

ВСЕСОЮЗНАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
имени В. И. ЛЕНИНА

ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ имени В. В. ДОКУЧАЕВА

ЩЕПАЩЕНКО
ГЕННАДИЙ ЛЕОНТЬЕВИЧ

Ливневая эрозия почв
и методы борьбы с ней

МОСКВА 1991

ВСЕСОЮЗНАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
имени В. И. ЛЕНИНА

ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ имени В. В. ДОКУЧАЕВА

ЩЕПАЩЕНКО ГЕННАДИЙ ЛЕОНТЬЕВИЧ

Ливневая эрозия почв и методы борьбы с ней

Москва 1991

УДК 631.445.72: 631.459: 631.61.23 → 631.6.02(729.1)

Монография посвящена актуальной проблеме защиты почв от ливневой эрозии в условиях переменного-влажных тропиков на примере Республики Куба. В ней изложены закономерности ливневой эрозии, методы оценки потенциальной опасности ее распространения и картографирования эрозионноопасных земель, предложены способы защиты почв от эрозии с помощью различных фототехнических и агротехнических мероприятий, а также простейших гидротехнических сооружений. Все почвозащитные мероприятия сведены в автоматизированную систему, которая позволяет вести проектирование на персональных ЭВМ.

Книга рассчитана на широкий круг научных работников, проектировщиков, специалистов сельского хозяйства, работающих в южных регионах нашей страны, где распространена ливневая эрозия, а также выезжающих для работы в страны с тропическим и субтропическим климатом.

Рецензент доктор сельскохозяйственных наук РОЖКОВ А. Г.

Ответственный редактор академик ВАСНИЛ, профессор Л.Л. Шишов

© Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 1991

ВВЕДЕНИЕ

Эрозия почв наносит вред экономике многих стран, поэтому в специальной литературе последних лет ей уделяется много внимания. Однако большинство публикаций содержит сведения об эрозии почв регионов с умеренным климатом и значительно меньше - в странах тропического пояса, где она распространена наиболее широко. Это объясняется тем, что до недавнего времени большинство этих стран находились на низком уровне развития и не имели возможности изучать, а тем более бороться с эрозией почв. К ним относятся и Республика Куба, на большей части территории которой почвы в той или иной степени смыты.

Советский Союз оказывает Республике Куба большую помощь в развитии сельскохозяйственного производства путем поставки различной техники и командирования квалифицированных специалистов. В связи с этим автор настоящей книги в 1981 - 1989 гг. принимал активное участие в организации и проведении исследований эрозии и испытании противоэрозионных мероприятий.

Наши исследования были начаты в то время, когда в литературе имелись лишь отрывочные сведения об эрозии почв на Кубе, далеко недостаточные для разработки научно обоснованной системы борьбы с этим губительным явлением. Поэтому нами было сделано теоретическое обобщение всех предыдущих работ и проведены дополнительные исследования, направленные на решение этой крупной и важной для республики Куба государственной проблемы. При этом были изучены закономерности ливневой эрозии, составлена среднemasштабная карта эрозионноопасных земель, разработаны диагностика и классификация смытых почв. Полученные данные позволили разработать рекомендации по защите почв от ливневой эрозии в условиях переменного-влажных тропиков и создать автоматизированную систему оценки эрозионной опасности земель и проектирования противоэрозионных мероприятий на персональных компьютерах, что значительно ускоряет и облегчает работу проектировщиков.

Автор приносит глубокую благодарность дирекции и сотрудникам Института почв Кубы за содействие в организации и проведении полевых и камеральных работ.

Предисловие

Первые упоминания об эрозии почв на Кубе появились в литературе еще в конце прошлого века. Ф. Энгельс в "Диалектике природы", критикуя хищническое использование земли на Кубе, писал, что на кофейных плантациях, созданных на склонах гор, после выжигания естественной растительности «...тропические ливни смывают беззащитный отныне верхний слой земли, оставляя после себя лишь обнаженные скалы». Однако, несмотря на столь солидный возраст эрозии, ее изучению длительное время не уделялось должного внимания. Первые исследователи кубинских почв Беннет и Аллисон /Bennet и Allison, 87/ отмечали, что хотя эрозия почв здесь и наблюдается но распространена она только в пересеченной местности и не представляет большой опасности. Недооценка эрозионной опасности этими исследователями объясняется, вероятно, тем, что они не проводили специальных работ по учету смытых почв и естественно, не имели данных об их наличии. Такое предположение вполне вероятно, так как на Кубе распространена, в основном, плоскостная эрозия, которая не так заметна как линейная, и действительно встречается на ограниченных площадях, преимущественно в сильно расчлененных горных районах.

Кроме того, необходимо иметь в виду, что вскоре после исследований Ееннета и Аллисона началось бурное развитие сельского хозяйства. К началу 30-х годов XX в. население Кубы увеличилось по сравнению с 1900 г. в 3 раза /99/. Крупные латифундисты расширяли площади под ценными тропическими культурами (сахарным тростником, табаком, кофе и т. п.), а вытесненные ими с хороших земель крестьяне вынуждены были распахивать склоны, что вызвало быстрое развитие эрозионных процессов.

Прирост эродированных земель здесь происходит и в настоящее время, что связано с продолжающимся изменением структуры сельскохозяйственных угодий и повышением интенсивности использования земли без учета эрозионной опасности территории. Только за последние 30 лет более 2 млн. га естественных пастбищ на склонах были распаханы и освоены под сахарный тростник, цитрусовые и другие культуры. Уничтожение естественной растительности и замена ее сельскохозяйственными культурами не сопро-

вождались мерами, направленными на предотвращение эрозии. В этот же период резко повысилась оснащённость сельского хозяйства техникой. Количество тракторов, например, увеличилось в 10 раз, но интенсивность внедрения механизации происходило на фоне отсталых традиционных технологий выращивания культур. Число обработок почвы в процессе ее подготовки и ухода за культурами остается очень высоким, что при современной технике оказывает сильное отрицательное воздействие на почву.

В 60-х годах началось интенсивное изучение природных ресурсов Кубы, в том числе и почв. Первые же исследования почвоведов и географов показали, что эрозия почв здесь распространена гораздо шире, чем предполагалось ранее /87/. При составлении почвенных карт отдельных регионов /82,120,180/, а затем и всей страны /130/, были получены сведения о наличии смытых почв. Однако, из-за отсутствия классификации эродированные почвы отражались на первых картах без разделения по степени смытости, поэтому они также не выявили истинной картины.

В 1977 г. Генеральная дирекция почв и удобрений составила первую карту с выделением почв различной степени смытости. Но она была составлена не на основании полевых исследований, а путем обобщения данных о мощности почвенного профиля на склонах различной крутизны и сопоставления ее с эталонами. Полученные данные экстраполировались на всю площадь, занимаемую данным уклоном. Согласно этим расчетам слабосмытые почв на Кубе занимают 25%, среднесмытые -19%, сильносмытые -30% территории страны, т.е. на площади свыше 70% почвы считались смытыми /151/. По нашему мнению, эти данные слишком завышены, так как к эродированным были отнесены даже те площади, на которых почвы надежно защищены от ускоренной эрозии естественной травянистой и древесно-кустарниковой растительностью.

Несколько позже Эрнандес /Hernandez, 120/ и другие исследователи пытались уточнить площадь эродированных почв. Но они также не проводили сплошного обследования территорий, а определяли степень смытости на площадях, занятых отдельными типами почв. При этом было установлено, что практически все красные Ферритные и жёлтые ферраллитно-кварцитные почвы эродированы в той или иной степени /95, 144/. Несколько меньше распространена эрозия на коричневых карбонатных и гумус-карбонатных поч-

вах. Здесь смытыми оказались почвы на 45-50% обследованной территории /82,121/. Естественно, обследование отдельных типов почв различными авторами и по разным методикам не могло дать точного представления о наличии смытых почв. Кроме того, необходимо отметить, что в этих работах использовались разные классификации почв по степени смытости. Поэтому обобщить результаты исследований этих авторов чрезвычайно трудно.

Первые данные об интенсивности эрозии на Кубе были получены Гарентсом /Garents 116/. При повторном обследовании одного из водосборных бассейнов на острове Молодежи он установил, что за 4-5 лет использования жёлтых ферраллитно-кварцитовых почв в сельскохозяйственном производстве более 600 га ранее несмытых и слабосмытых почв полностью потеряли гумусовый и переходный горизонты. В связи с резким и сильным падением плодородия эти почвы были полностью исключены из землепользования.

Аскаио /Ascanio 82/, сопоставляя эталоны с мощностью профиля смытых почв в цитрусовых насаждениях, также определил, что на отдельных участках жёлтые ферраллитно-кварцитовые почвы теряют от эрозии ежегодно 40-50 т/га. На табачных плантациях в провинциях Пинар дель Рио и Вилья Клара потери от эрозии еще выше.

Герасимов /15/ после анализа некоторых литературных источников и посещения отдельных регионов Кубы с сильно развитой эрозией писал: «... мы на Кубе практически почти не находили полноразвитых почв в нашем традиционном понимании. На первый план здесь выступают тропические коры выветривания и продукты их переотложения в виде рыхлых наносов различного характера». Такое заключение, по нашему мнению, не совсем соответствует действительности, хотя оно и сделано на основании личного наблюдения известного исследователя. Эрозия распространена на Кубе очень широко, но вместе с тем на равнинных территориях, которые занимают здесь значительные пространства, нередко встречаются красные ферраллитные почвы в сочетании с темными слитыми, глеевыми и гумус-карбонатными пластичными почвами, которые в большинстве своем благодаря своему местоположению и другим причинам, не подвержены эрозии или бывают смыты в небольшой степени.

Изучение эрозионных процессов на Кубе началось в 70-е годы, когда под методическим руководством Радкова /164/ был построен первый стоковый стационар на табачной станции Сан Хуан и Мартинез. Стоковые площадки располагались на склонах крутизной 4 градуса с жёлтыми ферраллитно-кварцитовыми почвами. Длина площадок 8м, 16м, 24м, 32 м, а ширина 2 м. Наблюдения за стоком и смывом почвы на этом стационаре показали, что на делянках, незащищенных растительным покровом, эрозия почвы может достигать 190-200 т/га в год /172/. Там же впервые были получены сведения, противоречившие сложившимся понятиям о влиянии длины склона на эрозию. Потери почвы на длинных площадках были равными или даже несколько меньшими, чем на коротких. Однако это было истолковано как ошибка в наблюдениях. В последующие годы на этом стационаре изучали сток и смыв почвы в различные периоды года и в различные фазы роста табака, а также некоторые виды противоэрозионных мероприятий. Сравнительно небольшие размеры площадок не позволили испытать многие агротехнические и тем более гидротехнические мероприятия. К сожалению, длительное время этот стационар был единственным. Заложенный в строго определенных условиях (один тип почвы, одна крутизна склона), он не мог обеспечить получение данных, необходимых для понимания закономерностей эрозии почв на Кубе.

В конце 70-х годов в провинции Пинар-дель Рио был построен второй стоковый стационар в системе министерства лесного хозяйства Кубы. Однако на нем изучались не закономерности эрозии, а влияние различных лесохозяйственных мероприятий на гидрологический режим почв /43/.

Еще в середине 60-х годов борьбе с эрозией почв на Кубе стало уделяться особое внимание. Но, поскольку опыта такой работы и собственные подготовленные кадры отсутствовали для решения этой проблемы были приглашены специалисты из различных стран, но так как единой программы исследований не было, работы велись бессистемно. Каждый специалист в рамках своих знаний и опыта выполнял определенный объем работ и уезжал. Преемственность отсутствовала, работу предшественника никто не анализирован и не продолжал. Поэтому сведения об эрозии и методах борьбы с ней носили отрывочный характер. Положение усугублялось еще и тем, что иностранные специалисты приезжали, в ос-

новном, из регионов с умеренным климатом, где эрозия в значительной степени отличается от эрозии в тропиках. Краткосрочность пребывания не позволяла им достаточно полно изучить и осмыслить основные закономерности: эрозии, поэтому нередко для защиты почв от эрозии предлагались мероприятия, не способные решить эту задачу.

В конце 60-х годов сотрудники ФАО Пело Парди- и Саккуман /Pelo Pardi, Saccuman 153/ с целью охраны почв от эрозии предложили разделить земли Кубы на три категории в зависимости от крутизны склонов: 1) земли с уклоном- менее 15%, на которых можно выращивать практически любые сельскохозяйственные культуры, соблюдая определенные противоэрозионные правила; 2) земли с уклоном от 15% до 100 % предназначались только для: пастбищ; 3) территории с уклоном поверхности более 100% отводились для лесного хозяйства. По мнению авторов этих рекомендаций, такое деление территории не предотвратит эрозию, но сильно снизит ее. Поскольку рекомендации были слишком общими, реализованы они не были. В этот же период Пело Парди /Pelo Pardi 159/ разработал и реализовал проект по террасированию нескольких участков в горах Сьерра Маэстра и Сьерра де лос Органос. Здесь на ступенчатых террасах были созданы кофейные плантации, которые существуют и сейчас. Некоторые из террас, вследствие отсутствия должного ухода, смыты и не выполняют своих функций, но в целом на террасированном участке сильной эрозии не наблюдается. Однако, несмотря на положительный опыт, террасирование горных склонов дальнейшего распространения не получило из-за высокой стоимости и трудоемкости работ.

Чешский специалист Хильский /Hylski 127/ подготовил проект по борьбе с овражной эрозией. Для этой цели он рекомендовал устройство всевозможных механических и растительных защит на дне оврагов для перехвата и осаждения твердого стока, а также всевозможные гидротехнические сооружения. Но в связи с тем, что овраги для Кубы явление редкое и встречаются они преимущественно в малонаселенных горных районах, составленные более 20 лет назад рекомендации до сих пор не применяются.

С середины 70-х годов Генеральная дирекция почв и удобрений Министерства сельского хозяйства Кубы постоянно проводит испытание различных противоэрозионных мероприятий под руко-

водством советских специалистов /102,142,176/. Первоначально эти работы велись так называемым экспертным методом без должного теоретического обоснования. Испытывались, в основном, инженерные сооружения (валы-террасы), направленные на регулирование поверхностного стока. Так продолжалось до середины 80-х годов, когда были опубликованы первые результаты исследований ливневой эрозии почв /74,168,169/. При этом отмечалось, что одним из основных агентов эрозии в условиях влажных тропиков, в частности на Кубе, являются капли дождя. Поверхностный сток участвует главным образом в транспортировке продуктов эрозии, отделенных каплями. В заключение были сделаны выводы о том, что основным принципом охраны почв от эрозии на Кубе должна стать защита их от разрушительного действия капель дождя с помощью живого напочвенного покрова или каких-либо мульчирующих материалов. Кроме того необходимо предусматривать различные мероприятия, направленные на регулирование поверхностного стока. Поэтому вскоре в Институте почв и других научно-исследовательских организациях начали испытывать различные фототехнические и другие почвозащитные мероприятия.

Детальный анализ результатов изучения эрозии почв и борьбы с ее последствиями, полученных разными исследователями свидетельствует о том, что это явление широко распространено на Кубинском архипелаге. Эрозия наносит большой ущерб экономике страны в целом и сельскому хозяйству в частности, однако до последнего времени борьбе с ней здесь не уделяли должного внимания. Закономерности смыва и переотложения продуктов эрозии в различных природных условиях Кубы до начала наших работ практически не изучались, а испытание противоэрозионных мероприятий носило стихийный характер. Поэтому свои исследования по защите почв Кубы от эрозии мы начали с изучения закономерностей ливневой эрозии и оценки потенциальной опасности ее распространения.

На первом этапе работ был выбран диагностический признак, позволяющий достоверно отличать смытые почвы от несмытых. Таким признаком является суммарная мощность горизонтов А и В1. Затем были установлены типичные колебания диагностического признака в различных природных условиях. Для этой цели заложено 200 разрезов под естественной растительностью на равнинных

и склоновых землях. Математическая обработка полученных данных позволила разработать модели эталонов несмытых почв. Были также изучены эродированные почвы Кубы, разработаны их диагностика и классификация /76/.

