

# Почвенный покров и почвенно-географическое районирование территории Мексики

П. В. Красильников<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

<sup>2</sup>*Факультет наук, Национальный автономный университет Мексики, Мехико, Мексика*

Почвенно-географическая характеристика и районирование зарубежных стран представляет собой традиционную задачу отечественной школы почвенной географии. В данном очерке приводится краткая характеристика почвенного покрова и делается попытка почвенного районирования Мексики – страны, почвы которой до настоящего времени недостаточно изучены, и для которой не существует обзорных почвенно-географических работ.

## 1. Общая характеристика физико-географических условий Мексики

Соединённые Штаты Мексики – страна обширная по территории (общая площадь составляет 1.964.375 км<sup>2</sup>, что соответствует приблизительно половине площади Европейской территории России), и крайне разнообразная по физико-географическим характеристикам. Прежде всего, это связано со сложной орографией страны, которая сформировалась в результате активных тектонических процессов, как древних, так и современных. Известна история о том, что когда король Карл V попросил Эрнана Кортеса описать, как выглядят новые владения испанской короны, тот просто смял и слегка расправил лист бумаги. На западе и юге территорию Мексики омывает Тихий океан. Полуостров Калифорния и Большую Землю разделяет Калифорнийский залив (Море Кортеса). Восточный берег Мексики омывается водами Мексиканского залива, а восточный берег Юкатана выдается в Карибское море. Большая часть страны гориста и занята хребтами Мексиканского нагорья, Сьерра Madre и Поперечной Вулканической Сьерры (в мексиканской литературе называемой Трансмексиканским вулканическим поясом) со множеством действующих вулканов (около 350), в том числе высшая точка страны – Пико де Орисаба (5610 м над уров-

нем моря), Попокатепетль — (5465 м), Истаксиуатль (5286 м), Невадо де Толука (4392 м), Ла Малинче (4461 м), Невадо де Колима (4265 м) и др. (Виво, 1951). Вулканическая активность достаточно высока, также часты землетрясения. На северо-западе страны располагается гористый полуостров Калифорния, на юго-востоке — низменный полуостров Юкатан. Полуостров Калифорнию образуют горные массивы высотой 800—1000 м.

Два горных хребта на западе и востоке страны (Сьерра Мадре Осиденталь и Сьерра Мадре Ориенталь, соответственно) обрамляют группу широких плато центральной части Мексики, известных как Альтиплано Сентраль, или Мексиканское нагорье. Внутренняя часть Мексиканского нагорья включает два района: Северную и Центральную Месу. Северная Меса состоит из отдельных относительно ровных участков (больсонов) высота 900–1200 м, разделённых невысокими короткими хребтами. Расположенная южнее Центральная Меса включает ряд вулканических плато (высотой 2000–2400 м), разобшённых горными поднятиями и котловинами. Максимальные высоты составляют на Сьерра Мадре Ориенталь 4054 м, и для Сьерра Мадре Осиденталь 3150 м над уровнем моря. Южная часть страны отделена от Мексиканского нагорья впадиной р. Бальсас, к югу от которой лежит горный район Сьерры Мадре дель Сюр, состоящей из хребтов высотой около 3000 м. Горы Сьерра Мадре дель Сюр протянулись по территории штатов Мичоакан, Герреро и Оахака до перешейка Теуантепек. На Теуантепекском перешейке горы снижаются до 300 м высотой, береговая изменчивость Мексиканского залива расширяется и далее на восток занимает почти весь полуостров Юкатан. От перешейка узкая линия низин проходит вдоль тихоокеанского побережья до Гватемалы. За этими низинами находятся высокогорье Чиапаса, которое переходит в территорию жарких тропических влажных лесов, протянувшихся также до Гватемалы.

Большая часть территории Мексика относится к складчатому поясу Кордильер Северной Америки (Гарфиас, Чапин, 1956); восточное побережье и полуостров Юкатан представляют собой участок молодой платформы с палеозойским складчатым основанием, прикрытым чехлом мезозойских, палеогеновых и неоген-антропогеновых отложений, которые образуют пологие впадины и подня-

тия (некоторые из поднятий нефтегазоносные). В строении Сьерра Мадре Ориенталь и Осиденталь участвуют кристаллические и метаморфические породы верхнего докембрия и палеозоя, образующие отдельные большие массивы, юрские, меловые, а также мощные вулканические толщи. Все они смяты в складки. Многочисленны гранитные интрузии мелового и палеогенового возраста. Сьерра-Мадре Осиденталь образована системой складок, сложенных юрскими и меловыми известняками без вулканических толщ. Имеются небольшие выходы кристаллических палеозойских пород в окнах среди более молодых отложений. Мексиканское нагорье покрыто лавово-туфовым чехлом Олигоцена и Миоцена. Вдоль Трансмексиканского вулканического пояса, ограничивающего с юга Мексиканское нагорье, тянется широтная зона крупных разломов, к которым приурочены действующие вулканы (в том числе возникший в 1943 вулкан Парикутин). Складчатые структуры Кордильер образовались в альпийскую эпоху складчатости (конец мела – начало палеогена); многочисленные новейшие впадины и грабены заполнены молассами в неоген-антропогеновое время. Южная часть полуострова Калифорния, сложенная палеогеновыми и неогеновыми отложениями, относится к области молодого (неогенового) складчатого обрамления Тихого океана. В Мексике имеются месторождения нефти и газа, руд цветных металлов, связанных с магматизмом и вулканизмом неоген-палеогенового времени.

Практически вся территория Мексики характеризуется высокой современной тектонической активностью. Не только Трансмексиканский вулканический пояс, который включает десятки активных вулканов и представляет собой одну из самых сейсмически активных зон мира, но и, казалось бы, стабильные структуры, сложенные протерозойскими и палеозойскими метаморфическими породами, подвержены тектоническим подвижкам, как катастрофического характера, так и медленным (однако же, довольно активным в геологическом масштабе времени). Благодаря тектонической активности региона эрозионные процессы, равно как и процессы осадконакопления в нём происходят быстро, и территорию характеризует как зона активных современных геоморфологических процессов.

Равнинные области демонстрируют довольно отчётливый широтный градиент температур: если северная часть станы относится

к субтропическому поясу, то южнее тропика Рака климат характеризуется как тропический. Однако равнинных областей в Мексике не так много, и в большинстве своём они находятся в прибрежных областях, находятся под мощным океаническим влиянием, которое маскирует градиент температур в широтном направлении. С востока и юга на территорию Мексики проникают влажные тропические воздушные массы, обильно орошающие наветренные склоны гор. Северо-запад подвержен ветрам, дующим из центральных частей Северной Америки, и имеет сухой континентальный климат. В районе Мексиканского нагорья обычно гораздо прохладнее (от +2°C зимой до +15°C летом), чем на побережье, где температура воздуха не опускается ниже +20°C даже зимой.

Средняя температура января колеблется от 10°C на северо-западе до 25°C на юге. В связи с проникновением холодного воздуха на севере Мексиканского нагорья бывают морозы до -20°C. В северной части страны и в горных районах зимой выпадает незначительный снег. Средняя температура июля от 15°C в возвышенных равнинных частях нагорья до 30°C на берегу Калифорнийского залива. С декабря по февраль длится наиболее прохладное время года. Именно в этот период дуют холодные северные ветра («лос нортес»), порой заставляя температуру воздуха опускаться ниже нуля.

Из-за особенностей рельефа четко выражена высотная зональность. Климат на территории Мексики варьируется соответственно топографии местности, а именно, он жаркий и влажный на обоих побережьях страны, но на внутренних территориях, находящихся в горной тени горных систем Сьерра Мадре, климат суше и умереннее. Обычно различают сухой (ноябрь–апрель) и влажный (июнь–сентябрь) сезоны, которые слабо различаются по температуре, но из-за влияния тропических циклонов сильно разнятся по количеству осадков, и особенно – по влажности воздуха. Всего осадков выпадает от 100 до 3000 мм (местами более 5000 мм) в год. Побережье Мексиканского залива получает гораздо большее количество дождя, чем тихоокеанские берега страны. Часты мощные тропические циклоны. Хотя по количеству осадков территория страны четко разделяется на аридную (север, центральная часть Мексиканского нагорья и полуостров Баха Калифорния) и гумидную (большая часть побережья Тихого и Атлантического океанов, полуост-

ров Юкатан и крайний юг) части, характеристика типа климата будет неполной без учёта реальной эвапотранспирации. За счёт более низких температур и разреженного растительного покрова центральной части возвышенного Мексиканского нагорья эвапотранспирация там также невысока, и степень аридности климата не так велика, как можно было бы ожидать.

В Мексике для характеристики типа климата используется система Кёппена, модифицированная Энрикетой Гарсиа (García, 1973). В отличие от оригинальной классификации Кёппена, не все климаты с относительно равномерными годовыми температурами считаются тропическими; за основу берётся средняя годовая температура. Значительная часть мексиканской территории относится к зонам умеренного климата, а климат высокогорных участков характеризуются как холодный и очень холодный.

Оставляя за рамками данной работы дискуссию о том, должен ли климат горных областей описываться как тропический или субтропический (по динамике температуры и осадков) или умеренный (на основании среднегодовых температур), отметим, что система Кёппена-Гарсии довольно удачно описывает климатологическую ситуацию для Мексики и хорошо согласуется с современным растительным покровом.

Речная сеть на юго-востоке страны густая, на северо-западе очень редкая. В некоторых внутренних частях засушливого Мексиканского нагорья, а также на сложенном известняками полуострове Юкатан поверхностный сток отсутствует. На юго-востоке реки короткие, имеют быстрое течение, значительную водность, особенно летом, и обладают большими запасами энергии. Реки на северо-западе более длинные, но маловодные, большинство из них вследствие сухости климата уменьшает расход воды в нижнем течении и используется для орошения. Режим их зависит от нерегулярно выпадающих осадков. Самые крупные реки: пограничная с США Рио Гранде (Рио Браво дель Норте) с притоком Кончос, Рио Лерма (в нижнем течении, по выходе из озера Чапала, называется Рио Гранде де Сантьяго), Рио Бальсас, и речная система Грихальва – Усумасинта. Самое большое озеро – Чапала. Сухие северные части Мексиканское нагорье не имеют стока в океан. Водотоки носят временный характер и обычно заканчиваются в больсонах; это привело к накопле-

нию в них мощной толщи осадочных пород и образованию ряда временных бессточных солёных озёр. Исключение представляет река Кончос, доносящая воды до текущей вдоль северной окраины Рио Браво дель Норте).

Сложный гористый рельеф определяет огромное разнообразие биоклиматических условий Мексики. Благодаря географическому положению в Мексике здесь бесчисленное количество природных и растительных зон, а гористость ландшафта способствует созданию микроклиматических ареалов.

Мексика относится к числу стран, характеризующихся мегаразнообразием видов, и занимает третье место в мире по общему числу видов растений и животных, уступая только Бразилии и Колумбии (Toledo, 1994). По количеству видов млекопитающих Мексика занимает второе место в мире, по количеству рептилий – первое. Количество видов беспозвоночных с трудом поддаётся исчислению; для студенческой дипломной работы почти обязательно открытие новых видов беспозвоночных. Мексика характеризуется высоким эндемизмом видов: среди сосудистых растений эндемизм оценивается от 44 до 63%, а для позвоночных животных – около 30%.

Мексиканское нагорье – один из центров формирования американской флоры и поэтому характеризуется весьма своеобразной богатой растительностью. Согласно фундаментальной работе Дж. Жедовского (Rzedowski, 1983), растительность Мексики принадлежит к двум флористическим царствам: Голарктическому и Неотропическому, в каждом из которых выделяется по два района. В Голарктическом царстве выделяются Североамериканский тихоокеанский и Мезоамериканский горный районы, а в Голарктическом – Ксерофитный мексиканский и Карибский районы. В дальнейшем территория Мексики разделяется на 19 провинций. На севере преобладает разреженная растительность, представленная кактусами (около 500 видов), от крошечных шарообразных до гигантских видов высотой до 4 м, агавами (140 видов), юкками, дазилирионами и колючими кустарниками из мимозовых и др. Растительность южной части нагорья и окаймляющих её береговых низменностей главным образом саванная, состоящая из злакового покрова, зарослей колючих кустарников и разреженного древостоя из акаций, амарантов, индиго и других пород. В горах, окаймляющих наго-

рье, преобладают лиственные и смешанные леса (дуб, граб, липа, сосна, пихта и др.). Разнообразие видов древесных растений очень велико: только сосен в Мексике описано более 40 видов. На наветренных склонах южной части произрастают влажные тропические леса. До высоты 1000 м в них господствуют широколиственные породы (вечнозелёные дубы, платаны и др.), а также миртовые, лавровые, анановые с магнолиями и древовидными папоротниками в подлеске. Между 1000–2000 м они переходят в смешанные леса, а выше — в хвойные (сосны, у верхней границы леса – пихты). На склонах, ориентированных к Тихому океану и, ещё в большей степени, к Мексиканскому заливу, на высотах от 1500 до 2500 м над уровнем моря формируются экстрагумидные горные туманные леса (*bosque mesófilo de montaña, bosque de niebla*). Между 4000–4500 м лежит пояс субальпийских и альпийских лугов. Всего на территории Мексики выделяется 32 типа растительности (Rzedowski, 1983). До испанского завоевания почти 2/3 страны было покрыто лесами. В наши же дни лесные массивы остались только на 1/5 части территории Мексики, в основном на востоке и юге. Поэтому при биогеографическом районировании территории Мексики обычно принимается во внимание «потенциальная» растительность, то есть те экосистемы, которые могли бы существовать без учёта антропогенного воздействия (и, как предполагается, когда-то занимали соответствующие территории).

Животный мир Мексика принадлежит к двум фаунам: Неарктической — на северо-западе и на Мексиканском нагорье и Неотропической — на юге и по низменностям южнее тропика. Большинство животных принадлежит к Неарктической зоогеографической области. Для большей части территории характерны олени (белохвостый и др.), антилопа вилорог, различные грызуны (белки, мешётчатые крысы); из хищных — пума, волки, лисицы, скунсы, выдры, еноты; из птиц — разнообразные представители воробьиных; много пресмыкающихся. В полупустынях и пустынях наиболее характерны грызуны–землерои, койот; в горных лесах Мексиканского нагорья — чёрный медведь, енот-полоскун, красная рысь; в саваннах — олени, муравьед, древесный дикобраз. На юге встречаются ягуары, оцелоты, кинкажу, пекари, броненосцы, ревуны и паукообразные обезьяны, тапиры, дикие свиньи, попугаи, тулканы и многочисленные тропические рептилии.

## 2. Изученность почвенного покрова

В отечественной литературе почвы Мексики отражены довольно слабо. Непродолжительный полевой тур в этой стране совершил И. П. Герасимов, однако публикаций по его результатам не было. В обзорных работах и учебных пособиях (Глазовская, 1973; Розанов, 1977; Розов, Строганова, 1979) приводятся скудные, самые общие сведения о почвенном покрове страны. Традиционно разделяются горные области, аридная северная часть и тропический юг Мексики. На северо-западе преобладают серозёмы и примитивные почвы пустынь, часто представляющие собой слабо измененные гипсовые и карбонатные коры выветривания. Б. Г. Розанов (1977) отмечает, что для аридной части Мексики характерно наличие солёных озёр, соровых солончаков, чередующихся с каменистыми, лишёнными почвенного покрова поверхностями и такыровидными пустынями. В большей части горных районов встречаются горные серо-коричневые, коричневые, красные почвы саванн и горно-лесные бурые, на низменностях – серо-коричневые, красно-коричневые, красные почвы саванн и болотные. На юге они постепенно сменяются горными серозёмами, серо-коричневыми, коричневыми и красными почвами высокотравных тропических саванн. Преобладают горно-коричневые почвы, образующие значительные массивы в южной части нагорья и по склонам краевых хребтов. Согласно работам М. А. Глазовской (1973) и Н. Н. Розова и М. Н. Строгановой (1979), юго-западные склоны Сьерра Мадре дель Сюр и восточные склоны Сьерра Мадре Ориенталь сильно увлажнены и заняты красными ферралитными тропическими почвами, а на основных породах – тёмно-красными ферралитными почвами. Согласно указанным авторам, как на равнинах, так и в горах повсеместно развиты мощные ферралитные коры выветривания с красно-жёлтыми и жёлтыми ферралитными почвами. В нижнем поясе гор, до 1000-1500 м, распространены красные ферралитные и коричнево-красные ферритизированные почвы. Выше в горных лесах наблюдаются гумусные ферралитные и аллитные почвы, которые в высокогорьях сменяются кислыми торфянистыми горно-луговыми почвами. На полуострове Юкатан, сложенном известняками, распространены более насыщенные и более богатые гумусом, чем остальные почвы равнин, тёмно-красные ферралит-

ные почвы. Приморские низменности заняты грунтово-водными песчаными латеритными и болотными почвами, перемежающимися с песчаными иллювиально-железисто-гумусовыми подзолами.

