

УДК 631.41:631.445.7

ОСОБЕННОСТИ ТРОПИЧЕСКИХ АРИДНЫХ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ ПРОВИНЦИИ ДОФАР ОМАНА

И.М. ЯШИН, МУКСИН АЛЬ-АМЕРИ

(Кафедра экологии)

Рассматриваются фактические данные, полученные авторами на полевых стационарах и в лаборатории при изучении современного состояния горных тропических аридных ландшафтов провинции Дофар южной территории Аравийского полуострова. До 1991 г. информация о почвах и ландшафтах этого региона была поисковой. В настоящее время почвенно-географические изыскания в Омане приобретают целенаправленный и комплексный характер, в частности, в связи с изучением экологии ладанного дерева (*Boswellia sacra*), улучшением водоснабжения, а также повышением производства продуктов питания (и кормов), выявлением лимитирующих агроэкологических факторов.

Государство Султанат Оман находится в южной части Аравии*. На западе оно граничит с Йеменом, а на востоке — с ОАЭ. Географическое положение Аравии и Омана оказало решающее влияние на формирование и эволюцию ландшафтов, почв, природных вод, раститель-

ности и животного мира. На Аравийском полуострове создана уникальная среда обитания и находятся крупнейшие на земном шаре месторождения нефти и газа. Внутренние области Аравии крайне засушливы: осадки не выпадают годами, нередки горячие песчаные бури, од-

Аравийцы называют эту территорию «аль-Джазира аль-араб» — остров арабов», поскольку Аравия и в самом деле отделена от других континентов и государств морями и пустынями.

нако облик пустынь здесь весьма разнообразный. Приморские ландшафты Красного моря отличаются очень высокими температурой и влажностью, что обуславливает неблагоприятные условия для жизни людей и животных. Поэтому поселения издавна создавались высоко в горах, где люди разводили скот и вели очаговое террасное земледелие. Южное горное побережье Аравии (близ г. Салала), испытывающее 3 летние месяца в году воздействие муссонных дождей, является наиболее благоприятной (в экологическом отношении) зоной безопасной жизнедеятельности. К северу находится горное пустынное плато Дофар, где произрастает ладанное дерево и где собирают лучший по качеству в мире ладан [1]. Экологической оценке почв и ландшафтов этого региона и посвящена настоящая работа.

Объекты и методы

В качестве объектов исследования были выбраны горные тропические пустынные ландшафты Дофара с бурыми аридными почвами и корами карбонатными, где в основном и произрастает (редкими очагами) ладанное дерево, дающее наиболее ценный ладан. В указанных ландшафтах было заложено

6 стационарных площадок и определены их точные географические координаты по спутниковой связи. Особенности сбора смолы и экология ладанного дерева *Sacra* нами рассмотрены ранее [2].

Первый стационар находится на слабоболнистом водоразделе известнякового плато (800 м над у.м.). Здесь выпадает <100 мм осадков за год. Второй — расположен на отметке ~ 650 м над у.м., в высохшем русле горной реки (вади), на склоне горной гряды северной экспозиции, обращенной к самой большой пустыне Аравии — Руб эль-Хали. Осадков выпадает <50 мм. Третий — находится на той же гипсометрической отметке, что и второй, но расположен в центре хорошо развитого русла вади, ориентированного в восточном направлении. Четвертый заложен в пределах низкогорного рельефа, в нижней трети склона гряды южной экспозиции (в вади) на высоте 150 м над у.ж. Осадки < 105 мм. Указанный склон обращен на юг — к Аравийскому морю. Пятый был организован в 100 м от 4-го стационара не в русле вади, а на склоне горной сильнокаменистой гряды. Шестой расположен на водоразделе горной гряды, на отметке ~ 600 м над у.м. (у истока вади). Осадки <100 мм за год.

Таким образом, указанные стационары образуют в пространстве дугообразную катену: ряд почв, развитых в одинаковых условиях климата, рельефа и на однородной породе — элювии известняков. При этом одни ландшафты ориентированы на север — в направлении пустыни Руб эль-Хали, а другие на юг — к морю. На стационарах изучали биологические особенности ладанного дерева [2], проводили фотосъемку, исследовали морфологию пород и почв, отбирали образцы растений, почв, солевых корок и горных пород.