Закономерности смыва и переотложения продуктов эрозии изучали преимущественно сравнительно-географическим методом, суть которого заключается в установлении фактического смыва почв в различных природных условиях. На Кубе, как и в большинстве других развивающихся стран с тропическим климатом, на протяжении всей истории сельского хозяйства существует монокультурная система земледелия. Поэтому практически везде можно найти участки земли, где на протяжении длительного времени выращивается одна и та же культура. Это дало нам возможность заложить пробные площади на участках с одинаковым хозяйственным использованием, но с различным сочетанием природных факторов (почвенный покров, рельеф, осадки). В различных провинциях страны было заложено около 500 разрезов. Измерял мощность оставшейся части профиля и сравнивая ее с разработанными ранее моделями эталонов несмытых почв, мы установили, какая часть ее была смыта. Это в свою очередь позволило нам получить количественные критерии влияния определенного сочетания природных факторов на эрозию почв. По нашему мнению, фактическая эродированность почв, длительное время находившихся в сельскохозяйственном использовании, лучше любого другого показателя отражает эрозионное влияние всего комплекса природных условий, сложившегося на данной территории.

Отдельные аспекты механизма капельной эрозии изучали методом искусственного дождевания. Определяли влияние на эрозию различных параметров осадков - размера капель, толщины слоя осадков и их интенсивности с помощью дождевальной установки, состоящей из легкоъемных пластмассовых труб длиной 2 м и диаметром 20 мм, мотопомпы, резервуара для воды и соединительных шлангов.

Противоэрозионные мероприятия испытывали сначала на стоковых площадках (севообороты, сроки посева основных и промежуточных культур), а затем на специально созданном стоковом стационаре на базе водосборного бассейна общей площадью 30 га. Территория бассейна была разбита на 10 микроводосборов. На каж-

дом из них были построены водосбросные сооружения и установлено оборудование для автоматического контроля за стоком осадков.

Полученные результаты исследований позволили разработать и обосновать систему защиты почв от ливневой эрозии при выращивании различных сельскохозяйственных культур.

Глава 1. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ЭРОЗИИ ПОЧВ НА КУБЕ

История возникновения ускоренной водной эрозии почв на Кубе самым тесным образом связана с историей ее заселения. Когда в 1492 г, Колумб вступил на землю Кубы, на острове насчитывалось около 200 тыс. человек аборигенов /128/, которые занимались, в основном, сбором дикорастущих плодов и ягод. В это время 90-95% территории острова было занято лесами, которые надежно защищали почву от эрозии. Хозяйственная деятельность индейских племен того времени не могла нанести серьезного ущерба естественной растительности и другим компонентам природы в силу низкого уровня их экономического развития и малой плотности населения. С приходом испанцев положение изменилось. Началось строительство поселений, вокруг которых создавались животноводческие фермы и закладывались плантации овощных культур. Однако к в этот период воздействие на природу было незначительным, так как фермы эти были небольшими. Кроме того, пер вые землевладельцы имели возможность выбирать для обработка наиболее удобные места с равнинным рельефом и высоким плодородием почв. Распространенная в то время в тропиках переложная система земледелия /162/ предусматривала короткий период эксплуатации участка, после чего он оставлялся, зарастал травой, кустарниковой, а затем и древесной растительностью; поэтому почва вновь могла восстанавливать утраченное плодородие. Следовательно, в первый период колониальной эпохи естественная среда на Кубе подвергалась незначительному изменению в окрестностях поселений, на небольшой территории, что не имело большого влияния на развитие эрозии почв.

К середине XVIII р. среди сельскохозяйственных культур важное значение стали приобретать сахарный тростник и табак., спрос на которые был очень высок не только на Кубе и в метрополии, но и в других странах. Поэтому производство этих культур здесь резко возросло. Леса стали вырубаться, а на их мест создавались плантации сахарного тростника, табака и кофе. Для работы на плантациях на Кубу ежегодно завозили десятки тысяч негров из Африки, что повлекло за собой резкий прирост населения. Если к началу XIX в. на Кубе насчитывалось чуть более 200

тыс. человек, то к концу его население возросло до 1,5 млн /156/. Естественно, увеличилась и площадь распаханых земель. К концу прошлого века уже свыше 30% территории страны, преимущественно равнинные пространства центральной части острова, обладающие наиболее благоприятными для земледелия условиями были заняты плантациями сахарного тростника. Неподалеку от плантаций строились заводы, перерабатывающие сахарный тростник, которые работали на энергии, получаемой при сжигании дров. Поэтому строительство их привело к дальнейшему увеличению площади вырубаемых лесов. Если в начале XIX в. на Кубе вырубалось около 1,3 тыс. га леса, то к 1844 г. эта величина возросла до 53,6 тыс. га /62/. В этот же период в западных районах Кубы началось интенсивно развиваться табаководство. В середине XIX в. уже не только равнины, но и значительные пространства холмистых территорий были заняты плантациями табака.

На освоенных землях противоэрозионные мероприятия не применялись, поэтому вскоре на них началась ускоренная эрозия почв. При большом количестве осадков и высокой интенсивности их выпадения почва, лишенная естественной растительности, быстро теряла плодородный слой. Однако это не беспокоило плантаторов, так как при наличии значительных пространств незанятой земли, было выгодней время от времени забрасывать старые пашни с разрушенным эрозией почвенным покровом и осваивать новые, чем применять какие-либо противоэрозионные мероприятия.

К концу XIX в. положение заметно ухудшилось. Все равнинные территории, пригодные для выращивания ценных тропических культур, были заняты, поэтому началось освоение горных районов страны. Здесь так же, как и на равнинах, выжигались леса и обрабатывались земли на крутых склонах, что повлекло за собой дальнейшее распространение эрозии.

Таким образом, главной причиной возникновения и быстрого распространения эрозии почв на Кубе, как и в других регионах Земного шара, является уничтожение естественной растительности и неправильное использование земли, человеком в процессе его хозяйственной деятельности.

Несмотря на сравнительно небольшие размеры, Куба характеризуется сложным сочетанием природных факторов, большинство

которых способствуют возникновению и интенсивному развитию эрозии почв. Ниже приводится краткая характеристика этих факторов.

Климат

Куба занимает промежуточное положение между районом засушливого климата Юкатана и районом влажного климата Больших Антильских островов. Это определяет господство на острове умеренно влажного климата с переходом к умеренно засушливому на отдельных его участках, преимущественно в северных и северо-восточных районах. Локальные отклонения от этих типов на отдельных территориях связаны с барьерной ролью горных массивов.

Главной особенностью климата является относительная однородность радиационного баланса ($80 \text{ ккал/см}^2/\text{год}$). Среднегодовая многолетняя температура воздуха равна $+ 24-26 \text{ }^\circ\text{C}$. (рис.1).

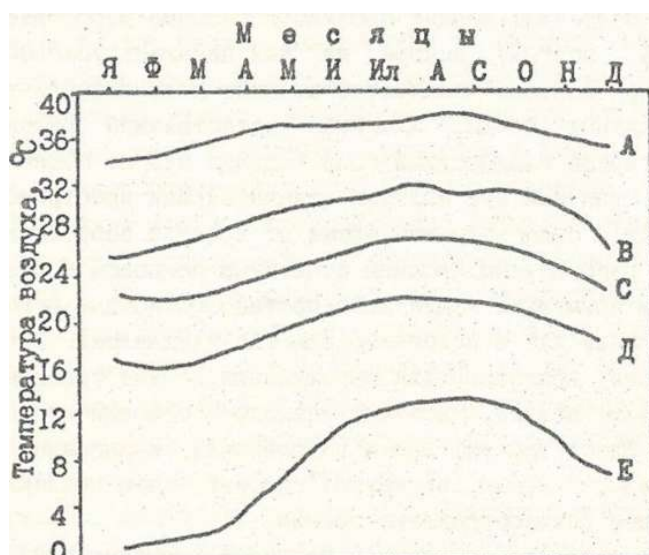


Рис. 1. Годовой ход температуры воздуха на Кубе
А – абсолютный максимум, Б – средняя максимальная, С – средняя годовая, Д – средняя минимальная, Е – абсолютный минимум.

В самом теплом месяце (июле) она достигает $+ 27-29 \text{ }^\circ\text{C}$, а в холодном (январе) - $+21-24 \text{ }^\circ\text{C}$. Средняя многолетняя макси-

Максимальная температура воздуха в июле составляет $+29^{\circ}\text{C}$, а минимальная - в январе $+17^{\circ}\text{C}$. Сведения с суточных ритмах температуры воздуха на Кубе приводятся на рисунке 2.



Рис. 2. Температура воздуха в различные часы дня, град. С

Сумма активных температур (выше 10°C) на равнинах колеблется между 8800 и 9500 $^{\circ}\text{C}$. Во внутренних горных районах страны ход температуры более контрастен. Здесь годовая сумма активных температур может опускаться до 3500 $^{\circ}\text{C}$.

Амплитуда колебаний температуры на поверхности почвы в течение года составляет 6°C , (зимой $+22$, а летом $+28^{\circ}\text{C}$). На глубине 1,5 м она равна 3 град., а на глубине 3,2 м температура изменяется меньше чем на один градус /11/. Отсутствием существенных изменений температурных градиентов является характерной чертой теплового режима тропических почв. Такой высокий и стабильный режим в сухой период способствует сильному иссушению почв в поверхностном слое, что вызывает разрушение структуры и снижает ее противозерозионную устойчивость. Поэтому даже незначительные дожди, выпавшие в этот период, вызывая эрозию.

Годовое количество осадков варьирует от 800 мм до 2200 мм /63/, а в отдельные годы достигает 3000 мм. В распределении их можно заметить несколько закономерностей: количество осадков возрастает от берега вглубь острова, а также с увеличением высоты местности. С высотой количество осадков возрастает на

50-75 мм на каждые 100 м. Наибольшее количество осадков отмечается на востоке страны. Распределение их по сезонам года очень неравномерное. Летом (с мая по октябрь) выпадает 75-80% от годовой нормы. Такое распределение имеет отклонения только в восточной части Кубы, где сложный рельеф находит отражение в другом распределении осадков. Здесь в горных массивах максимум их отмечается в мае и ноябре, а минимум – в июле и марте.

На Кубе наблюдается большая изменчивость величины осадков по отдельным годам. В многолетнем цикле бывают периоды, когда 3-4 года подряд осадков выпадает на 20-30% больше или меньше нормы. Наблюдались месячные нормы порядка 700-900 мм. Интенсивность дождя может достигать 80- 100 мм в сутки на равнинах и 120-140 мм - в горных районах. В отдельные годы бывали случаи, когда суточный максимум осадков достигал 300 мм. Однако для Кубы наиболее характерны короткие, но высокоинтенсивные ливни. Пятьдесят два процента дождей продолжаются не более 30 минут (табл 1). Средняя максимальная 5-минутная интенсивность варьирует от 3 мм/мин на равнинах до 4,4 мм/мин в горных районах. Пиковая интенсивность отдельных ливней достигает 9-10 мм в минуту /129/. Величина испарения примерно равна количеству осадков, поэтому коэффициент увлажнения равен 1. В сухой сезон он меньше (0,27-0,56), а в дождливый - больше (1,18-1,88). Дефицит увлажнения в сухой период составляет 461 мм, а избыток во влажный - 479 мм. Резко контрастный характер выпадения осадков в течение года оказывает большое влияние на почвообразование. Он создает условия для сквозного промачивания или переувлажнения во влажный период, а также для сильного иссушения в сухой. Высокая интенсивность осадков способствует формированию на склонах мощных потоков, которые вызывают сильную эрозию почв.

Следовательно, характерной особенностью климата Кубы является относительное постоянство температурного режима и сильное варьирование осадков. Осадки здесь влияют на все другие природные факторы, в том числе почвы и растительность. В зависимости от их количества и интенсивности (при прочих равных условиях) на склонах формируется различный поверхностный сток, разрушающий в той или иной мере верхние горизонты почвы. Поэтому, при оценке эрозионного влияния климата на Кубе в расчет принимались только осадки. Однако оценить степень влияния

осадков на эрозионную опасность земель чрезвычайно сложно. Сильная неравномерность их выпадения создает значительные трудности в выборе характеристик и критериев для определения их

Таблица 1. Годовая обеспеченность осадками различной продолжительности

Продолжительность дождя в минутах	Количество дождей в шт./год.	Обеспеченность, %
менее 10	228	27,4
11 - 20	119	14,3
21 - 30	90	10,8
31 - 40	64	7,7
41 - 50	44	5,3
51 - 60	39	4,7
61 - 120	137	16,5
121 - 240	76	9,4
241 - 360	23	2,8
361 - 720	9	1,0

эрозионного влияния. Многие ученые, изучавшие этот вопрос, пытались установить связь между потерями почвы в процессе эрозии и характеристиками осадков, но прямой корреляции ни с количеством осадков, ни с любыми другими их показателями установить не удалось.

Вишмейер и Смитт /Wischmeier, Smith, 1977/ после обобщения многолетних наблюдений за стоком и смывом почвы на территории США, пришли к выводу, что наиболее

тесная корреляция наблюдается между смывом почвы и эрозионным индексом Ei_{30} , который представляет собой произведение кинетической энергии дождя на его максимальную 30-минутную интенсивность. Этот индекс вошел в универсальное уравнение потерь почвы, которое авторы рекомендуют практически для всех регионов Земного шара. Аналогичным образом рассчитывали эрозионный индекс осадков Руз /Roos 165/ для западной Африки, Мессон /Masson 147/ - для Туниса, Долваил /Dolwaille 100/ - для Нигера и Балли /Bailly 84/ - для Мадагаскара. Однако Гудзон, изучавший эрозию в Южной Африке, установил, что эрозионный индекс Вишмейера-Смитта не пригоден для тропических условий /126/. Поэтому он предложил свой индекс ($KE > 1$), который представляет собой кинетическую энергию дождя интенсивностью более 1 дюйма (25 мм) в час.

