперсного кремнеземистого слоя, нижний имеет железисто-марганцевый состав. Для пород, представленных песчаником с пойкилитовым гипсовым цементом, выявлены микропризнаки его разрушения, когда почвенная микробиота использует для своей жизни гигроскопичные минералы (гипс и бассанит). Описаны для образцов Монголии. 3) Мощные многослойные биопленки, состоящие из переслаивания биоминеральных железисто-марганцевых и тонкодисперсных кремнеземистых слоев разной мощности. Отмечены для образцов Монголии (рис. 8Б). Предполагаем, что многослойные эндолитные биоминеральные пленки являются реликтовыми, их образование связано с плювиальными периодами развития почв.

Вероятно, образование однослойных и двухслойных эндолитных биопленок связано с современными условиями кратковременного увлажнения почв во время летних ливней. Электронно-микроскопические исследования этих пленок также показали их различия. Выявлены: 1) Тонкие биогенные пленки с характерным рисунком на поверхности (рис. 12Г); 2) Многослойные пленки из тонкодисперсного кремнезема, видимо, с опаловым цементом. Слои между пленками скреплены нитчатými бактериями (рис. 11). 3) Разнообразные по морфологии микроорганизмы (мицелией грибов, актиномицеты, цианобактерии, железобактерии, диатомовые водоросли). Электронно-зондовый микроанализ пленок загара показал повышенное содержание железа (около 1, 7%) и абсолютное накопление марганца (до 4%) по сравнению с внутренними зонами щебня. Черный цвет пленок загара по всей вероятности связан с повышенным содержанием пиролюзита (MnO_2) и наличием пигмента почвенных водорослей.

В мелкоземистых пленках на щебне с глубины 110 см выявлена ассоциация тонкодисперсных минералов, характерная для засоленных эвапоритовых отложений – гипс, целестин, галит.

5.8. Общие и специфические элементы микростроения поверхностных и срединных горизонтов автоморфных пустынных почв. Микроморфологический анализ изученных аридных почв суббореального пояса Евразии выявил общие элементы строения горизонтов почвенных профилей. Все поверхностные горизонты состоят из микрогоризонтов со специфическими структурными элементами: везикулярной корки и микроплитчатой подкорки. Пузырчатая пористость отмечена в наиболее плазменных или тонкопылеватых зонах с любым составом плазмы – карбонатной, глинистой, гумусово-глинистой, на фоне разного содержания и химического состава солей в почве. Все срединные горизонты, независимо от их структурного состояния, имеют зоны (агрегаты) с микропризнаками высокой оптической ориентации глинистого или железисто-глинистого материала – кутаны иллювиирования или их обломки (папулы) в межагрегатных порах или на поверхности пород и минералов крупных фракций. Во всех изученных почвах выявлено относительно высокое содержание вторичных карбонатов – микро- криптокристаллического кальцита в плазме, кутанах, стяжениях, псевдоморфозах по породам и крупным кристаллам гипса.

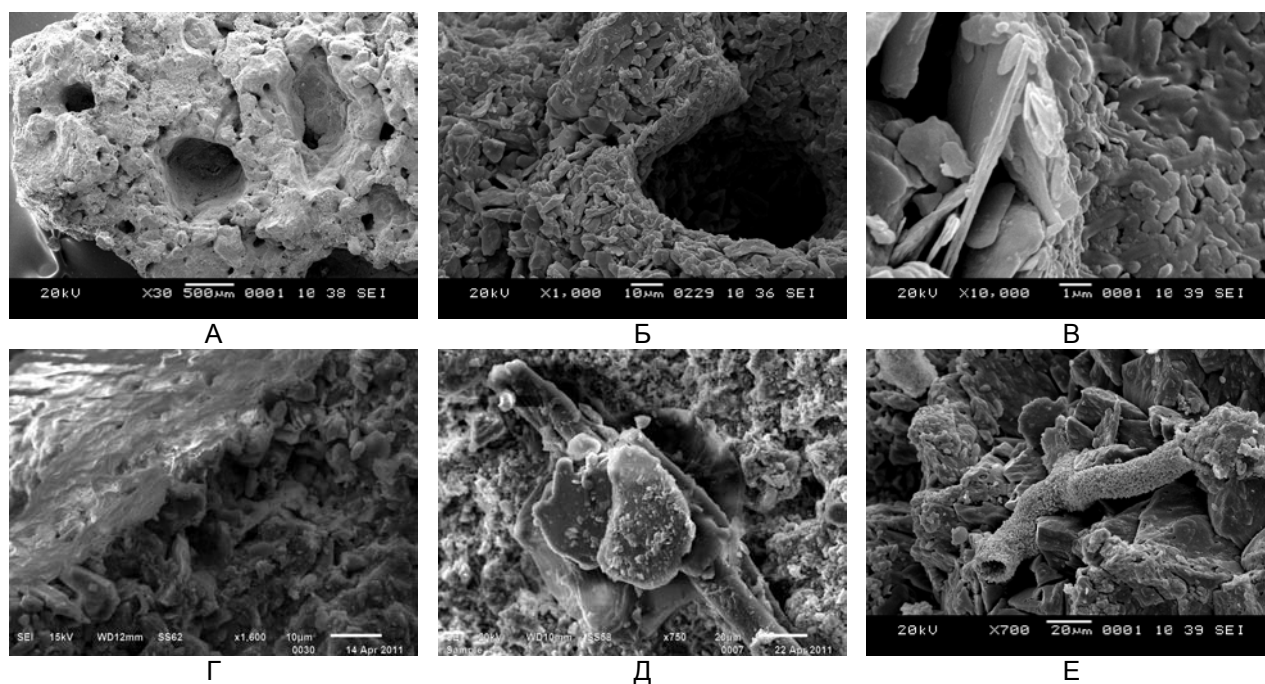


Рис. 12. Микростроение коркового горизонта и пленок загара на щебне (SEM, вторичные электроны). Пузырьковый горизонт: (А – В): А) преобладание округлых пузырьковых пор разного размера (x 30); Б) уплотнение стенок пузырьковой поры (x 1000); В) рыхлая упаковка частиц во внутрипедной массе; субпараллельная ориентация пластинок гидрослюды на стенках везикулярных пор, аморфно-глинистая кутана, выстилающая пузырьковые поры (x 10000).

Особенности биогенности пустынных почв (Г – Д): Г) биогенная аморфная пленка пустынного загара (x 1600); Д) микрофоссилии, прикрытые пластиками биотита (x 720); Е) вторичное окарибонирование стенок биогенных трубок (x 700).

