

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПУСТЫННОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В СЕВЕРНОЙ ЛИВИИ

© 2015 г. В. П. Белобров

*Почвенный институт им. В. В. Докучаева
119017, Россия, Москва, Пыжевский пер., 7 стр. 2
e-mail: belobrovvp@mail.ru*

Проанализированы климатические параметры (осадки, температура, давление и ветровой режим), определяющие характер пустынного почвообразования и формирования в Ливии гамад, почв различного генезиса и структуры почвенного покрова. На общем фоне аридных условий важную роль играют атмосферные процессы. Большую часть года над Сахарой формируется высокое атмосферное давление, определяющее направленность ветров к побережью Средиземного моря, где глубокие циклоны в холодное время года создают барический градиент и являются катализатором зарождения сильных ветров “гибли” в нагорьях Ахаггар и Тибести, расположенных в центральной Сахаре. Стекая по склонам нагорий и ступенеобразным поверхностям гамад, ветер превращается в фён – мощный фактор денудации коренных пород и формирования каменисто-щебнистой поверхности гамад, а также эоловых аккумуляций по их периферии. Исследования почв и структур почвенного покрова аллювиально-пролювиальной равнины выявили формирование серо-бурых пустынных слабодифференцированных карбонатных почв (Skeletal Gypsisols (Hypergypsic)) и литоземов (Hyperskeletal Leptosols (Yermic)), которые в комбинации образуют литогенную микроструктуру. На плато Хамада аль-Хамра доминирующим типом являются серо-бурые пустынные карбонатные почвы (Calcic Gypsisols (Yermic)) с рубефицированным красноцветным горизонтом в средней части профиля. Микроструктура представлена слабоконтрастной комбинацией почв разной мощности – ташетом. Выявлены различия в формировании коркового горизонта и “пустынной мостовой” серо-бурых почв бореальных условий почвообразования с субтропическими и тропическими. Из-за напряженного ветрового режима в почвах гамад Ливии корковый горизонт менее плотный и мощный.

Ключевые слова: гибли, фён, гамада, микроструктура, дефляция, аридные почвы, Gypsisols (Yermic).

DOI: 10.19047/0136-1694-2015-81-138-159

ВВЕДЕНИЕ

Проблема пустынного почвообразования, остается в центре внимания ученых, изучающих одни из самых распространенных на планете ландшафтов. И чем глубже они погружаются в пространственные и временные тренды эволюции пустынь, тем шире круг возникающих вопросов, требующих научного обоснования. Многие ответы на эти вопросы можно найти в трудах, посвященных пустыням мира (Неуструев, 1913; Розанов, 1951; Герасимов, 1930, 1954; Шувалов, 1966; Петров, 1973; Бабаев и др., 1986; Глазовская и Горбунова, 2002, 2003; Лебедева, 2012; Dregne, 1976 и др.). В них отмечается, что почва, как компонент пустынного ландшафта, фиксирует и сохраняет на длительное время все эволюционные изменения в генетическом профиле, благодаря формированию на ее поверхности своеобразной корки и/или каменисто-щелнистого панциря. Чем жестче аридные условия почвообразования, тем прочнее “поверхностная броня” – рубеж, под которым фиксируется жизнь, различимая только под микроскопом (Лебедева и др., 2015). Без вмешательства человека или природных катаклизмов, погребенный под панцирем профиль пустынных почв сохраняется десятки тысяч лет и более (Atkinson, 1979). Подобную же роль выполняют и эоловые отложения, под которыми прекрасно сохраняются почвы и постройки минувших цивилизаций.

Формирование защитного панциря – сложный процесс, в котором литология и рельеф в совокупности с климатическими параметрами (ветровым режимом, контрастными температурами, дефицитом и неравномерным выпадением осадков), создают разнообразные формы поверхности пустынь, известные как серир, пустынная мостовая, гамада. Гамады особенно характерны для территории Ливийской Сахары. Они представляют собой широкие (десятки и сотни километров) плоские поверхности, спускающиеся к морскому побережью в виде ступеней (абразионных уступов – эскарпов). С точки зрения работы ветра, как ведущего фактора формирования гамад и эоловых аккумуляций, отвечающих за сохранность почв, гамады требуют дополнительных исследований.

С 1977 по 1980 гг. Министерством сельского хозяйства СССР при генеральном участии Почвенного института им. В.В. Докучаева проводились почвенно-экологические исследова-

ния в приморской зоне Ливии на площади свыше 3.5 млн га. Они существенно дополнили немногочисленные сведения о почвах, которые к тому времени имелись в литературе. В трудах почвенно-экологической экспедиции и последующих публикациях было отмечено, что Ливия представляет собой неоднородную по эколого-почвенным условиям территорию (Soil and...,1980; Soil studies..., 1980а, 1980б; Шишов, Пантелеев, 1981; Белобров, Пантелеев, 1982; Белобров и др., 1987; Пантелеев и др., 1987). Этот Сахаро-Средиземноморский полигон почвообразования сконцентрировал в себе ряд уникальных почвенных феноменов, среди которых впервые были выделены не имевшие аналогов в отечественной литературе красновато-бурые и бурые аридные почвы аллювиальных и пролювиальных равнин. Отличительная особенность этих почв – красноцветность и в отличие от бурых полупустынных почв Прикаспия слабовыраженный корковый и подкорковый горизонты и еще более низкая гумусированность.

Пустынный фон почвообразования, характерный для всей территории Ливии, скрывал контрастные условия почвообразования, существовавшие в плейстоцене и голоцене. В целом это обусловило полигенетичность почвенных профилей, почвенное разнообразие и формирование структур почвенного покрова разного генезиса и иерархических уровней.

В настоящей статье подробно рассмотрены особенности климата Ливии, в частности ветрового режима – одного из главных факторов, способствующих формированию щебнисто-каменистых ландшафтов сахарских гамад и эоловых аккумуляций, начиная от “странствующих” зарождающихся дюн, до мощных грядовых песчаных массивов (эргов) Алжира и Ливийской пустыни.

Сухие ветры, называемые “гибли”, “шерги”, “самум”, “хамсин”, “сирокко” и др., происхождение которых связывают с фёном, хорошо известны в североафриканских странах (Петров, 1973; Прох, 1983 и др.). Вместе с тем, именно в Ливии они наиболее горячие, несущие с высокой скоростью массу песчаного материала из Сахары, который переносится циклонами в Западную и Восточную Европу за многие сотни и тысячи километров.