Вкратце взгляды отечественных почвенных географов, основанные на общих представлениях о закономерностях формирования почвенного покрова, можно сформулировать в трёх положениях: а) широкое распространение в аридной зоне Мексики процессов карбонато-, гипсо- и соленакопления в каменистых и глинистых пустынях, б) широкое, чуть не повсеместное, распространение коричневых и близких к ним почв, в) доминирование на тропическом юге страны глубоко выветрелых ферралитных, ферритных и аллитных кор и почв, в том числе на горных склонах и на известняках острова Юкатан. Эти взгляды (как будет показано ниже, не соответствующие реальности) нашли отражение и в обзорных мировых почвенных картах, созданных отечественной школой. На Карте почв мира, подготовленной А. А. Роде и В. М. Фридландом для Большой Советской Энциклопедии (1972), северная часть Мексики занята преимущественно серо-коричневыми почвами кустарничковых степей и пустынными тропическими и субтропическими почвами, а южная часть – коричнево-красными и красно-бурыми почвами саванн и сухих степей, а также красно-жёлтыми ферралитными почвами влажных тропических лесов. Почвенные карты мира под редакцией Г. В. Добровольского и др. (1975) и М. А. Глазовской и В. М. Фридланда (1980) содержат примерно тот же набор почв.

Надо отметить, что к данным, представленным отечественной школой, не следует относиться с пренебрежением только потому, что они вошли в противоречие с полученным позднее эмпирическим материалом. Гипотетическая характеристика почвенного покрова Мексики делалась в условиях почти полного отсутствия данных, и, тем не менее, отечественные исследователи смогли создать вполне обоснованную и внутренне непротиворечивую модель почвенного покрова. Эта модель создавалась не на основании досужих домыслов, а на базе знаний о почвообразовании в областях с аналогичными условиями почвообразования. Только недостаток сведений о факторах почвообразования на территории Мексики не позволил сделать упомянутую модель более достоверной. В любом случае,

гипотетический почвенный покров по работам отечественных почвоведов представляет ценность тем, что отражает, некоторым образом, идеальную модель почвообразования в условиях мексиканского климата, и, находя отличия от данной модели, мы должны задаваться вопросом о причинах подобных отклонений.

Как уже упоминалось, сведения о почвах Мексики довольно скудны. С одной стороны, это связано с относительной молодостью мексиканского почвоведения, с другой – со слабым, на удивление, интересом развитых почвенных школ к исследованию мексиканских почв. По не вполне ясным историческим причинам Мексика осталась несколько в стороне от географических областей интересов ведущих почвенных школ Европы и США; даже карта почвенных регионов мира, составленная специалистами Почвенной службы США (Soil Survey Staff, 1999) основана почти исключительно на общих почвенно-генетических соображениях (Luis Hernández, руководитель Почвенной службы Арканзаса, личное сообщение).

Согласно карте почвенных регионов Почвенной службы, на севере Мексики встречаются преимущественно пустынные и слабо-развитые почвы (соответственно, Аридисоли и Энтисоли). Хребты Сьерра Мадре Ориенталь и Осиденталь заняты гумусированными почвами (Моллисолями) с включением текстурно-дифференцированных почв (Альфисолей, реже Ультисолей). На побережье Мексиканского залива, и, в меньшей степени, на тихоокеанском побережье, доминируют глинистые слитые почвы (Вертисоли), в пределах Трансмексиканского вулканического пояса – вулканические пепловые почвы (Андисоли). В южной части страны чередуются почвы со слабо дифференцированным профилем (Инсептисоли) и текстурно-дифференцированные почвы (Альфисоли и Ультисоли). Отметим, что эта карта, хотя и отражает общие закономерности почвообразования на территории Мексики лучше, чем картографические продукты советской почвенной школы, также содержит множество неточностей. Прежде всего, этот недостаток связан с фрагментарностью данных, которыми располагали американские специалисты. Этот феномен требует отдельного внимания историков науки: почему некоторые развивающиеся страны стали полигоном, на котором оттачивались концепции методы различных

почвенных школ (например, на Кубе работали десятки специалистов североамериканской, французской, советской и китайской школ (Hernández Jiménez, Ascanio García, 2006)), а другие почти не были изучены? Почему Мексика, южный сосед США, практически осталась за рамками интересов американских почвенных географов? Отдельные североамериканские и канадские работы, выполненные на территории Мексики, в том числе в соавторстве с мексиканскими учёными, в основном касались вопросов плодородия, мелиорации почв и почвенной эрозии (например, см. Martínez Gamiño, Walthall, 2000; Hudson, 2003; Bravo Garza, Bryan, 2005). Почвенно-генетические, минералогические и географические работы исчислялись единицами (Drijber, Lowe, 1990, 1991; Graham, Franco Viscino, 1992; Amundson et al., 1997).

Определённый вклад в исследование почв Мексики внесла французская почвенная школа. К числу наиболее интересных в почвенно-географическом отношении работ следует отнести исследования Д. Дюбрека и соавторов (Dubroeuq et al., 1992b) почв дюнных комплексов побережья Мексиканского залива, того же коллектива авторов – генезиса Андосолей склонов гор Кофре де Пероте (Dubroeuq et al., 1992a) и Икстаксиуатль (Barois et al., 1998; Dubroeuq et al., 2002), Ж. Дюкло и соавторов (Ducloux et al., 2006) генезиса и минералогии почв с текстурной дифференциацией в пустыне Чиуауа, а также работ большого коллектива под руководством К. Прата по свойствам и охране вулканических почв со сцементированными горизонтами («тепетатес») (Servenay, Prat, 2003; Prado et al., 2007).

История национальных исследований почвенного покрова Мексики сравнительно коротка. Первым почвенно-географическим документом для Мексики следует считать схематическую карту «больших групп почв» Н. Агилеры (Aguilera Herrera, 1969), составленную в терминах американской Soil Taxonomy. Также среди ранних попыток отобразить на картах распространение почв на территории страны следует упомянуть карту «зональных, интразональных и аazonальных» почв, подготовленную в начале 70-х годов Департаментом агрологии Секретариата водных ресурсов. Следует учитывать, что упомянутая карта была составлена до начала систематических почвенно-картографических работ на территории Мек-

стики, на основании разрозненных данных, не всегда достоверных. В частности, на этой карте не нашли отражения специфические вулканические пепловые почвы. Наличие подзолов в пределах хребта Сьерра Madre Осиденталь и Трансмексиканского вулканического пояса в дальнейшем не было подтверждено; в ряде случаев оказалось, что за подзолистый горизонт принимались слои светлого вулканического пепла. К сожалению, именно эти данные были предоставлены рабочей группе по Почвенной карте мира ФАО, и многие досадные ошибки перекочевали на мировую почвенную карту ФАО-ЮНЕСКО (FAO-UNESCO, 1968).

Новый этап почвенных исследований в Мексике связан с началом систематических почвенно-картографических работ в стране. В 1972 году DETENAL (предшественник INEGI – Национального института по статистике, географии и информатике) принял легенду карты почв мира ФАО-ЮНЕСКО (FAO-UNESCO, 1968) как рабочую классификацию для картографирования почв в среднем и крупном масштабе (1:250.000 и 1:50.000) в Мексике. К концу 80-х годов первый тур почвенной съёмки был завершён. Результатом работ стала база данных более чем на 30 тысяч почвенных профилей и среднемасштабные (М 1:250.000) почвенные карты на всю национальную территорию. На центральные, наиболее населённые и интенсивно используемые в сельском хозяйстве области (Федеральный округ, штат Мехико и часть штата Халиско) были составлены крупномасштабные почвенные карты (М 1:50.000). Создание почвенных карт на территорию Мексики было большим прорывом, и до настоящего времени эти карты и пояснительные записки к ним остаются основным источником региональной почвенной информации для всех типов работ, от докладов о состоянии и перспективах использования ресурсов до студенческих квалификационных работ. На основании среднемасштабных почвенных карт были составлены обзорные почвенные карты Мексики в нескольких версиях; сравнение этих карт, построенных на эмпирических данных, с гипотетическими картами русской школы и почвенной службы США показывает существенное отличие в содержании почвенных контуров. Распространение каштановых почв, частично соответствующих Моллисолям на карте Почвенной службы, ограничено небольшими контурами. Глубоко выветрелые почвы почти

отсутствуют в южной части страны; большая часть горных почв юга отмечены как маломощные и слабообразованные почвы (Литосоли и Регосоли), а почти вся территория полуострова Юкатан – как Рендзины.

В то же время не следует воспринимать почвенные карты, составленные по данным INEGI, как непреложную и окончательную истину. Несмотря на, казалось бы, обширный эмпирический материал, следует признать, что для такой большой страны со сложным рельефом, как Мексика, даже 30 тысяч профилей явно недостаточно для характеристики почвенного покрова. Кроме того, легенда почвенной карты мира ФАО-ЮНЕСКО была создана для обзорной карты М 1:5.000.000, и потому недостаточно подробна для почвенной съёмки в среднем масштабе. Следует учитывать и субъективные исторические факторы, которые позволяют усомниться в достоверности некоторых данных. В отличие от почти всех прочих стран Латинской Америки, в которых почвенная съёмка начиналась и велась в американской системе классификации Soil Taxonomy при помощи и поддержке почвенной службы США, в Мексике для почвенной съёмки предпочли легенду ФАО-ЮНЕСКО, и с самого начала работали самостоятельно. С одной стороны, это сыграло положительную роль: страна не «подседа на иглу» американской помощи (как это случилось в Аргентине, где с прекращением технической поддержки Почвенной службы США свернулись и все почвенно-картографические работы) и развила самостоятельную почвенно-картографическую школу. С другой стороны, изначально инженеры INEGI не имели ни чёткой теоретической базы, ни практического опыта почвенного картографирования, и потому часто совершали ошибки в описании и классификации почв, а также при экстраполяции точечных данных в пространстве. Отчасти обилие Регосолей (почв, которые находятся в конце классификационного ключа в легенде ФАО) на картах INEGI связано не с отсутствием каких-либо диагностических горизонтов и признаков в профилях почв, а с неспособностью некоторых картографов отыскать эти горизонты и признаки. Недостатком почвенной съёмки было и ограниченное количество химических анализов, производившихся в аналитической лаборатории (значения рН, сумма обменных оснований, органический углерод и гра-

нулометрический состав гидрометрическим методом). При интерполяции данных (которая, при ограниченном количестве разрезов, производилась на обширнейшие, иногда разнородные, территории) обычно картографы отображали доминирующие («модальные» по И. А. Соколову) почвы. При этом для определения модальных почв использовались преимущественно маршрутные наблюдения, которые не всегда адекватно отражали почвенную ситуацию. В частности, почти всегда при маршрутном обследовании горных территорий площади маломощных почв и выходов горных пород завышаются, поскольку многие развитые почвы могут быть приняты за маломощные за счёт высокой поверхностной каменистости. Как новые данные INEGI, так и данные других исследователей (в том числе и наши) показывают, что в ходе первого тура почвенной съёмки площади слаборазвитых и маломощных почв были сильно завышены.

В 2001 году было принято решение начать второй тур почвенной съёмки, и использовать для актуализации почвенных карт в качестве легенды Мировую реферативную базу почвенных ресурсов (FAO-ISRIC-ISSS, 1998). Хотя масштаб почвенной съёмки остался тем же, качество картографических продуктов возросло. Во-первых, Мировая реферативная база (WRB) гораздо более детальна, чем легенда ФАО-ЮНЕСКО, что позволяет более адекватно отображать почвенный покров на среднемасштабных картах. Во-вторых, новое поколение мексиканских картографов имеет более высокую квалификацию, чем те люди, которые начинали почвенную съёмку в 70-е годы. В настоящее время более половины территории страны охвачено почвенной съёмкой с применением WRB (Cruz Gaistardo et al., 2006). В 2006 г. было принято решение использовать второе издание WRB (IUSS Working Group WRB, 2006).

Помимо данных INEGI, в Мексике в последние десятилетия активно проводятся исследования в области генезиса и географии почв (хотя в потоке почвенных исследований они занимают скромное место по сравнению с работами агрономической направленности). Среди организаций, вносящих наиболее заметный вклад в почвенные исследования, следует упомянуть, прежде всего, Колехио де Посградуадос (Colegio de Posgraduados) в Тескоко, штат Мехико (организация, осуществляющая подготовку кадров высшей квали-

фикации – уровня маэстро и доктора – в области агрономических наук) (см., например, Gutiérrez Castorena et al., 2005, 2006) и Национальный автономный университет Мексики (UNAM) (см., например Solleiro Rebolledo et al., 2003, 2006; Bocco et al., 2005; García Calderón et al., 2005, 2006; Méndez Linares et al., 2007). Отрадно отметить, что в последние десятилетия публикации мексиканских почвоведов довольно часто появляются и на страницах ведущих международных журналов. Также интересные работы появляются и в региональных университетах и исследовательских центрах. Не так давно была опубликована капитальная монография по почвам полуострова Юкатан (Bautista Zuñiga, Palacio Álvaro, 2005). Активно публикуются почвоведы штата Веракруз в содружестве с кубинскими коллегами (Hernández Jiménez, 1991; Ascanio García, Hernández Jiménez, 2005). Интересные работы представляют и специалисты-почвоведы Колехио Фронтера Сюр – специального центра по исследованию в области наук об окружающей среде, расположенного на юге страны (Mendoza Vega et al., 2003; Mendoza Vega, Messing, 2005; Geissen et al., 2006, 2007). Однако, к большому сожалению, значительная часть почвенных исследований остаётся неопубликованными или публикуется в изданиях, которые принято называть «серой литературой» (отчёты, региональные издания, дипломные и диссертационные работы), и оседает мёртвым грузом в архивах и университетских библиотеках. Наконец, за редким исключением, отсутствуют работы, обобщающие почвенно-географическую информацию на региональном и национальном уровне. Настоящая работа отчасти призвана заполнить этот пробел.

### **3. Почвы Мексики и их краткая характеристика**

В этом разделе мы приводим характеристику наиболее распространённых почв Мексики. За классификационную основу взята Мировая реферативная база почвенных ресурсов (WRB) в последней редакции (IUSS Working Group WRB, 2006). Следует отметить, однако, что формальная деноминация почв, особенно в рамках классификаций, основанных на жёстких количественных признаках, часто представляет опасность для почвенно-генетических и географических исследований. Опасность заключается в том, что классификация создаёт иллюзию знания: дав формальные назва-

ния почв, «развесив ярлычки» на почвенные объекты, легко успокоиться и считать, что мы полностью расшифровали генетическую и географическую специфику почвенных объектов, что, как правило, бывает совсем не так. Следует помнить, что в почвенно-генетических работах классификация – не цель, не конечный этап исследований, а просто удобный способ группировки данных. Иногда название почвенной группы скорее скрывает генетический смысл, чем проясняет его. Например, термин «Камбисоль» не значит почти ничего, поскольку может подразумевать и развитые почвы с бурым метаморфическим профилем (бурозёмы), и молодые почвы со слабо дифференцированным профилем, и глубоко выветрелые глинистые почвы с несколько повышенной катионообменной способностью, и вообще любые почвы, в которых хотя бы один из диагностических критериев находится за рамками формальных границ диагностических горизонтов и свойств. В данной работе мы сгруппировали классификационные единицы WRB в несколько рабочих категорий по общности свойств, генезиса и географического распространения, при этом некоторые реферативные группы были объединены, а другие – разбиты.