Взаимное расположение карбонатных и текстурных новообразований в срединных горизонтах вполне закономерно и характерно для всех изученных почв: карбонатные новообразования всегда или покрывают глинистые кутаны, или включают в себя глинистые папулы.

Анализ микростроения разных типов почв показал, что на общем фоне выделяются почвы, которые отличаются особой комбинацией микропризнаков. Специфические особенности микростроения аридных почв в первую очередь связаны с разным соотношением в профиле реликтовых и современных солевых, гипсовых и карбонатных новообразований. Высокое содержание солей и гипса в почвах определяется остаточным засолением древних мел-палеогеновых пород, на которых они формируются. Для почв, имеющих в поверхностных горизонтах разновозрастные солевые (гипсовые) новообразования, характерно формирование современных тонких глинистых или тонкопылеватых кутан. В ряду изученных почв наиболее разнообразные современные текстурные новообразования выражены в серо-бурой почве.

Для крайнеаридных почв на засоленных мел-палеогеновых отложениях характерны следующие микропризнаки: 1. Наличие пустынной мостовой с черными блестящими биоминеральными пленками. 2. Совмещение в верхних 5 см двух генетических микрогоризонтов (везикулярной корки и слоистой подкорки) разной мощности и разных микроформ солевых, гипсовых и карбонатных новообразований, что определяет очень высокую микрозональность в строении и составе микропрофиля АКЛ. 3. Наличие микрозон в виде обезжелезнения почвенной массы вокруг изометричных пор с образованием железистых стяжений во внутриведной массе. 4. Формирование педогенных микроформ гипса – за счет обменных реакций и подтягивания растворов по капиллярам внутрь агрегатов с кристаллизацией гипса в виде квазикутан (табл. 5). Для крайнеаридной почвы Монголии, сформированной на слабозасоленных четвертичных отложениях, характерны следующие специфические микропризнаки: 1) обилие слоистых пылевато-глинистых кутан иллювиирования в везикулярных порах корки и 2) обилие реликтовых фрагментированных железисто-глинистых кутан в гор. ВФМ.

Электронно-микроскопическое изучение выявило различие между организацией внутриведной массы (ВПМ) и поверхностью округлых пор крайнеаридных почв (рис. 12 А-В). Если материал ВПМ характеризуется значительной рыхлостью упаковки и неупорядоченной ориентацией тонкодисперсных частиц, то у поверхности пор отмечаются гипокутаны, а сама поверхность пор может выстилаться гидрослюдами, ориентированные параллельно поверхности поры, что свидетельствует о переорганизации плазмы в условиях кратковременного гидроморфизма почв. С поверхности пластинки гидрослюд перекрыты аморфно-глинистыми пленками, что свидетельствует об их разрушении *in situ*.

В ряду изученных почв палево-бурые почвы Монголии отличаются наиболее высоким содержанием вторичных карбонатов по всему профилю. Интенсивному агрессивному окарбоначиванию подвергаются как глинистая плазма с образованием плотных стяжений, так и крупнодисперсные песчаные частицы с покрытием их мощными кутанами иллювиирования.

Особенности минералогического состава крупных фракций почв опреде-

ляются разными источниками сносимого материала или эоловым поступлением материала. Наиболее мощный эоловый привнос силикатных частиц отмечен для серо-бурых почв Узбекистана и Казахстана.

Глава 6. Микростроение такыров: литогенные и педогенные признаки

Для такыров, как и для автоморфных пустынных почв и корковых солонцов, характерно формирование поверхностной пузырьчатой корки и слоистой подкорки. Микроморфологические исследования этих микрогоризонтов показали, что изолированные поры с неровными границами и седиментогенная слоистость являются основными элементами микростроения. Изученные такыры Монголии, Казахстана и Туркмении отличаются плазменно-тонкопылеватым элементарным микросложением. «Пустынный папирус» - поверхностное минерально-биогенное образование или их фрагменты, а также специфические округлые коричневые образования зоопланктона являются устойчивыми микропризнаками, позволяющими диагностировать былую активность биоты в периоды обводнения такыров и характер отложения взмученного тонкодисперсного материала. В дополнение к известным представлениям о роли эоловых процессов в формировании и эволюции такыров («запесчанивание» с соответствующими типами элементарного микростроения) нами был выявлен значительный вклад синезеленых водорослей и зоопланктона в микростроение как верхних горизонтов, так и нижних (до 0,5 м) слоев такыров. В корковой части профиля они определяют микро- и крипстокристаллические формы карбонатов, стратифицированность (слоистость) микростроения и состояние илистой фракции. Во всех частях профиля такыра обнаружены специфические микропризнаки биогенности, количество которых заметно увеличивается вглубь пузырьчатой корки.

Выделенные по морфологическим особенностям части коркового горизонта такыров представляют собой почвенные мини-профили со специфическими структурными, минералогическими и микроморфологическими признаками, которые обусловлены активной деятельностью почвенных водорослей и зоопланктона в периоды обводнения такыров.

Глава 7. Микроморфологическая диагностика ЭПП поверхностных и срединных горизонтов субаридных и аридных почв

Изучение микростроения аридных и субаридных почв дает ключ к решению одной из существенных задач почвоведения: диагностики генезиса и эволюции почв, отличающихся высокой литогенностью и сложной историей развития ландшафтов. Какие элементы микростроения аридного почвообразования связаны с современными почвообразовательными процессами, какие с реликтовыми или литогенными?

Результаты изучения микропризнаков разных типов субаридных и аридных почв позволили провести диагностику почвообразовательных процессов в этих почвах (табл. 6).

Проведенные исследования показали, что в субаридных и аридных почв поверхностные и срединные горизонты существенно различаются по времени образования их основных микропризнаков. Поверхностные горизонты наиболее динамичны и быстро реагируют на изменения факторов почвообразования,

что выделяет их как наиболее значимые при изучении современных тенденций почвообразовательных процессов.

Поверхностные горизонты всех изученных аридных и субаридных почв (корковые солонцы) представлены динамичным ежегодно воспроизводимым ксерогумусовым микропрофилем (AKL). Характерные микропризнаки горизонтов, образующих данный профиль, обусловлены современными структурными перестройками почвенной массы. Гор. К формируется процессами *везикуляции* и гор. L – преимущественно *криогенным оструктурированием*.