Гудзон принимал во внимание не все осадки, а только дожди со слоем более 10-12 мм и интенсивностью выше 25 мм/час. Если

рассматривать с этой точки зрения осадки на Кубе, то можно прийти к выводу, что только 30% из них могут вызывать эрозию. Однако наши исследования показали, что на Кубе эрозию почв вызывает практически любой дождь. Следовательно, эрозионный индекс Гудзона также нельзя использовать на Кубе, так как он учитывает только те осадки, которые могут формировать поверхностный сток, и совсем не учитывает эрозионную роль капель дождя. В связи с этим, наиболее удачным, по нашему мнению, индексом, определяющим влияние осадков на эрозию в условиях тропиков, является индекс Лал /Lal 138/. Он рассчитывается по формуле:

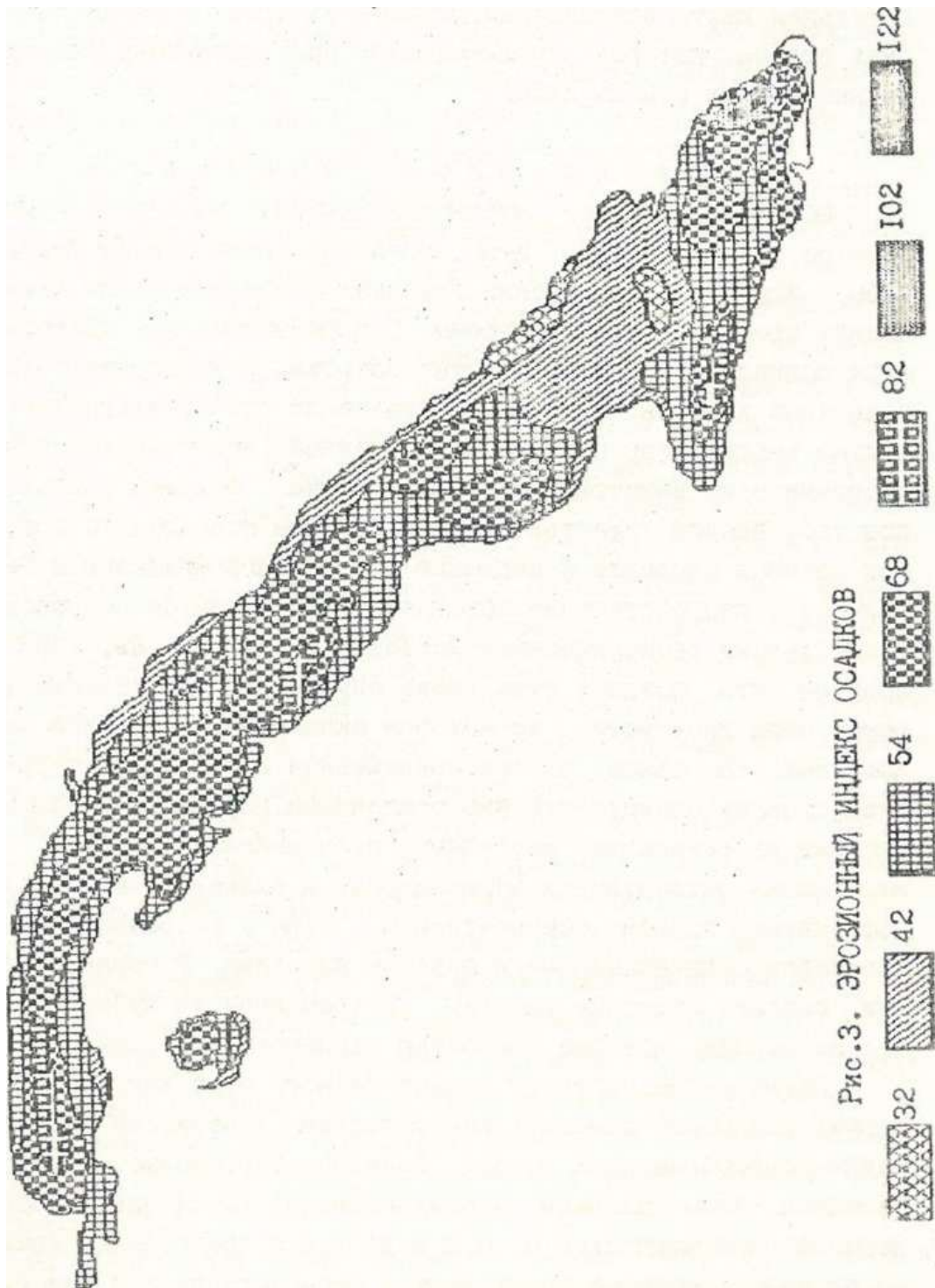
$$C = \sum_1^n A_i \cdot i_{\max},$$

где A – количество осадков, n – число дней с осадками, i_{\max} – максимальная интенсивность осадков. Индекс легко рассчитывается и имеет высокую корреляцию с потерями почвы ($r = 0,96$) в условиях Кубы /96/. Используя эту формулу и многолетние данные об осадках на Кубе, мы рассчитали эрозионный индекс для всей страны. Для упрощения расчетов при дальнейшем использовании индекса, полученные по этой формуле числа были разделены на 100. Таким образом был получен показатель влияния осадков на эрозионную опасность земель (C), который выражается рядом чисел от 21 в районе Гуантанамо до 115 в горных районах Ориенте (рис.3). Затем полученные значения эрозионного индекса были сгруппированы в классы таким образом, чтобы использование средних значений двух соседних классов в формуле расчета потерь почвы давало различие, несколько превышающее единицу измерения с учетом возможной ошибки, которая рассчитывалась по формуле

$$\Delta C = C \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{i_{\max}} \right)$$

где C – эрозионный индекс осадков, a – количество осадков, используемых для расчета каждого конкретного показателя эрозионного влияния, i_{\max} – максимальная интенсивность осадков.

С ростом значения индекса увеличивается и его ошибка, поэтому при делении его значения на классы нами использовалась



расширяющаяся шкала /3/. Таким образом была составлена вспомогательная карта воздействия осадков на почву в различных регионах страны, которая использовалась при составлении карты эрозионноопасных земель Кубы.

Геологическое строение

Согласно гипотезе кубинских ученых Масипа и Исальго /Masipe, Isalgo 146/), суша, представляющая теперь территорию Кубы, зародилась в морских глубинах и обязана своим происхождением орогеническим процессам. Первоначально над поверхностью моря поднялись четыре вытянутых острова, повторяющие очертания подводных хребтов, которые и образовали основу архипелага. Как только вершины гор появились на дневной поверхности, началось энергичное их выветривание и разрушение. Обломки горных пород под собственной тяжестью и под действием стекающих с гор водных потоков сползали к подножью гор и, нагромождаясь в береговой зоне, способствовали объединению появившихся островов. Обстоятельными геологическими исследованиями /79, 89, 135/ установлено, что позднее суша вновь опустилась и в течение многих веков была дном моря, на котором скапливались останки морских животных. В связи с этим современная поверхность территории суши сложена преимущественно осадочными породами: меловыми и юрскими известняками, мергелями, песчаниками, сланцами, а также толщами четвертичных делювиальных и аллювиальных отложений. Эффузивные породы (серпентиниты, туфы) встречаются здесь в сочетании с известняками и другими породами. В горных районах они слагают обширные массивы. Встречаются на Кубе и магматические породы, которые полностью серпентинизированы.

Несмотря на пестроту геологического строения Кубы, на ее территории можно заметить некоторые закономерности в распределении почвообразующих пород. Равнинно-террасовые пространства Западной Кубы сложены преимущественно двучленными породами. Верхний слой мощностью от 0,3 м до 1,5 м представлен кварцевыми песками, которые подстилаются песчаноглинистой или глинистой толщей. Равнины центральных и восточных районов сложены монтмориллонитовыми глинами, а горные массивы Сьерра Маэстра. Сьерра де Баракоа и многие другие – меловыми известняками и серпентинитами. Отдельные территории заняты древними корами

выветривания сравнительно небольшой мощности.

Геологическое строение территории также играет важную роль в возникновении эрозии и ее интенсивности. Это проявляется не только в том, что с каждым типом горной породы сопряжены специфические формы рельефа со склонами различной формы, крутизны и протяженности, но и в составе и свойствах почв.

Известно, что почвы, сформировавшиеся на продуктах выветривания гранитоидов и кварцитов отличаются легким гранулометрическим составом и слабой противозэрозийной устойчивостью. Примером могут служить серо-коричневые почвы на гранодиоритах, широко распространенные в провинциях Вилья Клара и Камагуэй. Они легко эродированы даже на пологих склонах. Полной противоположностью им являются почвы, развивающиеся на элювии эффузивных и плотных осадочных породах. Например, красные ферраллитные почвы на корках выветривания неогеновых известняков, обладают тяжелым гранулометрическим составом, хорошей структурой и рядом других свойств, определяющих их высокую противозэрозийную устойчивость. Почвы на продуктах выветривания серпентинитов содержат значительное количество железа, которое также способствует структурообразованию, но агрегаты формируются мелкие и в тропиках с высокоинтенсивными ливнями они могут легко перемещаться каплями дождя.

Иногда геологическое строение влияет на эрозию почв не через их свойства, а косвенным образом. В качестве примера можно привести желтые ферраллитно-кварцитные почвы, сформировавшиеся на двучленных отложениях в западных районах Кубы. Верхняя часть профиля этих почв имеет супесчаный или легкосуглинистый состав, а нижняя – тяжелосуглинистый или даже глинистый. Такое строение способствует развитию эрозии. Выпадающие осадки быстро впитываются, насыщают все пространство над подстилающим тяжелым слоем и начинают стекать по склону, вызывая эрозию почв. В этих почвах наблюдается и внутрисочвенный горизонтальный сток.

Из приведенных выше примеров видно, что геологическое строение территории влияет на развитие эрозии в большинстве случаев через почву, поэтому его количественная оценка дана нами совместно с почвами.

Почвы

Первые сведения о почвах Кубы появились в литературе еще в начале XX века, однако детальное описание и классификация их были сделаны несколько позже. В 20-х годах американские исследователи Беннет и Аллисон опубликовали несколько работ о почвах Кубы, а в 1928 г. составили первую почвенную карту и монографию /88/. При этом они пользовались американской классификацией, согласно которой все почвы Кубы были разделены на 104 серии. Эту же классификацию применяли и кубинские почвоведы, которые в 50-х годах более детально описали почвы отдельных регионов страны /150/.

В начале 60-х годов появились первые статьи советских ученых, посвященные кубинским почвам /11, 53, 56/. Некоторые из них содержали попытки классификации почв Кубы с генетической точки зрения /57, 174/. В 1966 г. С. В. Зонн /25/ предложил первую генетическую классификацию кубинских почв, в основу которой были положены гидротермические режимы и типы выветривания горных пород, а также процессы, определяющие особенности накопления и миграции веществ. Одновременно с этим С. В. Зонн составил своего рода переводную таблицу, из которой видно, какому типу генетической классификации соответствуют серии почв, по американской классификации.

В 1968 году Л.Л. Шишов разработал классификацию почв сахарнотростниковых плантаций /69, 171/, основанную главным образом на почвообразовательных процессах. Она весьма детально обоснована, но не охватывает всего разнообразия кубинских почв. Поэтому кубинские почвоведы с помощью советских специалистов в 1975 г. составили вторую генетическую классификацию почв Кубы на основании классификаций С.В. Зонна и Л.Л. Шипова. Эта классификация, по мнению большинства ученых, наиболее удачная, поэтому она принята к использованию в национальном масштабе /133/. Позднее предлагались и другие версии классификаций кубинских почв /132/, но они не нашли широкого применения. Мы в своих исследованиях так и пользовались второй классификацией почв.

Согласно этой классификации, на Кубе насчитывается 10 почвенных групп, которые делятся на 29 типов (табл. 2). Однако

Таблица 2. Систематический список почв Республики Куба

Группы почв	Тип почв
I Ферритные	1. Ферритная пурпурная
II Ферраллитные	2. Ферраллитная красная 3. Ферраллитная красная лессивированная 4. Ферраллитная желтоватая 5. Желтая ферраллитно-кварцитная 6. Красноовато-желтая ферраллитно-кварцитная
III Феррсиаллитные	7. Коричневато-красная ферромагнетиальная 8. Красноовато-коричневая
IV Коричневые	9. Коричневая карбонатная 10. Коричневая бескарбонатная 11. Серо-коричневая
V Кальциеморфные	12. Гумус- карбонатная 13. Рендзина красная • 14. Рендзина черная
VI Вертисоли	15. Темная пластичная глеевая 16. Темная пластичная глееватая 17. Темная пластичная неоглеенная
VII Глеевые	18. Глей гумусовый 19. Глей ферраллитный 20. Глей желтоватый кварцитный 21. Гумусово-торфянистая
VIII Галоморфные	22. Болотная 23. Солончак мангровый 24. Солончак 25. Солонец
IX Аллювиальные	26. Аллювиальная
X Слаборазвитые	27. Песчаная кварцитная 28. Песчаная известняковая 29. Скелетная

мы изучали не все почвы, а только те, которые широко используются в сельскохозяйственном производстве и подвергаются ускоренной эрозии. Среди них первые пять групп: ферритные, ферраллитные, феррсиаллитные, коричневые и кальциеморфные. Эти почвы

были изучены нами более детально. Ниже приводится их описание.

Ферритные пурпурные почвы имеют сравнительно небольшое распространение на Кубе /130/. Наибольшие массивы их встречаются в горных районах северо-востока страны (Никора, Моа, Пинарес де Майори), а также в провинциях Камагуэй и Пинар дель Рио (на севере горной системы Сьерра дель Россарио). Общая площадь их составляет 1800 кв. км. /131/. Формируются эти почвы как на современных продуктах выветривания серпентинитов, так и на древних корках выветривания этих пород /65/.

Наиболее характерными морфологическими признаками ферритных почв, сформировавшихся на корках выветривания, является значительная мощность почвенного профиля. В провинции Ольгин нами был описан профиль красной ферритной почвы мощностью 4,5 м., окрашенный однообразно в яркий пурпурный цвет. Переход в почвообразующую породу был ясно выражен по цвету. Кора выветривания имела жёлтый (лимонный) цвет и помимо этого отличалась от почвы большей плотностью, отсутствием пердигона и других новообразований. Вся четырехметровая толща ее очень однообразная. На глубине 8,5 м от дневной поверхности кора выветривания переходит в рухляк серпентинитов, который, в свою очередь, сменяется плотной породой

На склонах эти почвы формируются на современных продуктах выветривания серпентинитов. Под влиянием эрозии они постоянно "омолаживаются" и поэтому даже под естественной растительностью имеют сравнительно маломощный профиль (1-1,5 м).

Гранулометрический состав ферритных почв обычно тяжело-суглинистый (рис.4), однако вследствие высокой микроагрегативности при полевом описании их нередко относят к пылеватым суглинкам. Лабораторные методы оценки гранулометрического состава этих почв также не дают ясности, поскольку высокое содержание в них железа затрудняет диспергацию почвенной массы /166/.

В верхней части профиля этих почв преобладает песчаная фракция, однако с глубиной содержание ее постепенно уменьшается с одновременным увеличением доли физической глины, в составе которой доминирует ил. На глубине 60- 70 см прирост количества ила прекращается и глубже может наблюдаться даже некоторое его уменьшение. С. В. Зонн /27/ связывает это явление с лессивирова-

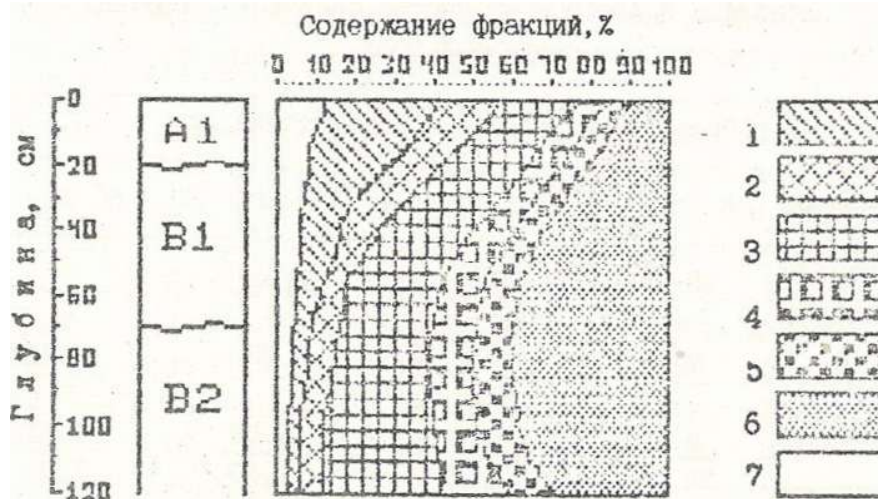


Рис. 4. Гранулометрический состав ферритных пурпурных почв
Фракции, мм: 1 – 2-0,2; 2 - 0,2-0,005; 3 - 0,05-0,01; 4 - 0,01-0,005;
5 - 0,005-0,001; 6 - <0,001; 7 – потеря от обработки HCl.

нием. По его мнению, в почвах, сформировавшихся на корках выветривания, лессиваж может проявляться до глубины 2 м и более, а в почвах с менее мелким профилем повышенное содержание ила наблюдается в пределах первого метра.

Агрегатный состав ферритных почв характеризуется яркой выраженностью. Особенно хорошо заметны агрегаты размером от 1 мм до 5 мм (табл.3). Сухой рассев образца ферритных почв подтверждает визуальные наблюдения. Содержание агрегатов > 0,25мм даже на глубине 60-70 см достигает 76% в типичных и 90% в конкреционных почвах. Мокрый рассев образцов также свидетельствует о хорошо выраженной структуре ферритных почв. Однако необходимо отметить, что данные эти сильно завышены за счет присутствия железисто-кварцевых конкреций. Размеры последних варьируют от 0,25 мм до 5 мм, распределение их по профилю неравномерное.

Величина реального содержания водопрочных агрегатов в ферритных пурпурных почвах свидетельствует об их слабой оструктуренности, несмотря на высокое содержание железа (табл.4).