На приморской равнине Джеффара (Триполитания) в 35–40 км от побережья Средиземного моря в п. Аль-Азизия в сентябре 1922 г. была зафиксирована максимальная температура воздуха

58.0°C. Этот температурный рекорд продержался 90 лет. В 2012 г. комиссия Всемирной метеорологической организации, посчитав этот результат завышенным, объявила новый полюс жары, зафиксированный в июле 1913 г. в Долине смерти в Калифорнии. Он равен 56.7°C. Феномен фёна под названием “гибли” – кратковременного (несколько дней) резкого повышения температуры воздуха и скорости ветра до 20–25 м/с при одновременном падении влажности воздуха до 15%, остается одним из главных климатических факторов пустынного почвообразования на всей территории страны.

Роль ветра в формировании щебнисто-каменистых пустынь и эоловых аккумуляций подробно изучена. В статье И.П. Герасимова (1954), посвященной сравнительной характеристике Африканской Сахары, Монгольской Гоби и Среднеазиатского Турана этому явлению природы отводится важная роль. В ней также отмечается ведущая роль ветра в процессах формирования почвенной корки и панциря на поверхности почв щебнисто-каменистых пустынь. В этой связи оценка роли ветра в формировании гамад Ливии и характерных для них почв и структур почвенного покрова потребовала дополнительного анализа метеорологических и почвенных данных, чему и посвящена настоящая статья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Наиболее подробно почвенно-экологические изыскания проведены в трех объектах, расположенных в прибрежной зоне средиземноморских субтропиков: I – западном (Триполитанском), II – восточном (Бенгазийском) и III – центральном (пастбищном) (рис. 1). Они отражают пестроту почвенного покрова узкой (не превышающей 110 км) средиземноморской зоны Ливии. Почвы гамад характерны для более южных регионов страны, где отмечаются крайнеаридные климатические условия почвообразования. Оценку этих территорий и почв проводили на примере маршрута Триполи–Хамада аль-Хамра вглубь пустыни Сахара на 350–400 км от побережья. На южной периферии макросклона нагорья Джебель аль-Нефус в пределах аллювиально-пролювиальной равнины были заложены два разреза ВБ-2 и ВБ-3, а на территории плато (пустыни) Хамада аль-Хамра – НАМ-1.

Анализы почв выполнены в лабораториях почвенно-экологической экспедиции в г. Триполи и Почвенного института им. В.В. Докучаева в г. Москве. Валовой состав определяли с применением весовых, объемных и фотометрических методов; содержание гумуса по Тюрину; рН – потенциметрически; CO₂ карбонатов по Голубеву; P₂O₅ и K₂O – методом Мачигина.

При анализе климатических параметров использовали литературные источники и многолетние метеорологические данные за период с 1919 по 1976 гг., имевшиеся в распоряжении Секретариата сельского хозяйства Ливии.

Названия и индексы почв в тексте даны по первоисточникам (Soil and..., 1980; Soil studies..., 1980a, 1980b), “Классификация...” (1977, 2004) и в системе WRB (Мировая..., 2007; World Reference..., 2014).

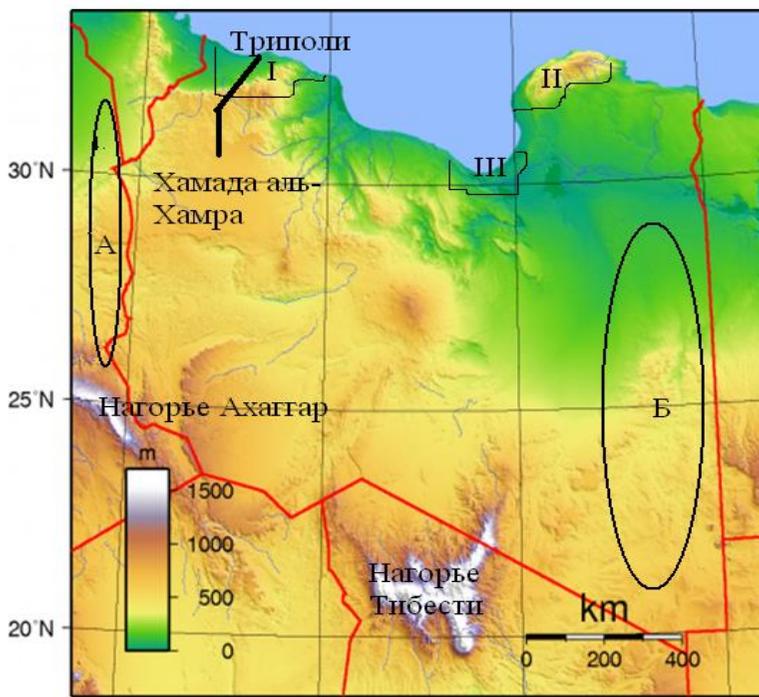


Рис. 1. Физико-географическая характеристика Ливии (I, II, III – объекты среднemasштабного обследования; жирная линия – маршрут Триполи–Хамда аль-Хамра; А – Большой Восточный Эрг и Б – Ливийская пустыня).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Климатические условия. *Температура и осадки.* Особенности почвообразования в Ливии обусловлены специфическими палео- и современными климатическими условиями, связанными с планетарными особенностями циркуляции атмосферы, включая смену климатических режимов по сезонам года. В летнее время климатический режим в Ливии определяется устойчивой зоной высокого давления – отрогом Азорского максимума, который смещается из центра Сахары на север и располагается над акваторией Средиземного моря. Температура воздуха в этот период года достигает максимальных значений, свыше 30°C. Количество осадков минимально (с мая по август выпадает около 2% годовой нормы) (Soil..., 1980; Soil studies..., 1980a, 1980б).

В осеннее-зимне-весенний период центр антициклона располагается над Сахарой и климатические условия в прибрежной зоне определяются циклонической деятельностью восходящих воздушных масс умеренных широт. Серии циклонов над Центральной Европой иногда смещаются к югу, что вызывает осадки, количество которых с октября по март в средиземноморской зоне Ливии составляет 85–90% годовой нормы с четко выраженным максимумом в зимние месяцы. Внутриконтинентальная пустынная часть Ливии в этот период остается под влиянием антициклона и ветров южных румбов.