На территории Мексики официально зарегистрированы 26 реферативных групп почв из 30, существовавших в первом издании WRB (Cruz Gaistardo et al., 2006). Отсутствующими считались Криосоли, Подзолы, Альбелювисоли и Ферральсоли. Недавние исследования показали, что Подзолы встречаются в поясе туманных лесов горной системы Сьерра Норте де Оахака (Alvarez Arteaga et al., 2008). Наличие Ферральсолей предполагалось (Mendoza Vega et al., 2003; Красильников, Гарсиа Кальдерон, 2005), однако до сих пор не подтверждено. Присутствие Криосолей весьма вероятно на вершинах, высота которых превышает 5000 метров: Пико де Орисаба, Попокатепетль (Carlos Omar Cruz Gaistardo, личное сообщение). Сразу после публикации второго издания WRB (IUSS Working Group WRB, 2006) появились сообщения о наличии на территории Мексики новых реферативных групп почв: Стагносолей и Техносолей. Таким образом, можно заключить, что для мексиканской территории подтверждено наличие 29 реферативных групп, 2 группы (Криосоли и Ферральсоли) находятся под вопросом и одна группа (Альбелювисоли) достоверно отсутствует.

Процентное соотношение площадей почвенных групп не приводится по нескольким причинам. Во-первых, оценка площадей, занимаемых различными почвенными группами, было выполнено только по почвенным картам масштаба 1:250.000, и потому крайне генерализована. Во-вторых, первичная оценка площадей производилась на основе легенды почвенной карты Мира ФАО-ЮНЕСКО (FAO-UNESCO, 1974), на основе же WRB окончательной сводки площадей, занимаемых почвенными группами, не производилось, поскольку второй тур почвенной съёмки ещё не завершён. Наконец, для горных территорий Южной Мексики данные по площадям, занимаемым реферативными группами почв, пожалуй, ещё менее достоверны, чем для остальной территории, в силу сложности почвенного покрова и труднодоступности отдельных районов.

Ниже приводится краткая обобщённая характеристика некоторых репрезентативных профилей, как по литературным данным, так и описанных нами. Сразу оговоримся, что не все почвенные группы были охарактеризованы нами одинаково подробно. В значительной степени это зависело от процентного покрытия территории той или иной почвой, от степени изученности, и, ещё в большей степени, от внутреннего разнообразия почв в рамках одной группы и сложности генезиса.

### ***3.1. Вулканические почвы***

Под вулканическими почвами мы понимаем все почвы, сформировавшиеся на относительно свежих пирокластических породах. Поэтому в этом подразделе будут рассматриваться не только Андосоли, которые и представляют собой «центральный образ» вулканического почвообразования, но и менее развитые почвы. В целом эволюционную схему вулканического почвообразования можно представить следующим образом; главным образом она основана на фундаментальном исследовании Г. Мелиха (Mielich, 1991). На свежих вулканических пеплах и туфах обнаруживаются Тефриковые Регосоли – почвы, в которых почвенные процессы ещё не привели ни к заметному внутрипочвенному выветриванию, ни к выраженной дифференциации профиля. Следующий этап развития почв – Тефриковые Камбисоли, почвы, в которых морфологически выделяется горизонт В, однако выветривание вулканиче-

ского стекла ещё не привело к формированию слабо окристаллизованных алюмосиликатов либо органо-алюминиевых комплексов. Чаще всего подобные почвы обнаруживаются на пеплах кислого состава с высоким содержанием калия, которые более устойчивы к выветриванию, чем кальциево-магнезиальные пеплы. По мере развития процессов внутрпочвенного выветривания на вулканических пеплах и туфах формируются Витриковые Андосоли – почвы, в которых уже содержатся слабо окристаллизованные глины, однако до сих пор преобладает вулканическое стекло в песчаной и пылевой фракциях. Дальнейшее выветривание приводит к формированию разнообразных Андосолей, которые обладают всем комплексом признаков *андикового* материала: высоким содержанием рентгеноаморфных алюмосиликатов (аллофанов и имоголита), ферригидрита, высокой водоудерживающей способностью и необменной фиксацией фосфатов, низкой плотностью, а также тиксотропностью агрегатов (Dahlgren, Ugolini, 1989). В дальнейшем эволюция Андосолей связана с кристаллизацией глин и формированием, в условиях Мексики, либо текстурно-дифференцированных почв (на плакорных позициях), либо Вертисолей (в депрессиях). Процессы трансформации Андосолей в Лювисоли и Вертисоли хорошо задокументированы (Sedov et al., 2003; Solleiro Rebolledo et al., 2003), и представляют собой один из механизмов дифференциации почвенного покрова в регионе Трансмексиканского вулканического пояса (Gómez-Tagle Rojas, 1984). Скорость преобразования пирокластических материалов в Андосоли зависит от многих факторов, прежде всего от климата и минералогического состава исходных пеплов и туфов. В самых общих чертах можно говорить о характерных временах от сотен до первых тысяч лет. Что касается трансформации Андосолей в развитые Лювисоли, то это процесс значительно более медленный, и характерные времена измеряются уже первыми десятками тысяч лет (Sedov et al., 2003a).

Почвы на молодых вулканических пеплах довольно широко распространены в пределах Трансмексиканского вулканического пояса, который характеризуется высокой современной вулканической активностью; например, крупное извержение вулкана Парикутин в штате Мичоакан произошло в 1943 году (Arias, 1944). Велика вулканическая активность и на юге страны, на Сьеррах Чиа-

паса и Гватемалы, где недавнее (1981 г.) пирокластическое извержение вулкана Эль Чичонаутцин привело к выпадению огромных количеств пепла. Почвы, сформировавшиеся на свежих вулканических пеплах или на делювиально-пролювиальных отложениях, обогащённых таковыми пеплами, описывались как Тефриковые Регосоли и Тефриковые Флювисоли (Gama Castro et al., 2000; Segura Castruita et al., 2003, 2005). В приведённых исследованиях отмечается, что эти слоистые, почти не дифференцированные на генетические горизонты, почвы отличаются от большинства слабо-развитых почв более высокой водоудерживающей способностью, что определяет в целом их благоприятные для сельского хозяйства водно-физические свойства. Отметим, что, судя по описаниям, некоторые из Тефриковых Флювисолей были классифицированы ошибочно, поскольку диагностическая для *флювикových* материалов слоистость в них была признаком скорее делювиальных наносов, а то и просто слоистых пепловых отложений. Обширный массив материалов по генезису и свойствам почв на вулканических пеплах содержится в работах Н. Агилеры Эрреро (Aguilera Herrera, 1965) и его многочисленных учеников. Школой Николаса Агилеры различались почвы на вулканических отложениях и почвы «андо» (Peña, 1978, 1980; Alvarez, 1983), то есть проводилась граница между почвами, содержащими, в терминологии WRB, *андиковые* материалы, и почвами вулканического генезиса, ещё недостаточно выветрелыми и содержащими существенное количество вулканического стекла. Целым рядом учеников Н. Агилеры были исследованы Андосоли разных частей Трансмексиканского вулканического пояса (Cervantes, 1965; Aceves, 1967; Allende, 1968; Domínguez, 1975; Lorán, 1976; Navarro, 1976; García Calderón, 1984; García Calderón et al., 1986; Morán, 1987; Medina, 1993; Valera Pérez, 1994; Tenorio, 2003). Согласно этим работам, Андосоли центральной Мексики характеризуются обычно довольно глубоким гумусовым горизонтом, имеющим зернистую (икрянистую) структуру, цвет которого варьирует от бурого до чёрного. Мелкозернистые тиксотропные агрегаты представляют собой одну из типичнейших морфологических черт Андосолей; независимо от природно-биоклиматических условий они формируются во всех вулканических почвах. Очевидно, утверждения об их биогенном происхождении не

соответствуют истине (Dubroeuq et al., 1992, 2002; Barois et al., 1998). Реакция среды этих почв варьирует от кислой до слабокислой. Все они отличаются переменным зарядом и высоким обменным поглощением фосфора (причём оно тем выше, чем меньше содержание органического вещества в почве). Отдельного разговора заслуживает распределение Андосолей с *фульвиковым* и *меланиковым* горизонтами (то есть тёмными, почти чёрными, богатыми гумусовыми кислотами – и более светлыми, буроватыми, горизонтами). Согласно мнению японских исследователей (Takahashi et al., 2004), *меланиковые* горизонты формируются под травянистой растительностью либо индицируют такую растительность в прошлом. Однако исследования в Мексике показали, что чёрные поверхностные горизонты характерны скорее для влажных лесных экосистем, в то время как буроватые *фульвиковые* горизонты встречаются под сухой растительностью, индицируя в палеопочвах соответствующие палеогеографические обстановки (Sedov et al., 2003b). Наши наблюдения показывают, что не существует чёткой привязки цвета поверхностного гумусового горизонта Андосолей к современным экосистемам; это же мнение подтверждают коллеги, посвятившие себя картографированию почв в областях широкого распространения вулканических осадков. Однако следует признать, что во влажных лесных экосистемах, особенно под пологом высокогорных хвойных лесов и горных туманных лесов чёрные горизонты в современных Андосолях встречаются значительно чаще, чем под сухой степной растительностью.

Одно из своеобразных свойств мексиканских Андосолей – присутствие во многих районах сцементированного горизонта, «тепетате». Ранее наличие этого горизонта приписывалось диагенетическим поствулканическим процессам, а в последние годы более обоснованной считается гипотеза о почвенном происхождении этого горизонта (Acevedo Sandoval and Flores Román, 2000, 2003). С почвенно-классификационной точки зрения место этого горизонта не вполне ясно в силу разнородности его свойств. Некоторые из «тепетатес» сцементированы небольшими количествами опала, что сближает их с *дуриковым* горизонтом, другие же не имеют кремнёвого цемента, и потому размокают в воде, что соответствует определению *фрадджикового* горизонта. С одной стороны, наличие «тепетате

тес» представляет собой серьёзную проблему для сельского хозяйства, поскольку эрозия местами экспонирует этот твёрдый, почти не поддающийся обработке почвенный материал, на поверхность. С другой стороны, наиболее прочные разновидности «тепетатес» активно используются в качестве строительных материалов.

Строение профиля вулканических почв тесно связано с режимом поступления пирокластических материалов. В зонах редких интенсивных извержений пирокластического типа (как наиболее изученные объекты перечислим долину Мехико, долина Теотиуакана, склоны вулкана Невада де Толука) формируются глубокие пепловые почвы, развившиеся до стадии зрелых Андосолей (Solleiro Rebolledo et al., 2003, 2006). В разрезе могут быть встречены погребённые почвы, но обычно на глубине 1 м и более. В областях недавних извержений (или серии извержений) наблюдаются серии слабо изменённых вулканических пеплов, почвы характеризуются как Тефриковые Камбисоли и Регосоли; эти профили развиваются по синлитогенному сценарию (Соколов, 2004). В периферийных зонах аккумуляции вулканогенных осадков с большим периодом накопления формируются «многоэтажные» профили, в которых каждая почва имеет свойства зрелой Андосоли, но мощность её составляет от 1 до 40 см. Наконец, в периферийных зонах постоянного (или имеющего малый период; например, извержения вулкана Попокатепетль происходят с интервалом от нескольких месяцев до нескольких лет) пирокластического осадконакопления формируются так называемые педокомплексы: пеплово-почвенные толщи, слабо дифференцированные на горизонты с равномерным или флуктуирующим содержанием органического углерода (Mielich, 1991).

Андосоли устойчивы к водной эрозии; однако, это результат не провального дренажа, как в вулканических почвах Камчатки (Соколов, 2004), а высокой водоудерживающей способности почв. В то же время та же высокая водоудерживающая способность приводит к оползням на крутых склонах. Обычен смыв Андосолей по водонепроницаемому горизонту «тепетате» (Servenay and Prat, 2003). Также Андосоли могут терять свою устойчивость к смыву после кристаллизации глин в поверхностном горизонте в результате сжигания стерни кукурузы и сахарного тростника, довольно распространённой практике в Мексике.

### 3.2. Текстурно-дифференцированные почвы

Текстурно-дифференцированные почвы в WRB (IUSS Working Group WRB, 2006) представлены пятью реферативными группами: Альбелювисолями, Акрисолями, Алисолями, Ликсисолями и Лювисолями. Генезис группы Альбелювисолей связан с криогенными процессами (Driessen et al., 2001), и потому почвы из этой группы не встречаются в Мексике. Оставшиеся четыре группы различаются по степени насыщенности основаниями и активности глин. Следует отметить, что подобное разделение, начало которому было положено в Легенде к почвенной карте мира (FAO-UNESCO, 1974), удобно для обзорных почвенных карт, но вызывает определённые трудности при использовании в реальных почвенных ландшафтах. Поскольку насыщенность основаниями и минералогия глинистой фракции почв зависят от почвообразующих пород и топографии, то довольно часто близкие по морфологии и свойствам текстурно-дифференцированные почвы, сопряжённые в пространстве, мы вынуждены разделять по формальным признакам.

Акрисоли и Алисоли (почвы, ненасыщенные основаниями) формируются главным образом во влажных тропических областях на остаточных и переотложенных корах выветривания. Эти почвы исследованы в Мексике недостаточно, в особенности мало информации об Алисолях – группе почв, которая была введена в мировую классификацию только в 1998 году. Поэтому даже на почвенных картах эти почвы практически не отражены, а объединялись с Акрисолями или Лювисолями. Как правило, Акрисоли и Алисоли имеют интенсивные красноватые или красновато-жёлтые окраски, хорошо выраженную ореховато-призмовидную структуру и отчётливые кутаны иллювиирования в горизонте В. Осветлённый элювиальный (*альбиковый*) горизонт в большинстве этих почв не выражен; наличие поверхностных светлых горизонтов чаще всего связано с присутствием свежих коллювиальных отложений на поверхности почвы. Акрисоли – довольно обычные компоненты и почвенного покрова влажных областей с умеренным и субтропическим климатом. В этих случаях всего они связаны с остаточными или перенесёнными древними кора́ми выветривания. Например, в районе Хилотепека, штат Пуэбла, в локальной депрессии в течение длительного времени накапливались продукты выветривания; там

находятся крупные карьеры по добыче каолинистых глин. На этих отложениях в условиях гумидного климата формируются Акрисоли. Описание этого профиля было сделано в ходе работ по экологической оценке почвенного покрова района строящейся автострады Нуэво Некакса – Титутлан (Elizabeth Fuentes Romero и Beatriz Marín Castro, неопубликованный отчёт). Весь профиль характеризуется кислой реакцией среды (рН от 4 до 5). Горизонт А (0-18 см) имеет тёмно-бурую окраску, опесчаненный лёгкий суглинок, структура комковато-ореховатая, с элементами зернистой, единичная дресва, много корней. Горизонт АВ (18-25 см) – интенсивно бурый, средний суглинок, структура ореховатая, редкий гравий, мало корней. Горизонт Вt (25-65 см) имеет красновато-жёлтую окраску, тяжёлый суглинок, структура ореховато-призматическая, обильные глинистые кутаны по граням структурных отделностей, мало гравия и щебня, единичные корни. Ниже залегает горизонт ВС (до глубины 170 см), который также имеет красновато-жёлтый цвет, но с глубиной в нём появляются пятна и зоны желтовато-бурого цвета, а с глубины 150 см – чёрные марганцевые кутаны; гранулометрический состав – средний к тяжёлому суглинок, структура ореховато-глыбистая, встречаются глинистые кутаны, количество которых убывает с глубиной; каменистость возрастает с глубиной, достигая в нижней части разреза 50%.