Плотность ферритных пурпурных почв сравнительно невысокая; в пахотном слое она составляет всего 1,20-1,25 г/см³, постепенно увеличиваясь к низу по мере уменьшения содержания гумуса и увеличения количества конкреций (табл.5). Удельная

Таблица 3. Агрегатный состав типичных ферритных пурпурных почв

Размер частиц, мм	Содержание фракций, % на глубине, см			
	0-10	20-30	40-50	60-70
> 10	23,54	5,56	6,32	-
	-	-	-	-
10-7	7,64	7,42	7,76	6,74
	-	-	-	-
7-5	6,92	8,08	9,02	4,92
	25,12	4,62	11,50	7,34
5-2	23,13	27,77	21,04	23,19
	18,30	15,44	19,30	13,82
2-1	14,66	18,54	14,78	12,18
	9,12	13,86	10,60	8,10
1-0,5	8,05	10,46	10,64	13,21
	21,77	40,88	33,76	36,74
0,5-0,25	7,43	12,19	15,28	16,19
	0,02	1,02	0,20	0,94
< 0,25	8,63	12,98	15,15	25,58
> 0,25	91,37	87,02	84,84	76,43
	74,33	75,82	75,42	64,94
> 1,00	75,89	64,37	58,92	47,03
	52,54	33,92	41,46	28,46
> 2,00	61,23	45,83	44,12	34,85
	43,42	20,06	30,86	21,16

Примечание: В числителе приводятся результаты сухого, а в знаменателе - мокрого рассева почвенных образцов.

масса этих почв очень высокая благодаря присутствию в них тяжелых минералов. Как правило, с глубиной величина этого показателя постепенно возрастает, подтверждая общие закономерности формирования почвенного профиля.

Минералогический состав ферритных пурпурных почв на корках выветривания отличается очень низким содержанием первичных ми-

Таблица 4. Реальное содержание водопрочных агрегатов в типичных ферритных пурпурных почвах

Глубина, см	Содержание фракций в % при размерах их в мм					
	>5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	>1
0-10	24,07	17,39	8,84	19,46	0,02	50,36
20-30	4,45	13,97	13,04	38,84	0,89	31,45
40-50	9,48	17,53	8,67	31,64	0,20	35,68
60-70	6,50	10,26	5,06	34,18	0,94	21,82
90-100	3,07	10,21	7,99	14,57	0,30	21,27

Таблица 5. Некоторые показатели физических свойств ферритных пурпурных почв

Показатели	Глубина, см					
	0-10	20-30	40-50	70-80	90-100	120-130
Плотность, г/см ³	1,20	1,23	1,32	1,55	1,61	1,65
Удельная масса, г/см ³	2,67	2,72	2,77	2,81	2,82	2,84
Пористость общая, %	51	55	52	45	43	42

нералов /11?/. Тяжелая фракция представлена преимущественно магнетитом. В меньшем количестве содержатся хромит, гематит и рутил. В легкой фракции преобладает кварцит. Тонкодисперсная фракция этих почв состоит из оксидов и гидрооксидов железа (гетит, гематит) с небольшой примесью гибсита, несовершенного каолинита и метagalлуазита. Конкреции пердигона образованы гематитом и примесями опала.

Валовой состав ферритных пурпурных почв зависит от состава почвообразующей породы, которая, однако, в процессе почвооб-

разования претерпевает значительные изменения. Например, содержание оксидов кремния и магния в породе достигает 80%, а в почве не превышает 10% и, наоборот содержание железа в породе оставляет 8-10 %, а в почве – 70%. Преобладание железа над всеми другими элементами (рис.5) свидетельствует о протекании в этих почвах явного процесса ферритизации. Щелочноземельных металлов

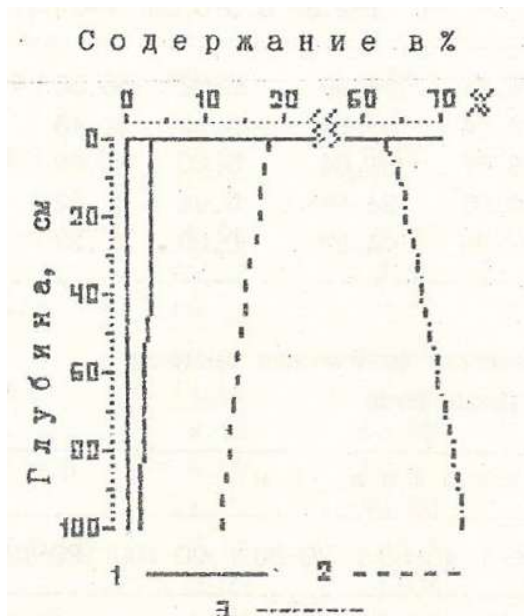


Рис. 5. Содержание оксидов, % и распределение их по профилю ферритных пурпурных почв.
1 - SiO₂, 2 - Al₂O₃, 3- Fe₂O₃

в этих почвах немного, за исключением магния, количество которого с глубиной несколько возрастает. Узкое молекулярное отношение SiO₂ к Fe₂O₃ (1,65-1,74) и к Al₂O₃ (1,45-1,54) также свидетельствует о ферритизации почв. Химический состав ферритных пурпурных почв характеризуется кислой реакцией среды. Величина рН в верхней части профиля колеблется от 5,3 до 5,8, постепенно увеличиваясь к низу до 5,8-6,0 (табл.6). Емкость поглощения очень низкая. Даже в верхних, обогащенных органическим веществом горизонтах, она не превышает 2-10 мг-экв/100 г почвы. Вниз по профилю емкость поглощения постепенно уменьшается.

Поглощающий комплекс почв насыщен преимущественно кальцием. В окультуренных разновидностях основное количество его сосредоточено в поверхностном слое, а в почвах под лесом распределено по профилю более или менее равномерно.

Содержание гумуса варьирует очень сильно (рис.6). Под естественной растительностью количество его в слое 0-10 см может достигать 7-8%, но на глубине 40-50 см не превышает 2%. В окультуренных почвах гумус распределен по профилю более равномерно.

Таблица 6. Химический состав ферритных пурпурных почв

Глубина, см	рН соле- вой	Гумус, %	Са	Mg	Na	К	Сумма	Емкость погло- щения
0 - 10	5,3	4,17	3,00	0,42	0,15	0,70	4,27	8,80
20 - 30	5,2	3,28	2,10	0,38	0,10	0,88	3,46	7,60
40 - 50	4,5	1,65	1,60	0,16	0,05	0,44	2,25	3,40
70 - 80	5,0	0,60	1,60	0,32	0,05	0,32	2,29	2,80
90 -100	6,0	0,51	1,00	0,47	0,05	0,22	1,74	2,40
120 -130	5,8	0,31	1,20	0,41	0,00	0,12	1,73	1,80

Обеспеченность почв элементами питания очень низкая (табл. 7). Содержание азота даже в горизонте А не превышает 0,025-0,05%, за исключением освоенных почв, где содержание его достигает 0,2%. Фосфор и калий присутствуют в небольших количествах.

Таблица 7. Содержание элементов питания в слое 0-50 см ферритных пурпурных почв

Глубина, см	Азот общий, %	Фосфор				
0 -	10	0,025	0,100	8,0	0,04	108
10 -	20	0,023	0,085	7,0	0,08	80
20 -	30	0,022	0,068	5,0	0,07	65
30 -	40	0,015	0,070	3,5	0,06	55
40 -	50	0,009	0,037	2,5	0,04	48

Ферритные пурпурные почвы вследствие слабой агрегатированности легко подвергаются эрозии и даже на пологих склонах они, как правило, эродированы.

Ферраллитные почвы. Во второй генетической классификации почв разработанной Институтом почв АН Кубы, группа ферраллитных почв делится на пять типов, три из которых с точки зрения эрозионной опасности представляют наибольший интерес: красные

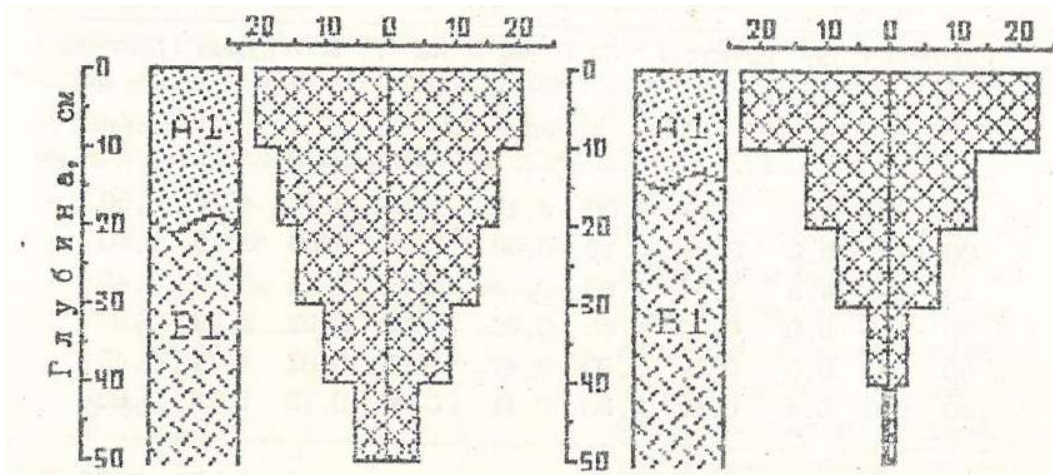


Рис. 6. Запасы гумуса и распределение его по профилю ферритных пурпурных почв на коре выветривания (слева) и современных продуктах выветривания серпентинитов (справа).

ферралитные, жёлтые ферралитно-кварцитные и красновато-жёлтые ферралитно-кварцитные.

Красные ферралитные почвы распространены на Кубе довольно широко. По данным Института почв /131/, площадь их составляет около 7 тыс. кв. км. Наибольшие массивы встречаются в провинциях Гавана, Матансас и Съега де Авила. Формируются они на ровных, слегка расчлененных равнинах, сложенных третичными известняками или переотложенными продуктами их выветривания. В процессе почвообразования в этих почвах формируется профиль типа ABC. Гумусовый горизонт сравнительно небольшой мощности (20 – 24 см), цвет темно-красный, состав тяжелосуглинистый, структура комковато-зернистая, сложение уплотненное. Переходный горизонт имеет комковато-ореховатую структуру, которая с глубиной переходит в комковато-глыбистую. Гранулометрический состав тяжелосуглинистый, сложение более плотное, чем в гори зонте А1. Здесь встречаются железисто-кварцевые конкреции размером до 2 мм. Содержание их возрастает с глубиной и достигает максимума в горизонте В2. Мощность переходного горизонта составляет 120 - 140 см. Ниже залегает почвообразующая порода – продукты выветривания известняков. Видимые формы карбонатов

отсутствуют по всему профилю, переход между горизонтами постепенный. Плотная порода встречается на глубине от 3 м до 10 м.

Гранулометрический состав красной ферраллитной типичной почвы характеризуется высоким содержанием физической глины, в составе которой преобладает ил. Распределение других фракций по профилю приводится на рис. 7.



Рис. 7. Гранулометрический состав красных ферраллитных почв
Фракции, мм: 1 – 2-0,2; 2 – 0,2-0,05; 3 – 0,05-0,01; 4 – 0,01-0,005;
5 – 0,005-0,001; 6 – <0,001; 7 – потеря от HCl.

Агрегатированность почв очень высокая. В гумусовом горизонте содержание водопрочных агрегатов >0,25 мм превышает 90% (табл. 8) с преобладанием крупных, наиболее ценных в тропиках агрегатов.

Большинство исследователей, изучавших красные ферраллитные почвы, отмечали их высокое плодородие, чему способствуют в немалой степени их физические свойства. Удельная масса этих почв очень низкая благодаря выветрелости первичных минералов и высокому содержанию органического вещества. Она колеблется от 2,5 г/см куб. в гумусовом горизонте до 2,7 г/см куб. в почвообразующей породе. Плотность красных ферраллитных почв сравнительно низкая, особенно в гумусовом горизонте. В связи с этим общая пористость остается высокой по всему профилю (табл. 9).

Минералогический состав очень однообразный и представлен.

Таблица 8. Содержание водопрочных агрегатов в типичной красной ферраллитной почве

Глубина, см	Содержание фракции в % при размере частиц в мм					
	7-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25
0 - 10	32	25	12	13	14	96
20 - 30	13	15	18	21	14	81
40 - 50	8	14	15	20	19	76
50 - 70	9	11	6	23	13	62
90 - 100	1	11	10	19	16	57
120 - 130	1	9	11	19	16	56

в основном, минералами каолиновой группы (каолинит, фаяерклей), а также метагаллуазитом. Кроме того, в большом количестве присутствуют оксиды и гидроксиды железа и алюминия. В крупных фракциях содержатся ставролит и дистен. В меньшем количестве здесь присутствует гранит и эпидот. В легкой фракций песчаной размерности преобладают кварцит и полевые шпаты /115/.

Таблица 9. Некоторые показатели физических свойств типичных красных ферраллитных почв

Показатель	Глубина, м					
	0-10	20-30	40-50	60-70	90-100	120-130
Объемная масса, г/см ³	1,18	1,22	1,26	1,26	1,32	1,33
Удельная масса, г/см ³	2,68	2,71	2,72	2,83	2,73	2,84
Пористость общая, %	56	55	54	55	53	53

Валовой химический состав красных ферраллитных почв характеризуется сравнительно невысоким содержанием оксидов кремния и большим количеством полуторных оксидов, среди которых

преобладает алюминий. Молекулярное отношение между оксидами кремния и алюминия, как правило, не превышает 2. Только в нижней части профиля, в зоне контакта почвы с породой, наблюдается некоторое обогащение кремнеземом. В связи с этим отношение SiO_2 к Al_2O_3 несколько возрастает.

Реакция почвенного раствора в верхней части профиля красных ферраллитных почв, как правило, нейтральная. К низу рН уменьшается до 5.5-6.0, а ближе к материнской породе может вновь возрастать. Емкость поглощения этих почв сравнительно высокая: 35-40 мг-экв/100 г почвы. Степень насыщенности обменными основаниями не превышает 50%. Преобладающим элементом в IUIR является кальций.

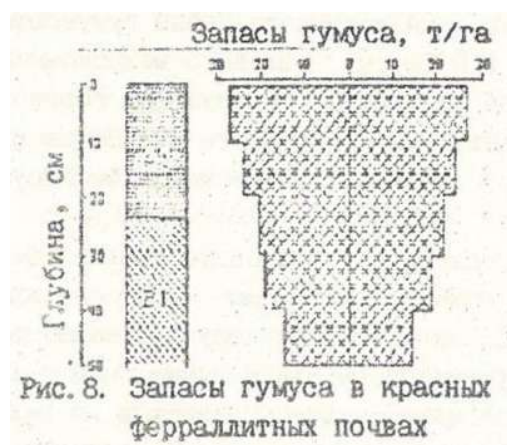


Рис. 8. Запасы гумуса в красных ферраллитных почвах

Обеспеченность красных ферраллитных почв гумусом, по сравнению с другими кубинскими почвами, сравнительно высокая (рис. 8). В гумусовом горизонте содержание его достигает 4-5%, постепенно уменьшаясь с глубиной до 1 % в слое 50-60 см. Содержание азота общего в поверхностном горизонте достигает 0,2-0,3%, а в слое 50-100 см составляет всего 0,1%.

Почвы сравнительно хорошо обеспечены калием. Содержание общего калия в верхних горизонтах составляет 0,5-0,6%, а подвижного - 50-60 мг/100 г почвы. Фосфора значительно меньше: даже общий фосфор не превышает 0,2-0,3%.

Красные ферраллитные почвы меньше, чем любые другие почвы Кубы, подвержены эрозии. Это объясняется не только тем, что большинство их формируется в условиях спокойного равнинного рельефа, но и хорошими физическими свойствами, которые определяют сравнительно высокую инфильтрационную способность и препятствуют формированию поверхностного стока. Однако на этих почвах сильно выражены карстовые явления /42/.