Резкий контраст сезонных климатических показателей температуры и осадков усиливается орографическими барьерами: нагорьями Джебель аль-Нефус на Триполитанском объекте I и Джебель аль-Ахдар на Бенгазийском объекте II, приподнятыми над равнинной поверхностью на 700–800 м. Среднегодовое количество осадков в приморской зоне Триполитании колеблется от 205.6 мм в п. Аль-Азизия до 329 мм в г. Триполи на побережье Средиземного моря. В нагорьях Джебель аль-Нефус и Джебель аль-Ахдар выпадает соответственно 338 и 593 мм (Soil studies..., 1980a, 1980б).

На южном макросклоне нагорья Джебель аль-Нефус (объект I), обращенном к пустыне Сахара, количество осадков резко убывает. Уже через 50–60 км от линии водораздела их выпадает не более 100 мм/год. В населенном пункте Мизда (Mizdah) выпа-

дает в среднем 64 мм. Еще южнее в зоне щебнисто-каменистого пустынного плато Хамада аль-Хамра по данным А. Fantoli (1952) выпадает менее 50 мм. По годам осадки распределяются также неравномерно. В отдельные годы их выпадает до двух среднегодовых норм или, напротив, в несколько раз меньше (рис. 2).

Приносимые циклонами осадки обычно носят ливневой характер, что способствует образованию первичных форм линейной эрозии, расширению и углублению уже сформированных вад. Слабооструктуренные супесчано-легкосуглинистые почвы при наличии слабовыраженной поверхностной корочки легко эродированы за несколько сильных ливней. Известно, что в песках Сахары сток образуется при однократном выпадении более 30 мм осадков, а в каменистых и щебнистых гамадах и при меньших количествах (Бабаев и др., 1986). В процессе исследований отмечались многочисленные формы водной эрозии почв, характерные для нагорий и подгорных шлейфов. Большая их часть – следствие пловивальных

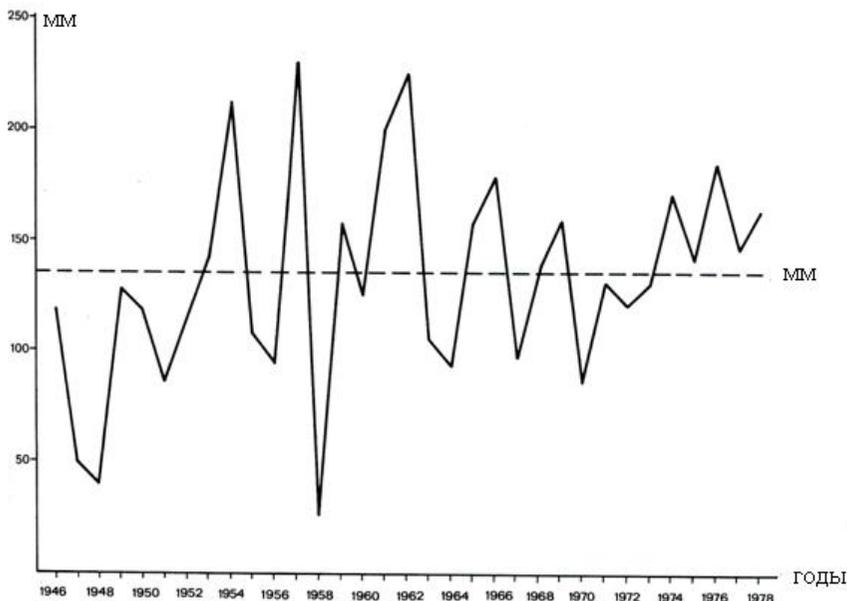


Рис. 2. Количество осадков в п. Адждабия (пастбищная зона III, рис. 1) в период с 1946 по 1978 гг. (Soil and geobotanical..., 1980).

эпох плейстоцена и голоцена. Современные струйчатые комплексы не столь характерны и, как правило, приурочены к нагорьям. В этой связи водная эрозия рассматривается в большей степени как палеофактор дифференциации почвенного покрова. Оценить ее роль на современном этапе формирования структур почвенного покрова сложно, учитывая тренд аридизации климата, снижающий влияние водной эрозии как фактора дифференциации почвенного покрова по сравнению с дефляцией.

Ветровой режим и генезис “гибли”. Все особенности пустынного почвообразования в Ливии непосредственно связаны с деятельностью ветра, который большую часть года имеет южные румбы. В Триполи очень слабые ветры наблюдаются только 6.8% дней в году, а более половины года (50.4%) дуют ветры со скоростью от 3 до 14 м/с (Soil studies..., 1980). По периферии ливийских гамад в Алжире выделяется Большой Восточный Эрг, а на востоке страны песчаная Ливийская пустыня, сложенные грядовыми песками субмеридионального простирания (Beadnell, 1910). Между этими мощными песчаными аккумуляциями в центральной части Ливии расположен широкий коридор щебнисто-каменистых гамад, ступенями опускающихся к прибрежным равнинам.

Формирование ливийского коридора гамад определено связано с деятельностью направленных и постоянных ветров южных румбов, а также “гибли”. Последние дуют всего несколько дней в году и наиболее часто в мае. Полное ощущение “дыхания Сахары” в это время существенно меняет весь облик ландшафтов: настоящее солнечное затмение в связи с запыленностью атмосферы. Со скоростью сильного ветра “гибли” несут крупнопылеватую фракцию и мелкий песок на большие расстояния, тем самым формируя на своем пути лишенные растительности щебнисто-каменистые гамады.