Происхождение пузырьковой пористости коркового горизонта аридных и субаридных почв может быть связано с выделением CO_2 в результате разных процессов. В случае повышенной карбонатности, наиболее действенным оказывается механизм смещения гидрокарбонатно-кальциевого равновесия в сторону образования кальцита и выделения в газовую фазу CO_2 при изменении влажности и температуры, что наблюдается при весеннем максимуме атмосферных осадков. В случае содового засоления почв (корковые солонцы) возможны фазовые переходы бикарбонатов натрия с образованием соды и CO_2 при весеннем иссушении почв. Как показали наши и литературные данные наиболее высокое содержания микроорганизмов отмечено именно в верхних 3 см – корковых горизонтах, в результате чего возможно биохимическое разложение органического вещества с выделением CO_2 . В крайнеаридных почвах в действие вступает еще один механизм – вытеснение сорбированного твердой фазой почв воздуха влагой летних атмосферных осадков.

Формирование отдельных везикулярных пор в гор. К также может быть связано с образованием округлых расширений и мембранных вздутий клеток железобактерий, микроформы которых выявлены при микробиологических исследованиях стекол обрастания. Такие конфигурации являются физиологически значимыми структурами для микроорганизмов и накопительным резервуаром для концентрации аморфных соединений окисленного железа. Этот факт позволяет предполагать, что часть округлых пор может быть биогенными капсулами. Диагностировано образование округлых пор за счет выщелачивания округлых солевых новообразований – поры выщелачивания солей и их стяжений. Таким образом, пузырьковые поры являются полигенетичными, изоморфными образованиями, что определяет широкую географию их встречаемости.

Процесс *поверхностного окарбонирования* в аридных почвах многими рассматривается как специфический процесс аридного почвообразования. Нам удалось зафиксировать проявление этого процесса (по шлифам): на поверхности почвы или на стенках везикулярных пор происходит образование рыхлого тонкого светлого микрозернистого кальцитового налета (рис. 8Д) или криптористаллических кутан. Их генезис связан, как было описано выше, с механизмом смещения гидрокарбонатно-кальциевого равновесия с новообразованием кальцита при изменении влажности, температуры на фоне высокого содержания карбонатов.

Криогенное оструктурирование является характерным процессом поверхностных горизонтов аридных и субаридных почв суббореального пояса Евразии. Особенности микростроения плитчатых агрегатов позволяют диагностировать характер взаимодействия этого процесса с другими ЭПП, так «гантеле-

видные» элементы (в светло-каштановых почвах) образуются при сочетании криогенного оструктурирования с гумусово-аккумулятивным процессом; присутствие пленок иллювиирования в мелких солонцах и крайнеаридных почвах на засоленных отложениях говорит о сочетании современных процессов - криогенеза и солонцового.

В формировании глинисто-железисто-гумусовой микрослоистости в пределах плитчатых агрегатов, по всей вероятности могут принимать активное участие цианобактерии, которые заметно снижают проницаемость самих плиток (Mills, Fox, Poch, 2008). Считаем, что подобный механизм образования тонкой микрослоистости является основным в такырах, допуская, что в отдельные периоды он не исключен и для автоморфных пустынных почвах в периоды их обводнения.

Для поверхностных горизонтов ряда субаридных и аридных почв (солонцов мелких/средних и крайнеаридных почв, развитых на засоленных породах), живущих в режиме сезонных процессов засоления-рассоления, характерно формирование пылевато-гумусово-глинистых кутан иллювиирования на верхних гранях плитчатых агрегатов. Это дает основание говорить, что в этих почвах процесс (*крипто*)осолонцевания является современным. Таким образом, процесс криптоосолонцевания в аридных почвах проявляется в эллювиально-иллювиальном перераспределении тонкодисперсных фракций в наименее окарбонатенных, но гипсоносных и засоленных с поверхности почвах.

В солонцах корковых, мелких/средних солонцовый процесс определяет формирование типичных микропризнаков солонцового горизонта, в котором диагностированы современные кутаны иллювиирования, струйчатая оптическая ориентация плазмы и угловатые структурные отдельности. Современные глинистые кутаны иллювиирования по карбонатной плазме в гор. ВМК(sn), относительно мощные пылеватые изотропные (опало-гумусо-пылеватые) инфиллинги были выявлены только в 1 разрезе из 11 изученных. Это связано с особенностями химического состава данной серо-бурой почвы (р. 1-06), которая в пределах верхних 30 см не засолена, ниже, в гор. ВМК (sn) отмечено хлоридное засоление с участием соды (табл. 4). Морфологическая солонцеватость этого разреза так же отчетливо выражена.

Разнообразие микропризнаков гипсовых и карбонатных новообразований в микропрофиле АКЛ связано с сочетанием разновозрастных педогенных и литогенных новообразований в почвах, развитых на засоленных гипсоносных отложениях. Реликтовые гипсовые и карбонатные новообразования (гипсовые борозды, крупные карбонатные конкреции, первичные зерна кальцита с полостями растворения (рис. 9Е), интенсивная прокарибонатность почвенной массы) являются свидетелями гумидного этапа педогенеза для аридных территорий. В процессе современного педогенеза формируется комплекс различных по генезису новообразований, которые связаны с процессами: 1) растворения гипса и солевых стяжений (образование разных по форме пор выщелачивания); 2) обменных реакций между солевыми почвенными растворами и кальцитом основной почвенной массы (образование звездчатых и звездчато-солевых микроформ гипса); 3) локального выщелачивания реликтовых шестоватых форм гипса с образованием полостей растворения и перекристаллизационных форм гипса

под щебнем; 4) карбонатно-кальциевой миграции по профилю с образованием микритовых кутан на щебне, минералах крупных фракций или на стенках наиболее крупных пор-трещин.

Микроморфологические исследования показали, что такие ЭПП как миграция железа и марганца (криптоосолодение), формирование пустынного загара на щебне, биогенное обызвесткование (рис. 12Е) и оструктуривание, специфическое накопление органического вещества в везикулярных порах, предположительно, за счет клеток водорослей, преобразование минеральной матрицы в пузырчатых корках автоморфных почв и такыров, связаны с активной микробиологической деятельностью (рис. 12Д). Немаловажным фактором, определяющим деятельность микроорганизмов, является преобладание в минералогическом составе ила триоктаэдрических слюд, а в составе крупных фракций – железосодержащих выветрелых минералов групп оливина, пироксенов, амфиболов, биотитов, обломков основных и средних пород.

Эоловый привнос легкорастворимых солей (тенардита) вызывает поверхностную солончаковость автоморфных аридных почв, формирующихся на незасоленных породах. Перенос глинистых минералов, микроорганизмов с окружающих солончаков определяет возможность *криптоосолодения*, микропризнаки которого (локальное обезжелезнение почвенной массы вокруг пор с образованием железистых стяжений во внутриведной массе в гор. К крайнеаридных почв) связаны с взрывной активной деятельностью микроорганизмов. Основными продуцентами органического вещества в пустынных ландшафтах выступают почвенные водоросли и цианобактерии. Деструктором органического вещества здесь, наряду с актиномицетами, выступают железо- и сульфатвосстанавливающие микроорганизмы (при низкой растворимости кислорода в минерализованных почвенных растворах).