Жёлтые и красновато-жёлтые ферралитно-кварцитные почвы распространены на одной и той же территории. Основные массивы их расположены в провинции Пинар дель Рио и на острове Молодежи. Небольшие участки встречаются на востоке страны и в горах Сьерра Маэстра. Почвы приурочены к приморским террасовым равнинам с высотой 10 - 30 м над ур. м. Почвообразующими породами служат кварцитные сланцы /29/, песчаники /25/ и двучленные отложения /27/, верхняя часть которых имеет супесчаный или суглинистый состав, а нижняя - тяжелосуглинистый или даже глинистый с включением крупных кварцитных зерен, что дало основание С. В. Зонну (27) и Л.Л. Шишову /72/ назвать их ферралитно-кварцитными.

В профиле желтой ферралитно-кварцитной лессивированной почвы выделяется слабоокрашенный желтовато-серый гумусовый горизонт небольшой мощности (18-20 см), пылевато-мелкокомковатой слабовыраженной, непрочной структуры. Переходный горизонт В1 окрашенный в желтоватый цвет, имеет мощность 30- 35 см и комковатую непрочную структуру. Горизонт В2 песчаный, бесструктурный.

Мощность гумусового горизонта красновато-жёлтых ферралитно-кварцитных почв еще меньше – 14-16 см. Цвет его красновато-серый, гранулометрический состав легкосуглинистый, реже - супесчаный, комковатая структура выражена лучше, чем у жёлтых почв. Ниже залегает легко- или среднесуглинистый переходный горизонт В1 красновато-желтого цвета; сероватый оттенок, обусловленный присутствием гумуса, почти незаметен. Структура крупнокомковатая, непрочная. Переход в ниже лежащий горизонт резкий по гранулометрическому составу. Верхняя граница горизонта В2 обычно совпадает с началом второго члена почвообразующей породы. Он имеет тяжелый гранулометрический состав, глыбистую структуру. Здесь же встречаются крупные зерна кварца и железисто-кварцевые конкреции. .

Содержание физической глины в желтой лессивированной почве не превышает 15-20%. Распределение гранулометрических отдельностей других фракций по профилю жёлтых лессивированных почв приводится на рис. 9.

Гранулометрический состав поверхностных горизонтов красновато-желтой почвы также супесчаный или легкосуглинистый, но

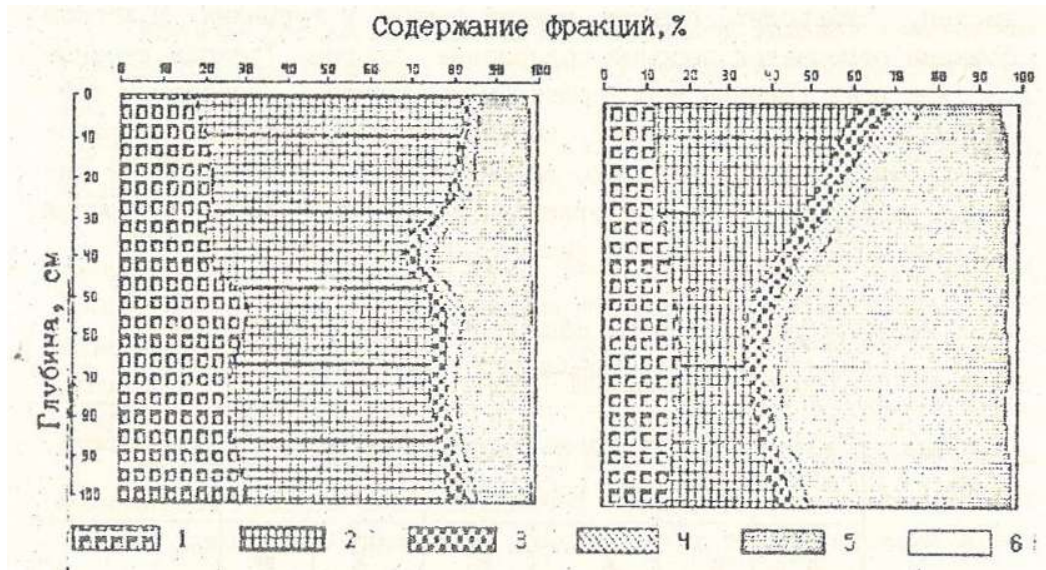


Рис.9. Гранулометрический состав жёлтых (слева) и красновато-жёлтых (справа) ферралитно-кварцитных почв
Фракции, мм: 1 – 2-0,2; 2 – 0,2-0,02; 3 – 0,02-0,01; 4 – 0,01-0,002; 5 – <0,002; 6 – потеря от обработки HCl.

на глубине 40-60 см в ней залегает тяжелосуглинистый горизонт. Содержание физической глины здесь достигает 55-60% (табл. 10). В верхней части профиля преобладают фракции мелкого и крупного песка, а в нижней – ила. Распределение частиц других фракций по профилю почвы приводится на рис. 9.

Физические свойства желтой лессивированной почвы характеризуются высокими плотностью и удельной массой (табл.10). Даже в пахотном слое плотность достигает 1,34 г/см куб. В красновато-желтой почве, сформировавшейся на глинистых отложениях, наблюдается резкое увеличение плотности в нижнем глинистом горизонте. Удельная масса этой почвы очень высокая.

Структурное состояние жёлтых и красновато-жёлтых почв можно считать неудовлетворительным. Красновато-желтая почва содержит всего 37-38% водопрочных агрегатов (табл.11), а в жёлтой лессивированной они отсутствуют.

Минералогический состав песчаных фракций жёлтых ферралитно-кварцитных почв характеризуется прежде всего повышенным содержанием тяжелых минералов /145/. В их составе преобладают

дистен, ставролит, гранат, эпидот, цеолит и турмалин. В легкой фракции отмечается высокое содержание кварца. Тонкодисперсные частицы представлены несовершенным каолинитом, гетитом и гибситом. Им сопутствуют иллит, вермикулит и гематит. В минералогическом составе красновато-жёлтых почв также преобладают тяжелые минералы, однако в отличие от жёлтых в тонкодисперсной фракции доминирует гематит /94/.

Таблица 10. Физические свойства желтой и красновато-жёлтой ферралитно-кварцитов почв

Глубина, см	Плотность, г/см куб.		Удельная мас- са, г/см куб.		Физическая глина, %		Пористость, %
	X	m	X	m	X	m	
Желтая лессивированная почва							
0 - 10	1,34	0,05	2,66	0,08	14,00	1,15	50
20 - 30	1,64	0,01	2,70	0,07	16,50	1,74	39
50 - 60	1,69	0,01	2,72	0,04	18,12	2,06	38
80 - 90	1,67	0,01	2,71	0,09	13,35	0,30	38
Красновато-желтая почва							
0 - 10	1,53	0,02	2,64	0,11	17,10	1,49	42
20 - 30	1,68	0,11	2,66	0,09	31,00	1,32	37
50 - 60	1,78	0,06	2,76	0,08	37,60	1,68	33
80 - 90	1,76	0,09	2,71	0,07	55,69	1,31	31

Таблица 11. Содержание водопрочных агрегатов крупнее 1 мм в красновато-жёлтых ферралитно-кварцитов почвах

Глубина, см	X	S	m	P	V	n
0 - 10	37,51	5,18	1,64	4,37	13,81	10
20 - 30	28,55	3,55	1,12	3,92	12,43	10
40 - 50	37,75	0,59	0,19	2,45	7,61	10

Высокое содержание кремнезема отличает валовой химический состав красновато-жёлтых ферраллитно-кварцитных почв. Полуторных оксидов сравнительно мало, причем в верхней, более легкой части профиля, их меньше чем в нижней. Аналогично распределены кальций и магний. Все это создает впечатление оподзоленности, что позволило С. В. Зонну назвать эти почвы жёлтыми ферраллитно-кварцитными псевдоподзолистыми /26/. В горизонтах обогащенных илом, количество оксида кремния несколько уменьшается; в них отмечается относительное накопление железа и алюминия с преобладанием последнего. В илистой фракции доминирующее положение Al_2O_3 сохраняется /47/

Валовой химический состав жёлтых почв свидетельствует об их кварцитном характере. Содержание оксидов кремния составляет 90%. В илистой фракции также господствуют оксиды кремния и железа. Кальций в жёлтых почвах содержится в небольшом количестве. Максимум его отмечается в поверхностном горизонте /26/.

Реакция почвенного раствора жёлтых лессивированных почв очень кислая и варьирует от 4,2 в горизонте А1 до 3,7 в материнской породе. В красновато-желтой почве рН в поверхностном слое составляет 5,9, а в нижних колеблется около 5 (табл. 12).

Емкость обмена очень низкая в обеих почвах. В гумусовом горизонте красновато-жёлтых почве она составляет 8,3, а в жёлтой – всего 4 мг-экв. на 100 г почвы. С глубиной она возрастает у первой почвы и падает во второй, что связано, по-видимому, с изменением механического состава. Степень насыщенности обеих почв очень низкая. Преобладающими элементами а поглсшдю- 1дэм комплексе является кальций и магний. Содержание гумуса в обеих почвах очень низкая. В горизонте А количество его не превышает 2-3% (табл. 13). В жёлтых лессивированных почвах он распространяется несколько глубже, чем в красновато-жёлтых. Запасы гумуса колеблются от 78 т/га в жёлтых до 100 т/га в красновато-жёлтых (рис.10).

Азот общий также содержится в незначительном количестве в обеих почвах. Даже в пахотном слое количество его не превышает 0,13%. По группировке тропических почв /70/ эти почвы можно отнести к низко обеспеченны (менее 0,14%).

Обеспеченность жёлтых и красновато-жёлтых почв подвижными формами фосфора также очень низкая. Калий содержится в них в

Таблица 12. Химический состав жёлтых и красновато-жёлтых ферраллитно-кварцитных почв

Показатели	Глубина образца в сантиметрах					
	0 - 10	20 - 30	50 - 60	80 - 90	120 - 130	
Красновато-желтая ферраллитно-кварцитная почва						
рН солевой	х	5,90	5,80	5,10	5,10	-
	м	0,31	0,29	0,22	0,24	-
Кальций	х	3,10	2,30	1,30	2,75	-
	м	0,15	0,16	0,13	0,16	-
магний	х	0,35	0,27	0,23	0,45	-
	м	0,95	0,03	0,04	0,04	-
Натрий	х	0,10	0,11	0,09	0,12	-
	м	0,01	0,01	0,01	0,01	-
Калий	х	0,49	0,29	0,17	0,28	-
	м	0,06	0,05	0,04	0,05	-
Сумма	х	4,04	2,97	1,79	3,60	-
	м	0,16	0,18	0,16	0,11	-
Емкость	х	8,30	6,10	3,00	5,30	-
	м	0,21	0,19	0,15	0,16	-
Желтая лессивированная ферраллитно-кварцитная почва						
рН солевой	х	4,20	4,00	3,90	3,80	3,80
	м	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04
Кальций	х	0,90	0,83	0,15	0,08	0,08
	м	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01
Магний	х	0,71	0,19	0,09	0,11	0,08
	м	0,06	0,02	0,03	0,01	0,01
Натрий	х	0,27	0,03	0,02	0,03	0,03
	м	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Калий	х	0,38	0,16	0,14	0,14	0,12
	м	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01
Сумма	х	2,26	1,21	0,40	0,37	0,31
	м	0,08	0,03	0,04	0,02	0,01
Емкость	х	4,00	3,00	1,40	1,10	1,20
	м	0,18	0,18	0,13	0,10	0,12

большем количестве особенно в красновато-жёлтой почве, но по группировке обеспеченности тропических почв они всё же относятся к низкообеспеченным.

Таблица 13. Содержание гумуса, азота, подвижных форм фосфора и калия в жёлтых и красновато-жёлтых ферраллитно-кварцитных почвах

Глубина в см	Гумус в %		Азот общий, %		P2O5, мг/100г		K2O, мг/100г	
	X	m	X	m	X	m	X	m
Желтая лессивированная почва								
0 - 10	1,75	0,02	0,130	0,006	2,85	0,29	2,85	0,30
20 - 30	0,30	0,02	0,070	0,006	1,73	0,20	0,75	0,07
50 - 60	0,30	0,02	0,030	0,003	0,97	0,11	0,38	0,05
80 - 90	0,08	0,01	0,009	0,001	0,64	0,09	0,36	0,05
Красновато-желая почва								
0 - 10	2,12	0,13	0,150	0,007	3,61	0,18	8,34	1,07
20 - 30	1,57	0,09	0,086	0,006	2,18	0,15	3,67	0,54
50 - 60	0,29	0,01	0,033	0,004	3,11	0,16	5,12	0,66
80 - 90	0,00	-	-	-	1,56	0,09	3,68	0,38

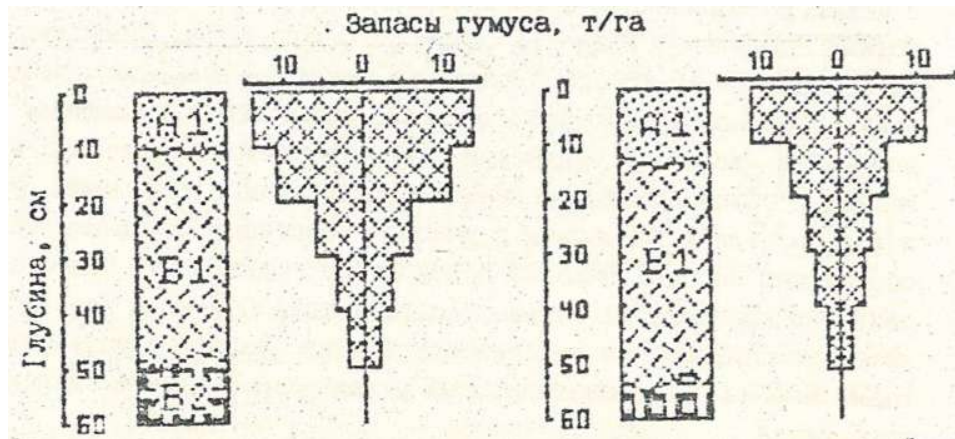


Рис. 10. Запасы гумуса и распределение его по профилю жёлтых (слева) и красновато-жёлтых (справа) ферраллитно-кварцитных почв.

Все жёлтые и красновато-жёлтые ферралитно-кварцитные почвы легко подвергаются эрозии, поэтому на большей части их ареала они в той или иной степени смыты.

Ферриаллитные почвы. О наличии этих почв в других регионах тропического пояса известно давно. Сегален /Segalen, 1966/ считает, что в процессе формирования их в жарких и относительно засушливых условиях происходит сильный гидролиз первичных минералов горных пород с освобождением железа и синтез глинистых минералов типа 2:1. Поэтому обязательным признаком этих почв является наличие свободного железа (около 3%).

При составлении первой почвенной карты Кубы Беннет и Аллисон /88/ отнесли эти почвы к серии Limones. Под этим названием они и фигурировали в более поздних работах кубинских почвоведов. В классификации Зонна /25/ и Шишова /71/ ферриаллитные почвы не выделялись в самостоятельные типы» но упоминание о свойствах, присущих этим почвам, имеются у обоих авторов. Несколько позднее Градусов /17/ на основании данных минералогического анализа подтвердил наличие ферриаллитных почв на Кубе. Поэтому во второй классификации почв Кубы /133/ они были выделены в красно-коричневые ферриаллитные почвы. Основные массивы ферриаллитных почв расположены на востоке Куба. Они занимают холмисто-волнистые территории с саванной растительностью.

Красно-коричневые ферриаллитные почвы характеризуется коротким профилем. Мощность гумусового горизонта, как правило, не превышает 15-16 см, горизонт окрашен в красно-коричневый цвет, красноватый оттенок которого обусловлен повышенным содержанием железа. Структура зернисто-ореховатая хорошо выраженная, обусловленная сравнительно высоким содержанием гумуса и железа. Уже в гумусовом горизонте встречаются обломки почвообразующей породы. Окраска переходного горизонта В более светлая, но красноватый оттенок сохраняется. Обломков породы значительно больше, чем в горизонте А. Ниже залегает почвообразующая порода - серпентинитовый рухляк с мелкоземом зеленоватого цвета.