В отобранных образцах почв были определены следующие параметры: 1) гранулометрический состав методом пипетки (седиментационный анализ); 2) содержание, состав и свойства легкорастворимых солей методом насыщенной водной вытяжки; 3) карбонаты (CaCO_3) на кальциметре; 4) общую засоленность — путем измерения электропроводности на приборе, а концентрацию отдельных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) и анионов (NCO_3^- , Cl^- и SO_4^{2-}) — с помощью соответствующих методик [12,16]. Степень засоленности рассчитывали по сумме токсичных солей и удельной электропроводности; 5) доступные формы фосфора в щелочной вытяжке (0,5 н.

раствор NaHCO_3 с pH 8,5) — на спектрофотометре; 6) доступные формы Fe^{3+} и Si^{2+} — соответственно в вытяжках по Тамму (смесь щавелевой кислоты и щавелевокислого аммония) и Эгнеру-Риму-Доминго (А-Л-метод) в буферном растворе ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONH}_4$) на атомно-абсорбционном спектрофотометре; 7) общий азот — по Кьельдалю; 8) органический углерод (C) с дихроматом калия — по Тюрину (внося поправки на присутствие солей в холостом опыте); 8) гипс — весовым методом.

Полученные данные были обработаны (для однородной выборки) с помощью метода вариационной статистики [3].

Результаты

В специальной литературе по климатологии, географии, ландшафтоведению и почвоведению Аравия рассматривается вместе с другими (соседними) регионами — африканской Сахарой, Месопотамией, Иранским нагорьем [5, 8]. И это не случайно: ландшафты и почвы Аравийского полуострова изучены еще крайне слабо и в основном с помощью мелкомасштабных съемок и экстраполяции этих сведений на близлежащие регионы. В Султанате Оман в последнее десятилетие ис-

следования почв и подземных природных вод приобретают комплексный и целенаправленный характер. Заметную помощь оказывают зарубежные специалисты и фирмы [15, 17]. Интересные работы выполняют и оманские почвоведы из научно-исследовательского института сельского хозяйства [1, 2 и др.].

Тем не менее пока еще недостаточно фактического материала о процессах почвообразования и генезисе почв различных провинций, характере опустынивания, оценке ландшафтов с геохимических позиций, мониторинге питьевых подземных вод.

Провинция Дофар четко дифференцирована в пространстве по климатическим и оролитогенным условиям, а следовательно, и по типам почв. Так, низкогорные ландшафты (вблизи побережья Аравийского моря) находятся в зоне муссонных дождей. Эту территорию географы и

климатологи относят к тропической засушливой саванне. «Теневые» склоны низко- и среднегорий (северной и восточной экспозиций) не получают летом (в июне — августе) осадков муссонов и относятся к Афро-Азиатской тропической полупустынной и пустынной (аридной) области [6, 7]. Согласно Д.М. Шашко (1977 — цит. по [7], изучаемый регион отнесен к жаркому поясу, который простирается на запад и занимает центр Сахары. Сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$ за год здесь составляет более 8000° . Почвы и горные породы сильно перегреваются. Соотношение масс годовых атмосферных осадков и испаряемости весьма низкое: от 0,12 до 0,3. Эти параметры (наряду с интенсивной солнечной радиацией) позволяют отнести ландшафты плато Дофар к тропической сухой пустынной зоне**.

В геоботаническом отношении провинция Дофар относится к Сахаро-Синдской

* В большинстве экспериментальных работ по изучению засоленности почв используется старая единица электропроводности — ммо/см (произносится миллимо на 1 м), где ммо = С, а сименс (С) равен Ом⁻¹. Для удобства в настоящее время опытные данные выражают в децисименсах на метр (дС/м), потому что 1 дС/м = 1 ммо/см. Единица дС = 10⁻¹С (Роуэлл Дл., 1998, с. 408).

** Район изысканий труднодоступен и труднопроходим; картирование почв и ландшафтов осложняется чрезвычайно сильно расчлененным рельефом, высокой каменистостью почв, экстремально высокими температурами воздуха и горных пород, отсутствием воды.

Северо-Африканской под-
области со скудной и крайне
изреженной раститель-
ностью, среди которой доми-
нируют склерофиты, сукку-
ленты, галофиты и эфемерои-
ды. В то же время в оазисах
растительность более разно-
образная и развивается круг-
лый год. Крестьяне в оазисах
(только при орошении) на
небольших террасированных
участках успешно выращи-
вают зерновые, овощные и цит-
русовые культуры [1].