Наряду с околопоровым обезжелезнением в корковом горизонте отмечены микропризнаки выветривания минералов – прежде всего, трехслойных, богатых калием гидрослюд, что связано с режимом иссушения-увлажнения верхних горизонтов с образованием аморфно-глинистых кутан.

Срединные горизонты изученных аридных и субаридных почв отличаются большим разнообразием текстурных новообразований - кутан иллювиирования, стресс-кутан, гипокутан или квазикутан. По этим микропризнакам проведена диагностика *реликтового солонцового процесса*. Как было показано на примере изучения микропризнаков солонцов, глинистые кутаны иллювиирования диагностируют современные процессы осолонцевания в корковых и мелких солонцах и являются устойчивыми образованиями в случае деградации микропризнаков солонцовых горизонтов при процессах засоления - рассоления (остепнения) или окарбоначивания. Все изученные аридные почвы также характеризуются высоким количеством железисто-глинистых и глинистых кутан в срединных горизонтах. Особо выделяется крайнеаридная почва Монголии, развитая на малозасоленных четвертичных отложениях, для которой характерны наиболее мощные реликтовые железисто-глинистые кутаны. В настоящее время глинистые кутаны в изученных почвах имеют микропризнаки солевой или карбонатной их деструкции.

Таблица 6. Микроморфологическая диагностика почвообразовательных процессов в субаридных и аридных почвах.

Группы Процессов	Почвы Процессы	Светло-каштановые	Бурые аридные	Палеобурые	Серобурые	Серобурые гипсоносные	Крайне аридные	Крайне аридные гипсоносные	Солончи корковые	Такры	
I Метаморфизм органического вещества	1. Поступление: Поверхностное Внутрипочвенное	+++ +++	++ +++	+ ++	+ ++	+ +	+ +	+ 0	++ +	++ +/-	
	2. Гумификация	+++	++	+	+	+/-	+/-	+/-	+	+	
	3. Минерализация органических остатков	+	+	++	++	+++	+++	+++	++	++	
II Поступление вещества на поверхность почвы	1. Эоловая аккумуляция	+	+	++	++	++	+	+	+	+	
	2. Привнос текучими водами	0	0	+/-	+	+	++	++	+	++	
	3. Осаждение из временных водоемов	0	0	0	0	0	+	+	0	+++	
III Метаморфизм минерального веществ	1. Формирование Fe-Mn-Si пленок загара	0	+	+/-	++	++	+++	+++	0	0	
	2. Аморфизация глинистых минералов	0	0	0	++	++	+++	+++	0	0	
	3. Оксидогенез при разрушении Fe-минералов	0	+	+	++	++	+++	+++	0	0	
	4. Биогенное обызвесткование	+	+	+++	++	++	+	+	0	+++	
	5. Перекристаллизация кальцита	+	0	++	++	+	0	0	+	0	
	6. Перекристаллизация гипса	0	0	0	0	++	0	++	0	0	
	7. Дезинтеграция: Термическая Гипсовая	+	+	+	++	++	+++	+++	+	+	
IV Миграция вещества	1. Солевая (гипсовая)	0	0	0	+	+++	+	+++	++	+	
	2. Элювиально-иллюв. карбонатно-кальциевая	+++	+++	++	+	+	+	+	+	0	
	3. Железа и марганца (криптоосолодение)	0	0	0	+	++	+	++	++	+	
	4. Глинистая (осолонцевание)	+	++	+	+	0	[+]	0/[+]	+++	+	
	5. Поверхностная аккумуляция карбонатов	0	+/-	++	+	+/-	+	+/-	0	0	
V Оструктуривание почвенной массы	1. Криогенное (плитчатость)	+/-	+/-	+	+	+/>+++	++	+	+++	+/-	
	2. Коагуляционное солевое	0	0	0	+	++	+	++	+++	+	
	3. Биогенное	+++	+++	++	++	+	+/>-	+/>-	0	+/>-	
	4. Компрессионно-гидротермическое	+	0	+	+	+	++	++	+++	++	
	5. Деструкция палеокутан: Карбонатная Солевая	0 0	+	++ 0	++ 0	+	++ +++	+	0 0	0 0	
	6. Везикуляция: Гидрокарбонатно-кальциевая Гидрокарбонатно-натриевая Газо-десорбционная Лизисная (поры выщелачивания) Биогенное капсулирование	0 0 0 0 0	++ + 0 0 0	+++ + + 0 0	++ 0 + 0 0	++ 0 ++ + 0	+	+	0 ++ +++ ++ 0	0 +++ 0 0 +	+/>- + ++ 0 0

Примечания: степень выраженности ЭПП: «+++» - высокая; «++» - средняя; «+» - низкая; «+/-» - возможная; 0 - отсутствие; [+] - реликтовая

Выводы.

1. В почвах полупустынных солонцовых комплексов мелкие обломки глинистых кутан (папулы) и волокнистые типы строения глинистой плазмы являются устойчивыми микропризнаками и могут быть использованы в диагностике реликтового солонцового процесса.

2. В микростроении солонцов мелких Джаныбекского стационара за последние 20-50-лет произошли существенные изменения, что связано с подъемом УГВ и с увеличением среднего многолетнего количества осадков с 1970-х годов. Это отразилось в: 1) активизации гумусонакопления и биогенного оструктурирования в надсолонцовых горизонтах, 2) увеличении накопления тонкодисперсных глинистых частиц в солонцовых горизонтах мелких солонцов; 3) усилении процессов окарбонирования почвенной массы, гипсонакопления и засоления в подсолонцовых горизонтах. При этом независимо от сроков наблюдения во всех солонцовых горизонтах сохранялась высокая оптическая ориентация глинистой плазмы. Можно заключить, что в условиях современных процессов засоления – рассоления солонцов для перестройки почвенной микроструктуры и новообразований достаточно нескольких десятилетий, в то время как плазма основной почвенной массы является более консервативным компонентом.

3. В ряду исследованных почв наблюдаются изменения микроморфологических признаков, обусловленные увеличением аридности климата, засоленности пород, а также составом и интенсивностью привноса эолового мелкозема.