Гранулометрический состав ферриаллитных почв на серпентинитах тяжелосуглинистый. Содержание физической глины в поверхностном горизонте достигает 65% (табл.14). Причем большую

Таблица 14. Некоторые показатели физических свойств красновато-коричневых феррсиаллитных почв

Гори- зонт	Глуби- на, см	Плотность: г/см. куб.	Удельная мас- са, г/см. куб.	Пористость: общая, %	Физическая глина, %
A	0-10	1,35	2,67	49,46	65,88
B1	15-25	1,39	2,68	48,14	67,96
BC	25-35	1,41	2,71	47,80	58,63
BC	40-50	1,56	2,73	42,86	32,36

часть ее составляет ил. С глубиной доля тонкодисперсных фракций резко уменьшается с одновременным относительным увеличением доли крупного и среднего песка (рис. 11).

Красно-коричневые почвы имеют сравнительно высокую плотность. Удельная масса колеблется от 2,6-2,7 г/см³ в гумусовом горизонте до 2,73-2,75 г/см³ в почвообразующей породе.

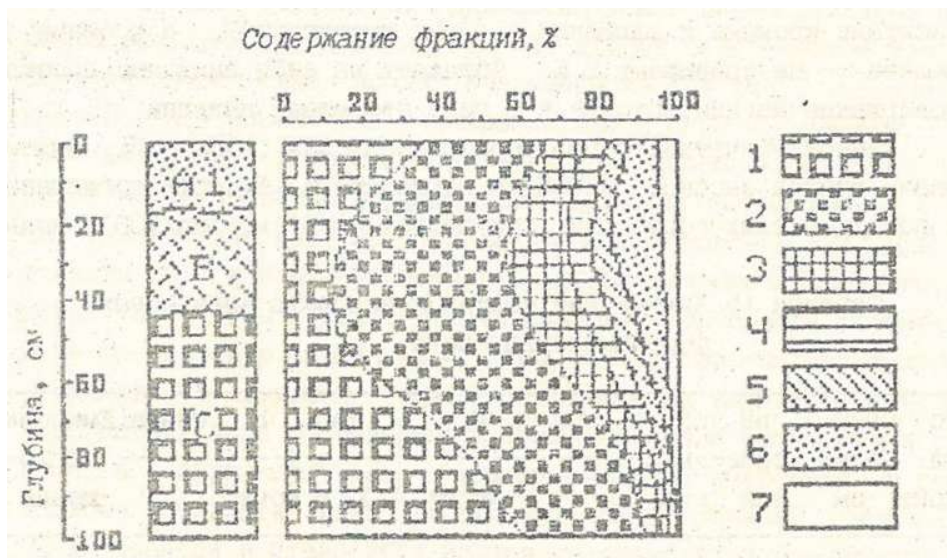


Рис.11. Гранулометрический состав красновато-коричневых феррсиаллитных почв. Фракции, мм: 1 — 2-0,2; 2 — 0,2- 0,05; 3 — 0,05-0,01; 4 — 0,01-0,005; 5 — 0,005-0,001; 6 — <0,001; 7 — потеря от обработки HCl.

Минералогический состав красновато-коричневых феррсиаллитных почв весьма разнообразен, отличается от состава других типов

почв сравнительно высоким содержанием минералов тяжелой фракции - 25-28% в поверхностных горизонтах с постепенным уменьшением к низу до 8-10% /114/. В составе их преобладает магнетит, хромит, биотит; значительно меньше амфибол и эпидота, а сопутствующими являются актинолит, сфен и циркон. Легкая фракция представлена плагиоклазом, полевыми шпатами и кварцем. Тонкодисперсные частицы состоят преимущественно из метагаллуазита. В меньшем количестве встречаются каолинит и монтмориллонит. Иногда в поверхностных горизонтах диагностируется гетит.

Специфической особенностью валового химического состава красно-коричневых феррсиаллитных почв является невысокое содержание кремнезема и значительное количество полуторных оксидов с преобладанием железа /161/. Кремнезем распределен по профилю более или менее равномерно, в то время как содержание полуторных оксидов существенно варьирует. В поверхностном горизонте наблюдается вынос оксида алюминия с одновременным относительным накоплением железа. Молекулярное отношение между оксидами кремния и алюминия в почве достигает 7, а кремния и железа - не превышает 2,5. Обращает на себя внимание высокое содержание магния, которое в 2 раза превышает кальций.

Реакция почвенного раствора слабокислая (табл. 15), содержание гумуса высокое - 5,83% в горизонте А. Емкость поглощения в поверхностных горизонтах составляет 60-61 мг-экв/100 г почвы.

Таблица 15. Химический состав красновато-коричневых феррсиаллитных почв

Го- ри- зонт:	Глу- бина, см :	pH : соле- вой :	Гу- мус, % :	Са	Mg	Na	K	Сумма	Емкость погло- щения
				мг-экв/100 г почвы					
A	0-10	5,3	5,83	16,57	43,48	0,33	0,63	61,01	61,60
B1	15-25	5,3	3,59	16,84	41,76	0,55	0,24	59,39	61,60
B2	25-35	5,5	2,74	16,44	39,04	0,55	0,24	56,27	57,80
BC	40-50	5,6	1,36	14,48	33,06	0,61	0,24	48,39	57,20

Красновато-коричневые феррсиаллитные почвы легко эродируются несмотря на хорошо выраженную структуру и повышенное со-

держание гумуса. Объясняется это, вероятно, маломощным профилем, который после начала дождя быстро насыщается до полной влагоёмкости, после чего начинается поверхностный сток. Сильно пересеченный рельеф в регионах распространения этих почв усиливает эрозионную опасность.

Коричневые почвы на Кубе распространены очень широко и, по данным Института почв /130/, занимают площадь около 13 тыс. кв. км. Значительные массивы их встречаются практически везде, однако наибольшие площади они занимают в провинциях Ольгин, Гуантанамо, Лас Вильяс и Камагуэй, меньше - в провинциях Гавана, Матансас и Пинар дель Рио. Приурочены коричневые почвы, в основном, к денудационным, флювиально-эрозионным и эрозионно-денудационным равнинам, а также к тектоническим поднятиям - в пределах высот от 30 м до 250 м над ур. м. Почвообразующими породами служат карбонатные глины, известняковые песчаники и конгломераты, порфириты, андезиты, а также переотложенные продукты выветривания этих пород. Во второй генетической классификации коричневые почвы разделены на три типа: коричневые карбонатные, коричневые бескарбонатные и серо-коричневые.

Общий ход почвообразовательного процесса коричневых почв ведет к формированию профиля ABC. По своим признакам они близки одноименным почвам, выделенным С.А. Захаровым /24/, М.Н. Сабашвили /51/ и И.П. Герасимов /16/. Типичная особенность коричневых почв Кубы - темно-коричневый цвет гумусового горизонта. Ниже по профилю коричневые тона сменяются палево-жёлтыми. Структура в верхних горизонтах коричневых карбонатных и бескарбонатных почв - зернистая прочная, с явно выраженными гранями, а в серо-коричневых - мелкокомковатая непрочная. В переходном горизонте всех коричневых почв размер агрегатов увеличивается и становится комковато-ореховатой (за исключением серо-коричневых почв, в которых она остается комковатой и в горизонте В). Переход между горизонтами всех типов коричневых почв постепенный.

Гранулометрический состав всех типов коричневых почв варьирует от легкосуглинистого (серо-коричневые) до тяжелосуглинистого (коричневые карбонатные и бескарбонатные). Наибольшее содержание физической глины отмечается при этом в верхних и средних горизонтах (рис. 12), что отличает их от коричневых

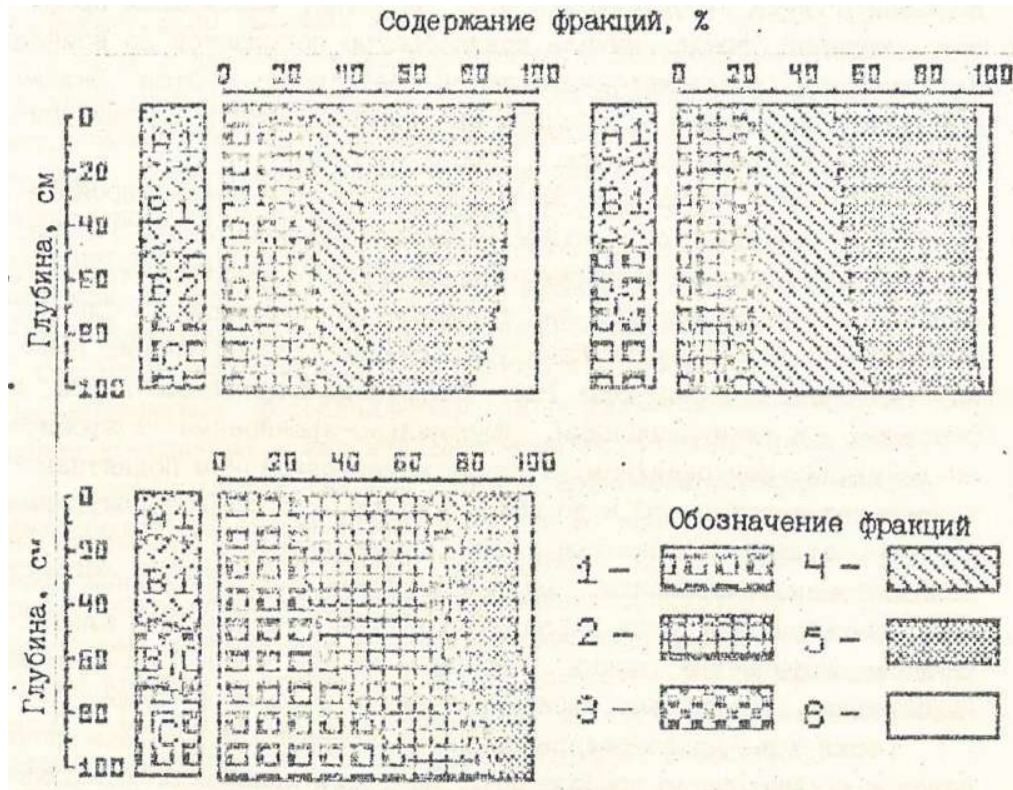


Рис. 12. Гранулометрический состав коричневой карбонатной (А), бескарбонатной (Б) и серо-коричневой (В) почвы.
Фракции, мм: 1- 2-0,2; 2 - 0,2-0,02; 3 - 0,02-0,01; 4 - 0,01-0,002; 5 - <0,002; 6 – потеря от обработки HCl.

почв Евразии, в которых максимальное оглинивание происходит по всему профилю или в его нижней части /122/. Максимальное количество физической глины, представленной, в основном, илистой фракцией, приходится на гумусовый горизонт и в поверхностном слое коричневых карбонатных почв оно достигает 70% (рис.14). В коричневых бескарбонатных и серо-коричневых почвах ее несколько меньше (табл. 16).

Плотность пахотного горизонта изменяется от 1,17 г/см³ в коричневых карбонатных до 1,36 г/см³ в серо-коричневых почвах. С глубиной она постепенно возрастает по мере уменьшения содержания органического вещества и ухудшения структурного состояния. Особенно быстро увеличивается плот-

Таблица 16. Некоторые показатели физических свойств
коричневые почв

Глубина, см	Плотность, г/см. куб.		Удельная масса, г/см. куб.		Физическая глина, %		Пористость, %
	X	m	X	m	X	m	
	К о р и ч н е в а я к а р б о н а т н а я						
0 - 10	1,17	0,06	2,38	0,07	70,01	1,44	52
20 - 30	1,23	0,06	2,44	0,07	61,95	1,23	49
50 - 60	1,34	0,03	2,42	0,04	53,00	3,80	46
80 - 90	1,41	0,09	2,52	0,03	51,36	2,17	45
К о р и ч н е в а я б е с к а р б о н а т н а я							
1-10	1,21	0,02	2,18	0,08	63,50	1,02	45
20-30	1,32	0,03	2,35	0,08	63,80	2,00	42
50-60	1,44	0,03	2,45	0,09	61,50	2,50	41
80-90	1,43	0,04	2,47	0,08	58,36	2,10	42
С е р о - к о р и ч н е в а я							
0-10	1,36	0,05	2,50	0,07	34,64	1,02	41
20-30	1,51	0,03	2,62	0,09	29,33	0,73	42
50-60	1,59	0,04	2,64	0,09	23,60	0,84	39
80-90	1,58	0,03	2,66	0,08	18,37	0,77	41

ность серо-коричневых почв. Удельная масса верхних горизонтов коричневых почв изменяется от 2,18 г/см куб. в коричневых бескарбонатных до 2,50 г/см куб. в серо-коричневых. Низкие величины, свойственные карбонатным и бескарбонатным почвам, по мнению некоторых исследователей, объясняется значительным содержанием органического вещества. Более высокие значения этого показателя в серо-коричневых почвах могут быть обусловлены присутствием большого количества кварца и других первичных минералов. Вниз по профилю у всех трех типов коричневых почв удельная масса возрастает.

Пористость коричневых карбонатных почв в верхней части профиля 52%, в других эта величина несколько ниже и постепенно уменьшается с глубиной, особенно в серо-коричневых почвах.

Агрегатный состав коричневых почв сильно варьирует. в верхней части профиля коричневых карбонатных и бескарбонатных почв преобладает комковато-зернистая структура с ярко выраженными гранями. По мнению Е.В. Вершинина /12/, такая структура формируется в результате усадки набухающих минералов при их высыхании, а Б.Г. Розанов считает, что яркая выраженность агрегатов может определяться высоким содержанием в почве гуматов железа /49/. Оба эти фактора присутствуют в изучаемых почвах. Серо-коричневые почвы легкого гранулометрического состава имеют пылевато-мелкокомковатую непрочную структуру (табл.17).

Таблица 17. Содержание водопрочных агрегатов крупнее 1 мм в коричневых почвах

Глубина, см	Х	с	м	р	v	п
К о р и ч н е в а я к а р б о н а т н а я						
0 - 10	75,13	8,11	2,57	3,42	10,79	10
20 - 30	72,29	8,55	2,71	3,75	11,83	10
40 - 50	60,11	6,13	1,94	3,23	10,20	10
К о р и ч н е в а я б е с к а р б о н а т н а я						
0 - 10	73,28	9,01	2,88	3,93	12,30	10
20 - 30	65,41	8,16	2,58	3,94	12,43	10
40 - 50	57,55	8,02	2,54	4,41	13,94	10
С е р о - к о р и ч н е в а я						
0 - 10	38,12	5,11	1,62	4,25	13,41	10
20 - 30	29,21	5,26	1,66	5,88	18,01	10
40 - 50	23,25	4,15	1,31	5,63	17,85	10

Высокое содержание ила, гумуса и аморфных форм железа, присутствующих во всем профиле коричневых карбонатных и бескарбонатных почв обусловили наличие в них большого количества агрономически ценных водопрочных агрегатов. В легких серо-коричневых почвах их значительно меньше (табл. 17).

Минералогический состав коричневых почв Кубы характеризуется сравнительно невысоким содержанием минералов тяжелой фракции /50/, за исключением серо-коричневых почв, где ее ко-

личество достигает 18-20 % /114/. Вниз по профилю содержание тяжёлых минералов постепенно уменьшается. В составе крупной фракции преобладают гидроксиды железа, а также эпидот, роговые обманки, актинолит и др. /57/. Распределены они по профилю более или менее равномерно, кроме оксидов железа, которые имеют тенденцию накапливаться в верхней части профиля. В легкой фракции значительное место занимают плагиоклазы и кварц, Встречаются вулканическое стекло, калиевые полевые шпаты и опаловые образования. Минералогический состав пылевой фракции легких минералов менее разнообразен. Они представлены полевыми шпатами, вулканическим стеклом и гидроксидами железа. Тонкодисперсные фракции коричневых карбонатных и бескарбонатных почв образованы, в основном, монтмориллонитом /17,47/, а серо-коричневых преимущественно каолинитом.