Климатические условия
различных областей Аравии
обобщены в работе [6]. Из нее,
в частности, следует, что тропи-
ческие аридные ландшаф-
ты получают явно малое ко-
личество осадков, а испаряе-
мость на равнинах достигает
за год 2000 мм и более. В го-
рах она заметно варьирует по
сезонам и склонам гряд раз-
ных экспозиций: наименьшая
в сентябре — 54, а наиболь-
шая — в мае 279 мм. За год в
горах испаряемость достига-
ет 1933 мм. Она заметно уси-
ливается в периоды ветров и
горячих песчаных бурь «хам-
син» [6, 10, 11], которые вызы-
вают активную циркуляцию
песчаного мелкозема и солей
(приносимых из пустыни Руб
эль-Хали) во всем простран-
стве горного пустынного пла-
то Дофар. Дефляция способ-
ствует формированию по-
гребенных почв, усилению ис-
паряемости и соленакоплению.

Внутри провинции Дофар
(по сведениям местных мете-
останций) заметна диффе-
ренциация типов климата: на
метеостанции р. Райсут (20 м
над у.м.) отмечена средне-
годовая t воздуха 30°C , в
июле — 32° , а в январе —
 23°C , осадки — 83 мм; в на-
горьях (г. Тамрет — 484 м над
у.м.) выпадает 41 мм осадков
в основном в виде росы, сред-
негодовая t воздуха $31,6^{\circ}$, в
январе — $18,6^{\circ}$, а в июле —
 32°C ; на среднегорье (метео-
станция г. Хайрен 878 м над
у.м.) выпадает 320 мм осад-
ков, поэтому температура
весьма комфортная для про-
живания людей: за год ее
значения в среднем состав-
ляют $23,1^{\circ}$, в январе — $17,5^{\circ}$,
а в июле — $23,5^{\circ}\text{C}$.

Указанные особенности
климата способствуют разно-
образию видов растений и
почв.

Растительный покров про-
винции Дофар изучали An-
thony M., Mirads — Morris
(1988), Mandavel J. (1980) и др.
Эти авторы выделяют следу-
ющие зоны: 1-я включает
Дофарское плато и горные
склоны гряд южной экспози-
ции, испытывающие дейст-
вие летних муссонных до-
ждей. Данная территория
четко дифференцируется на
ряд подзон: приморскую рав-
нину, предгорья, крутые гор-
ные склоны южной экспози-
ции и, наконец, засушливое

пустынное плато Дофара. 2-я зона включает горные территории, куда не доходят муссонные дожди. Здесь преобладают горные пустынные ландшафты с мелкими урочищами ладанного дерева. Вышеуказанные авторы выделяют здесь ряд подзон: а) горные вадии и горные ущелья, ориентированные на север — к пустыне Руб эль-Хали и б) аридные ландшафты северного макросклона плато Дофар — начало пустыни Руб эль-Хали.

Почвенный покров горного (тропического) пустынного плато Дофар достаточно однообразен и представлен следующими типами аридных почв: корами нарушенными (и монолитными), бурями аридными пустынными, литосолями и выходами горных пород (непочвенными образованиями). Наиболее широко распространены грубоскелетные слабо- и недифференцированные коры нарушенные (в том числе и эродированные аналоги). Рассмотрим генетические особенности кор.

Условия образования кор и их особенности. Коры формируются в условиях переменного влажного аридного субтропического и экстрааридного тропического климата при ярко выраженном выпотном водном режиме.

Под корой понимается плотное, сцементированное, слоистое (или конгломерато-

видное), пластообразное типоморфное природное образование переменного химического состава и сложения мощностью более 10 см, непроницаемое для корней растений при монолитном залегании и находящееся на поверхности или на глубине до 30 см (при наличии мелкоземистого горизонта). Коровые горизонты аридных почв — это образования того же сложения, преимущественно карбонатного или сиаллитно-карбонатного состава, мощностью более 10 см, и залегающие в профиле почвы глубже 30 см. Коровые прослойки аридных почв — образования того же сложения и химического состава, залегающие на различной глубине, мощностью менее 10 см [10]. Для указанных коровых образований свойственны пространственная прерывистость и варьирование химического состава, сложения и мощности.

Своеобразная роль в формировании современных кор принадлежит рельефу и породам. По местоположению зоны образования кор, приуроченной к отрицательным элементам рельефа, выделяют приморские и континентальные (в том числе и горные) пространства.