На четвертичных малозасоленных пролювиальных суглинисто-щебнистых отложениях аридизация сопровождается увеличением мощности коркового горизонта, пузырчатости гор. АК, микрослоистости гор. L. На засоленных древних породах почвы наследуют химизм и степень засоления пород, что определяет периодическое развитие процесса криптоосолонцевания, микроморфологическими признаками которого являются тонкие пылевато-глинистые кутаны в пределах микропрофиля АКL.

Эоловый привнос гумусированного лессового материала с включенными агрегатами сероземов может привести к формированию светлогумусового горизонта (гор. AJ). Характерные микропризнаки эоловых почвенных агрегатов сохраняются при различных структурных перестройках и диагностируются как в гор. АК, так и в гор. L. Эоловый привнос легкорастворимых солей (тенардита) с окружающих солончаков вызывает поверхностную солончаковость автоморфных аридных почв, развитых на незасоленных породах. Это обуславливает возможность развития процесса криптоосолодения, микропризнаками которого является локальное обезжелезнение почвенной массы вокруг пор в гор. АК.

4. Для субаридных и аридных почв суббореального пояса Евразии характерно образование поверхностного микропрофиля АКL с корковым и подкорковым горизонтами. Генезис этих горизонтов определяется активными современными структурными перестройками в результате процесса везикуляции (для пузырчатой корки) и криогенеза (для слоистой подкорки) на фоне высокой подвижности тонкодисперсного вещества и/или эоловой аккумуляции материала. Везикулярные поры могут быть образованы разными механизмами, которые определяются почвенно-экологическими условиями. В результате фазовых переходов бикарбонатов кальция и натрия с выделением CO_2 , а также в результате

биохимического разложения органического вещества с активным участием микроорганизмов; микробиологического капсулирования; процессов выщелачивания легкорастворимых солей могут формироваться везикулярные поры, что позволяет говорить об их полигенетичности.

Свойства микропрофиля АКЛ (плотность, мощность, везикулярная корка и подкорка, подвижность глинистой плазмы) могут служить диагностическими показателями степени опустынивания почв.

5. В срединных горизонтах всех исследованных почв присутствуют текстурные новообразования в виде глинистых кутан и папул, что указывает на этапы гумидного педогенеза в эволюции аридных территорий. Аридизация климата не стирает микропризнаки предыдущих гумидных этапов активной миграции глины. Степень выраженности текстурных новообразований зависит от: 1) исходного содержания и минералогического состава глинистых частиц в почвообразующем материале, 2) интенсивности реликтового солонцового процесса, 3) степени окарбонирования глинистых кутан при аридизации климата.

6. Крайнеаридные пустынные почвы характеризуются специфическим набором микропризнаков: 1) железо-марганцево-кремнеземистые кутаны иллювиально-биогенного генезиса (пустынный загар на щебне); 2) обезжелезнение околопорового материала с образованием железистых стяжений во внутриведной массе за счет биогенной мобилизации железа с участием сульфат- и железовосстанавливающих бактерий; 3) накопление органического вещества в виде остатков клеток микроорганизмов в везикулярных порах; 4) образование аморфно-глинистых и иллювиальных глинистых пленок на поверхности пузырьковых пор. Эти микропризнаки обусловлены бурной деятельностью микроорганизмов в короткие периоды обводнения почв при летних ливнях.

7. Поверхностные корковые горизонты такыров и автоморфных аридных почв имеют ряд общих микропризнаков. К этим признакам относятся: 1) везикулярные поры, сформированные газо-эмиссионными процессами, возникающими в результате биохимического разложения органического вещества с активным участием микроорганизмов и фазовых переходов гидрокарбонатно-кальциевого и/или гидрокарбонатно-натриевого типа при высыхании поверхностных горизонтов, 2) золотые аккумуляции в виде формирования отдельных поверхностных слоев или засыпок в трещины и везикулярные поры.

Отличительной особенностью поверхностных горизонтов такыров является обилие тонкослоистых полосчатых текстур, образование которых связано с развитием синезеленых водорослей. Синезеленые водоросли способны в процессе функционирования образовывать и накапливать криптозернистый кальцит, улавливать оседающие на их поверхность взмученные илистые частицы, образовывать тонкослоистые биогенно-седиментационные корки. Совокупность указанных микропризнаков позволяет рассматривать такырные корки как синлитогенные почвенные микрогоризонты, связанные с длительным периодом их обводнения.

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК для публикации основных результатов диссертационных работ

1. Турсина, Т.В. Особенности микростроения погребенных почв и лессовидных отложений Средней Азии (на примере отложений Ташкентского и Нанайского комплексов) / А.Г. Никольский, М.П. Верба // Почвоведение. — 1984. — №4. — С. 98–108.
2. Верба, М.П. Изменение микроморфологического строения сероземно–луговой гипсоносной почвы при промывке (модельный опыт) / М.П. Верба, В.А. Девярых // Почвоведение. — 1992. — № 8. — С. 88–96.
3. Верба, М.П. Связь водно-физических свойств с микростроением гипсоносных солончаков шлейфа Хавастского конуса выноса / М.П. Верба, Д. Меримо // Мелиорация и водное хозяйство. — 1992. — № 1. — С. 33–35.
4. Верба, М.П. Влияние орошения на микроморфологию и свойства пустынных почв долины Хадрамаут (Йемен) / М.П. Верба, А.С. Аль–Касари, Н.А. Гончарова, Н.П. Чижикина // Почвоведение. — 1994. — № 8. — С.70–82.
5. Чижикина, Н.П. Минералогический состав пустынных почв долины Хадрамаут (Йемен) и его изменение при орошении / Н.П. Чижикина, Н.А. Гончарова, М.П. Верба, А.С. Аль–Касари // Почвоведение. — 1994. — №2. — С. 100–111.
6. Голованов, Д.Л. Микроморфологическая и микробиологическая характеристика элементарных почвообразовательных процессов в пустынных крайнеаридных почвах Монголии / Д.Л. Голованов, М.П. Верба, М.Ф. Дорохова, А.И. Слободкин // Почвоведение. — М., 2005. — № 12. — С. 1450–1460.
7. Верба (Лебедева), М.П. Эволюция свойств темноцветных черноземовидных почв больших падин Северного Прикаспия при выращивании массивных лесных насаждений / М.П. Верба (Лебедева), И.А. Ямнова, М.Л. Сиземская // Почвоведение. — М., 2005. — № 11. — С. 1297–1309.
8. Верба (Лебедева), М.П. Генезис и свойства залежных темноцветных черноземовидных почв падин Северного Прикаспия / М.П. Верба (Лебедева), Н.И. Кулакова, И.А. Ямнова // Почвоведение. — 2006. — № 9. — С. 1098–1110.
9. Лебедева (Верба), М.П. Особенности химико–минералогического состава солей в сорных солончаках и озерах Кулундинской степи / М.П. Лебедева (Верба), О.В. Лопухина, Н.В. Калинина // Почвоведение. — 2008. — № 4. — С. 467–480.
10. Лесовая, С.Н. Генезис почв на красно–бурых глинах и лессовидных суглинках юго–запада среднерусской возвышенности (на примере заповедника «Белогорье») / С.Н. Лесовая, М.П. Лебедева, Н.П. Чижикина, О.В. Романов // Почвоведение. — 2008. — №11. — С. 1285–1296.
11. Лебедева–Верба, М.П. Макро– и микроморфологические особенности генетических горизонтов почв солонцового комплекса Джаныбекского стационара / М.П. Лебедева–Верба, М.И.Герасимова // Почвоведение. — 2009. — № 3. — С. 259–272.
12. Лебедева–Верба, М.П. Микростроение пустынных почв Монголии / М.П. Лебедева–Верба, Д.Л. Голованов // Почвоведение. — 2009. — № 11. — С. 1294–1307.
13. Lebedeva–Verba, M.P. Micromorphology of diagnostic horizons in aridic soils (complementary to the new classification system of soils of Russia/ M. P. Lebedeva–Verba, M.I. Gerasimova// Eurasian Soil Science. — 2009. — № 13. — P. 1427–1434.
14. Шабанова, Н.П. Морфологические и химические свойства почв лугово–полупустынного комплекса террасы сора Хаки Боткульско–Хакской депрессии Прикаспийской низменности и влияние на них биогенного фактора / Н.П. Шабанова, М.П. Лебедева (Верба), А.В. Быков // Почвоведение. — 2010. — №3. — С. 282–292.
15. Лебедева, М.П. Микростроение такыров и «пустынного папируса» юго–западной Туркмении (вклад альгофлоры в микростроение такыров / М.П. Лебедева, М.И. Герасимова // Почвоведение. — 2010. — № 11. — С. 1315–1325.
16. Лебедева (Верба), М.П. Анализ микростроения мелиорированных солонцов Джаныбекского стационара для оценки их экологического состояния / М.П. Лебедева (Верба), М.Л. Сиземская // Поволжский журнал. — 2010. — №2. — С. 166–176.