Ликсисоли и Лювисоли – почвы преимущественно семигумидных и семиаридных областей, хотя встречаются они и в более сухих или, напротив, более влажных областях. Различие между этими двумя группами почв в Мексике заключается преимущественно в почвообразующих субстратах: Ликсисоли формируются на отложениях, изначально бедных активными глинистыми минералами (обычно на переотложенных корках выветривания). Наличие иллювирирования глины в областях со сравнительно низким отношением осадков к испаряемости объясняется тем, что почти вся годовая сумма осадков выпадает во влажный сезон, продолжающийся 4–5 месяцев, то есть даже в семиаридной зоне долины Мехико в сезон дождей в месяц выпадает не менее 100-150 мм осадков, что обеспечивает промывку, выщелачивание и иллювирирование глины в почвенных профилях. Лювисоли имеют, пожалуй, самый широкий экологический диапазон в Мексике, от влажных тропических ле-

сов до пустынь севера. Традиционно считалось, что текстурно-дифференцированные почвы (Лювисоли, или Арджида в терминологии Soil Taxonomy) в северных аридных районах Мексики представляют собой реликты более влажных климатов, однако недавняя работа французских исследователей в пустыне Чиауа (Ducloux et al., 2006) позволяет предположить, что текстурная дифференциация – результат скорее новообразования смектитовых и палыгорскитовых глин в почвах, чем их иллювиирования. Обычны Лювисоли на вулканических пеплах; распространение их на территории Трансмексиканского вулканического пояса слабо связано с современными климатическими условиями, поскольку в большинстве своём это эксгумированные палеопочвы, сформировавшиеся на плейстоценовых пеплах (Sedov et al., 2003a). Особенно распространены подобные эксгумированные Лювисоли на восточной и западной оконечностях Трансмексиканского вулканического пояса (в штатах Пуэбла и Мичоакан, соответственно), где современный чехол вулканических пеплов довольно тонок, и местами полностью смыт, обнажая красноцветные глинистые продукты выветривания более старых пеплов со сформированными на них Лювисолями. В таких районах Мичоакана, как водосборы Морелии, Патцкуаро и Сирауэна красноцветные Лювисоли образуют сложную эрозионную мозаику с Андосолями (Chávez Huerta, 1984, 1990). В некоторых случаях на поверхности почвы обнаруживается тонкий нанос новейших пепловых осадков, как в профиле Новиковой Кутаниковой Лювисоли, заложенном на водосборе реки Пенья Камейо, штат Мичоакан (вблизи г. Морелия) под мертвопокровным дубово-сосновым лесом. Горизонт А слабо развит (мощность 2-4 см), серовато-бурый, супесь, структура плитчатая. Под ним залегает слабо изменённый почвообразованием пепловый горизонт АВ (4-35 см), светло-бурый, лёгкий суглинок к супеси, пятна и потёки гумуса, структура ореховатая прочная, мало корней. Ниже обнаруживается серия горизонтов 2Вt (до 80 см), малиново-красного цвета, средне-к тяжелосуглинистых, имеющих призматическую структуру с выраженными глинистыми кутанами по граням структурных отдельных частей. Ниже залегает почти не изменённый почвообразованием слабо консолидированный туф андезитового состава. При проведении полевого теста на наличие аллофанов (точнее, «свободного алюми-

ния») с фенолфталеином и NaF была обнаружена активная реакция в верхних двух горизонтах, и практически нулевая – в горизонтах В, что подтверждает кристаллизацию глин в более старых отложениях, в которых и сформировался собственно профиль Лювисоли. Встречаются Лювисоли на красноцветном глинистом элювии известняков (*terra rossa*), в областях влажного тропического климата, как на равнинах (отдельные области Юкатана (May Acosta and Bautista Zuñiga, 2005)), так и в горах Чиапаса (José Jesús Zenil Rubio, личное сообщение). В горных туманных лесах штата Тамаулипас (Национальный парк «Эль Сьело») также на красноцветном элювии карбонатных пород были обнаружены маломощные Лювисоли (Bracho and Sosa, 1987). Помимо перечисленных условий, как уже упоминалось, Лювисоли могут быть обнаружены в гумидных и семигумидных ландшафтах почти на любых почвообразующих породах. Ликсисоли, очевидно, распространены значительно менее широко, чем Лювисоли, на территории Мексики. Прежде всего, это связано с тем, что сильно выветрелые субстраты в Мексике занимают крайне ограниченные площади в силу постоянной интенсивной денудации, типичной для горных районов. В результате складывается парадоксальная ситуация: о наличии Ликсисолей упоминается во многих сводках, однако достоверные описания и данные химических анализов для этих почв отсутствуют. Во всяком случае, в тех публикациях, где даётся подробная характеристика «Ликсисолей» (Bautista Zuñiga et al., 1998; Sommer Cervantes et al., 2003), на самом деле имеются в виду Лювисоли: при классификации почв были допущены ошибки. Типичная ошибка при классификации почв с *арджиковым* горизонтом состоит в том, что авторы забывают пересчитать ёмкость катионного обмена (ЕКО) на содержание глины. В соответствии с диагностикой Ликсисолей, эти почвы имеют насыщенность основаниями  $>50\%$  и ЕКО илистой фракции  $<24 \text{ смоль}\cdot\text{кг}^{-1}$ ; при этом ЕКО мелкозёма почвы умножается на  $100\%$  и делится на процентное содержание илистой фракции. Например, активность глины в почве с содержанием илистой фракции  $20\%$  и  $\text{ЕКО}=10 \text{ смоль}\cdot\text{кг}^{-1}$  будет  $50 \text{ смоль}\cdot\text{кг}^{-1}$  ила. Если забыть проделать эту простейшую операцию, то Лювисоли и Алисоли ошибочно классифицируются как Ликсисоли и Акрисоли соответственно.

Все почвы с *арджиковым* горизонтом подвержены водной эрозии, и в настоящее время практически все они находятся под сельскохозяйственным использованием и сильно деградированы.

### **3.3. Почвы с бурым слабодифференцированным профилем**

Почвы с бурым слабодифференцированным профилем широко распространены на территории Мексики. Обычно их относят к группе Камбисолей. Как отмечал Б. Г. Розанов (1977), для всех горных систем мира, независимо от биоклиматических условий, характерно, наряду с высотной поясностью и обилием каменистых почв, присутствие бурых слаборазвитых почв. Механизмы формирования подобных почв не описаны в деталях, но общая схема ясна: скорость склоновых процессов в горах такова, что почвообразование не успевает сформировать более развитый профиль. Собственно, подобные почвы и составляют «центральный образ» Камбисолей Мексики. В данном разделе мы ограничиваем описание именно подобными объектами, не затрагивая почвы с развитым профилем (текстурно-дифференцированным, сильно выветрелым, имеющим признаки накопления карбонатов – то есть «почты Лювисоли», «почты Нитисоли», «почты Кальцисоли» и т. д.), но не попадающие в прочие группы почв по формальным признакам.

Довольно типична морфология профиля Камбисоли скелетиковой, заложенного в местечке Куэтцалинго, штат Пуэбла, в районе строящейся автострады Нуэво Некакса – Титутлан (Elizabeth Fuentes Romero и Beatriz Marín Castro, неопубликованный отчёт). Разрез заложен на высоте 870 м над уровнем моря, под пастбищем (естественная растительность – полулистопадный тропический лес), на крутом склоне (35-40°). Горизонт А (0-15 см) бледно-бурого цвета, супесь к лёгкому суглинку, структура зернистая, в основном сосредоточенная по корням, корней много, каменистость (щебень, дресва) составляет 15-20%. Горизонт Вw (15-25 см) – тёмно-бурый, опесчаненый лёгкий суглинок, структура ореховатая непрочная, мало корней, каменистость (глыбы, щебень, дресва) до 40%. Ниже (до 80 см и глубже) залегает горизонт ВС, бледно-бурый, лёгкий суглинок к супеси, ореховато-глыбистый, единичные корни, каменистость (глыбы, щебень, дресва) достигает 70% и возрастает с глубиной.

В силу универсальности Камбисолей для территории Мексики трудно охарактеризовать общие свойства этих почв. В гумидных областях они имеют преимущественно кислую реакцию среды и ненасыщены основаниями. В аридных районах Камбисоли характеризуются нейтральными и щелочными значениями реакции среды, насыщены основаниями, зачастую содержат небольшие количества вторичных карбонатов и растворимых солей. В горных районах обнаруживаются Камбисоли на породах, обогащённых карбонатами; обширные районы они занимают в районе Карсо Уастека в пределах горной системы Сьерра Мадре Ориенталь. Также в горных районах Камбисоли могут формироваться на поверхностях, обнажённых водной эрозией. Использование и продуктивность этих почв варьирует в широких пределах в зависимости от конкретных свойств почвы и природно-климатических условий.

### ***3.4. Почвы с развитым гумусовым горизонтом***

Почвы с развитым гумусовым горизонтом (*молликовым* или *умбриковым*), даже если не принимать во внимание темноцветные вулканические почвы, довольно широко представлены на территории Мексики. В WRB к таковым почвам относится четыре реферативные группы: Чернозёмы, Каштанозёмы, Файозёмы и Умбрисоли.

По гипотезам российских исследований, значительная часть территории страны занята каштановыми почвами (Глазовская, 1973; Розов, Строганова, 1979), на карте Почвенной службы США (Soil Survey Staff, 1999) показаны Моллисоли на территориях горных систем Сьерра Мадре Ориенталь и Осиденталь, карты INEGI показывают Файозёмы как одни из самых распространённых почв в Центральной Мексике. Все эти точки зрения имеют основание. Карты INEGI имеют наибольшую ценность, поскольку построены на основании полевой почвенной съёмки. Однако на них несколько преувеличена площадь Файозёмов за счёт Чернозёмов и Каштанозёмов. Дело в том, что многие мексиканские почвенные картографы боялись выделять последние две группы почв на территории Мексики, находясь в плену упрощённой зональной концепции, согласно которой Чернозёмы и Каштанозёмы – это почвы умеренных природных зон, степной и сухостепной, соответственно. Распространение Умбрисолей на территории Мексики до на-

стоящего времени не отображено адекватно, учитывая сравнительно недавнее (1998 г.) введение этой группы почв в классификацию.

Чернозёмы в Мексике формируются преимущественно в условиях семигумидного тропического и субтропического климата, на обширных морских равнинах побережья Мексиканского залива. В силу климатических условий и глинистых почвообразующих пород морского генезиса их отличает определённая тенденция к слизации (в сухом состоянии верхний горизонт разбивается трещинами), однако *вертикальные* признаки недостаточно выражены, чтобы отнести эти почвы к Вертисолям. Приведём описание типичного профиля Вертикового Чернозёма в посёлке Папантларийо (район г. Поса Рика, штат Веракруз), сформированного на неогеновых карбонатных морских глинах, частично под плантацией цитрусовых, частично под пастбищем, на высоте 80 м над уровнем моря. В дальнейшем мы вернёмся к этому профилю для более подробной характеристики его свойств. Горизонт Ак (0-30 см) чёрного цвета, средний к тяжёлому суглинок, структура зернисто-ореховатая, пористый, очень высока биологическая активность (муравьи, личинки насекомых), густые корни, встречаются единичные мягкие стяжения карбонатов, бурная реакция с HCl. Горизонт АВк (30-45 см) имеет неоднородную окраску: чередуются пятна тёмно-серого и светло-жёлтого цвета, тяжёлый суглинок, структура ореховатоглыбистая, много корней, обильные выцветы и стяжения карбонатов, бурная реакция с HCl. Горизонт Вк (45-95 см) светло-буровато-жёлтый с тёмно-серыми пятнами и потёками, главным образом по кротовинам и ходам червей, структура ореховатая, единичные корни, крупные стяжения карбонатов, напоминающие «белоглазку», в нижней части горизонта, реакция с HCl менее активная, чем в вышележащих горизонтах. Горизонт ВСк (95-135 см и глубже) светло-буровато-жёлтый, структура глыбистая, обильные карбонаты, как мягкие стяжения, так и твёрдые обломки породы, бурная реакция с HCl. Отметим, забегая вперёд, что в приведённом профиле существенную проблему представляло определить первичных или вторичный характер карбонатов в профиле. Данные микроморфологического исследования, а также характер распределения карбонатов в профиле позволяют утверждать, что часть карбонатов в почве имеет педогенную природу.

Каштанозёмы имеют в Мексике большее распространение, чем Чернозёмы, и встречаются преимущественно в семиаридных районах. В сухих областях накопление гумуса, и его химический состав (преобладание фульвокислот), определяют более светлые окраски гумусового горизонта, чем требуется диагностическими критериями Чернозёмов. Как и Чернозёмы, Каштанозёмы обязательно должны содержать педогенные карбонаты в профиле; их содержание обычно максимально в горизонте АВ, но вскипание обычно наблюдается по всему профилю. Обычная форма карбонатов в профиле – мягкие стяжения, «белоглазка»; эти формы карбонатных новообразований в мексиканской литературе называются «дискретными» (*acumulación discontinua*) (Pérez Zamora, 1999). Аккумуляция гипса в профиле Каштанозёмов не выражена; в Центральной Мексике, например, в долине Теотиуакана иногда обнаруживаются аккумуляции гипса, однако за пределами почвенного профиля (на глубине 3-4 м). Многие Каштанозёмы в условиях переменного влажного климата, особенно сформированные на глинистых породах, имеют *вертикальные* признаки (Kuhn et al., 2003). Обычны Каштанозёмы, сформировавшиеся на плакорных позициях Трансмексиканского вулканического пояса на вулканических пеплах (Solleiro Rebolledo et al., 2006); чаще всего поверхности, где формируются Каштанозёмы, старше голоценового возраста, поскольку для формирования этих почв необходима кристаллизация глин.

Для многих Каштанозёмов, встречающихся в семиаридной зоне, характерно накопление легкорастворимых солей и осолонцевание (Sommer and Gram, 1998). Их использование в сельском хозяйстве часто приводит к ускоренной деградации и развитию эрозионных процессов (Kuhn et al., 2003).

Файозёмы на территории Мексики представляют собой довольно разнородную группу почв. В целом равнинные варианты Файозёмов можно разделить на следующие генетические подгруппы:

- а) Почвы, развитые на преимущественно силикатных породах, как на осадочных, так и на элювии и коллювии изверженных пород, под степной (саванной) и ксерофитной лесной растительностью. Их профиль отражает современные биоклиматические условия; многие из этих почв имеют *арджиковый* горизонт. Эти почвы, Гапликовые и Лювиковые Файозёмы, занимают «эколо-

- гическую нишу» в ряду почв по увлажнению между Чернозёмами и Лювисолями. Подобные почвы обнаруживаются как в относительно влажных межгорных долинах, так и на горных склонах (Fuentes Romero et al., 2004).
- б) Почвы, развитые на относительно свежих вулканических пеплах. Фактически представляют собой более гумусированные варианты Тефриковых Регосолей и Камбисолей (Segura Castruita et al., 2005). Формируются обычно на пеплах кислого петрографического состава. Классифицируются как Андиковые, Витриковые и Тефриковые Файозёмы. Чаще всего встречаются под хвойными лесами.
  - в) Почвы, развитые на плотных карбонатных породах, сходные с рендзинами (Рендзиковыми Лептосолями), но имеющие мощность более 25 см; они классифицируются как Рендзиковые Файозёмы.
  - г) Почвы, развитые в депрессиях и понижениях, в которых, как правило, формируются слитые почвы (Вертисоли) (Álvarez Arteaga, 1993). В ряде случаев либо содержание глины недостаточно для формирования всего комплекса *вертикальных* свойств, либо биоклиматические условия тому не способствуют, и тогда почвы классифицируются как Вертикальные Файозёмы.
  - д) Изначально бедные органическим веществом почвы, которые в результате сельскохозяйственного использования, орошения и внесения органических удобрений приобрели мощный, богатый органическим веществом гумусовый горизонт (Reyes Solis et al., 2005). При этом почвы классифицируются не как Антросоли (поскольку мощность агрогенно-трансформированного горизонта менее 50 см), а как Антриковые Файозёмы.

Приведём описание одного из перечисленных вариантов профилей – Эндолептикового Вертикального Файозёма; профиль заложен в долине Мехико, в районе Хилотепек де Абасоло, штат Мехико, на высоте 2240 м над уровнем моря, под пастбищем для овец (Álvarez Arteaga, 1993). Горизонт А (0-35 см) тёмно-серый, почти чёрный, опесчаненый средний суглинок, структура комковато-ореховатая, плотный, мало корней (сконцентрированы в верхней части горизонта), щебень базальта, рН водный 5,7, содержание органического углерода 1,7%, ЕКО 28,5 смоль·кг<sup>-1</sup>. Горизонт Bw (35-50

см) тёмно-бурый, средний суглинок, очень плотный, структура прочная ореховатая, редкие корни, мало щебня базальтового состава, значение водного рН 6,8, содержание органического углерода 1,5%, ЕКО 43, 7 смоль·кг<sup>-1</sup>. Ниже залегает горизонт ВС (50-65 см), подстилаемый слабо фрагментированной базальтовой скалой – желтовато-бурый, плотный, средний суглинок, структура ореховато-глыбистая, много щебня и глыб, значение водного рН 7,0, содержание органического углерода 0,1%, ЕКО 36,6 смоль·кг<sup>-1</sup>.