Почвообразующие породы на корях представлены продуктами выветривания элювия-делювия верхнемеловых

известняков и мергелей преимущественно легкого механического состава с обилием щебня, камней и песка. Нередко в известняках присутствует гипс. Отмечено наличие легкорастворимых солей (0,6—0,9%). Плейстоценовые аллювиально-пролювиальные и пролювиально-делювиальные слоистые отложения склонового генезиса имеют обычно гравийные и мергелистые прослои и отличаются преимущественно легким гранулометрическим составом и сильной скелетностью. Часто поверхностные слои известковых пород претерпели золотую переработку [14].

Формирование и разрушение кор связано с действием ряда мощных рельефообразующих факторов, которые в дальнейшем и обусловили развитие 4 типов рельефа в провинции Дофар: 1-й — тектонический — структурные приподнятые равнины, островные впадины между ними; 2-й — эрозионный — останцы размытых структурных равнин, сухие русла временных водных потоков (вади). Именно вади являются типичной формой древнеэрозионного рельефа. Они гене-

тически связаны с нагорьями и островными горами Дофара, откуда и берут свое начало, продвигаясь по ущельям, впадинам... к морскому побережью или на север — к бессточным пустынным депрессиям в Рубэль-Хали. Сухие русла сформировались, очевидно, еще в четвертичный период, когда ландшафты Дофара (как и Сахара) развивались в условиях влажного тропического климата: вади — реликт плювиальных эпох. Поэтому их изучение представляет заметный интерес; 3-й — водно-аккумулятивный — древне-аллювиальные равнины и озерные депрессии характерны для зоны перехода северного макросклона плато Дофар в пустыню; 4-й — золотой — эрги.

Процессы корообразования. В современный период формирование кор и коровых горизонтов почв обусловлено в основном процессом карбонатизации, который нередко в аридных тропиках и субтропиках сопряжен с явлениями засоления — рассоления территории в условиях ярко выраженной ксеротермической фазы климата (опустынивания) и рубификации*

* Рубификация — природный процесс трансформации соединений железа, сопровождающийся формированием и накоплением оксидов железа, которые придают мелкозему красновато-бурый цвет. Это один из характерных процессов в аридных почвах земного шара [7].

мелкоземистой толщи. При выходе на дневную поверхность горизонта педогенной аккумуляции карбонатов (разрозненных карбонатных конкреций, перемежаемых мелкоземом) под влиянием кратковременных атмосферных осадков может образовываться твердая корочка из кальцита. Циклично повторяясь во времени, данный процесс приводит к формированию слоистого плитообразного образования. Монолитность и твердость коре придают соединения аллохтонного кремнезема, обладающие высокой миграционной способностью в слабощелочной среде (рН 8,1—8,6).

Не исключено образование корового горизонта и в профиле зональных бурых аридных почв за счет педогенной аккумуляции карбонатов, с их постепенным уплотнением и цементацией. Монолитизация может происходить только на определенной стадии развития коры, в частности, когда коровый горизонт вследствие денудации располагается близко к дневной поверхности и достигает зоны активного (сезонного) промачивания почвы.

Возможен и обратный процесс — разрушение сплошного корового горизонта или коры, погребенных мелкоземом. Под действием циркулирующих почвенных слабосо-

левых растворов, лишайников и микроорганизмов сплошные горизонты могут разрушаться и превращаться в конкреционные карбонатные образования. Это явление наблюдается и сейчас по руслам сухих вади.

На определенных этапах перераспределение мобильных веществ в сопряженных горных аридных тропических ландшафтах Аравии возможен переход кор в коровые горизонты (например, в ландшафтах, прилегающих к горным массивам близ г. Салала). Генетическая близость этих типоморфных образований подтверждается и сходством их химического состава.

В долинах вади плато Дофара коровые горизонты бурых почв образуются вследствие бокового внутрипрофильного привноса растворимых соединений с окружающих территорий и их поступления из временно формирующихся сильноминерализованных горизонтов грунтовых вод. Мощность коровых слоев заметно варьирует в пространстве водораздел — склон — вади.

В обширных межгрядовых холмистых понижениях Дофара образование кор обусловлено совокупностью процессов физического выветривания, дефляции и денудации, перераспреде-

ния и гидрогенной аккумуляции водорастворимых соединений (NaCl , CaCl_2 , MgSO_4 , Na_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Коры могут также формироваться путем постепенного натечного (бокового и поверхностного) накопления и выпадения в осадок химических соединений из редких ливневых поверхностных водных, в том числе и мало-мощных селевых потоков [10].