17. Ковда, И.В. Вторичное окарбоначивание рисовых почв Южного Китая: морфологическая и инструментальная характеристика/ И.В. Ковда, М.П. Лебедева, Н.П. Чижикова, Г.Л. Цжан, З.Т. Гон, Д.Ц. Ли, В.И. Васенев // Почвоведение. — 2011. — № 2. — С. 142–152.
18. Лебедева, М.П. Временные изменения микропризнаков в целинных и мелиорированных солонцах Джаныбекского стационара / М.П. Лебедева, М.В. Конюшкова // Почвоведение. — 2011. — № 7. — С. 818–831.
19. Герасимова, М.И. Микроморфологические термины как отражение современного состояния исследований микростроения почв / М.И. Герасимова, И.В.Ковда, М.П. Лебедева, Т.В.Турсина // Почвоведение. — 2011. — № 7. — С. 818–831.

Публикации в рецензируемых зарубежных журналах, монографиях, атласах

1. Chizhikova, N.P. Soils in the North–Western Jordan / N.P. Chizhikova, Mohammed Abu–Dalbuh Oklah Nawash, M.P. Verba — M., 2003. — P. — 195.
2. Лебедева (Верба), М.П. Микроморфологическая характеристика почвообразовательных процессов в целинных почвах солонцового комплекса Северного Прикаспия / М.П. Лебедева (Верба), М.В. Габченко // Коллективная монография. «Почвообразовательные процессы».– М.: Изд-во РАСХН, 2006. — Гл.VIII. — С. 236–256.
3. Gerasimova, M. Contributin of miromorphology to classification of aridic soils// M. Gerasimova, M. Lebedeva. // New trends in soil Micromorphology / (Ed. by S. Kapur, A. Mermut, G. Stoops. — 2008. — P. 151–162.
4. Lebedeva (Verba), M. Micromorphology of solonetzic horizons as related to environmental events in the Caspian Lowland / M. Lebedeva (Verba), M. Gerasimova, M. Konyushkova // Journal of Mountain Science. — 2009. — Vol. 6, № 2, — P. 132–138.
5. Kovda, I. Variability of carbonate pedofeatures in a loess-paleosol sequence and their use for paleoreconstructions / S. Sycheva, M. Lebedeva, S. Inozemtzev // Journal of Mountain Science. — 2009. — V. 6, № 2. — P. 155–161.
6. Gerasimova, M. Organo–mineral surface horizons Topsoils / M. Gerasimova, M. Lebedeva // In Book «Interpretetion of Micromorphological Features of Soils and Regoliths». Ed. G. Stoops, V. Marcelina, F. Mees. Elsevier. — 2010. — P. 351–369.
7. Rosa M. Poch Gypsic features / Rosa M. Poch, Octavio Artiedo, Juan Herrero, M. Verba-Lebedeva // In Book «Interpretetion of Micromorphological Features of Soils and Regoliths». Ed. G. Stoops, V. Marcelina, F. Mees. Elsevier. — 2010. — P. 195–216.
8. Лебедева-Верба, М.П. Микростроение каштановых почв, солонцов, солончаков / М.П. Лебедева-Верба, В.М. Колесникова // Национальный атлас почв Российской Федерации; под ред. С.А. Шоба, — М.: Изд-во Астрель, 2011. — С. 154-164.
9. Голованов, Д.Л. Пустынное почвообразование и функционирование пустынных ландшафтов / Д.Л. Голованов, М.П. Лебедева // Коллективная монография «Геохимия ландшафтов и география почв»; Под ред. Н.С. Касимова, — М.: Изд-во МГУ, 2012. — С. 391-409.