Валовой химический состав коричневых почв характеризуется сравнительно невысоким содержанием кремния при довольно равномерном распределении его по профилю, а также значительным количеством полуторных оксидов алюминия и железа /78/. Содержание и распределение по профилю щелочноземельных оснований свидетельствует о том, что в коричневых почвах происходит вынос или перемещение из верхних горизонтов в первую очередь оксидов натрия, кальция и магния на фоне относительно небольшое аккумуляции железа, алюминия и титана в гумусовом горизонте. Л илистой фракции коричневых почв полуторные оксиды также преобладают над кремнеземом. Распределение их по профилю равномерное.

Химический состав изучаемых почв очень сильно варьирует, что связано главным образом с разнообразием почвообразующих пород. Содержание карбонатов кальция изменяется от 20-30% в коричневых карбонатных до полного отсутствия их в серо-коричневых почвах. Распределение CaCO_3 по профилю коричневых почв характеризуется постепенным увеличением содержания его с глубиной (табл.18). Это в свою очередь сказывается на величине рН. Кислотность почвенного раствора в пахотном слое изменяется от кислой в серо-коричневой почве до слабощелочной – в коричневой карбонатной (табл. 19). С глубиной рН увеличивается в коричневых карбонатных почвах по мере приближения к дневной поверхности карбонатной породы и уменьшается в серо-коричневых почвах.

Таблица 18. Содержание карбонатов кальция в коричневых карбонатных почвах

Глубина, см	X	s	m	p	v	n
0 - 10	3,70	1,05	0,33	28,59	8,90	10
20 - 30	7,97	3,70	1,17	46,15	14,60	10
40 - 50	25,77	10,08	3,19	39,14	12,38	10
80 - 90	27,11	5,38	1,70	19,84	7,48	10

Емкость поглощения верхних горизонтов, обогащенных органическим веществом и илом, достигает 53 мг-экв/100 г почвы в коричневых карбонатных почвах. Значительно меньше она в коричневых бескарбонатных и, особенно, серо-коричневых почвах. С глубиной емкость обмена, всех почв постепенно уменьшается.

Насыщенность обменными основаниями ППК изучаемых почв также сильно варьирует. В коричневых карбонатных почвах она достигает 52 мг-экв/100 г почвы, а в серо-коричневых - всего 19 мг-экв/100 г. Вниз по профилю по мере уменьшения содержания гумуса и ила степень насыщенности постепенно снижается (табл.19). Поглощенный комплекс этих почв насыщен преимущественно кальцием и магнием

Обеспеченность почв гумусом и основными элементами питания варьируют сильно у. находятся в прямой зависимости от почвообразующей породы, гранулометрического состава и некоторых химических свойств. Содержание гумуса колеблется от 3,7% в коричневых бескарбонатных до 2,91% в серо-коричневых (табл. 20). Во всех почвах с глубиной содержание гумуса постепенно уменьшаете я. Запасы гумуса в коричневых карбонатных почвах достигает 180 т/га, а в серо-коричневых уменьшаются до 130 т/га. Распределение гумуса по профилю почв показано на рис.13. Азот общий во всех этих почвах содержится в небольшом количестве: даже в пахотном слое оно едва достигает 0,13-0,16%, резко уменьшаясь вниз по профилю. Запасы азота в коричневых почвах составляют 7-8 т/га. Обеспеченность большинства изучаемых почв фосфором очень низкая. Содержание его в пахотном слое колеблется от 3,0 мг/100 г в серо-коричневых до 3,51 мг/100 г почвы в коричневых карбонатных почвах. Подвижных форм калия во всех

Таблица 19. Химический состав коричневых почв

Показатели	Г л у и н а в с а н т и м е т р а х							
	0 - 10		20 - 30		40 - 50		80 - 90	
	X	m	X	m	X	m	X	m
К о р и ч н е в а я к а р б о н а т н а я								
pH солевой	6,80	0,06	6,83	0,06	6,86	0,07	6,85	0,05
Ca обменный	46,45	1,72	40,87	1,34	32,66	1,01	33,18	1,12
Mg обменный	5,00	0,18	1,43	0,05	1,35	0,05	0,43	0,04
Na обменный	0,52	0,06	0,45	0,05	0,32	0,03	0,18	0,02
K обменный	0,52	0,05	0,30	0,02	0,18	0,01	0,11	0,01
Сумма	52,49	1,76	43,05	1,77	38,51	0,98	30,95	0,86
Емкость	53,00	1,67	44,00	1,21	39,00	0,97	36,00	0,86
К о р и ч н е в а я б е с к а р б о н а т н а я								
pH солевой	5,13	0,06	5,13	0,05	5,39	0,06	5,41	0,05
Ca обменный	20,72	0,62	19,08	0,57	17,38	0,62	11,19	0,31
Mg обменный	12,20	0,54	12,91	0,60	11,30	0,61	8,71	0,64
Na обменный	0,32	0,03	0,26	0,02	0,18	0,02	0,09	0,01
K обменный	0,35	0,02	0,25	0,01	0,15	0,01	0,14	0,01
Сумма	33,59	0,73	32,50	0,71	29,01	0,83	20,13	0,92
Емкость	36,00	1,27	34,00	1,06	30,00	1,01	26,00	0,98
С е р о - к о р и ч н е в а я п о ч в а								
pH солевой	4,64	0,04	4,77	0,06	4,36	0,05	3,95	0,04
Ca обменный	14,10	1,55	12,92	2,85	11,78	1,31	1,18	0,64
Mg обменный	3,63	0,41	2,82	0,39	2,99	0,10	1,05	0,08
Na обменный	0,96	0,01	0,16	0,02	0,17	0,01	0,12	0,01
K обменный	0,32	0,01	0,18	0,01	0,08	0,01	0,06	0,01
Сумма	18,95	1,94	16,08	1,75	15,02	1,56	2,41	0,16
Емкость	20,00	1,75	17,00	1,73	15,00	1,61	5,00	0,28

Примечание: Емкость поглощения и обменные основания приводится в мг-экв/100 г почвы.

коричневых почвах содержится больше, чем фосфора. В пахотном слое коричневых карбонатных почв количество его составляет 27- 30 мг/100 г, в бескарбонатных и серо-коричневых-14-16 мг/100 г.

С глубиной содержание подвижных форм калия во всех почвах уменьшается, хотя и не так резко, как фосфора.

Таблица 20. Содержание гумуса, азота, подвижных форм фосфора и калия в коричневых почвах

Глубина, см	Гумус, %		Азот общий, %		P ₂ O ₅ , мг/100г		K ₂ O, мг/100 г		
	X	m	X	m	X	m	X	m	
Коричневая карбонатная									
0-10	3,33	0,17	0,160	0,010	3,51	0,46	27,00	3,02	
20-30	1,33	0,10	0,110	0,003	1,73	0,25	18,00	1,03	
40-50	0,80	0,02	0,050	0,003	0,55	0,05	5,80	0,67	
80-90	-	-	-	-	0,52	0,03	5,60	0,65	
Коричневая бескарбонатная									
0-10	2,88	0,11	0,130	0,040	3,19	0,95	14,30	1,01	
20-30	1,34	0,06	0,100	0,003	3,13	0,41	8,50	0,42	
40-50	0,82	0,05	0,030	0,003	2,76	0,37	3,55	0,26	
80-90	0,15	0,02	0,010	0,001	2,54	0,39	3,56	0,34	
Серо-коричневая									
0-10	2,91	0,10	0,130	0,040	3,00	0,41	14,50	1,06	
20-30	1,54	0,14	0,100	0,003	2,60	0,37	8,50	0,47	

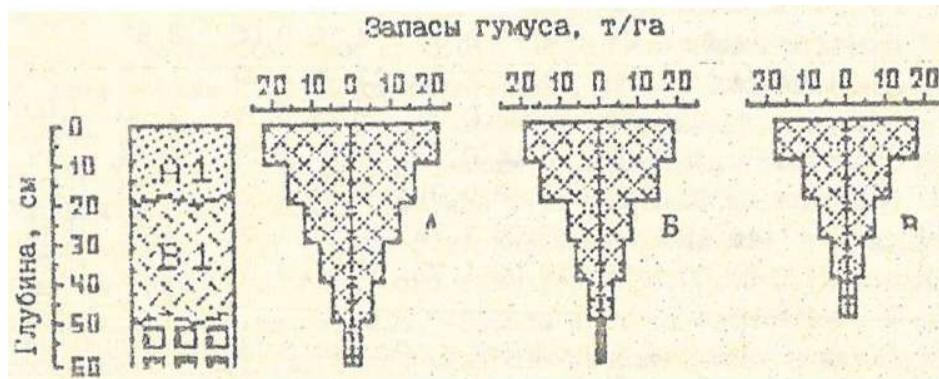


Рис. 13. Запасы гумуса и распределение его по профилю коричневой карбонатной (А), бескарбонатной (Б) и серо-коричневой (В) почвы.

Таким образом, характерными особенностями коричневых почв является сравнительно небольшая мощность почвенного профиля, коричневая окраска и тяжелый гранулометрический состав, за исключением серо-коричневых почвы, которая имеет легко- или среднесуглинистый состав. Содержание тяжелых минералов колеблется от 2-3% в коричневых карбонатных и бескарбонатных до 18-20% в серо-коричневых почвах. Илистая фракция серо-коричневых почв представлена, в основном, каолинитом, а все другие - монтмориллонитом. Валовой химический состав этих почв отличается невысоким содержанием кремния при равномерном распределении его по профилю, а также значительным количеством полуторных оксидов, среди которых преобладает оксид алюминия.

Примерно половина территории, занятой коричневыми почвами, в той или иной степени эродирована /124/. Особенно широко распространена эрозия на серо-коричневых почвах. Причина этого заключается не только в гранулометрическом составе и других свойствах, которые обуславливают их низкую противозерозионную устойчивость, но и в сильнорасчленённом рельефе ареала распределения этих почв.

Гумус-карбонатные почвы встречаются на Кубе в сочетании с коричневыми карбонатными и бескарбонатными почвами на всхолмленных равнинах и возвышенностях высотой 50-250 м над ур.м., а также на слаборасчлененных равнинах в сочетании с красными ферраллитными и темными слитными. Почвообразующая порода гумус-карбонатных почв - эоценовые известняки и мергели /27/. В большинстве случаев эти почвы имеют профиль АС, тяжелосуглинистый, реже глинистый гранулометрический состав, уплотненное сложение, хорошо выраженную комковато-зернистую структуру, переходящую к низу в ореховатую. В нижней части горизонта А встречаются обломки породы. Переход между А и С выражен четко. Среди этих почв встречаются и почвы с более дифференцированным профилем. Это, как правило, выщелоченные почвы, сформированные на переотложенных продуктах выветривания мергелей и известняков.

Мощность гумусового горизонта гумус-карбонатных почв достигает 52-55 см. В нем сосредоточено наибольшее количество физической глины, которое постепенно уменьшается к низу профиля (табл. 21).

Плотность гумусового горизонта составляет 1,0-1,2 г/куб. см. Ниже по профилю она несколько возрастает, но не так резко, как в других почвах.

Таблица 21. Некоторые показатели физических свойств гумус-карбонатных почв

Глубина, см	Плотность, г/см ³		Удельная масса, г/см ³		Физическая глина, %		Пористость общая, %
	X	m	X	m	X	m	
0-10	1,00	0,10	2,24	0,08	55,61	1,51	56
20-30	1,15	0,05	2,38	0,09	44,57	0,71	52
50-60	1,25	0,03	2,53	0,06	33,00	0,78	50

Удельная масса их также невысокая и изменяется от 2,24 в поверхностном слое до 1,53 в ниже лежащих горизонтах. Поскольку пористость общая всецело зависит от отношения плотности почвы к ее удельной массе, поэтому в гумус-карбонатных почвах она высокая и достигает в пахотном слое 56%.. Поверхностные горизонты гумус-карбонатных почв характеризуются высокой оструктуренностью на долю агрономически ценных агрегатов в пахотном горизонте приходится 75-80%, вниз по профилю эта величина постепенно уменьшается. Агрегаты обладают высокой водопрочностью. (табл. 22).

Таблица 22. Содержание водопрочных агрегатов крупнее 1 мм в гумус-карбонатных почвах

Глубина, см	X	s	m	p	v	n
0-10	78,50	7,80	3,96	5,04	9,94	10
20-30	73,20	8,35	3,59	4,90	11,41	10
40-50	61,70	9,18	2,91	4,72	14,85	10

Минералогический состав песчаных фракций гумус-карбонатных почв отличается низким содержанием тяжелых минералов, ко-

личество которых только в почвообразующей породе достигает 6%. Преобладают оксиды и гидроксиды железа, а также циркон, сфен и эпидот /113/. В пылеватых фракциях тяжелые минералы практически отсутствуют. Легкая фракция песка представлена кварцем и плагиоклазом, иногда встречается опал. Илистая фракция состоит преимущественно из монтмориллонита, который преобладает во всех горизонтах. Сопутствующие минералы: иллит, хлорит, кальцит и смешанослойные образования /123/.

В валовом химическом составе преобладает кремнезем с максимумом в средней части профиля. Алюминий распределен по профилю весьма равномерно. Оксиды магния и калия накапливаются в верхней части профиля, а содержание кальция увеличивается с глубиной. Аналогичные закономерности распределения оксидов по профилю сохраняются и в илистой фракции, однако абсолютные значения их количеств изменяются несколько иначе: содержание оксидов алюминия, железа и марганца увеличивается с глубиной, кальция и магния - уменьшается /83/.

Содержание карбонатов кальция и характер их распределения по профилю зависит от степени выщелоченности почв: в невыщелоченных они встречаются с поверхности, в выщелоченных - в более глубоких горизонтах. (табл. 23).

Таблица 23. Содержание карбонатов кальция в гумус-карбонатных почвах

Глубина, см	X	s	m	p	v	n
0-10	31,16	10,30	3,25	33,06	10,46	10
20-30	39,66	8,79	2,78	22,18	7,0	10
50-60	51,60	5,41	1,71	10,56	3,30	10
80-90	69,31	5,80	1,83	8,37	2,64	10

Реакция почвенного раствора сильно варьирует, особенно в поверхностном слое, и зависит от наличия в них карбонатов: в выщелоченных почвах реакция нейтральная. Ниже по профилю рН возрастает до 7,5- 7,8. Емкость поглощения гумус-карбонатных почв, богатых органическим веществом и глиной, достигает 69 мг-экв (табл. 24), но вниз по профилю она быстро уменьшается.

Таблица 24. Химический состав гумус-карбонатных почв,
мг-экв/100 г почвы

Показатель		Глубина, см			Показатель		Глубина, см		
		0-10	20-30	50-60			0-10	20-30	50-60
рН солевой:					К:				
	X	7,00	7,11	7,84		X	0,99	0,66	0,50
	m	0,02	0,06	0,06		m	0,20	0,06	0,14
Са:	X	48,00	47,34	40,36	Сумма:				
	m	3,01	2,80	3,55		X	68,14	55,90	14,85
Mg:	X	7,14	6,11	4,91		m	3,24	3,17	3,71
	m	0,41	0,26	0,41	Емкость:				
Na:	X	2,00	1,80	1,08		X	69,00	56,00	47,00
	m	0,58	0,55	0,20		m	3,03	1,56	1,43

Насыщенность почв основаниями очень высокая. Среди них преобладает кальций. Ниже, по мере уменьшения содержания глины и органического вещества, насыщенность почв довольно быстро снижается. Обеспеченность почв гумусом сравнительно высокая (рис. 14). Содержание азота в слое 0-30 см - 0,20-0,22% (табл. 25)

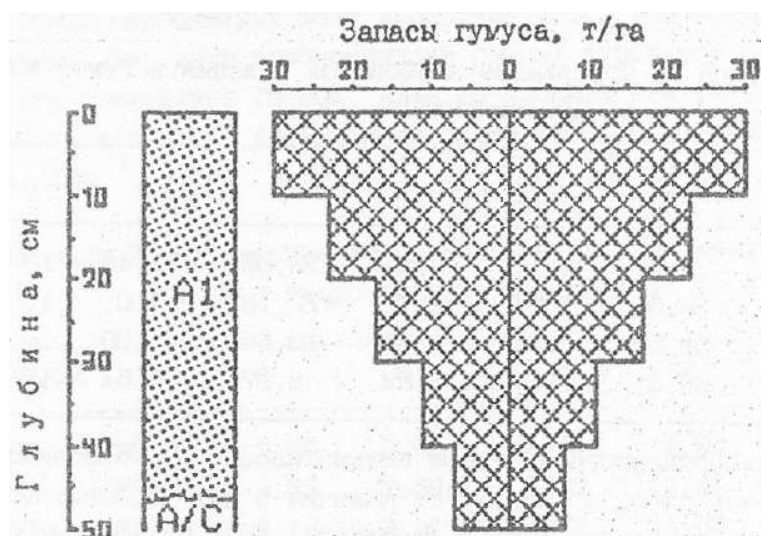


Рис. 14. Запасы гумуса и распределение его по профилю гумус-карбонатной почвы.