В приморских равнинных и континентальных понижениях Аравии (Персидский залив) коровые горизонты активно формируются в современный период в солончаках гидроморфных. Глубина залегания коровых слоев в профиле солончака заметно варьирует и отражает, с одной стороны, интенсивность восходящей миграции солей в сухой период, а с другой — характер их нисходящего перемещения (рассоление) во влажный. Особенности такой циркуляции солей определяются критической глубиной залегания почвенно-грунтовых вод и степенью их минерализации [8]. Источником солей при таком развитии корового горизонта являются высокоминерализованные почвенно-грунтовые воды, устойчиво подпитываемые морскими. Часть солей поступает в солончаки гидроморфные также за счет импัลверизации.

Солончаки лагунных приморских территорий Омана могут иметь несколько коровых горизонтов [15].

Таким образом, формирование коровых горизонтов является общей особенностью карбонатизации геохимических ландшафтов экстрааридных тропиков Омана.

При этом в годовом цикле можно выделить две группы разнокачественных физико-химических процессов миграции и трансформации солей: 1-я — химические процессы миграции, обуславливающие перераспределение и осадкообразование (или гидрогенный массоперенос солей), совершающиеся в редкие периоды выпадения осадков; 2-я — процессы качественного физического превращения зон аккумуляции солей в плотные, панциревидные слои и горизонты, протекающие в длительный жаркий и сухой сезон года.

Классификация кор и их генетические особенности

До 1980—1981 гг. в почвенно-геохимической литературе не было систематизированной сводки о корах по средиземноморскому и иным регионам. Используя новый фактический материал по почвам и ландшафтам Ливии, а также литературные сведения, Шишов Л.Л., Яшин И.М.

Классификация и диагностика коровых образований*
(Шишов Л.Л., Яшин И.М. и др., 1984)

Коровое образование	Мощность коровых образований, см	Глубина залегания в профиле почвы, см	Генезис (возраст)	Сложение кор
Кора	Более 10	С поверхности или в пределах 0—30	Реликтовые: собственно реликтовые, остаточные	Монолитные (проходке не поддаются)
Коровый горизонт	Более 10	Глубже 30	Современные: солевые седиментационные	Нарушенные
Коровые прослойки	До 10	На различной глубине	Современные: педогенные	Нарушенные, конгломеративные

* По химическому составу коровые образования могут быть карбонатными, сиаллитно-карбонатными, карбонатно-сиаллитными, сиаллитно-гипсовыми, гипсовыми, кремневыми и солевыми [10].

и др. [10] предложили следующую классификацию и диагностику кор субтропических аридных областей Средиземноморья (табл. 1). Эту классификацию можно использовать и для тропических аридных регионов.

Тип почв коры подразделяется на два подтипа: коры нарушенные и коры монолитные (реликтовые). Вследствие того, что коры монолитные не используются в сельском хозяйстве, дальше основное внимание будет уделено корам нарушенным.

Родовые отличия определяются химическим составом

кор, а также засолением и эродированностью профилей.

Состав и свойства кор нарушенных Дофара

Гранулометрический состав и свойства. По гранулометрическому составу на пустынном плато Дофара доминируют песчаные и супесчаные разновидности кор нарушенных. В верхних горизонтах преобладают фракции крупного и среднего песка; содержание илистых частиц низкое (до 8,1% суммы фракций). Для кор нарушенных характерно наличие скелета,

образованного фрагментами твердой коры и почвообразующих пород, достигающего в верхних горизонтах 48,2%. Степень микроагрегированности ила и устойчивость микроагрегатов к разрушению варьируют в очень широких пределах — от 1,2 до 92,9, возрастая у почв, обогащенных гумусом. Легкий механический состав кор обуславливает их высокую аэрацию, непрочную структуру и высокую податливость к эрозии (табл. 2).

Химический состав и физико-химические свойства.

Верхние горизонты кор нарушенных обогащены CaCO_3 и содержат больше оксидов Al и Fe в сравнении с корой. Коровые горизонты обычно в той или иной степени окремнены, но преобладающими химическими компонентами в них являются CaO и SO_3 (у гипсовых родов). Монолитные коры (реликтовые) в среднем содержат < 20% SiO_2 , а CaCO_3 от 78 до 83% [14].