Группа Умбрисолей – одна из наименее изученных в Мексике. Как и в большинстве регионов мира, эти почвы преимущественно распространены в горных областях под пологом лесов и горных лугов. В зависимости от почвообразующих пород свойства Умбрисолей варьируют в широких пределах. Большая их часть формируется на молодых щебнистых элювиях и коллювиях, однако встречаются и Умбрисоли на остаточных глинистых корках выветривания (Ферраликовые Умбрисоли). Эти почвы детально охарактеризованы в последующих главах. При окультуривании насыщенность основаниями в верхнем горизонте Умбрисолей может возрасти до уровня свыше 50%, в этом случае почвы по новой версии WRB (IUSS Working Group WRB, 2006) именуется Молликовыми Умбрисолями.

### ***3.5. Маломощные почвы на силикатных скальных породах***

Маломощные почвы включают, прежде всего, Лептосоли – обширную группу почв, подстилаемых скальной породой на небольшой глубине (менее 25 см) или состоящих более чем на 90% из обломочного материала. Эта группа была образована путём слияния Литосолей, Рендзин и Ранкеров из Легенды почвенной карты мира (FAO-UNESCO, 1968). Генезис этих почв связан, как правило, с выходами массивных пород разного генезиса: либо они сформированы на молодых поверхностях, либо в областях, где потенциал выветривания и почвообразования низок (в пустынях и полупустынях разных широт), либо в горных регионах (Driessen et al., 2001). В последнем случае Лептосоли формируются на участках, где соотношение денудация и формирования почв и/или аккумуляция осадков не позволяет сформироваться глубокому почвенному профилю.

В горных системах Южной Мексики Лептосоли – одна из самых распространённых групп почв. В значительной степени обилие Лептосолей связано с крайне интенсивной геологической эрозией горных склонов, которая в целом характерна для относительно молодых горных систем. Кроме того, во многом интенсивность денудации определяется тектоническим поднятием всей системы Сьерра Мадре дель Сюр в новейшее время (Centeno García, 2004). На почвенных картах масштаба 1:250.000 Литосоли (по легенде ФАО, то есть Литиковые Лептосоли в новой номенклатуре) показаны как доминирующие почвы на обширных горных территориях. Многие Лептосоли в данном регионе представляют собой просто остаточный мелкозём, слабо закреплённый растительностью, на сильно эродированных склонах (бывшие Литосоли, или Литиковые Лептосоли в системе WRB). Следует отметить, что в последнем издании WRB после долгих дискуссий не была определена минимальная мелкозёмистая толща, необходимая для классификации объекта как «почвы», и открытая поверхность монолитной скалы (почва-плёнка или почва-корка) также может классифицироваться как Лептосоль. Также в значительной степени Лептосоли, которые наблюдаются в указанном регионе, представляют собой аналоги Ранкеров легенды ФАО, и классифицируются в системе WRB как Умбриковые Лептосоли. Генетически эти почвы формируются в условиях интенсивного эрозионного сноса материала и интенсивного же выщелачивания, которое во многом определяется мощным латеральным дренажем почв. Пример Андиковой Лептосоли, сформированной на маломощном наносе вулканических пеплов в Национальном парке «Эль Чико» (штат Идальго) под пихтовым лесом, приведён в работе Е. Н. Икконен и соавторов (Ikkonen et al., 2004). Почва характеризуется комплексом признаков, характерных для вулканических пепловых почв (высокая водоудерживающая способность, тиксотропность материала), имеет слабокислую реакцию и высокое содержание органического углерода.

Обширные территории Лептосоли занимают на территории пустынь и полупустынь северной части Мексиканского нагорья. В районе г. Салтийо (штат Коауила) были исследованы маломощные почвы под кактусовой разреженной растительностью (Elizabeth Fuentes Romero, неопубликованные данные). Почвы характеризуются блед-

но-серой окраской по всему профилю (мощностью от 10 до 20 см), низким содержанием органического вещества и слабощелочной реакцией среды. В некоторых профилях отмечается слабое вскипание при тестировании с помощью 10% соляной кислоты.

На равнинных территориях Лептосоли обычно используются под пастбища, в горных районах их использование в сельском хозяйстве ограничено.

### ***3.6. Маломощные почвы на карбонатных породах***

Довольно часто встречаются маломощные почвы, сформированные на твёрдых карбонатных породах; в версии ФАО эти почвы определялись как Рендзины, а в классификации WRB эти почвы названы Рендзиковыми Лептосолями. Эти почвы формируются как на горных склонах, так и в условиях карстового рельефа. В частности, подобные почвы занимают в Мексике обширные территории на полуострове Юкатан, который характеризуется равнинным рельефом с абсолютным доминированием осадочных карбонатных пород – известняков. Надо отметить, что многие исследователи подвергают критике объединение таких различных с генетической точки зрения почв, как Литосоли, Ранкеры и Рендзины, в одну группу (Gama-Castro et al., 2007).

Типичный профиль Рендзиковой Лептосоли полуострова Юкатан приводится К. Май Акоста и Ф. Батиста Суньи́га (May Acosta and Bautista Zuñiga, 2005). Разрез был заложен в местечке Цукакаб, штат Юкатан, под пологом «низкой сельвы» (низкорослый тропический лес с элементами ксерофитной флоры). Почва имеет мощность 23 см, цвет на всю глубину чёрный (во влажном состоянии), гранулометрический состав – лёгкий суглинок, структура ореховатая, обломки известняка разнообразных размеров составляют около 30%, по всей глубине вскипает от 10% соляной кислоты, весь профиль пронизан густыми корнями. Минералогический состав маломощных карбонатных почв Юкатана изучен недостаточно; есть работы по Рендзинам, в которых отмечался существенный привнос вулканического материала (скорее всего, за счёт извержений вулканов региона Лос Тукстлас). Согласно опубликованным данным (Dudek et al., 2006), существенную часть глинистого материала составляет смешанослойный каолинит-сметтит, который, по

мнению авторов, образуется за счёт трансформации синтетического смектита. Следует отметить, что описанная ситуация (участие вулканического материала в формировании Рендзиковых Лептосолей) не вполне типична.

Примером другого типа Лептосоли может служить следующая почва, развитая на плотном известняке. Мощность прикопки составила 15 см, из которых 10 см составляет тёмно-красновато-бурый горизонт А, а нижние 5 см – красновато-бурый горизонт АВ. Оба горизонта имеют хорошую комковато-зернистую структуру, пропитаны гумусом, густо переплетены корневыми системами растений. В профиле очень высоко содержание обломочного материала, однако мелкозём имеет тяжёлый гранулометрический состав, соответствующий тяжёлому суглинку или глине. Содержание органического углерода высокое, 6-7%, в составе гумуса высоко содержание гуминов (>50%), отношение ГК/ФК несколько выше единицы. Ил характеризуется сложным минералогическим составом: присутствуют хлориты, слюды, вермикулит, смешанослойные образования и каолинит. Подстилающая скала показывает бурную реакцию с соляной кислотой, обломки карбонатных пород слабо вскипают, мелкозём горизонтов А и АВ с кислотой не реагирует. Отсутствие вскипания мелкозёма отмечалось для многих рендзиподобных почв на карбонатных породах, формирующихся под пологом лесов в условиях гумидного климата в горах (Bracho and Sosa, 1987). Высокие содержания органического вещества были отмечены для тёмных Рендзиковых Лептосолей также в Чиапасе, под пологом горных тропических дождевых лесов (Mendoza Vega and Messing, 2005). В то же время в тех же областях Чиапаса описаны и многочисленные Лептосоли на плотных карбонатных породах, имеющие окраски от красновато-чёрной до красной и жёлтой (José Jesús Zenil Rubio, личное сообщение).

В целом надо отметить, что Рендзиковые Лептосоли и близкие к ним почвы (под которыми мы понимаем, прежде всего, Калькарикковые Лептосоли, не имеющие *молликового* горизонта, и Рендзиковые Файозёмы, несколько превышающие Рендзиковые Лептосоли по мощности) представляют собой довольно неоднородную группу почв, характеризующихся рядом региональных и локальных особенностей. В областях с влажным тропическим климатом в

основном они могут иметь как красноватые, так и совершенно чёрные оттенки. При этом в тропиках микростроение подобных почв более всего напоминает микроструктуру сильно выветрелых тропических кор выветривания (С. Н. Седов, личное сообщение). Как в засушливых, так и в гумидных областях почвы на карбонатных породах зачастую довольно бедны органическим веществом (в первую очередь это касается почв, подверженных эрозии), и зачастую их поверхностный горизонт не соответствует критериям *молликового* горизонта по критериям окраски.

### ***3.7. Засолённые и щелочные почвы***

Несмотря на то, что в Мексике обширны территории, характеризующиеся аридным климатом, площадь засоленных почв довольно мала. Отметим, что засоление связано с тремя почвенными обстановками. Во-первых, засоление почв наблюдается в мангровых и маршевых почвах побережий; в некоторых из этих почв наблюдается сульфатнокислый процесс. Эти почвы классифицируются как Саликовые и Тиониновые Флювисоли. Следует отметить, однако, что даже на небольшом удалении от берега засоление в этих почвах невысоко (Giani et al., 1996; Méndez Linares et al., 2007). Отчасти это объясняется тем, что низкие пологие берега, где формируется мангровая растительность, как правило, привязаны к дельтовым частям рек, и почвы частично промываются пресными водами. Наиболее обширные территории подобных почв обнаруживаются в южной части Мексиканского залива, в штате Табаско и на юге штатов Кампече и Веракруз (Palma López et al., 1985; Palma López and Cisneros, 1997; Moreno Cáliz et al., 2002). Во-вторых, на севере страны локальное засоление наблюдается по вытянутым эфемерным озёрам «плайас», на поверхности некоторых из которых в период пересыхания формируется корка солей. Наконец, в пределах Трансмексиканского вулканического пояса в замкнутых понижениях, в особенности по окраинам озёр с повышенной минерализацией вод, происходят процессы интенсивного соленакпления (Del Valle, 1983; Gutiérrez Castorena and Ortiz Solorio, 1999). В особенности это относится к пересохшим или осушенным озёрам (Лагуна де Тотольсинго в штате Пуэбла и озеро Тескоко в штате Мехико). Осушенное озеро Тескоко, очевидно, следует счи-

тать крупнейшей засоленной поверхностью в Мексике. До прихода испанцев в центре долины Мехико существовала система озёр, причём два из них (Сочимилко и Чалко) были пресными, а три (Тескоко, Сумпанго и Салтокан) – солёными. После осушения водной системы дно Тескоко полностью обнажилось, и практически все почвы, которые формируются на этой обнажившейся поверхности, содержат то или иное количество растворимых солей. В основном это почвы содового засоления; натрий накапливался в озёрах бессточной котловины долины Мехико в результате выветривания вулканических пеплов, и образовывал карбонаты и бикарбонаты. При осушении озера донные отложения и грунтовые воды, залегающие близко к поверхности, оказались насыщены содой. Щелочная реакция среды и обилие легко выветриваемого вулканического стекла приводят к усиленной миграции кремния и формированию опаловых новообразований в отложениях и почвенных профилях (Gutiérrez Castorena et al., 2005, 2006). Близкое залегание грунтовых вод делает неэффективной мелиорацию (промывание, внесение гипса и серосодержащих мелиорантов) этих почв. Сходная ситуация наблюдается и в ряде других замкнутых долин Трансмексиканского вулканического пояса; солончаки на берегах таких озёр как Куитцео и Патцкуаро (штат Мичоакан) имеют сезонный характер, появляясь только в сухой сезон. Практически все Солончаки в Мексике гидроморфны. Солонцы обычно связаны территориально с Солончаками, занимая окраины замкнутых долин и наиболее возвышенные участки. Морфологически Солонцы в Мексике обычно отличаются тёмной окраской всего профиля и отсутствием столбчатой структуры в солонцовом горизонте (чаще в этом горизонте наблюдается крупнореховатая структура).

### ***3.8. Слитые почвы***

К слитым почвам относятся Вертисоли и ряд почв других групп, имеющих вертикальные признаки, то есть близкие к ним генетически и по физическим свойствам. Вертисоли (Vertisols) – почвы, формирующиеся на отложениях, богатых смектитовыми глинами, и в силу того имеющие специфические физические свойства: разбухание во влажном состоянии, и сжатие с образованием глубоких трещин в сухом. Огромное количество работ посвящено

генезису, физическим свойствам и использованию Вертисолей в сельском хозяйстве: упомянем лишь обобщающие труды под редакцией Л. П. Уайлдинга и Р. Пуэнтеса (Wilding, Puentes, 1988) и Н. Ахмада и А. Мермута (Ahmad, Mermut, 1996). Сметиты – обычные продукты выветривания горных пород, богатых основаниями, в условиях умеренного выщелачивания элементов. Сметиты – дисперсные и лёгкие минералы, и потому легко переносятся водными потоками и впоследствии накапливаются в донных осадках. Поэтому Вертисоли, как правило, развиваются на морских и озёрных отложениях, реже на аллювиальных и делювиальных наносах тяжёлого гранулометрического состава. Довольно часто Вертисоли формируются на переотложенных продуктах выветривания карбонатных (или богатых карбонатами) осадочных и метаморфических пород. Разнообразие отложений и источников сметитовых глин определяет широкое распространение Вертисолей в мировом масштабе. Они встречаются во всех областях, где наблюдаются сухие и влажные сезоны, от тропического до умеренного тропического пояса.

Как уже упоминалось выше, Вертисоли – почвы понижений и депрессий, и не вполне характерны для горных склонов. Разумеется, есть и исключения: например, в новой французской почвенной классификации (AFES, 1998) маломощные сметитовые почвы, подстилаемые скальной породой, в том числе формирующиеся на крутых склонах, выделены в специальную группу ЛЕПТОСМЕКТИСОЛЕЙ. В Мексике нам не удалось встретить подобных объектов. Вертисоли вполне обычны как на прибрежных равнинах, так в горных районах. В последних они не только занимают обширные территории в межгорных долинах и впадинах, но и встречаются в виде пятнистостей по впадинам в мезо- и микрорельефе на слабоволнистых выровненных пространствах. Морфология и свойства Вертисолей варьируют в зависимости от их местоположения, климата и происхождения материнской породы. На прибрежных равнинах Вертисоли чаще всего формируются на богатых сметитами морских глинах. Примером подобной почвы может служить профиль, заложенный на плейстоценовой морской террасе возле города Тапачуля, штат Чиapas, под плантацией манго. Эта почва сформирована на двучленных мор-

ских отложениях: смектитовая глина, подстилаемая карбонатным песком. Верхний горизонт полностью вложен в глинистые отложения: он характеризуется полным комплексом свойств, типичных для Вертисолей: образованием трещин, «сликенсайдов» («зеркал скольжения»), самомульчированием поверхностного слоя почвы. В межгорных котловинах Южной Мексики Вертисоли зачастую не имеют обычной тёмной окраски. Например, в долине Ночикслана (штат Оахака) на рабочем туре WRB в 2005 году был представлен профиль глинистой почвы, имеющий ярко-красную окраску. Почвообразующая порода представляет собой материал преимущественно делювиального генезиса, снесённый с близлежащих горных массивов. Как уже упоминалось, смектиты – самые тонкодисперсные и лёгкие из кристаллических глинистых минералов, и потому в случае переноса водами с низкой энергией их транспорт происходит на большие расстояния. Довольно обычны Вертисоли на вулканических отложениях Трансмексиканского вулканического пояса. В этом физиографическом регионе практически все низменности любого масштаба заняты Вертисолями или почвами с вертикальными признаками. Генезис этих почв на вулканических пеплах несколько сложнее, чем у Вертисолей, формирующихся на уже «готовых» смектитовых глинах. Считается, что смектиты образуются синтетическим путём в перенасыщенных растворах, продуцирующихся за счёт быстрого растворения вулканического стекла. Многие Вертисоли Трансмексиканского вулканического пояса формируются на озёрных отложениях. Таковы, например, отложения бывшего озера Тескоко, на которых стоит город Мехико; согласно данным исследований (Warren and Rudolph, 1997), около 30% от глинистой фракции отложений составляет смектит, что создаёт серьёзные инженерные проблемы при строительстве в городе. Однако смектиты, аккумулирующиеся в озёрных осадках, в основном местного (почвенного, синтетического) происхождения. Потому даже в небольших депрессиях, в которых не происходит накопления озёрных осадков, в почвах всегда обнаруживается определённое содержание смектитов, и почвы имеют хотя бы слабо выраженные *вертикальные* признаки. Загадочная особенность некоторых Вертисолей, сформировавшихся на вулканических пеплах в

пределах Трансмексиканского вулканического пояса – отсутствие смектитов в илистой фракции почв. Единственные кристаллизованные компоненты глин в этих почвах – галлуазит и метагаллуазит. Об этом необычном феномене независимо друг от друга сообщили автору С. Н. Седов (исследования на Гласисе Буэнависта, штат Морелос) и Miguel Angel Velera Pérez (исследования в центральной части штата Пуэбла); ни один из упомянутых исследователей не решился опубликовать эти данные, идущие в разрез с общепринятыми взглядами на генезис слитых почв.