Генезис “гибли” обычно связывают с фёновым эффектом, который и обуславливает полюс жары в п. Аль-Азизия (Fantoli, 1952; Nuttonson, 1961; Segaiar, 1977 и др.). Фёновый характер “гибли” отражает лишь сам факт процесса формирования горячих кратковременных ветров. Он не раскрывает причины возникновения фёна в Ливии, его повторяемость, направление, скорость и продолжительность, связанные с вариабельностью атмосферных процессов над пустыней Сахара и акваторией Средиземного моря. Проведенный

анализ метеорологических данных и синоптических карт приводит нас к выводу о воздействии комплекса взаимосвязанных факторов, вызывающих формирование “гибли” в Ливии. Среди них кроме климатических параметров важную роль играет макрорельеф – общая приподнятость центра Сахары, а также рельеф гамад, состав и стратиграфия формирующих их осадочных пород. Возникновение “гибли” мы связываем с такими факторами, как:

1. Общая циркуляция атмосферы. Над североафриканским континентом в течение всего года преобладает антициклональный режим. Образование “гибли” приурочено только к осенне-весеннему сезону, с господством ветров из Сахары. “Гибли” никогда не бывает летом, поскольку в этот период происходит смена ветров на северные румбы, в связи со смещением антициклона к акватории моря, а также крайне редко (1 раз в 7–10 лет) в зимние месяцы. “Гибли” – наиболее типичен при смене летней жары на относительно прохладный период и, напротив, прохладного на жаркий летний.

2. Формирование глубокого циклона. “Гибли” формируется только тогда, когда глубокий циклон с давлением в центре менее 980 мБар (980 гПа; 735 мм р. ст.) проходит транзитом на восток–северо-восток над Средиземным морем вблизи побережья Ливии, иногда смещаясь в залив Сидра (рис. 3). Чем ближе центр глубокого циклона к побережью Ливии, тем более вероятно возникновение “гибли” и его интенсивность.

3. Формирование барического градиента. В период прохождения глубокого циклона над Средиземным морем между ним и антициклоном в центре Сахары возникает максимальный относительно годового режима барический и, отчасти, термический (температурный) градиенты. При прохождении передней части циклона ветер сначала усиливается до максимального, затем в задней периферии циклона он ослабевает, меняя направление на обратное. Скорость прохождения циклона над акваторией моря определяет продолжительность “гибли”.

4. Особенности орографии Ливии. К ним относятся нагорья Ахаггар и Тибести и специфический рельеф гамад. В антициклоне холодный и сухой воздух, стекая по склонам нагорий и эскарпам гамад, адиабатически нагревается и, разгоняясь, превращается в горячий ветер – фён. Фён максимально усиливается в районе по-



Рис. 3. Глубокие циклоны над Средиземным морем, создающие барический градиент.

следнего эскарпа высотой в сотни метров, отделяющего нагорье Джебель аль-Нефус от приморской равнины Джеффара. В результате на равнину “гибли” приходит как горячий, сильный, все иссушающий ветер, несущий тучи песка и пыли.

Сочетание этих факторов определяет время и периодичность возникновения “гибли”, обычно не превышающих 2–3-х в год. Скорость ветра прямо пропорциональна глубине циклона, а продолжительность “гибли” напрямую связана как с глубиной, так и со временем прохождения циклона над акваторией моря. Если циклон “зависает” над морем в районе залива Сидр, то длительность увеличивается до 3–4 дней, при обычных траекториях “гибли” продолжается 2–3 дня.

Условия почвообразования и почвы. Условия почвообразования. К югу от нагорья Джебель аль-Нефус в 250 км от побережья располагается древняя аллювиально-пролювиальная равнина шириной около 20 км, слабо изрезанная эрозионной сетью. Основная масса пролювиальных потоков – современные “вади” с плато Хамада аль-Хамра – сосредоточена в зоне эскарпа шириной 5–7 км. “Вади” врезаны на глубину 2–3 м в основную поверхность, сложенную тонкими кристаллическими частично доломи-

тизированными и мергелистыми известняками формации Mizdah Formation, верхнечетвертичного возраста. Вся территория равнины представляет собой щебнисто-каменистую пустыню “серир” с изреженным растительным покровом. Разр. В-2 и В-3 характеризуют соответственно серо-бурые пустынные слабодифференцированные почвы на элювии мергелистых известняков с высоким содержанием гипса (Gypsisols Skeletic Hypergypsic) и маломощные скелетные почвы – литоземы (Leptosols Hyperskeletal Yermic). Литоземы приурочены к микроповышениям рельефа с более высокой поверхностной каменистостью (до 70%). Серо-бурые почвы имеют более мощный профиль, чем литоземы и тяготеют к плоским поверхностям равнины и неясно выраженным понижениям.

Комбинация этих почв формирует на территории равнины литогенные микроструктуры в форме пятнистых ташетов (Фридланд, 1984; Белобров, 1989). Литогенные микроструктуры в комбинации с дюнами корытообразных понижений шириной от десятков до сотен метров и глубиной от 2–3 до 10 м образуют флювиально-аккумулятивную мезоструктуру (рис. 4). Понижения на равнине были сформированы водными потоками в плювиальные фазы формирования рельефа. В днищах корытообразных долин в районе п. Феззано формируются дюны – продукты развевания местных отложений, которые можно классифицировать как песчаные почвы (Arenosols) с признаками первичного почвообразования. Дюны имеют высоту около 1.5–2.0 м, лишены растительности, их встречаемость около 20 на 1 га.

Морфологическая характеристика почв. Разр. ВБ-2. Ровная поверхность равнины, понижение относительно основной поверхности, проективное покрытие 3–4% (*Hammada Schmittiana*). Каменисто-щебнистая поверхность “серир” занимает до 30% площади. На окатанном щебне хорошо выражен пустынный загар.

AKLca, 0–7 см. Светло-бурый 10YR 6/5, со светло-бурой (10YR 6/6), тонкопористой, непрочной, пылевой маломощной (1 см) корочкой, легкосуглинисто-супесчаный, сухой, плотный, слоистость под коркой выражена слабо, бурно вскипает, переход четкий по цвету и гранулометрическому составу.

ВМК1ca, 7–35 см. Бурый 10YR 5/4, легкосуглинистый, сухой, неясно комковатый бурно вскипает, переход постепенный.