Низкое содержание гумуса и общего азота в корах нарушенных обусловлено скудной ксерофитной полукустарниковой и крупнозлаковой растительностью (ее химическим составом — высокой зольностью, преобладанием в золе Si, Ca и легкорастворимых солей); бедностью опада белковыми и углеводными компонентами

при доминировании клетчатки, лигнина и воско-смоляных веществ, которые придают растениям устойчивость к засухе, уменьшая обезвоживание клеток; активной минерализацией опада при слабой гумификации в песчано-супесчаном субстрате (хорошо аэрируемом, плохо удерживающем влагу, бедном илистыми частицами и R_2O_3). Количество гумуса в слое мелкозема редко достигает 0,18—0,5%, а отношение C:N варьирует в среднем от 6,6 до 18,5.

Реакция среды слабощелочная и среднещелочная (в навейном горизонте составляет 8,1—8,6, незначительно подщелачивается в коровом горизонте у засоленным родов).

Почвы насыщены основаниями. Среди обменных катионов преобладает Ca^{2+} . Доля Na^+ обычно не превышает 5% емкости поглощения, т.е. почвы не солонцеваты; этому благоприятствует легкий гранулометрический состав и его слабая сорбционная емкость.

Коры нарушенные плато Дофар сильно обеднены доступным фосфором, его содержание в профиле не превышает 0,5 мг H_2PO_4^- на 100 г почвы, что связано с бедностью материнских пород фосфором. Количество доступных форм железа и

Гранулометрический состав горных тропических пустынных почв провинции Дофар

Географическое положение стационара и его абсолютная отметка (м), осадки (мм)	№ почвенных разрезов и статистические параметры	Фракции мелкозема, их размер, мм (%)				Гранулометрический состав
		крупный песок 2,0—0,5	средний песок 0,5—0,05	фракция пыли 0,05—0,001	частицы < 0,001	
Стационар 1. Ландшафт: Почва: Известняковое плато: 800 м над у.м.;	среднегорный кора нарушенная (№ 16—20) x σ	тропический карбо-натная 28,2	пустынный засоленная 52,3	каменистый супесчаная 11,4	эрозивно на элювии 8,1	расчлененный известняков Супись
осадки < 100 мм	P(%)	10,5 37,2	8,9 17,1	5,8 50,9	3,2 40,0	
Стационар 2. Ландшафт: Почва:	среднегорный кора нарушенная (№ 21—25) x σ	тропический (конкре-ционная)	пустынный карбонат-ная	каменистый засоленная	эрозивно песчаная	расчлененный на элювии известняков
Склон горной гряды северной экспозиции (к пустыне Руб эль-Хали), 650 м над у.м.; осадки < 50 мм	P(%)	58,2	34,3	3,5	4,1	
Стационар 3. Ландшафт: Почва:	среднегорный кора нарушенная (№ 26—30) x σ	тропический (конкре-ционная)	пустынный карбонат-ная	каменистый засоленная	эрозивно песчаная	расчлененный на элювии известняков
Склон горной гряды северной экспозиции (на восток от стационара ~ в 3 км) над у.м.; осадки < 50 мм	P(%)	51,3 19,5 38,0	40,8 15,8 38,7	4,2 2,8 67,3	3,7 2,0 52,7	Песок

Стационар 4. Ландшафт: Почва:	низкогорный кора моно- литная	тропический (реликтовая)	пустынный карбонатная	каменистый засоленная	эрозионно супесчаная	расчлененный на зловии известняков
(профили 1 и 2) Вади (нижняя треть склона гряды южной экспозиции, к морю); 150 м над у.м.; осадки ~ 105 мм	№ 1—5) \bar{x} σ P(%)	46,3 17,6 38,0	35,6 17,0 47,7	11,2 3,6 31,9	6,9 2,5 36,1	Супесь
Стационар 5. Ландшафт: Почва: бурая известняков	низкогорный тропическая аридная	тропический коровая	пустынный карбонатная	каменистый засоленная	эрозионно легкосуглинистая	расчлененный на зловии
(профили 3 и 4) Нижняя треть склона на горной гряды южной экспозиции (к морю) — в 100 м от стационара 4; 150 м над у.м.; осадки ~ 105 м	(№ 6—10) \bar{x} σ P(%)	22,8 7,8 34,1	54,1 14,2 26,3	12,4 4,4 35,3	10,7 5,0 46,5	Легкий суглинок
Стационар 6. Ландшафт: Почва: бурая известняков	среднегорный тропическая аридная	тропический коровая	пустынный карбонатная	каменистый засоленная	эрозионно легкосуглинистая	расчлененный на зловии
(профили 5 и 6) Вади (верхняя треть юго-восточного склона горной гряды, к морю); 650 м над у.м.; осадки < 100 мм	(№ 11—15) \bar{x} σ P(%)	27,3 12,4 45,5	52,0 4,0 7,6	11,8 4,9 41,5	8,9 4,7 52,9	Легкий суглинок

меди (Cu^{2+}) низкое, соответственно 2,8—3,2 и 0,28—0,7 мг/100 г, достигая максимума в коровых горизонтах. Следовательно, гор. CR_{Ca} в ландшафтах является мощным геохимическим барьером [10].