Многие слитые почвы, формирующиеся в условиях наиболее засушливого климата, содержат вторичные карбонаты. Разрез Кальциковой Вертисоли под кукурузным полем в небольшой долине штате Идальго (SEMARNAT, 2000) представляет собой типичный профиль для Вертисолей центральной части Мексики. Пахотный горизонт А имеет мощность около 10 см и довольно беден органическим углеродом ( $< 1\%$ ), тёмно-серый во влажном состоянии и серый – в сухом; в сухом состоянии очень плотный, во влажном – пластичный, включает мягкие карбонатные конкреции. Горизонт характеризуется слабощелочной реакцией среды (pH 7,7) и очень высокой катионообменной способностью ( $50 \text{ смоль} \cdot \text{кг}^{-1}$ ). Горизонт АВ (10-45 см) имеет признаки *вертикального* горизонта: структура массивная, разбитая трещинами под углом  $30^\circ$ , на гранях структурных отдельностей наблюдаются «зеркала скольжения» («сликенсайды», стресс-кутаны), содержит мягкие и слабо уплотнённые карбонатные конкреции; содержание углерода ниже, чем в вышележащем горизонте, реакция среды и катионообменная способность на том же уровне. Горизонт ВС (45-80 см) в целом сходен с горизонтом АВ, только содержит меньше органического углерода и имеет более светлую сероватую окраску. Почвообразующая порода, вскрытая до 2 м, представляет собой почти белые делювиально-пролювиальные осадки, продукты переноса вулканических пеплов и карбонатного материала. Поскольку штат Идальго находится на стыке Трансмексиканского вулканического пояса и преимущественно осадочной, в большой степени сложенной карбонатными породами Сьерра Мадре Ориенталь, подобная смесь отложений достаточно обычна для долин этого региона. Содержание карбонатов кальция в осадках составляет около 50%.

Почти все слитые почвы используются в сельском хозяйстве, что приводит к определённой деградации их свойств. Например, за 6 лет возделывания Вертисоли в штате Нуэво Леон (на северо-востоке страны) почва потеряла более половины начального содержания органического углерода и общего азота (Bravo-Garza, Bryan, 2005).

### **3.9. Аридные почвы с аккумуляцией карбонатов и гипса**

Согласно данным INEGI, почвы с аккумуляцией карбонатов кальция (Кальцисоли) – одни из самых распространённых в Мексике, и занимают более 18% от национальной территории (уступая лишь Лептосолям и Регосолям). Тем не менее, публикаций с характеристикой почв этой группы на удивление мало; очевидно, это связано с малой ценностью Кальцисолей для сельского хозяйства. Основной ареал распространения Кальцисолей – аридные области севера страны. Преимущественная форма накопления карбонатов – диффузные, мучнистые аккумуляции (Pérez Zamora, 1999), реже встречаются сцементированные *петрокальциковые* горизонты. Последние чаще всего наблюдаются у подножий гор и холмов, а также на прибрежных равнинах аридной зоны. В *петрокальциковых* горизонтах наблюдаются признаки современной деградации (растворения) карбоната кальция, что заставляет предположить палеогидрогенный генезис этих образований. Наличие аккумуляций карбонатов зависит от почвообразующих пород. Исследования в пустыне Сонора обнаружили, что для почв, сформированных на породах вулканического происхождения, характерно наличие засоления, осолонцевания и присутствие *петрокальцикового* горизонта, в то время как почвы, образованные на элювии гранодиоритов и метаморфических пород, не содержали солей, обменного натрия и были полностью бескарбонатными (Graham and Franco Vizcaino, 1992). Кальцисоли формируются на породах любого гранулометрического состава, в том числе и на щебнистых; было показано, что в Баха Калифорнии карбонатные корочки образуются на поверхности щебня (Amundson et al., 1997), причём в случае средиземноморского климата (зимний максимум осадков) карбонаты аккумулируются на нижней поверхности щебня, а в случае летне-осеннего максимума осадков – на верхней.

Почвы с аккумуляцией гипса не характерны для территории Мексики, и обнаруживаются исключительно на осадочных гипсовых породах в аридных районах штатов Сан Луис Потоси и Нуэво Леон. Хотя эти почвы содержат преимущественно первичный (литогенный) гипс, их возможно отнести к группе Гипсисолей, поскольку микроморфологические наблюдения подтверждают наличие характерных кристаллов вторичного гипса, то есть процесса перекристаллизации гипса (José Carmen Soria Colunga, неопубликованные данные).

### ***3.10. Гидроморфные почвы***

Гидроморфные почвы, в том числе органические, занимают скромное место на территории Мексики. Органические почвы, Гистосоли, обнаруживаются почти исключительно на приморской равнине Мексиканского залива, в дельтовой части р. Грихальба в штате Табаско (Palma López et al., 1985; Palma López and Cisneros, 1997). Это типичные тропические Гистосоли, характеризующиеся высокой степенью разложения органического материала (практически перегнойным характером органического вещества). Местами мощность органической толщи достигает 4 м (Randy Adams Schroeder, личное сообщение). Большая часть Гистосолей находится под охраной (в Национальном парке «Пантанос де Сентла»), однако значительная часть подвержена сильному загрязнению нефтепродуктами (Adams Schroeder et al., 1999). Также вдоль выровненного побережья Мексиканского залива обнаруживаются и минеральные гидроморфные почвы – Глейсоли и Флювисоли. Засоление этих почв довольно низкое, и сульфиды присутствуют в малых количествах. Большинство этих почв характеризуется нейтральной и слабокислой реакцией среды и высоким содержанием органического углерода.

Другая, сравнительно малая по территории, область распространения Гистосолей и органо-минеральных гидроморфных почв – «чинампас», уникальные искусственные островные экосистемы, сконструированные в озере Сочимилко ацтеками из озёрных осадков. Почвы «чинампас» представляют собой сложный объект как с точки зрения генезиса, географии и классификации почв, так и с точки зрения их использования и охраны. Согласно многочислен-

ным работам по почвам этих уникальных экосистем (Alfaro Sánchez, 1980; Bautista Zuñiga, 1988; Fernández, 1988; Valdez, 1995), профиль типичной почвы «чинампас» представляет собой недифференцированную чёрную органо-минеральную массу, сложенную донными озёрными отложениями, смесью диагенетически изменённых вулканических пеплов и органических остатков. С точки зрения классификации эти почвы проблематичны: содержание органического углерода варьирует в них в широких пределах (от 4 до 20%), то есть в зависимости от содержания органического вещества они могут быть классифицированы как Гистосоли либо как минеральные почвы (в этом случае в последней версии WRB им соответствуют Терриковые Антросоли). На картах INEGI первого тура эти почвы обозначены как Файозёмы. Современные процессы почвообразования включают внутрипочвенное выветривание и сезонную миграцию солей по профилю. С точки зрения продуктивности эти почвы – важнейший ресурс для сельскохозяйственного производства, их продуктивность почти в 20 раз выше, чем в среднем по почвам страны. Однако в последние годы их использование в сельском хозяйстве сокращается, и уникальные «чинампас» подвергаются активной урбанизации. Отчасти это связано с возрастающим засолением вод в каналах в результате возросшего городского стока, как в твёрдом, так и в растворённом виде (Ruiz Fernández et al., 2005), что приводит к засолению почв и снижению их плодородия.

### ***3.11. Прочие почвы***

В этом разделе охарактеризованы почвы, по которым практически отсутствуют данные в настоящее время (хотя они занимают обширные территории в Мексике), либо те почвы, которые занимают ничтожные площади или же существование их в стране вообще сомнительно.

Регосоли, занимающие почти 25% национальной территории, практически не описаны в литературе, поскольку характеризуются отсутствием диагностических признаков. Обычно в группу Регосолей в Мексике включаются почвы пустынь, не имеющие выраженных аккумуляций солей, гипса и карбонатов, а также сильно эродированные почвы. Последняя группа особенно обширна во всех горных районах; площадь этих почв увеличилась в последние де-

сятилетия в связи с проводившейся в 60-70-е годы программой сельскохозяйственного освоения тропиков, которая сопровождалась сведением лесов и катастрофическим развитием эрозионных процессов. Свойства этих почв варьируют в зависимости от почвообразующих пород и биоклиматических условий. Общие характеристики для всей группы – низкое содержание органического углерода, бедность элементами питания, низкая ёмкость поглощения.

Ареносоли – группа, включающая в Мексике слабообразованные песчаные почвы, значительно менее распространена, чем Регосоли. Песчаных пустынь в Мексике мало; в Соноре описаны песчаные почвы на педиментах тоналитов (Graham and Franco Vizcaino, 1992), обширные песчаные пространства эолового происхождения встречаются в пустыне Вискано в Баха Калифорнии. На побережье Мексиканского залива описаны песчаные дюны (Dubroeuq et al., 1992), также узкая полоса песчаных пляжей спорадически встречается по побережьям обоих океанов. Практически этими участками и ограничивается распространение молодых песчаных почв.

Планосоли отмечены на картах INEGI спорадически на территории страны, преимущественно на территории Трансмексиканского вулканического пояса и Центральной Месы. Формируются на породах тяжёлого гранулометрического состава в условиях субгумидного и субаридного, с контрастным увлажнением, климата (Sommer and Cram, 1998) в понижениях и депрессиях с поверхностным застоем влаги. Довольно часто привязаны к руслам рек (обнаруживаются по старицам) и озёрным впадинам, в том числе сухим. Чаще всего резкая смена гранулометрического состава в профиле связана с двучленностью отложений.

Стагносоли – новая группа почв, введённая в WRB в 2006 году, и потому не отражённая в публикациях. Однако уже появились результаты исследований, которые показывают, что эти почвы занимают существенные площади на древних аллювиальных террасах в штате Табаско (David Palma López, личное сообщение). Стагносоли также обсуждаются нами в следующих главах данной работы.

Ферральсоли – группа почв, которые не отражены на почвенных картах INEGI. Возможные причины отсутствия (или крайне малой распространённости) этих глубоко выветрелых тропических почв в стране, где существенные территории имеют влажный тропический

климат, обсуждается нами в последующих главах. В отдельных публикациях (например, Mendoza Vega et al., 2003) сообщается о присутствии Ферральсолей на крайнем юге страны, в штате Чиapas, однако отсутствие морфологических описаний и аналитических данных разрезов не позволяет полностью доверять этим данным.

Нитисоли – также глубоко выветрелые тропические почвы, но имеющие своеобразную ореховатую структуру с блестящими поверхностями – выделялись в ходе первого тура почвенной съёмки INEGI, однако после существенных изменений, внесённых в диагностику этих почв в изданиях WRB 1998 и 2006 годов, их существование в Мексике поставлено под вопрос, поскольку современное определение *нитикового* горизонта включает определение железа в кислой оксалатной и дитионит-цитрат-бикарбонатной вытяжках, раздельное определение содержания общего и водно-диспергируемого ила и прочие методы анализов, которые не выполняются химической лабораторией INEGI. Не исключено, что при использовании более жёстких диагностических критериев значительная часть мексиканских «Нитисолей» будет переклассифицирована в Лювисоли, Акрисоли и Камбисоли.

Техносоли – новая группа, введённая в WRB в 2006 году. К ним относятся городские почвы и почвы открытой разработки полезных ископаемых. Эти почвы в Мексике занимают обширные территории, однако до сих пор исследования подобных почв единичны, и касаются в основном экологического эффекта выветривания отвалов шахт и карьеров (Acevedo Sandoval, 2000).

#### ***4. Почвенно-географическое районирование Мексики***

Почвенно-географическое районирование – традиционная задача почвенной географии, в особенности в отечественной почвенной школе (Добровольский, Урусовская, 1984). Однако во многих странах, несмотря на обширность и разнообразие почвенно-географических условий, районированию не уделяется достаточного внимания. В том числе и в Мексике характеристика почв обычно представляется по административным единицам (штатам, районам и муниципалитетам), что никак не отражает специфику почвенного покрова страны. Районирование территории Мексики осуществлялось только в рамках районирования почвенного покрова мира отечественными исследователями (Глазовская, 1973; Розанов, 1977; Розов, Строганова, 1979).

В соответствии с районированием почв М. А. Глазовской (1973, 1983), территория страны разделена между Североамериканским пустынным почвенным сектором бурых пустынно-степных, красновато-бурых пустынных, горных серо-коричневых и коричневых почв, в котором выделяется Калифорнийско-Мексиканская область пустынных красновато-бурых, серо-коричневых и горных коричневых почв (туда относится значительная часть Мексики, за исключением крайней южной части страны), и Притихоокеанским влажно-тропическим почвенным сектором, в котором выделяется Центральноамериканская почвенная область горных гумусных ферралитных, ферсиаллитных и сиаллитных почв и андосолей. Последняя, в свою очередь, делится на две подобласти: западная горная подобласть (Южная и Восточная Сьерра-Мадре и плоскогорье Центральная Меса) и восточная горно-равнинная подобласть (Юкатан).

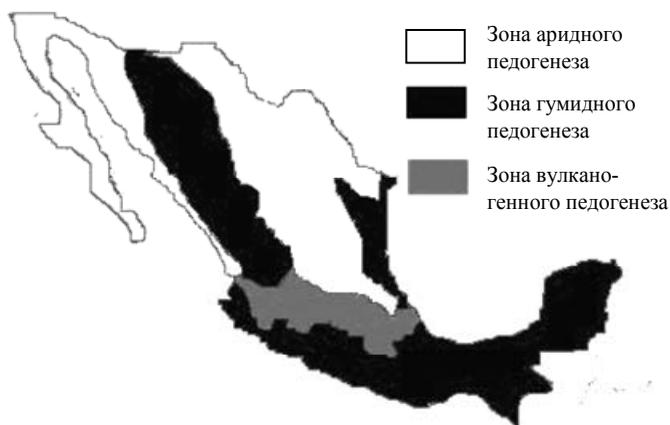
Н. Н. Розов и М. Н. Строганова (1979) разделяют территорию Мексики также на две большие области. На севере выделяется Северо-американская субтропическая засушливая область серо-коричневых и коричневых почв под кустарниковыми степями и ксерофитными лесами, в которой, в свою очередь – Мексиканская горно-плоскогорная подобласть серо-коричневых почв под кустарниковыми степями с травой Грамма и мескитом и горных коричневых почв под сосново-можжевеловыми лесами с летним небольшим максимумом осадков и сухой теплой зимой и весной. Южная часть Мексики относится к Американской тропической влажной области красно-жёлтых почв дождевых лесов и красных почв переменного влажных лесов и высокотравных саванн. В последней области к Мексике относится Центральноамериканская горно-равнинная подобласть с преобладанием красных ферралитных и альферритных почв с сухим периодом до 3 месяцев.

Б. Г. Розанов (1977) разделил территорию Мексики между четырьмя формациями:

1. формация слабощелочных и засоленных полупустынных и пустынных почв, с двумя почвенными регионами, Аризонско-Калифорнийским пустынным и Мексиканским пустынным;
2. формация нейтральных сиаллитных слабо-дифференцированных почв с одним Сьерра Мадрским горным коричневозёмным регионом;

3. формация ферриаллитных почв и слитозёмов с Примексиканским саванным регионом;
4. формация кислых ферраллитных, ферритных и аллитных почв с Центрально-Американским влажнотропическим регионом.