ВМК2ca cs, 35–70 см. Светлее предыдущего 7.5YR 6/4, более плотный, встречаются фрагменты доломитизированных и мергелистых

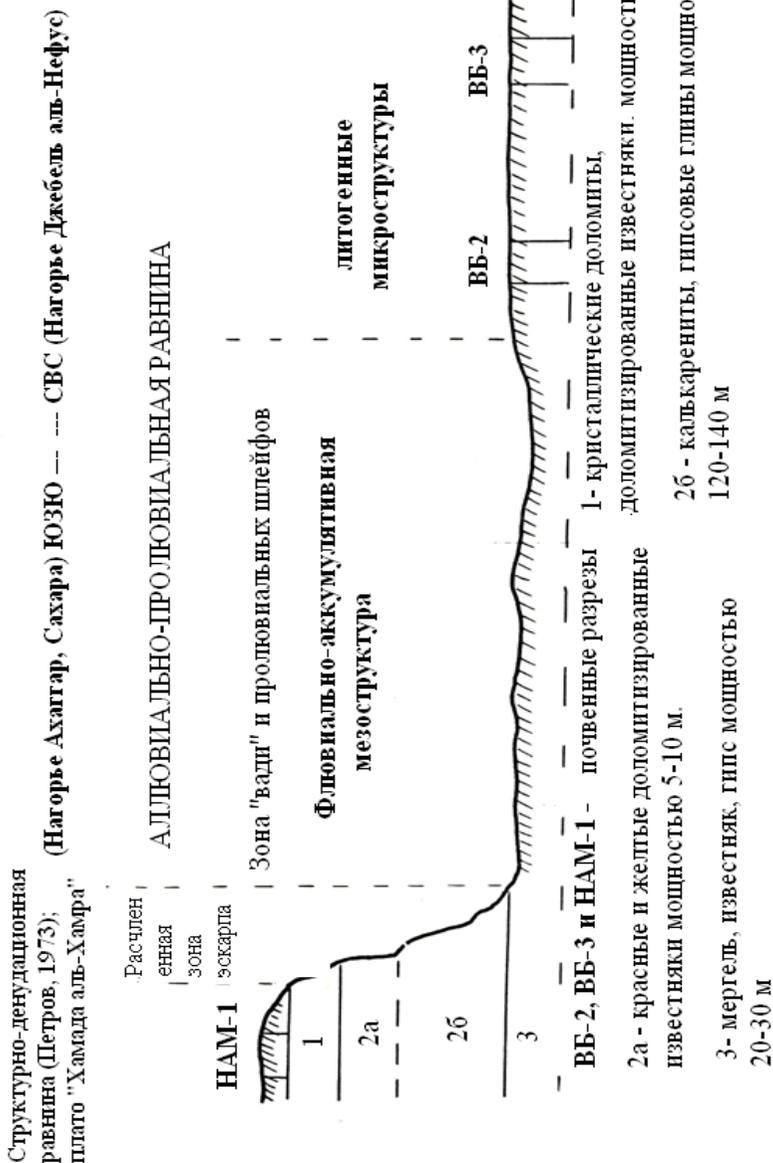


Рис. 4. Рельеф, почвы и структуры почвенного покрова аллювиально-пролювиальной равнины и плато Хамада аль-Хамра.

известняков, содержание мелкокристаллического гипса увеличивается вниз по профилю, переход ровный, четкий.

Сса, 70–115 см. Элювий мергелистого известняка.

Мса, 115+ см. Очень плотный мергелистый известняк.

Почва: серо-бурая пустынная слабодифференцированная на элювии мергелистых известняков с высоким содержанием гипса (Gypsisol Skeletic Hypergypsic).

Разр. ВБ-3. Ровная поверхность равнины “серир”, слабо выраженное микроповышение, проективное покрытие растительности не более 2%, а хорошо окатанного щебня с пустынным загаром около 50–70%, местами доминирует галька размером в поперечнике до 3–5 см.

AKLca, 0–5 см. Светло-бурый 10YR 6/5, со светло-бурой (10YR 6/6), тонкопористой, сухой, непрочной, пылевой корочкой (0,5 см) и слабовыраженной подкорковой слоеватостью, легкосуглинисто-супесчаный, сухой, плотный, бурно вскипает, щебнистый, переход ясный, ровный.

ВМКса, 5–15 см. Бурый 10YR 6/4 с многочисленными фрагментами тонкокристаллического известняка, легкосуглинистый, бурно вскипает, визуальных карбонатных новообразований не обнаружено, переход постепенный.

ВСса,cs, 15–25 см. Белесоватый с розоватым оттенком, многочисленные фрагменты породы, кристаллы гипса, мелкозем составляет около 30%, переход к коренной породе ясный.

Сса, 25+ см. Тонкокристаллический выветрелый известняк.

Почва: литозем на тонкокристаллических известняках (Leptosol Hyperskeletal Yermic).

Южнее аллювиально-пролювиальной равнины расположено плато Хамада аль-Хамра – типичная сахарская гамада. Плато возвышается над равниной на 100–120 м, за 20 км хорошо виден ее эскарп в виде абразионного уступа. На плато заложен разр. НАМ-1. Ровная поверхность плато Хамада аль-Хамра, практически лишенная растительности (<1%). Слабоокатанный щебень размером до 5 см в поперечнике, занимает около 80% площади. Отчетливо виден пустынный загар на всей поверхности щебня впадного в корковый горизонт. Под щебнем, по его периферии кристаллы гипса.

AKLca, 0–25 см. Светло-бурый 10YR 6/5, с буровато-белесовой (10YR 6/6), пористой, сухой, уплотненной корочкой мощностью

1.5 см и бурым (10YR 6/4) подкорковым легкосуглинисто-супесчаным плитчато-слоеватым подгоризонтом мощностью 6–8 см; легкосуглинистый, сухой, плотный, содержание фрагментов коренной породы увеличивается вниз по профилю, переход ясный по цвету и гранулометрическому составу.

ВМК1rbsa, 25–55 см. Красновато-бурый 7.5YR 6/4, легко-среднесуглинистый, неясно ореховато-комковатый, редкие фрагменты породы, переход ровный, постепенный;

ВМК2ca,cs, 55–80 см. Интенсивность красных тонов уменьшается с глубиной, более легкий по гранулометрическому составу (легкосуглинистый), гипсовые выделения представлены в пылеватой компактной форме, переход постепенный, ровный.

CSca, 80–120 см. Бурый 7.5YR 5/6, легкосуглинистый, плотный, фрагменты из гор. ВМК2ca, гипсовых выделений больше, они представлены главным образом в форме кристаллов, переход ясный, ровный.

Csa,cs 120+ см. Элювий известняков (окристаллизованных доломитов), которые слагают верхние слои плато Хамада аль-Хамра.