Для аридных тропических ландшафтов Дофара характерны щелочные условия выветривания и осадконакопления. Это способствует вовлечению в геохимические циклы значительных масс щелочных и щелочноземельных оснований, а также кремнезема при очень слабом и эпизодическом участии такого энергетического фактора почвообразования, как подвижные органические продукты. Циркуляция солей обуславливает обновление, трансформацию веществ коры и коровых горизонтов и изменение ее сложности: происходит замещение не только одних ионов другими, но и обмен молекулами — метасоматоз; наблюдается локальное нарастание солей в форме «бороды» на нижних поверхностях коры и коровых горизонтов (например, в солончаках) и, наконец, отмечается натечная (поверхностная) адсорбция мигрируемых компонентов. Следовательно, коры являются специфическими почвенными образованиями, отражающими характер сопряженного (водоразде-

лы — склоны — вад) геохимического круговорота солевых масс в ландшафтах горий Дофара и пустыне Руб эль-Хали. Коры являются своеобразными сорбционными фильтрами, залегающими на путях миграции продуктов аридного эолово-солевого выветривания [11].

После кратковременных сильных ливней вода свободно просачивается через каменисто-щебнистые карбонатные коры и известковые породы, скапливаясь в ямах и карстовых колодцах.

Вследствие бедности территории Аравии, в частности Омана, поверхностными водами и скудости атмосферных осадков особое значение имеют подземные воды (довольно обильные), постоянно пополняющиеся за счет подземного стока с гор (например, в провинции Салала, где выпадают муссонные дожди). Поэтому важным элементом гидрографии Омана, имеющим большое значение для безопасной жизнедеятельности страны, являются крупные подземные водные источники, занимающие карстовые провалы диаметром 50—100 м и глубиной 100—125 м. Отсюда вода по своеобразным искусственным каналам (глиняным желобам) свободно течет к оазису. Несмотря на государственную поддержку в Омане к 2000 г. ежегодный

дефицит в воде составлял 330 млн м³ [1].

Анализ ионов в составе насыщенной водной вытяжки показал, что мелкозем верхних горизонтов кор засолен. Сумма легкорастворимых солей варьирует от 0,68 до 0,97%. Параметр ЕС (удельной электрической проводимости) колеблется от 1,1 до 2,9 дС/м. Тип засоления по анионному составу хлоридный и сульфатно-хлоридный, по катионному — кальциево-магниевый и кальциево-натриевый. Среди солей доминирует хлорид натрия. Примечательно, что экстрааридные климатические условия, господствующие на водоразделе плато Дофар, способствуют аккумуляции (а не выщелачиванию осадками) хлоридов натрия, магния и кальция. Эти соли имеют, как известно, морской генезис. Ареалы скопления солей приурочены к зонам современного корообразования: в приморской низменности — к солончакам, а на нагорье к впадинам — руслам вади. Среди токсичных солей преобладает NaCl. По их содержанию (от 0,27 до 0,62) коры относятся к средне- и сильнозасоленным [3, 8].

Выводы

1. Почвообразование в условиях крайней аридности климата на плато Дофар и

ничтожного участия растительности — примитивно. Ведущими процессами становятся ландшафтная миграция легкорастворимых солей и возникновение своеобразных пустынных тропических почв — кор карбонатных засоленных. По существу на огромных пространствах тропических пустынь Омана (горные системы Дофара и песчано-каменистые Руб эль-Хали) почвы не развиты или встречаются локальными контурами, где есть растительный покров.

2. Коры встречаются в ассоциациях с бурыми аридными тропическими коровыми почвами, литосолями и непочвенными образованиями. Корообразование и формирование в профиле почв коровых карбонатных горизонтов является идентификационным признаком экологического процесса опустынивания.