Обращаясь к эмпирическим данным по факторам почвообразования на территории Мексики, прежде всего надо принять во внимание водные режимы почв. Согласно данным, полученным на основании оценки климатических параметров и поверхностного стока, специалисты Института географии выделяют две области аридного водного режима: на северо-востоке и северо-западе страны. Эти аридные области разделены сравнительно влажной горной системы Сьерра Мадре Осиденталь. Небольшой участок сухих почв обнаруживается на северо-западе полуострова Юкатан, а также спорадически по долинам во всех горных системах. Практически вся территория крупнейших горных систем Мексики (Сьерра Мадре Ориентал, Осиденталь и дель Сюр, Трансмексиканский вулканический пояс) имеет устиковый и удиковый (иногда перудиковый) водный режим, то есть почвообразование описывается как соответствующее субгумидным, гумидным и экстрагумидным областям. В определённой степени эти данные развенчивают миф о Мексике как стране преимущественно аридного почвообразования. С точки зрения районирования важно отметить, что области, соответствующие разным типам водного режима почв, мало соответствуют почвенным регионам, упомянутым выше в данном обзоре: во всех схемах область аридного почвообразования была существенно преувеличена, а некоторые области гумидного почвообразования (побережье Мексиканского залива, Сьерра Мадре Осиденталь) были отнесены к семиаридным и семигумидным областям. На самом высоком уровне, очевидно, удобно было бы разделить всю территорию Мексики на две большие области, условно соответствующие аридному и гумидному типам почвообразования. В дополнение имеет смысл, вслед за И. А. Соколовым (2004), который разделял аридный, гумидно-тропический и вулканический типы экзогенеза (педогенеза), на самом высоком уровне также выделить Трансмексиканский вулканический пояс как область преимущественного накопления вулканических осадков и формирования специфических вулканических почв (Рис. 1).

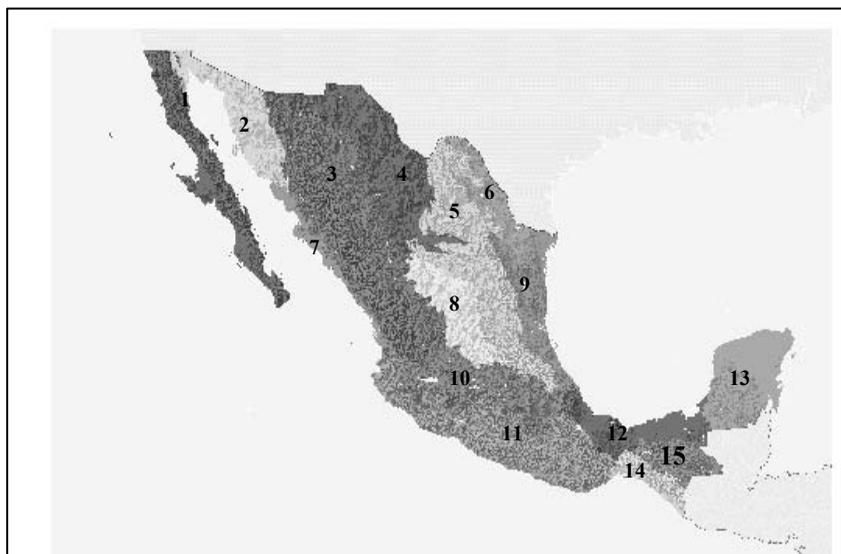


**Рис. 1. Районирование территории Мексики по типам экзогенеза и педогенеза**

Принципиальное разделение мексиканской территории на области аридного, гумидного и вулканического почвообразования подтверждается данными исследований минералогии почвенных глин (García Calderón, 1984; García Calderón et al., 1986, 2000, 2005a, 2005b, 2006; Mielich, 1991; Graham and Franco Vizcaino, 1992; Dubroeuq et al., 1992; Valera Pérez, 1994; Ducloux et al., 1995; Díaz Rodríguez et al., 1998; Kuhn et al., 2003; Sedov et al., 2003a,b; Solleiro Rebolledo et al., 2003; Dudek et al., 2006; Vela Correa and Flores Román, 2006). На основании немногочисленных приведённых источников можно отметить, что аридная область характеризуется смектит-пальгорскитовым составом глин, вулканическая – аллофан-галлуазит-смектитовым, а гумидная – галлуазит-гиббсит-каолинитовым.

Дальнейшее подразделение территории Мексики представляет собой довольно сложную задачу, и не только по причине недостатка эмпирических данных. Прежде всего, имеются трудности принципиального характера, связанные с почвенным районированием горных областей. Каждая из горных систем характеризуется неоднородными биоклиматическими условиями, такими как высотная поясность и эффект предгорной зональности (Ливеровский, Корнблом, 1960), которые зачастую варьируют на довольно коротких расстояниях. Фактически горная система может представлять собой сложную мозаику зачас-

тую крайне контрастных климатов, почвообразующих пород, экосистем, поверхностей с разной динамикой и пр., что отражается на почвенном покрове. Поэтому в традициях отечественной школы выделять особые горные провинции, которые заведомо отличаются большой гетерогенностью условий почвообразования и собственно почв. По этому же пути решили пойти и мы; задача облегчалась тем, что общее физико-географическое районирование Мексики уже существует. По масштабу более всего пригодно для целей почвенно-географического районирования подразделение территории страны на физико-географические провинции, выполненное INEGI (Рис. 2).



**Рис. 2. Физико-географические районы Мексики: 1 – полуостров Баха Калифорния, 2 – Сонорская равнина, 3 – Сьерра Мадре Осиденталь, 4 – горы и долины Севера, 5 – Сьерра Мадре Ориенталь, 6 – Великие равнины Северной Америки, 7 – Тихоокеанская береговая равнина, 8 – Центральная Меса, 9 – Северная береговая равнина Мексиканского залива, 10 – Трансмексиканский вулканический пояс, 11 – Сьерра Мадре дель Сур, 12 – Южная береговая равнина Мексиканского залива, 13 – полуостров Юкатан, 14 – горы Чиапаса и Гватемалы, 15 – Центральноамериканская Кордильера**

Используя как основу схему физико-географического подразделения территории Мексики, мы выделили следующие почвенные провинции:

1. Аридная и семиаридная область
  - 1.1. Горная провинция Баха Калифорния слабодифференцированных (Регосоли, Камбисоли), песчаных (Флювисоли, Ареносоли) и маломощных (Лептосоли) почв.
  - 1.2. Провинция Равнина Сонора карбонатных (Кальцисоли), слитых (Вертисоли) и текстурно-дифференцированных (Лювисоли) почв с включением засоленных и слаборазвитых почв.
  - 1.3. Горная провинция Низкогорий Севера карбонатных (Кальцисоли), слитых (Вертисоли) и слабодифференцированных (Регосоли, Камбисоли) почв.
  - 1.4. Провинция Великих равнин Северной Америки карбонатных (Кальцисоли) и гумус-аккумулятивных карбонатных (Чернозёмы, Каштанозёмы) почв.
  - 1.5. Провинция Центральная Меса гумус-аккумулятивных бескарбонатных (Файозёмы) и слабодифференцированных (Камбисоли, Регосоли) почв.
2. Гумидная и семигумидная область
  - 2.1. Горная провинция Сьерра Мадре Осиденталь текстурно-дифференцированных (Лювисоли) и гумус-аккумулятивных бескарбонатных (Файозёмы) почв с включениями маломощных (Лептосоли) и слитых (Вертисоли) почв.
  - 2.2. Горная провинция Сьерра Мадре Ориенталь маломощных гумусированных почв на карбонатных породах (Рендзиковых Лептосолей и Файозёмов), текстурно-дифференцированных (Лювисоли) и слабодифференцированных (Камбисоли) почв.
  - 2.3. Провинция Тихоокеанская береговая равнина слабодифференцированных (Камбисоли) и гумус-аккумулятивных карбонатных (Каштанозёмы) почв.
  - 2.4. Провинция Северная береговая равнина Мексиканского залива слитых (Вертисоли) и гумус-аккумулятивных бескарбонатных (Файозёмы) почв.
  - 2.5. Провинция Южная береговая равнина Мексиканского залива (полу)гидроморфных (Стагносоли, Флювисоли, Глейсо-

- ли, Гистосоли), слитых (Вертисоли) и текстурно-дифференцированных тропических (Акрисоли) почв.
- 2.6. Горная провинция Сьерра Мадре дель Сюр текстурно-дифференцированных тропических (Акрисоли, Алисоли), гумус-аккумулятивных бескарбонатных (Файозёмы, Умбрисоли) и слабодифференцированных (Камбисоли, Регосоли) почв.
  - 2.7. Провинция Юкатан маломощных гумусированных почв на карбонатных породах (Рендзиковых Лептосолей и Файозёмов).
  - 2.8. Горная провинция Чиапаса и Гватемалы текстурно-дифференцированных (Лювисоли, Алисоли), гумус-аккумулятивных бескарбонатных (Файозёмы, Умбрисоли) и маломощных (Лептосоли) почв.
  - 2.9. Горная провинция Центральноамериканская Кордильера текстурно-дифференцированных тропических (Акрисоли, Алисоли) и маломощных (Лептосоли) почв.
3. Вулканическая область
- 3.1. Горная провинция Трансмексиканский вулканический пояс пеплово-вулканических (Андосоли), гумус-аккумулятивных бескарбонатных (Файозёмы), текстурно-дифференцированных (Лювисоли) и слитых (Вертисоли) почв.

Очевидно, что подобное районирование имеет свои недостатки. Во-первых, до сих пор недостаёт почвенно-генетического наполнения характеристик каждой из провинций, из-за чего последние определяются по реферативным группам почв, то есть весьма неконкретно. Во-вторых, практически отсутствует почвенно-географическое наполнение: списки почв недостаточны для характеристики провинций, желательно иметь информацию о структурах почвенного покрова. Наконец, требуется уточнение границ почвенных провинций, которые могут и не совпадать с границами физико-географических регионов Мексики.

### Литература

Виво Х.А. География Мексики. Сокращенный перевод с испанск. Под ред. И.П. Магидовича. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1951. 200 с.

- Гарфиас В., Чапин Т. Геология Мексики. Пер. с испанск. Под ред. Ф. М. Малиновского. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 150 с.
- Глазовская М.А. Почвы мира. Т. II. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. 277 с.
- Глазовская М.А. Почвы зарубежных стран. М.: Высшая школа, 1983. 312 с.
- Глазовская М.А., Фридланд В.М. 1980. Почвенная карта мира. М 1:15.000.000.
- Добровольский Г.В., Ковда В.А., Лобова Е.В., Розанов Б.Г. Почвенная карта Мира (М 1:10 млн.). М.: ГУГК, 1975.
- Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. 416 с.
- Красильников П.В., Гарсиа Кальдерон Н.Е. Почвенный покров и геоморфологические процессы в субтропическом высотном поясе Сьерра Мадре дель Сюр, Мексика // Почвоведение. 2005. № 10. С. 1214-1221.
- Ливеровский Ю.А., Корнблум Э.А. Зональность почвенного покрова предгорных территорий // Изв. АН СССР, Серия географ., 1960, № 3. С. 34-41.
- Розанов Б.Г. Почвенный покров земного шара. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 248 с.
- Розов Н.Н., Строганова М.Н. Почвенный покров мира. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 290 с.
- Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск: Наука, 2004. 296 с.
- Acevedo Sandoval O.A. Degradación y contaminación de los suelos del estado de Hidalgo. ICT, UAEN, 2000. 61 p.
- Acevedo Sandoval O.A., Flores Román D. Genesis of white fragipans of volcanic origin // Rev. Mex. de Ciencias Geológicas. 2000. V. 17. P. 152-162.
- Aceves G.M.R. Introducción al estudio de suelos derivados de cenizas volcánicas y de Ando del Popocatepetl. Tesis Geógrafo, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1967.
- Adams Schroeder R.H., Domínguez Rodríguez V.I, García Hernández L. Potencial de la biorremediación de petróleo en el trópico Mexicano // Terra. 1999. V. 17. P. 159-174.
- AFES. 1998. A sound reference base for soils (The "Referentiel pedologique": text in English). INRA, Paris. 322 p.
- Aguilera Herrero N. Suelos de Ando. Génesis, morfología y clasificación. Serie de Investigación No. 6, Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, México, 1965.
- Aguilera Herrero N. Mapa y distribución de los Grandes Grupos de Suelos. Atlas de la República Mexicana, Porrá, México, 1969.

- Ahmad N., Mermut A. (eds.) Vertisols and technologies for their management. Elsevier, Amsterdam, 1996. 277 p. / *Developments in Soil Science* Vol. 24.
- Alfaro Sánchez G. Estudio edafológico del ejido Xochimilco (Ciénega Grande). Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1980.
- Allende L.R. Introducción al estudio de suelos derivados de cenizas volcánicas o de ando del Volcán La Malinche. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1968. 65 p.
- Álvarez Arteaga G. Estudio de uso potencial del suelo de la localidad de San Miguel de la Victoria y sus alrededores, Municipio de Jilotepec, Estado de México. Tesis de Licenciatura, Biología, ENEP-Iztacala, UNAM, 1993. 110 p.
- Álvarez Arteaga G., García Calderón N.E., Krasilnikov P.V., Sedov S.N., Targulian V.O., Velázquez Rosas N. Soil altitudinal sequence on base-poor parent material in a montane cloud forest in Sierra Juárez, Southern Mexico // *Geoderma*. 2008. V. 144. P. 593–612.
- Álvarez R.M. Estudios edafológicos en suelos derivados de cenizas volcánicas y de Ando, Transecto Tetla-Cuitlahuac en el Area Cafetalera de Córdoba, Veracruz. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1983. 94 p.
- Amundson R., Graham R.C., Franco Vizcaino E. Orientation of carbonate laminations in gravelly soils along a winter/summer precipitation gradient in Baja California, Mexico // *Soil Sci*. 1997. V. 162. P. 940-952.
- Arias P. La región devastada por el volcán Parícutín. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México, 1944.
- Ascanio García M.O., Hernández Jiménez A. Los suelos de los agrosistemas cañeros de Veracruz y Oaxaca: cambios globales y medio ambiente. Editorial Veracruzana, 2005. 235 p.
- Barois I., Dubroeuq D., Rojas P., Lavelle P. Andosol-forming process linked with soil fauna under the perennial grass *Mulhembergia macroura* // *Geoderma*. 1998. V. 86. P. 241-260.
- Bautista Zuñiga F. Algunos estudios edafológicos en San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, D.F. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1988. 80 p.
- Bautista Zuñiga F., Palacio Álvaro G. (Eds.) Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. UAC-UYA-INE, 2005. 282 p.
- Bautista Zuñiga F., Rivas Solózano H., Durán de Bazúa C., Palacio G. Caracterización y clasificación de suelos con fines productivos en Córdoba, Veracruz, México // *Investig. Geográf. Boletín*. 1998. V. 36. P. 21-33.
- Bocco G., Velázquez A., Siebe C. Using geomorphologic mapping to strengthen natural resource management in developing countries. The case of rural indigenous communities in Michoacan, Mexico // *Catena*. 2005. V. 60. P. 239-253.

- Bracho R., Sosa V.J. Edafología // Bosques mesófilos de montaña de Tamaulipas (Eds. H. Puig and R. Bracho). Instituto de Ecología, México, D.F., 1987. Publ. 21. P. 29-37.
- Bravo Garza M.R., Bryan R.B. Soil properties along cultivation and fallow time sequences on Vertisols in Northeastern Mexico // Soil Sci. Soc. Amer. J. 2005. V. 69. P. 473-481.
- Centeno García E. Configuración geológica del estado // Biodiversidad de Oaxaca (Eds. A. J. García Mendoza, M. de Jesús Ordóñez and M. Briones Salas). UNAM – FOCN – WWF, México, D.F., 2004. P. 29-42.
- Cervantes L.G. Génesis y clasificación de algunos suelos de la Meseta Tarasca, Estado de Michoacán. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 1965.
- Chávez Huerta Y. Principales interacciones entre los suelos forestales y las coníferas del Cerro de la Cruz, Mich. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1984. 100 p.
- Chávez Huerta Y. Caracterización de Suelos e índice de Sitio Edáfico para cuatro especies de *Pinus* en Atenquique, Jalisco. Tesis Maestra en Ciencias (Edafología), Facultad de Ciencias, UNAM, 1990. 61 p.
- Cruz Gaistardo C.O., García Calderón N.E., Krasilnikov P. Avances en la cartografía de México con WRB // Memorias del X Congreso nacional y II Internacional de la Ciencia del Suelo “Suelo, Seguridad Alimentaria y Pobreza”, 6–10 de noviembre 2006, Lima, Perú, 2006. P. 193-196.
- Dahlgren R.A., Ugolini F.C. Formation and stability of imogolite in a tephritic Spodosol, Cascade Range, Washington, U.S.A. // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1989. V. 53. P. 1897-1904.
- Del Valle C.H. Los procesos de acumulación de las sales e intemperismo en cubetas lacustres, en la transición del ex lago de Texcoco. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, 1983. 142 p.
- Díaz Rodríguez J.A., Lorano Santa Cruz R., Dávila Alcocer V.M., Vallejo E., Girón P. Physical, chemical, and mineralogical properties of Mexico City sediments: a geotechnical perspective // Can. Geotech. J. 1998. V. 35. P. 600-610.
- Domínguez R.V.I. Estudios ecológicos del volcán Popocatepetl, Estado de México. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1975. 124 p.
- Diessen P., Deckers J., Spaargaren O., Nachtergaele F. Lecture notes on the major soils of the world FAO, Rome. 2001.
- Drijber R.A., Lowe L.E. Nature of humus in Andosols under differing vegetation in the Sierra Nevada, Mexico // Geoderma. 1990. V. 47. P. 221-231.