Почва: серо-бурая пустынная дифференцированная на элювии окристаллизованных доломитов (Gypsisols Calcic Yermic).

В отличие от разр. ВБ-2 и ВБ-3 в почве на плато хорошо маркируется красноцветный рубефицированный подповерхностный горизонт. Он очень напоминает аналогичный горизонт серо-бурых почв Устюрта, но менее глинистый и более мощный. Его происхождение связано с плейстоценовой эпохой позднего плейстоцена (Skowronek, 1979). K. Atkinson (1979), датирует возраст этого красноцветного горизонта в 25 000 лет.

На плоской, как стол, поверхности плато господствуют литогенные микроструктуры – пятнистые ташеты, обусловленные различной мощностью профиля серо-бурых почв до плиты известняка.

Аналитическая характеристика аридных почв. Содержание SiO₂ хорошо маркирует состав мелкозема и коренных пород. Большая часть профиля почв сформирована не в инситу мелкоземе, а в привнесенном ветром и водными потоками (табл. 1). Это отражает синлитогенный, полигенетичный характер почвообразования, имевший место в прошлые плейстоценовые эпохи в Сахаре (Sandford, 1936). Полигенетичность почв характерна также для пустынных почв бореального и суббореального климата Средней

Азии и Казахстана (Глазовская и Горбунова, 2003). В серо-бурых почвах плато Хамада аль-Хамра отмечается относительное накопление в красноцветном горизонте Fe_2O_3 и Al_2O_3 .

Для серо-бурых почв аллювиально-пролювиальной равнины характерен высокий карбонатный фон и низкое содержание гумуса. Отличительной особенностью карбонатного профиля этих почв является также отсутствие поверхностного максимума, что приближает их к бурым полупустынным почвам (Классификация..., 1977). В поверхностном горизонте серо-бурых почв гамады напротив, отмечается максимум, а в красноцветном горизонте – минимум (табл. 2). Такой характер распределения карбонатов характерен для типичных серо-бурых почв Устюрта и всего среднеазиатского региона (Герасимов, 1926; Розанов, 1951; Шувалов, 1966; Степанов, 1975; Белобров, 1980 и др.). По содержанию карбонатов почвы гамад существенно (в 2–2.5 раза) превосходят почвы бореальных пустынь Средней Азии. Сказываются климатические различия в температурном режиме в течение года, характере выпадения осадков и степени увлажнения.

Серо-бурые почвы плато Хамада аль-Хамра в отличие от крайнеаридных почв суббореальных областей (Лебедева и др., 2015) имеют более мощную супесчано-легкосуглинистую аллювиально-пролювиальную синлитогенную “подушку”, которая постоянно подвергается дефляции. Поверхностный каменистый панцирь субтропических и тропических почв Сахарской гамады препятствует как дефляции, так и (в силу специфического ветрового ре-

Таблица 1. Валовой состав почв, % от абсолютно сухой навески

| Разрез | Глубина, см | ППП | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | MnO | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | SO ₃ |
|--------|-------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|-------|------|-------------------|------------------|-----------------|
| НАМ-1 | 0–3 | 11.61 | 66.16 | 5.20 | 1.80 | 0.45 | 0.026 | 11.18 | 1.19 | 0.81 | 1.44 | Не опр. |
| | 25–35 | 13.12 | 61.97 | 5.84 | 1.94 | 0.43 | 0.025 | 12.82 | 1.49 | 1.05 | 1.58 | 0.14 |
| | 60–70 | 23.78 | 39.59 | 4.53 | 1.46 | 0.32 | 0.013 | 26.08 | 1.29 | 0.63 | 0.99 | 0.29 |
| | 80–90 | 23.33 | 40.00 | 4.44 | 1.56 | 0.32 | 0.015 | 27.07 | 1.31 | 0.64 | 1.05 | 0.29 |
| ВБ-2 | 0–5 | 8.38 | 73.04 | 5.12 | 1.62 | 0.39 | 0.023 | 8.76 | 1.08 | 0.79 | 1.46 | 0.12 |
| | 20–30 | 8.32 | 77.46 | 4.27 | 1.37 | 0.33 | 0.020 | 8.66 | 0.80 | 0.75 | 1.30 | 0.12 |
| | 50–60 | 7.89 | 75.96 | 3.33 | 1.22 | 0.35 | 0.017 | 8.55 | 0.68 | 0.60 | 1.23 | 0.14 |
| ВБ-3 | 90–100 | 15.96 | 59.71 | 3.73 | 1.32 | 0.32 | 0.016 | 16.60 | 0.95 | 0.60 | 0.91 | 0.35 |
| | 0–5 | 6.77 | 76.62 | 4.71 | 1.99 | 0.49 | 0.025 | 6.78 | 0.66 | 0.54 | 1.27 | 0.11 |
| | 30–40 | 10.27 | 70.54 | 4.21 | 1.50 | 0.40 | 0.018 | 10.91 | 0.83 | 0.65 | 1.20 | 0.07 |

Таблица 2. Агрохимические свойства почв

| Разрез | Горизонт | Глубина, см | Гумус, % | рН _{Н₂О} | СО ₂ карбо- натов | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|--------|----------|----------------|-------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | | | | | мг/100 г почвы | |
| НАМ-1 | KLca | 0–3 | 0.42 | 7.85 | 12.84 | 1.60 | 40.44 |
| | BMK1ca | 25–35 | 0.42 | 8.17 | 9.15 | 0.70 | 55.38 |
| | BMK2ca | 60–70 | 0.35 | 7.94 | 16.98 | 1.36 | 13.48 |
| | BCca | 80–90 | 0.35 | 8.02 | 15.84 | 1.82 | 13.48 |
| ВБ-2 | AKLca | 0–5 | 0.18 | 8.62 | 5.98 | 0.90 | 26.49 |
| | BMK1ca | 20–30 | 0.21 | 8.52 | 5.54 | 0.34 | 21.67 |
| | BMK2ca | 50–60 | 0.18 | 8.50 | 5.10 | 0.30 | 19.26 |
| | BCca | 90–100 | 0.28 | 8.42 | 13.20 | 0.60 | 12.28 |
| ВБ-3 | AKLca | 0–5 | 0.21 | 8.60 | 4.14 | 0.88 | 42.14 |
| | BCca | 30–40 | 0.32 | 8.44 | 12.58 | 0.68 | 28.90 |

жима) формированию прочного и более мощного коркового горизонта, который образуется в серо-бурых почвах бореальных условий почвообразования. В почвах плато Устюрта роль панциря выполняет прочный, мощностью до 5 см, корковый горизонт. Для пустынных почв субтропического и тропического климата, вероятно, более характерно формирование пустынной мостовой, впадной в менее прочный корково-плитчатый фундамент гор. АКЛ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характер современных атмосферных процессов на территории Ливии, ее географическое положение в субтропическом и тропическом поясах обуславливают особенности климата в целом. В совокупности с рельефом и литологией климатические условия определяют пустынный облик почв большей части почвенного покрова страны. Анализ климатических параметров, в частности ветрового режима, показал, что губительные для растительности и всего живого сухие ветры “гибли” играют важную роль в формировании современного облика аридных почв ливийских гамад.