3. Большое разнообразие форм рельефа, пестрота залегания почвообразующих пород, активный эолово-солевой режим на фоне разных типов биоклимата плато Дофара определяют зонально-провинциальную дифференциацию почвенного покрова, его комплексность, полигенетичность и эродированность. Взаимосвязь в пространстве кор нарушенных, бурых аридных почв и непочвенных образований — одна из осо-

бенностей почвенного покрова аридного нагорья Дофар.

4. Опустынивание ландшафтов Дофара привело к существенному изменению экологической обстановки: резко снижено значение биологического фактора в процессах почвообразования и миграции веществ, максимально активизированы экзогенные факторы — дефляция и перераспределение водорастворимых солей. Диагностические признаки опустыненных ландшафтов: засоление почв и пород, полная деградация растительного покрова, педогенное корообразование, дефляция мелкозема и плоскостная эрозия в сезон кратковременных дождей.

5. Зональными почвами пустынных тропических ландшафтов Дофара являются коры нарушенные. Им присуща уникальная эколого-геохимическая роль: во-первых, они «бронируют» толщи мелкозема от активной внутривершинной дефляции и разрушения; во-вторых, вещества коры являются мощным геохимическим барьером на пути миграции солей, микроэлементов и т.д.; в-третьих, под корами нередко скапливаются атмосферные осадки. Поэтому в руслах вади растительность, как правило, менее угнетенная и более

разнообразная по видовому составу в сравнении с участками склонов и плато.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аль-Гесани А.* Земля ладана. Маскат, 1983. — 2. *Аль-Амери М и др.* Морфолого-экологическая характеристика, систематическое положение и практическое значение ладанного дерева (*Bowellia Sacra Flueck.*). — Изв. ТСХА, 2001, вып. 1, с. 184—190. — 3 *Воробьева Л.А.* Легкорастворимые соли, методы определения и показатели засоления почв. — В кн.: Химический анализ почв. М.: МГУ, 1998, с. 133—173. — 4. *Лавров А.П.* Об оценке процессов опустынивания. — Почвоведение, 1984, № 6, с. 111—114. — 5. *Перельман А.И.* Ископаемые и реликтовые почвы пустынь Средней Азии. ДАН СССР, 1949, № 6, т. 69, с. 853—855. — 6. *Петров М.П.* Пустыни земного шара. М.: Наука, 1973. — 7. *Розов Н.Н., Строганова М.Н.* Почвенный покров мира. М.: МГУ, 1979. — 8. *Роуэлл Д.Л.* Засоленность и солонцеватость почв. — В кн.: Почвоведение: методы и использование. / Под ред. Б.Н. Золотаревой. М.: Колос, 1998, с. 397—432. — 9. *Филэп Д., Кун А.* Изучение механизма выщелачивания солей в почвенных колонках. Почвоведение

- ние, 1975, № 2. — **10.** Шитое Л.Л., Яшин И.М. и др. Условия формирования, состав и свойства кор Триполитании (Ливия). — Изв. ТСХА, 1984, вып. 4, с. 95—102. — **11.** Шишов Л.Л., Яшин И.М. и др. Опустынивание и особенности процессов почвообразования в средиземноморской зоне Ливийской Джамахирии. — Изв. ТСХА, 1988, вып. 6, с. 95—108. — **12.** Яшин И.М., Шишов Л.Л., Раскатов В.А. Почвенно-экологические исследования в ландшафтах. — Учеб. пособие. М.: МСХА, 2000. — **13.** Anthony M. and Miranda Morris. Plants of Dhofar, 1988. — **14.** Chever S. Geological map of shisz, sheet NE 39-08. 1992. — **15.** MAF/FAO General soil map of the sultanate of Oman (mazoon printing press Oman). 1990. — **16.** Maki M. The methods of production of fruits (на араб, язю), 1991.— **17.** Platel J.P., Rogen J. Geological map of Paysut. Sheet. NE. 1992, p. 39—160.

*Статья поступила
30 мая 2001 г.*

SUMMARY

Actual data are considered which were obtained by the authors on field stationars and in laboratories when they investigated the present-day condition of mountain tropical arid landscapes in Dofar province at southern territory of Aravisky peninsula. Up to 1991 there was no exact information about soils and landscapes of this region. At present soil-geographical researches in Oman get purpose-minded and complex trend, in particular, in is connected with studying ecology of ladan tree (*Boswellia sacra*), with improved water supply, as well as with the increase in producing food products (and feeds) and finding limiting agroecological factors.