- Drijber R.A., Lowe L.E. Bound phenolic acids in humus fractions of andosols under varying vegetation in the sierra Nevada, Mexico // *Geoderma*. 1991. V. 48. P. 431-442.
- Dubroeuq D., Campos A., Geissert D. Comportamiento de los andosoles negros con respecto al agua en el volcán Cofre de Perote // *Terra*. 1992a. V. 10. P. 51-58.
- Dubroeuq D., Geissert D., Moreno P., Millot G. Soil evolution and plant communities in coastal dunes near Veracruz, Mexico // *Cah. Orstrom, sér. Pédol.* 1992b. V. XXVII, N<sup>o</sup> 2. P. 237-250.
- Dubroeuq D., Geissert D., Barois I., Ledru M.-P. Biological and mineralogical features of Andisols in the Mexican volcanic highlands // *Catena*. 2002. V. 49. P. 183-202.
- Ducloux J., Delhoume J.P., Petit S., Decarreau A. Clay differentiation in Aridisols of northern Mexico // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 1995. V. 59. P. 269-276.
- Dudek T., Cuadros J., Fiore S. Interstratified kaolinite-smectite: Nature of the layers and mechanism of smectite kaolinization // *Amer. Mineralogist*. 2006. V. 91. P. 159-170.
- FAO-ISRIC-ISSS. World Reference Base for Soil Resources. Rome, 1998. Soil Resources Report 84.
- FAO-UNESCO. Soil Map of the World 1:5,000,000. UNESCO, Paris, 1974.
- Fernández Q.M.C. Manejo y recuperación de suelos salino-sódicos en Chinampas de Xochimilco, D.F. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1988. 98 p.
- Fuentes Romero E., Marín Castro B., Krasilnikov P., García Calderón N.E. La distribución de los suelos en el transecto del Eje Neovolcánico hasta los Valles de Veracruz, México // *Memorias del III Seminario Latinoamericano de Geografía Física*, Abril 28-Mayo 1, 2004, Puerto Vallarta, Jalisco, México. CD-ROM, 2004. 12 p.
- Gama Castro J.E., Palacios Mayorga S., Solleiro Rebolledo E., Sedov S. Rendzinas: a group of soils that requires a new review // *Soil Classification 2004: Abstr. Int. Conf.*, August, 3-8, 2004, Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2004. P. 19.
- Gama Castro J.E., Solleiro Rebolledo E., Vallejo Gómez E. Weathered pumice influence on selected alluvial soil properties in West Nayarit, Mexico // *Soil Tillage. Res.* 2000. V. 55. P. 143-165.
- García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM, México, 1973.
- García Calderón N.E. Estudio bioquímico, mineralógico y fisicoquímico de diversos Andosoles de México. Tesis Doctor en Ciencias Biológicas, Univ. Complutense de Madrid y C.S.I.C., España-Facultad de Ciencias, UNAM, 1984. 326 p.

- García Calderón N.E., Aleixandre T., Pinilla A., Aguilera Herrera N. Mineralogía de Andosoles de la zona cafetalera de Veracruz (México) // *Anales Edaf. Agrob.*, 1986. V. 45. P. 103-118.
- García Calderón N.E., Ibañez A., Fuentes E., Platero B., Galicia M.S., Ramos R., Mercado I., Reyes L., Hernández A., Trémols J. Características de los suelos de un sector de Pluma Hidalgo, Sierra Sur de Oaxaca, México // *La edafología y sus perspectivas al Siglo XXI*. T. I. R. Quintero et al. (eds.) CPCA–UNAM– UACH, México, 2000. P. 61-67.
- García Calderón N., Krasilnikov P., Dixon J.B., Pinilla A. La importancia de la cristalografía en la sostantabilidad edáfica de la Sierra Sur de Oaxaca // *Cristalografía. Fundamentos, Técnicas y Aplicaciones*. Ed. L. Bucio. Sociedad Mexicana de Cristalografía, A.C. P., 2005a. P. 283-292.
- García Calderón N.E., Krasilnikov P.V., Ibañez Huerta A., Alvarez Arteaga G., Fuentes Romero E., Marín Castro B.E. WRB classification of some polygenetic soils of Sierra Sur de Oaxaca, Mexico // *Euras. Soil Sci.* 2005b. V. 38. Suppl.1. P. S27-S34.
- García Calderón N.E., Ibañez Huerta A., Alvarez Arteaga G., Krasilnikov P.V., Hernández Jiménez A. Soil diversity and properties in mountainous subtropical areas, in Sierra Sur de Oaxaca, Mexico // *Canadian J. Soil Sci.* 2006. V. 86. P. 64-72.
- Geissen V., Casasola Hernández I., Sepúlveda Lozada A. Effect of open ditch draining on sediment and soil properties in cultivated areas in southeast Mexico // *Geoderma*. 2006. V. 136. P. 401-410.
- Geissen V., Kampichler C., López de Llergo Juárez J.J., Galindo-Acántara A. Superficial and subterranean soil erosion in Tabasco, tropical Mexico: Development of a decision tree modeling approach // *Geoderma*, 2007. V. 139. P. 277-287.
- Giani L., Bashan Y., Holguin G., Strangmann A. Characteristics and methanogenesis of the Balandra lagoon mangrove soils, Baja California Sur, Mexico // *Geoderma*. 1996. V. 72. P. 149-160.
- Gómez-Tagle Rojas A.F. Levantamiento de suelos del campo experimental forestal "Barranca del Cupatitzio" y sus relaciones con la vegetación de coníferas. Tesis Maestro en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, 1985. 135 p.
- Graham R.C., Franco Vizcaino E. Soils on igneous and metavolcanic rocks in the Sonorian Desert of Baja California, Mexico // *Geoderma*. 1992. V. 54. P. 1-21.
- Gutiérrez Castorena Ma. del C., Ortiz Solorio C.A. Origen y evolución de los suelos del ex-lago Texcoco, México // *Agrociencia*. 1999. V. 33. P. 199-208.
- Gutiérrez Castorena Ma. del C., Stoops G., Ortiz Solorio C.A., López Avila G. Amorphous silica materials in soils and sediments of the Ex-Lago de Texcoco, Mexico: An explanation for its subsidence // *Catena*. 2005. V. 60. P. 205-226.

- Gutiérrez Castorena Ma. del C., Stoops G., Ortiz Solorio C.A., Sánchez Guzmán P. Micromorphology of opaline features in soils on the sediments of the ex-Lago de Texcoco, México // *Geoderma*. 2006. V. 132. P. 89-104.
- Hernández Jiménez A. Informe sobre los suelos y sus factores limitantes para la caña de azúcar en el Central Motzorongo, Veracruz, México. SUCROMER, Veracruz, 1991. 125 p.
- Hernández Jiménez A., Ascanio García M.O. La historia de la clasificación de los suelos en Cuba. Editorial Felix Varela, La Habana, 2006. 98+ p.
- Hudson P.F. Event sequence and sediment exhaustion in the lower Panuco Basin, Mexico // *Catena*. 2003. V. 52. P. 57-76.
- Ikkonen E., Ángeles Cervantes E., García Calderón N.E. Producción de CO<sub>2</sub> en Andosoles afectados por incendios forestales en el parque nacional el Chico, Hidalgo // *Terra Latinoamericana*. 2004. V. 22(4). P. 425-432.
- IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- Kuhn N.J., Bryan R.B., Navar J. Seal formation and interrill erosion on a smectite-rich Kastanozem from NE-Mexico // *Catena*, 2003. V. 52. P. 149-169.
- Lorán N.R.M. Algunos estudios de suelos derivados de cenizas volcánicas del transecto Jalapa-Teocelo, Veracruz. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1976. 58 p.
- Martínez Gamiño M.A., Walthall P.M. Propiedades físicas, químicas y mineralógicas en el encostramiento de suelos de México y Louisiana, EU // *Terra*. 2000. V. 18(3). P. 179-185.
- May Acosta C., Bautista Zuñiga F. Colección de monolitos de suelos de la Península de Yucatán // Bautista Zuñiga F., Palacio Álvaro G. (Eds.) Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. UAC-UYA-INE, 2005. P. 87-104.
- Medina M.E. Estudios edáficos de la Villa de Milpa Alta, Distrito Federal, Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1993. 114 p.
- Méndez Linares A.P., López Portillo J., Hernández Santana J.R., Ortiz Pérez M.A., Oropeza Orozco O. The mangrove communities in the Arroyo Seco deltaic fan, Jalisco, Mexico, and their relation with the geomorphic and physical-geographic zonation // *Catena*, 2007. V. 70. P. 127-142.
- Mendoza Vega J., Karlton E., Olsson M. Estimation of amounts of soil organic carbon and fine root carbon in land use and land cover classes, and soil types of Chiapas highlands, Mexico // *Forest Ecology and Management*, 2003. V. 177. P. 191-206.
- Mendoza Vega J., Messing I. The influence of land use and fallow period on the properties of two calcareous soils in the humid tropics of southern Mexico // *Catena*. 2005. V. 60. P. 279-292.

- Mielich G. Chronosequences of volcanic ash soils / Hambg. Bodenkdl. Arb. 1991. V. 15. 207 p.
- Morán G.G. Algunos estudios edafológicos de los Municipios de Villa Juárez y Zihuateutla, Estado de Puebla. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1987. 80 p.
- Moreno Cáliz E., Guerrero P.A., Gutiérrez C.M. Del C., Ortiz S.C.A., Palma López D.J. Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono // Madera y Bosques. 2002. V.12. P. 115-128.
- Navarro C.J. Algunos estudios de suelos derivados de cenizas volcánicas del Nevado de Toluca (regiones este y sur). Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1976. 68 p.
- Palma López D.J., Cisneros O.J., Trujillo N.A., Granados A.N., Serrano B.J. Caracterización de los suelos de Tabasco (uso actual, potencial y taxonomía). DESIC-SECUR, Gobierno del estado de Tabasco. Villahermosa, Tab. México, 1985. 40 p.
- Palma López D.J., Cisneros D.J. Plan del uso sustentable de los suelos de Tabasco. Fundación Produce Tabasco, A. C. y Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tab. México, 1997. 169+ p.
- Peña V.M.L. Algunos estudios de suelos derivados de cenizas volcánicas y andosoles, cultivados con café en el transecto Jalapa-Córdoba, Veracruz. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1978. 106 p.
- Peña V.M.L. Alofano y minerales amorfos y sus relaciones con los andosoles y suelos de origen volcánico en el Estado de Veracruz. Tesis Maestra en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, 1980. 133 p.
- Pérez Zamora O. Distribution and accumulation types of calcium carbonate in soils of the coastal plains of Tecoman, Colima // Agrociencia. 1999. V. 33. P. 11-20.
- Prado B., Duwig C., Hidalgo C., Gómez D., Yee H., Prat C., Esteves M., Etchevers J.D. Characterization, functioning and classification of two volcanic soil profiles under different land uses in Central Mexico // Geoderma. 2007. V. 139. P. 300-313.
- Reyes Solis I.E., García Calderón N.E., Krasilnikov P. Changes in soil properties in the course of wastewater irrigation in Mezquital valley, Hidalgo, Mexico // Program and Abstracts Intern. Conf. "Global Soil Change", March 10-18, Mexico City, 2005. P. 61.
- Ruiz Fernández A.C., Páez Osuna F., Urrutia Fucugauchi J., Preda M. <sup>210</sup>Pb geochronology of sediment accumulation rates in Mexico City Metropolitan Zone as recorded at Espejo de los Lirios lake sediments // Catena, 2005. V. 61. P. 31-48.
- Rzedowsky J. Vegetación de México. 2ª ed. Limusa, México, 1983. 432 p.

- Sedov S.N., Solleiro Rebolledo E., Gama Castro J.E. Andosol to Luvisol evolution in Central Mexico: timing, mechanisms and environmental setting // *Catena*. 2003a. V. 54(3). P. 495-513.
- Sedov S., Solleiro Rebolledo E., Morales Puente P., Arias Herreia A., Vallejo Gómez E., Jasso Castañeda C. Mineral and organic components of the buried paleosols of the Nevado de Toluca, Central Mexico as indicators of paleoenvironments and soil evolution // *Quaternary International*, 2003b. V. 106-107. P. 169-184.
- Segura Castruita M.A., Gutiérrez Castorena Ma. del C., Ortiz Solorio C.A., Sánchez Guzmán P. Régimen de humedad y clasificación de suelos pomáceos del valle Puebla-Tlaxcala // *Terra Latinoamericana*, 2005. V. 23. P. 13-20.
- SEMARNAT. 2000. Estadísticas del medio ambiente 2000, México.
- Servenay A., Prat C. Erosion extension of indurated volcanic soils of Mexico by aerial photographs and remote sensing analysis // *Geoderma*, 2003. V. 117. P. 367-375.
- Solleiro Rebolledo E., Sedov S., Gama Castro J., Flores Román D., Escamilla-Sarabia G. Paleosol-sedimentary sequences of the Glacis de Buenavista, Central Mexico: interaction of Late Quaternary pedogenesis and volcanic sedimentation // *Quaternary International*. 2003. V. 106-107. P. 185-201.
- Solleiro Rebolledo E., Sedov S., McClung de Tapia E., Cabadas H., Gama Castro J., Vallejo-Gómez E. Spatial variability of environment change in the Teotihuacan Valley during the Late Quaternary: Paleopedological inferences // *Quaternary International*. 2006. V. 156-157. P. 13-31.
- Sommer I., Cram S. Suelos. // *La Guía Ambiental* (Eds. Unión de grupos ambientalistas). 1998. P. 223-231.
- Sommer Cervantes I., Flores Delgadillo L., Gutiérrez Ruiz M. Caracterización de los suelos de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas // *Ecología del Suelo en la Selva Tropical Húmeda de México* (Eds. J., Álvarez Sánchez, E. Naranjo). Fac. de Ciencias e Instituto de Biología, UNAM. Instituto de Ecología, A.C. México, D.F., 2003. P. 17- 67.
- Takahashi T., Nanzyo M., Shoji S. Proposed revisions to the diagnostic criteria for andic and vitric horizons and qualifiers of Andosols in the World Reference Base for Soil Resources // *Soil Sci. Plant Nutr.* 2004. V. 50. P. 431-437.
- Tenorio M.G. Evaluación de los recursos naturales suelo y agua del municipio de Xochitlán de Vicente Suárez, Puebla. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. México. 2003. 132 p.
- Toledo V. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventas // *Ciencias*. 1994. Nº 34. P. 15-22.

- Valdez M.G. Recuperación de un suelo salino-sódico en una chinampa de la Laguna del Toro, Xochimilco, D.F. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1995. 104 p.
- Valera Pérez M.A. Fisicoquímica y mineralogía de Andosoles de la región de Teziutlán, Estado de Puebla. Tesis Maestro en Ciencias (Edafología), Facultad de Ciencias, UNAM, 1994. 295 p.
- Vela Correa G., Flores Román D. Composición mineralógica de la fracción arcillosa de los suelos de la Sierra de Guadalupe, Distrito Federal // Boletín de Mineralogía. 2006. V. 17. P. 111–118.
- Warren C.J., Rudolph D.L. Clay minerals in the basin of Mexico lacustrine sediments and their influence on ion mobility in groundwater // J. Conatmin. Hydr. 1997. V. 27. P. 177-198.
- Wilding L.P., Puentes R. (eds.) Vertisols: their distribution, properties, classification and management. Technical Monograph no 18, Texas A&M University Printing Center, College Station TX USA, 1988. 302 p.