**Публикации в журналах, продолжающихся изданиях,
научных трудах, сборниках**

1. Верба, М.П. Макро- и микростроение почв Сырдарьинского опорного пункта / М.П. Верба // Научные труды Почвенного института им. В.В. Докучаева «Условия формирования и свойства трудно мелиорируемых почв Джизакской степи». — М.: Изд-во РАСХН, 1990. — С. 48–56.
2. Шишов, Л.Л. Литосоли Иордании, их микростроение, свойства и минералогия / Л.Л. Шишов, М.О. Абу-Дальбух, Н.П. Чижикова, М.П. Лебедева // Научные труды Почвенного института им. В.В. Докучаева «Минералы почв: генезис, география, значение в плодородии и экологии». — М.: Изд-во РАСХН, 1996. — С.74–109.
3. Чижикова, Н.П. Влияние орошения на минералогический состав и свойства пустынных почв / Н.П. Чижикова, Н.А. Гончарова, М.П. Лебедева, Н.Б. Хитров, А.С. Аль-Касири // Науч. труды Почвенного института им. В.В. Докучаева «Минералы почв:

- генезис, география, значение в плодородии и экологии» — М.: Изд-во РАСХН, 1996. — С. 268–282.
4. Чижилова, Н.П. О строении и составе солончаков Центального Ирана и проблемах орошения / Н.П. Чижилова, А. Ахаван, М.П. Верба // Научные труды Почвенного института им. В.В. Докучаева «Плодородие и использование почв тропических и субтропических стран». — М.: Изд-во РАСХН, 1997. — С. 83–94.
 5. Шишов, Л.Л. Бурые аридные почвы Иордании: генезис, свойства, состав / Л.Л. Шишов, Н.П. Чижилова, М.П. Верба, М. Абу-Дельбух // Науч. труды Почвенного института им. В.В. Докучаева «Плодородие и использование почв тропических и субтропических стран». — М.: Изд-во РАСХН, 1997. — С. 94–111.
 6. Verba, M.P. The microstructure of antropogenically transformed soils with gypsum in Sierozem zone / M.P. Verba, I.A. Yamnova // Proceed. Inter. Conference: Problems of antropogenic soil formation. — M., 1997. — P. 269–271.
 7. Verba, M.P. Genesis and classification of gypsum neof ormations in soils Aral Sea Area / M.P. Verba, I.A. Yamnova // Int. Symp. on salt affected soils. — Cairo, Egypt, 1997. — P.77–78.
 8. Verba, M.P. Gypsum neof ormation in non-irrigated and irrigated soils of the serozem zone / M.P. Verba, I.A. Yamnova // Proceed. of X Intern. Work. Meeting of micromorphology «Soil micromorphology: Studies on soil. Diversity, diagnostics, dynamics» / Ed. Shoba, Gerasimova, Miedema. — Moscow; Wageningen, 1997. — P. 187–195.
 9. Чижилова, Н.П. Агрогенез почв дельты реки Кубани под культурой риса. Рациональное природопользование в условиях техногенеза / Н.П. Чижилова, М.П. Верба, М.А. Журавлева; Министерство образования РФ. Институт экологии, лингвистики и права. — М., 2000. — С. 111–119.
 10. Шишов, Л.Л. Микроморфологические особенности почв центральной части Южного Вьетнама / Л.Л. Шишов, М.П. Верба, Н.П. Чижилова, Зыонг Хо-анг Бик // Современные проблемы почвоведения. — М., 2000. — С.197–214.
 11. Лебедева-Верба, М.П. Микроморфологические особенности некоторых почв Волгоградской области. / М.П. Лебедева-Верба, И.А. Ямнова // Науч. труды Почвенного института им. В.В. Докучаева «Почвоведение: аспекты, проблемы, решения». — М., Изд-во РАСХН, 2003. — С. 377–396.
 12. Голованов, Д.Л. Роль микробиологических процессов в формировании пустынных крайнеаридных почв Заалтайской Гоби / Д.Л. Голованов, М.П. Верба, М.Ф. Дорохова, Ж. Мандахбаяр // Материалы конференции «Биоразнообразие и функционирование микробных сообществ водных и наземных систем Центральной Азии». — Улан-Удэ, 2003. — С. 150–154.
 13. Верба, М.П. Химико-минералогический состав солей озер и солончаков Кулундинской степи / М.П. Верба // Материалы конференции «Биоразнообразие и функционирование микробных сообществ водных и наземных систем Центральной Азии». — Улан-Удэ, 2003. — С. 168–172.
 14. Верба, М.П. Микроморфологическая диагностика почвенных процессов в почвах солонцового комплекса Джаныбекского стационара / М.П. Верба, М.Л. Сиземская // Материалы 3-го Международного симпозиума: Степи Северной Евразии. — Оренбург, 2003. — С. 124–127.
 15. Лебедева (Верба), М.П. Микростроение ирригационных корок на орошаемых черноземах / М.П. Лебедева (Верба), С.П. Позняк, Е.Б. Скворцова // Збірник наукових праць: «Гене́за, географія та екологія ґрунтів». — Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. — С. 41–44.
 16. Lebedeva-Verba, M.P. Micromorphological diagnostics of elementary pedogenetic processes for the purposes of desert soils classification / M.P. Lebedeva-Verba, D.L. Golovanov // Abst. Inter. Conf. — Petrozavodsk, 2004. — P.53–54.
 17. Gerasimova, M.I. Contribution of micromorphology to soil classification / M.I. Gerasimova, M.P. Lebedeva // 12 Inter. Meeting on soil micromorphology. Extended abstracts. — Adana, 2004. — P. 100–103.