Постоянные и разной силы локальные ветры, характерные для всех пустынных областей Мира, имеют в Ливии общий направленный тренд из центра Сахары на север. С приближением к Ливийскому побережью глубоких циклонов постоянный слабый ветер резко усиливается и превращается в фён. В течение короткого периода, обычно 2–3 дня, он выдувает поверхностный песчано-

пылеватый мелкозем почв, оставляя растущую вверх скелетную часть, которая образует щебнисто-каменистую поверхность почв, лишенную растительности. Периодичность “гибли” не велика, обычно 3–4 раза в год (в среднем 1–2), но интенсивность дефляции чрезвычайно высока.

Для Ливии специфична общая красноцветность континентальных песков и почв (фото 1 и 2). Она имеет определенный ветровой генезис, обусловленный денудацией и дефляцией нубийских красноцветных песчаников.

К разновозрастным аллювиально-пролювиальным равнинам Ливии приурочены серо-бурые карбонатные почвы (*Gypsisols Skeletic Hypergypsic*) и литоземы (*Leptosols Hyperskeletal Yermic*). На плато Хамада аль-Хамра формируются серо-бурые пустынные почвы (*Gypsisols Calcic Yermic*) с рубефицированным подповерхностным красноцветным горизонтом, сохранившимся от плювиальных фаз почвообразования.

Микроструктуры почвенного покрова аллювиально-пролювиальных равнин представлены преимущественно слабо-контрастными ташетами, а мезоструктуры – наложено-древовидными сочетаниями почв флювиального и эолово-аккумуля-

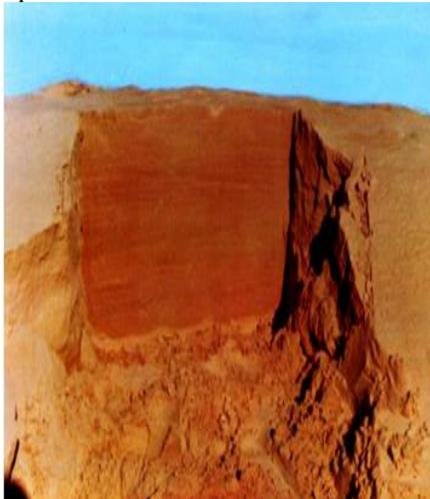


Фото 1. Континентальные пески.



Фото 2. Красно-бурая аридная недифференцированная почва равнины Джеффара.

лятивного происхождения. Для гамад характерны исключительно литогенные микроструктуры – слабоконтрастные ташеты серо-бурых пустынных почв разной мощности и скелетности.

В отличие от плато Хамада аль-Хамра в почвенном покрове каменисто-щебнистой Аравийской пустыни Дофар (Султанат Оман), расположенной значительно южнее в тропической зоне, господствуют серо-бурые маломощные почвы (*Leptosols Yermic*), формирующиеся на изверженных породах (фото 3) и серо-бурые типичные (*Gypsisols Yermic*) на элювии плотных осадочных пород (фото 4). Поверхностная и внутрпочвенная каменистость в них от средней до высокой. В профиле постоянно встречаются гипсовые аккумуляции в виде крупнокристаллического гипса или фрагментарных маломощных (5–7 см) сцементированных гипсовых кор. Для пустыни Дофар характерны очень редкие ливневого характера осадки и плейстоцен-голоценовые вадии (фото 5). Общие черты почвенного покрова пустынь – формирование коркового горизонта разной мощности и прочности, в который впаяны фрагменты инзитных пород и привнесенных водными потоками и даже ветром – отражают в почвенном покрове, как отметил И.П. Гераси-



Фото 3. Серо-бурая маломощная (<20 см) почва щебнисто-каменистой пустыни Дофар (Султанат Оман). В разрезе кристаллы гипса.



Фото 4. Серо-бурая типичная (~ 50 см) почва щебнисто-каменистой пустыни Дофар (Султанат Оман). На отвале кристаллы гипса.



Фото 5. Вадии каменисто-щебнистой пустыни Дофар (Султанат Оман).

мов (1954, с. 22), процесс “...самозащиты от разрушительного действия денудации”. Даже “гибли”, эти мощные катализаторы дефляционных процессов фактически приспособлены природой для денудации горных пород и в то же время для создания каменистой и/или песчаной брони, защищающей почвенный покров от разрушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабаев А.Г., Зонн И.С., Дроздов Н.Н., Фрадкин З.Г.* Пустыни. М. Мысль, 1986. 317 с.
2. *Белобров В.П.* Структура почвенного покрова гумидных и аридных областей субтропиков и тропиков: Автореф. дис. ... д. с.-х. н. М., 1989. 48 с.
3. *Белобров В.П.* Распределение карбонатов по профилю серо-бурых почв // Почвоведение. 1980. № 1. С. 137–146.
4. *Белобров В.П., Пантелеев Л.С.* Генезис структур почвенного покрова Триполитании (Ливия) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1982. Вып. XXX. С. 20–25.
5. *Белобров В.П., Шишов Л.Л., Пантелеев Л.С.* Роль структуры почвенного покрова в интенсификации сельского хозяйства Средиземноморья Ливии // Почвы СССР: прикладные и генетико-географические аспекты исследования. Научн. тр. М., 1987. С. 75–83.
6. *Герасимов И.П.* Почвенный очерк Восточного Усть-Урта // Материалы комиссии экспедиционных исследований. Вып. 25. Отчет о работах почвенно-ботанического отряда казахстанской экспедиции АН СССР 1926. Вып. IV. Ч. 1 М., 1930.
7. *Герасимов И.П.* Черты сходства и различия в природе пустынь // Природа. 1954. № 2. С. 11–22.
8. *Глазовская М.А., Горбунова И.А.* Опыт генетического анализа и классификация бурых аридных почв // Почвоведение. 2002. № 11. С. 1287–1298.
9. *Глазовская М.А., Горбунова И.А.* Полигенетичность почв аридной зоны Средней Азии и Казахстана // Изв. РАН. Сер. геогр. 2003. № 2. С. 36–42.
10. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
11. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
12. *Лебедева М.П.* Микростроение субаридных и аридных почв суббореального пояса Евразии. Автореф. дис... д. с.-х. н. М., 2012. 48 с.
13. *Лебедева М.П., Герасимова М.И., Голованов Д.Л., Ямнова И.А.* Крайнеаридные почвы Илийской котловины Казахстана // Почвоведение. 2015. № 1. С. 14–30.
14. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв. М.: Тов-во научн. изданий