18. Герасимова, М.И. Микростроение диагностических горизонтов аридных почв / М.И. Герасимова, М.П. Лебедева–Верба // *Материалы научной сессии по фундаментальному почвоведению*. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — С. 51–52.
19. Лебедева (Верба), М.П. Микростроение пустынных почв Монголии / М.П. Лебедева (Верба), М.П. Голованов // *Междунар. Конф. «Ecosystems of Mongolia and frontier areas of adjacent countries — natural resources, biodiversity and ecological prospects»*. — Ulaanbator, 2005. — P. 384–386.
20. Голованов, Д.Л. Биохимический механизм дифференциации профиля пустынных крайнеаридных почв Монголии / Д.Л. Голованов, М.Ф. Дорохова, М.П. Лебедева (Верба), А.И. Слободкин // *Доклад Международная научная конференция «90-летие А.И. Перельмана»*. — М.; Смоленск: Ойкумена, 2006. — С. 93–96.
21. Лебедева (Верба), М.П. Об особенностях морфологического строения крайнеаридных почв подгорной равнины хр. Улькен–Богуты (Илийская впадина) / М.П. Лебедева (Верба), И.А. Ямнова, Д.Л. Голованов, М.И. Герасимова, Ю.Г. Евстифеев // *Международная конференция, посвященная 100-летию У.У. Успанова*. Институт почвоведения им. У.У. Успанова. — Алматы, 2006. — С. 140–142.
22. Лебедева (Верба), М.П. Пространственная неоднородность микростроения и химического состава корок в солончаках Узбекистана / М.П. Лебедева (Верба), Н.П. Чижикова, М.А. Лебедев // *Материалы II Международной научно-практической конференции «Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем»*. — Иркутск: Изд-во Иркутского Гос. Ун-та, 2006. — С. 132–135.
23. Голованов, Д.Л. Микроморфологические аспекты классификации пустынных почв Монголии / Д.Л. Голованов, М.П. Лебедева–Верба // *Сборник науч. трудов «Экосистемы внутренней Азии: вопросы исследования и охраны» / РАН. Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова*. — М., 2007. — С. 237–248.
24. Лебедева (Верба), М.П. Диагностика почвенных процессов в пустынных почвах Монголии (по данным микроморфологического анализа) / М.П. Лебедева (Верба), Д.Л. Голованов // *Труды Международной Научно-практической конференции «Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования»*. — Астрахань, 2007. — Ч.1. — С. 208–210.
25. Лебедева (Верба), М.П. Микростроение светлых солонцов Прикаспийского полупустынного комплекса: локальная неоднородность свойств и их изменения во времени / М.П. Лебедева (Верба), М.И. Герасимова // *Труды конференции «Организация почвенных систем»*. — Пушкино, 2007. — Т.2.– С. 325–329.
26. Лебедева (Верба), М.П. Влияние почвенных животных на микроморфологические и химические свойства солонцов глинистой полупустыни Волго–Уральского междуречья / М.П. Лебедева (Верба), Н.П. Шабанова, А.В. Быков // *Материалы X Междунар. научной конференции, посвященной 450-летию Астрахани*. — Астрахань, 2008. — С. 170–172.
27. Ковда, И.В. Микроморфология биогенных форм кальцита в почвах и их индикационное значение / И.В. Ковда, М.П. Лебедева, С.А. Иноземцев // *Материалы Междунар. Научно-технической конференции «Фундаментальные аспекты биологии в решении актуальных экологических проблем»*. — Астрахань, 10–12 декабря 2008. — С. 115–118.
28. Герасимова, М. Микропризнаки деградации солонцового горизонта / М. Герасимова, М. Лебедева (Верба) // *Гене́за, географія та екологія ґрунтів. Збірник наукових праць на пошану професора Львівського національного університету імені Івана Франка*. — Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. — С. 179–183.
29. Lebedeva-Verba, M. Micromorphological features of solonetzic horizons as related to environmental events in the Caspian Lowland / M. Lebedeva-Verba, M. Gerasimova, M. Konyushkova // *13th International Conference on Soil Micromorphology*. Chengdu. — China, 2008. — P. 64–65.

30. Golovanov, D.L. Micromorphological Diagnostics of Pedogenetic Processes in Desert Soils of Central Asia for Classification Purposes / D.L. Golovanov, M.P. Lebedeva (Verba), S.A. Inozemtsev // 13th International Conference on Soil Micromorphology. Chengdu. — Chine, 2008. — P. 132–133.
31. Лебедева (Верба), М.П. Запись процессов почвообразования в органическом веществе зоо- и лесомелиорированных почв Северного Прикаспия / М.П. Лебедева (Верба) // Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные аспекты биологии в решении актуальных экологических проблем». — Астрахань, 10–12 декабря 2008. — С.152–155.
32. Lebedeva (Verba), M.P. Recent and relict pedofeatures of the desert soils in Mongolia / M.P. Lebedeva (Verba), D.L. Golovanov, S.A. Inozemtsev // Micromorphology for paleopedological and georchaecological rearsch. Programa de Posgrado en Antropologia (FFyL/IIA) Instituto de Investigaciones Antropologicas; Instituto de Geologia Universidad Nacional Autonoma de Mexico. — 2009. P. 24–25.
33. Chizhikova, N. Mineralogical composition of the clay fraction and fabric in the desert soils of Mongolia / N. Chizhikova, M. Lebedeva (Verba), S. Inozemtsev // Program and Presentations of the IUSS Salinization Conference. RISSAC–MTA TAKI. — Budapest, 20–22 September 2009. — P. 8–9.
34. Ковда, И.В. Рисовые почвы и некоторые результаты их изучения в Китае / И.В. Ковда, М.П. Лебедева, Г.-Л. Чжан, З.-Т. Гон, Д.-Ц. Ли, В.И. Васенев // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. — М., 2009. — Вып. 63. — С. 50–62.
35. Лебедева (Верба), М.П. Микроморфологические признаки вторичного осолонцевания в орошаемых черноземах юга Украины (сравнение с целинными солонцами северного Прикаспия) / М.П. Лебедева (Верба), М.А. Лебедев, С.П. Позняк // Вестник Одесского национального Университета. Географические и геологические науки. — Одесса, 2009. — Т. 14, вып. 7. — С. 297–301.
36. Lebedeva, M.P. Changes in micromorphological features of semidesert soils in the southeast of European Russia upon the recent increase in climate moistening / M.P. Lebedeva, M.V. Konyushkova // Proceedings «Soil soilutions for a chaging world»19th World Congress of Soil Science. — Brisban, Australia, 1–6 August 2010. — P. 12–15.
37. Lebedeva, M. Sistematzation of the topsoil fabrics in soils of the arid lands of central Asia / M. Lebedeva, M. Gerasimova, D. Golovanov // Proceedings «Soil soilutions for a chaging world»19th World Congress of Soil Science. — Brisban, Australia, 1–6 August 2010. — P. 96–99.
38. Kovda, I. Intensity and duration of waterlogging under rice crop estimation by micromorphology and mineralogy / I. Kovda, M. Lebedeva, gan–Lin Zhang, Zi–Tong Gong, Decheng Li, N. Chizhikova, V. Vasenyev // Proceedings «Soil soilutions for a chaging world»19th World Congress of Soil Science. — Brisbane, Australia, 1–6 August, 2010. — P. 29–32.
39. Лебедева (Верба), М.П. Биогенная мобилизация оксидов железа в пустынных крайнеаридных почвах / М.П. Лебедева (Верба), Д.Л. Голованов, Е.С. Василенко, О.В. Кутюная // Материалы конференции «География почв и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов». К 100-летию проф. Н.И. Базилевич. Пушино. Московской обл., 19–22 апреля 2010. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. — С. 429–431. (CD).
40. Лебедева (Верба), М.П. Минералого–микроморфологическая диагностика пустынного почвообразования / М.П. Лебедева (Верба), Н.П. Чижикова // Материалы международной научной конференции. — С.–Петербург, 2011. — С. 214–215.
41. Лебедева (Верба), М.П. Микроморфологические возможности в изучении палеопочв / М.П. Лебедева (Верба) // Палеопочвы — хранители информации о природной среде прошлого. Материалы 2-ой Международной научной молодежной школы по палеопочвоведению. — Новосибирск: ООО «Талер–Пресс», 2011. — С. 55–57.