КМК. 2007. 278 с.

15. *Неуструев С.С.* О почвах каменистых пустынь Туркестана // Почвоведение. 1913. № 1. С. 1–21.
16. *Пантелеев Л.С., Белобров В.П., Ремизов В.Д.* Морфолитогенез – фактор формирования структуры почвенного покрова // Генезис и плодородие почв южных регионов и их сельскохозяйственное использование. М., 1987. С. 30–41.
17. *Петров М.П.* Пустыни земного шара. Л.: Наука, 1973. 433 с.
18. *Прох Л.З.* Словарь ветров. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 312 с.
19. *Розанов А.Н.* Сероземы Средней Азии. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 459 с.
20. *Степанов И.Н.* Эколого-географический анализ почвенного покрова Средней Азии. М.: Наука, 1975.
21. *Фридланд В.М.* Структуры почвенного покрова мира. М.: Мысль, 1984. 235 с.
22. *Шишов Л.Л., Пантелеев Л.С.* Особенности условий почвообразования в Средиземноморской зоне Ливии // Проблемы освоения пустынь. 1981. № 2. С. 3–15.
23. *Шувалов С.А.* Географо-генетические закономерности формирования пустынно-степных и пустынных почв на территории СССР // Почвоведение 1966. № 3. С. 1–13.
24. *Atkinson K.* Morphology and Mineralogy of Red Desert soil in the Libyan Sahara // Earth Surface Processes. 1979. Vol. 4. P.103–115.
25. *Beadnell H.J.* The sand-dunes of Libyan desert // Geogr. J. Vol. 35, N. 4, 1910.
26. *Dregne H.E.* Soils of Arid Regions // Development sin Soil Science. Amsterdam–Oxford–New York: Elsevier Publ., 1976. V. 6. 237 p.
27. *Nuttonson M.Y.* The fysical environment and agriculture of Libya and Egipt with special reference to Egipt regions containing areas climatically and latitudinally analogous to Israel. Washington, 1961.
28. *Fantoli A.* Le pioggic della Libia. Ufficio Studi del Ministero A.I. Roma, 1952.
29. *Sandford K.S.* Past climate and early man in southern Libyan desert // Geol. Rev. 1936.
30. *Segaier K.* The seasonal distribution of the major climatic factors and their effects on Wheat. First Lybyan Seminar on What Research. Tripoli, 1977.
31. *Skowronek A.* Palaoböden in der Zentralen Sahara. Wurburg. Geogr. Arb. 1979. № 49. P. 163–177.
32. Soil and geobotanical studies in the pasture zone of the Socialist People's Libyan Arab Jamahiriya Soils. Soil-ecological expedition V/O “Selkhozpromexport” USSR. Tripoli, Libya, 1980. Vol. 1. 117 p.
33. Soil studies in the eastern zone of the Socialist People's Libyan Arab Jamahiriya // Soil-ecological expedition V/O “Selkhozpromexport” USSR.

Tripoli, Libya, 1980a. 392 p.

34. Soil studies in the western zone of the Socialist People's Libyan Arab Jamahiriya // Soil-ecological expedition V/O "Selkhozpromexport" USSR. Tripoli, Libya, 1980b. 255 p.

CLIMATE-INDUCED SPECIFIC FEATURES OF DESERTIC PEDOGENESIS IN NORTHERN LIBYA

V. P. Belobrov

*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 119017 Moscow, Pyzhevskii 7, bld. 2
e-mail: belobrovvp@mail.ru*

Climatic parameters affecting the desertic pedogenesis, formation of specific soils and soil cover pattern have been analyzed, namely, precipitation, temperature atmospheric pressure and wind regime; they also enhance the hamada development in Libya. Against the background of climate aridity, the atmospheric processes acquire prominent importance. Centers of high pressure exist over the Sahara desert during most of the year determining the dominant trends of winds towards the Mediterranean coast, where deep cyclones provide an atmospheric pressure gradient in the cold season thus being a trigger of strong winds "ghibli" development in Akhaggar and Tibesti Uplands in the Central Sahara. Descending along the slopes of these uplands and step-like hamada surfaces the winds get transformed into foehn, which is a strong agent of bedrock denudation as well as of formation of stony surfaces of hamadas and aeolian accumulations on hamada peripheries. Investigations of soils and soil cover patterns of the fan-alluvial plains revealed the occurrence of gray-brown desertic soils, weakly differentiated and calcareous (Skeletal Gypsisols (Hypergypsic)), and lithozems (Hyperskeletal Leptosols (Yermic)), associated into a lithogenic microstructure of the soil cover. The Khamada al-Khamra Plateau is dominated by the gray-brown desertic calcareous soils (Calcic Gypsisols (Yermic) having a rubefied subsoil. The soil cover microstructure is weakly contrasting and composed of soils differing in depth (tashet). The difference in the crusty horizon and desert pavement in the gray-brown soils is discussed in the boreal pedogenetic conditions and subtropical or tropical ones. Owing to strong winds the crusty horizon in Libyan soils is less compact and thick.

Keywords: ghibli, foehn, hamada, microstructure, deflation, aridic soils, Gypsisols (Yermic).