Таблица 25. Содержание гумуса, азота, подвижных форм фосфора и калия в гумус-карбонатных почвах

Глубина, см	Гумус, %		Азот общий, %		P ₂ O ₅ , мг/100 г		K ₂ O, мг/100 г	
	X	m	X	m	X	m	X	m
0-10	4,83	0,30	0,210	0,010	5,17	0,29	16,00	1,18
20-30	2,91	0,20	0,190	0,010	0,22	0,02	12,00	0,32
50-60	1,43	0,09	0,150	0,010	0,15	0,01	5,10	0,19

Обеспеченность почв подвижным фосфором по группировке Брая и Курца /71/ средняя, а калием - высокая.

Гумус-карбонатные почвы обладают сравнительно высокой противозерозионной устойчивостью, однако значительная часть их эродирована, что объясняется сильно расчлененным рельефом, занятой ими территории.

Другие типы почв. К наиболее распространенным почвам Кубы, практически не подверженным эрозии, относятся вертисоли, гидроморфные, галоморфные и аллювиальные почвы. Вертисоли Кубы описаны под разными названиями. Степанов /58/ назвал их черными гидроморфными, Зонн /27/ - черными пластичными аллитно-сиаллитными, Шишов /70/ - темными пластичными тропическими. Наибольшие массивы их находятся на востоке страны, где они занимают пониженные равнинные территории, Однако небольшими участками в сочетании с другими типами почв они встречаются и в западных провинциях. Профиль кубинских вертисолей достаточно глубокий (1,5-2,0 м). Мощность гумусового горизонта, окрашенного в черный цвет, достигает 60-90 см. Горизонт тяжелосуглинистый, структура его глыбистая прочная. Ниже залегает горизонт В1 (30-40 см) темно-серого цвета, тяжелосуглинистый, плотный, постепенно переходящий в темно-зеленый горизонт В2, который простирается до глубины 150-200 см. Горизонт тяжелосуглинистый, пластичный. В нем встречаются обломки почвообразующей породы - известняков. В соответствии со второй генетической классификацией группа вертисолей подразделяется на три типа почв: темные пластичные глеевые, темные пластичные глееватые и темные пластичные не оглеенные. Используются они главным обра-

зом под сахарный тростник, рис и пастбища. Значительная часть года почвы защищены от солнца и ливней хорошо развитым растительным покровом, поэтому эрозия на них не достигает значительных размеров.

Гидроморфные почвы представлены различными типами глеевых почв: гумус-глеевыми, глеевыми ферраллитными и глеевыми кварцитными. В 1986 г. Зонн /25/ классифицировал глеевые почвы как серые пластичные аллитно-сиаллитные псевдоподзолистые. Профиль их имеет следующее строение. Верхний горизонт темно-серого цвета небольшой мощности (15-20 см) с комковато-зернистой структурой и редкими железистыми конкрециями переходит в сине-зеленый горизонт В призмической структуры и включениями конкреций. Он подстигается бесструктурным сизым горизонтом С с ржавыми пятнами. Расположены почвы обычно на прибрежных нерасчлененных равнинах и используются под пастбища. Земледелие на них возможно только при строительстве дренажной системы.

Галоморфные почвы делятся на три типа: солончаки обычные, солончаки мангровые и солонцы. Они характеризуются различным строением и составом солей. Образуют узкие полосы, окаймляющие остров вдоль всей прибрежной линии. Наибольшие массивы встречаются на востоке страны (провинция Ольгин и Байамо) и на западе (Гавана, Матансас).

В последнее время на Кубе широко распространилось вторичное засоление почв в результате подъема грунтовых вод, обусловленное строительством водохранилищ и неумеренным поливом.

Богатство почв Кубы, их разнообразие и особенности обусловили различный уровень их устойчивости к разрушительному действию осадков, что в сочетании с другими факторами создало очень пеструю картину эрозионной опасности земель на большей части территории страны

Ниже приводится методика и результаты количественной оценки влияния различных типов почв на интенсивность ливневой эрозии в целом. Эта задача решалась следующим образом. В различных провинциях Кубы на семи наиболее распространенных типах почв было выбрано по 15 ключевых участков (Почвы; гумус-карбонатная и рендзины на известняках, коричневая карбонатная на известняках, коричневая бескарбонатная на нейтральных породах, ферритная пурпурная на корках выветривания серпентинитов, се-

ро-коричневая на гранодиоритах, желтая ферраллитно-кварцитная лессивированная на песчаных отложениях и красновато-желтая ферраллитно-кварцитная на двучленных отложениях). Все участки находились в стандартных климатических условиях (количество осадков 1400- 1600 мм, уклон поверхности 4 град.), средних и наиболее типичных для сельскохозяйственных районов. На ключевых участках выкапывали разрезы, в которых измеряли мощность оставшейся части гумусового горизонта (A + B1) (табл. 26). Полученные данные сопоставляли с разработанными заранее моделями эталонов несмытых почв, что позволило определить мощность смытой части профиля каждого типа почв в стандартных условиях и рассчитать коэффициент влияния различных Типов почв на эрозионную опасность земель (S). Он представляет собой отношение мощности смытой части профиля в стандартных условиях к средневзвешенному эрозионному индексу осадков.

Коэффициент S (табл. 27) можно назвать коэффициентом эрозионной способности почв (величина обратная понятию «противоэ-

Таблица 26. Мощность гумусосодержащего слоя (A+B1) изучаемых почв в стандартных условиях

X	S	m	V	p	n
Гумус-карбонатная и рендзины на известняках					
41	4,06	1,04	9,90	2,53	15
Коричневая карбонатная на известняках					
42	3,98	1,02	9,70	2,48	15
Коричневая бескарбонатная на нейтральных породах					
38	3,61	0,92	9,50	2,44	15
Ферритная пурпурная на корях выветривания серпентинитов					
55	6,10	1,58	11,09	2,87	15
Серо - коричневая на гранодиоритах					
31	3,10	0,79	10,00	2,55	15
Желтая ферраллитно-кварцитная на песчаниках					
23	2,15	0,55	9,35	2,39	15
Красновато-жёлтая ферраллитно-кварцитная на двучленных наносах					
21	2,75	0,71	13,09	3,38	15

розионная устойчивость почв»), так как чем легче почва подвергается эрозии, тем больше его значение.

Некоторые типы почв имеют сравнительно близкое значение S , поэтому для удобства пользования все изученные почвы мы объединили в классы, границы и размер которых устанавливали таким образом, чтобы использование средних значений двух соседних классов в формуле расчета потерь почвы от эрозии давало различие, превышающее единицу измерения с учетом возможной ошибки. В результате такой работы интересующие нас типы почв расположились приблизительно равномерно, как в крайних, так и в средних классах (табл. 28), поскольку все они сильно различаются по своим свойствам.

Предполагалось, что в дальнейшем будет изучена эрозионная способность других типов почв и пробелы в таблице заполнятся. Однако от оценки этого показателя сравнительно-географическим методом вскоре пришлось отказаться из-за трудностей поиска эталонов почв. Вместо этого был использован расчетный способ определения искомой величины.

Таблица 27. Мощность смытой части профиля почв (см) в стандартных условиях и коэффициенты их эрозионной способности (S)

Тип почвы	Потери почвы, см/год	Значение коэффициента S
Гумус-карбонатная	0,10	0,20
Коричневая карбонатная	0,11	0,20
Коричневая бескарбонатная	0,13	0,23
Красно-коричневая	0,14	0,26
Зерритная пурпурная	0,16	0,29
Серо-коричневая	0,18	0,32
Красновато-желтая ферраллитно-кварцитная	0,28	0,50
Желтая ферраллитно-кварцитная	0,31	0,54

Изучение закономерностей ливневой эрозии почв выявило прямую зависимость их противозерозионной устойчивости от содер-

Таблица 28. Классы и средние значения коэффициента эрозионной способности некоторых типов почв Кубы

Граница класса, см	Средина класса, см	Тип почвы
0,19-0,21	0,20	Гумус-карбонатная, коричневая карбонатная
0,22-0,24	0,23	Коричневая бескарбонатная
0,25-0,27	0,26	Красновато-коричневая
0,28-0,30	0,29	Ферритная пурпурная
0,31-0,33	0,32	Серо-коричневая
0,34-0,36	0,35	
0,37-0,39	0,38	
0,40-0,42	0,41	
0,43-0,45	0,44	
0,46-0,48	0,47	
0,49-0,51	0,50	Красновато-желтая ферраллитно-кварцитная
0,52-0,54	0,53	Желтая ферраллитно-кварцитная .

жания водопрочных агрегатов (крупнее 2 мм). На этой основе был построен график (рис.15), выразивший связь между содержанием водопрочных агрегатов в шести типах почв с их эрозионной способностью в виде пологой кривой.

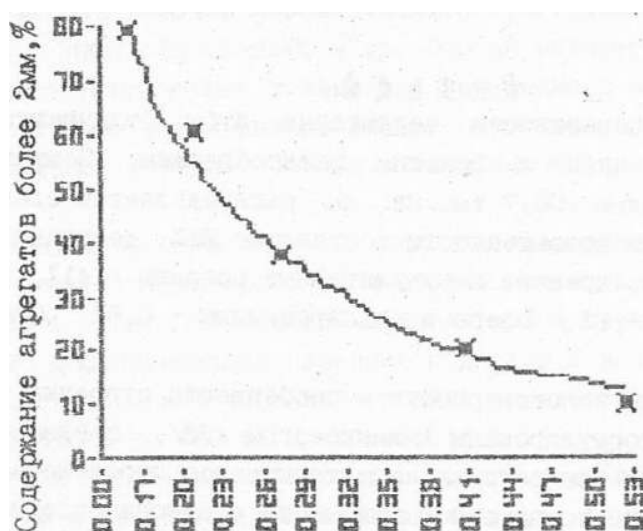


Рис. 15. Коэффициенты эрозионной способности почв Кубы

Таблица 29. Значения коэффициента эрозионной способности некоторых типов почв Кубы

Тип почвы	Степень смывости				
	отсутствует	слабая	средняя	сильная	очень сильная
Красная ферраллитная	0,17	0,17	0,20	0,20	0,23
Гумус-карбонатная	0,20	0,20	0,23	0,23	0,26
Коричневая карбонатная	0,20	0,20	0,23	0,23	0,26
Коричневая бескарбонатная	0,23	0,23	0,26	0,26	0,29
Красно-коричневая	0,26	0,26	0,29	0,32	0,35
Ферритная пурпурная	0,29	0,29	0,32	0,32	0,35
Серо-коричневая	0,32	0,35	0,38	0,41	0,41
Красновато-желтая	0,50	0,50	0,47	0,47	0,44
Желтая	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Затем на график нанесли сведения о других типах почв, в том числе и эродированных. При этом соблюдали одно условие - точка, обозначающая содержание агрегатов в каждой конкретной почве, располагалась против того класса, который находился ближе всего к кривой. Таким образом, были получены значения эрозионной способности тех почв, которые не были изучены в поле (табл. 29).

Рельеф

Рельеф поверхности территории Кубы отличается весьма сложным строением и большим разнообразием. Земельный фонд страны площадью 106,7 тыс. кв. км распределяется следующим образом: горы и возвышенности составляют 21%, денудационные равнины - 28,2%, древние аккумулятивные равнины – 41%, приморские низменности – 8%, озера и водохранилища - 0,82 общей площади /38/.

Основные закономерности и особенности строения территории Кубы были сформулированы Лиленбергом /38/, согласно которому развитие рельефа острова характеризуется определенной цикличностью, соответствующей цикличности осадконакопления и тектогенеза. Морфологическим выражением рельефообразования является

формирование ярусов, представляющих одновозрастные полифациальные поверхности, в пределах которых прослеживается парагенетический переход от морских к речным и денудационным образованиям.

Наибольшую часть территории Кубинского архипелага занимают равнины. Они соответствуют районам слабых неотектонических поднятий с амплитудой в несколько десятков метров. Периферийную ее часть занимают террасовые морские равнины, представляющие собой абразивные и абразивно-аккумулятивные образования, которые в ряде мест сменяются флювиально-морскими дельтовыми равнинами (юг провинции Пинар дель Рио, долина р. Кауто и др.). Во внутренних частях острова развиты преимущественно цокольные денудационные и террасовые флювиальные равнины.

Возвышенности также занимают большие территории и соответствуют районам умеренных поднятий с амплитудой 150-550 м. В ряде случаев это размытые остатки более высоких плато. Их рельеф определяется ведущим геоморфологическим процессом и представлен расположенными к западу от гор Гуанигуанико и у подножья горного массива Тринидад холмогорьями, которые обязаны своим происхождением избирательной эрозии в более плотных породах (известняках, кварцевых песчаниках, гранодиоритах). Разновидностями их являются грядовоостанцевые холмогорья Санта Клары, Камагуэя и Ла Кордильеры севера Лас Вильяса, останцевые месеты районов Баракоа и Ятерас, столовые месы Майей, Кабо Крус, плато Гуантанамо и др. Особый интерес представляют структурно-тектонические возвышения связанные с наиболее молодыми поднятиями. Среди них различают горстовые моноклиналильные, периклиналильные, солянокупольные возвышенности и синклиналильные плато.

Горы Кубы расположены в виде изолированных равнинами групп и соответствуют районам наиболее интенсивных поднятий с амплитудой 1-2 км. В пределах каждой горной группы в зависимости от дифференциаций древних поднятий и возраста рельефа обособляются морфометрические ступени: предгорья (до 400 м), малые (от 400 м до 700 м), низкие (1000-1200 м) и средние (до 2000 м) горы. Естественно эти три типа рельефа (равнинный, возвышенный и горный) резко отличаются друг от друга морфометрическими показателями, а следовательно, и эрозионной опас-

ностью. Вместе с тем необходимо отметить, что наиболее сильно развита эрозия не в горах, а на возвышенностях и расчлененных равнинах. Это объясняется более интенсивным использованием земли в этих районах. В горах опасность возникновения эрозии выше, чем на равнинах, но сохранившаяся здесь естественная растительность сдерживает ее проявление.

Большинство исследователей утверждает, что из всех характеристик рельефа наиболее сильно на эрозию влияет уклон поверхности. В связи с этим интересно проследить распределение земель Кубы по категориям крутизны склонов (по данным Минсельхоза Республики куба):

Градация по крутизне склонов, град.	<0,5	0,5-1	1-3	3-8	8-15	15-25	>25
Доля общей площади, %	13,8	19,2	29,6	18,2	9,2	6,8	3,2

Больше половины территории страны имеет уклон свыше 1 град. При этом уклоне на Кубе подвергаются эрозии почти все почвы, не защищенные растительностью в дождливый период. Поскольку на эрозию почв наибольшее влияние оказывает крутизна склона, именно ее учитывали при оценке влияния рельефа на потенциальную эрозионную опасность земель.

В качестве картографической основы при оценке эрозионного влияния крутизны склонов использовали карту уклонов, составленную Институтом географии АН Кубы. В каждой выделенной на ней градации (<1 град., 1-3 град., 3-5 град., 5-10 град., 10-15 град., 15-20 град., 20-25 град.) подбирали по 15 участков на коричневых карбонатных, коричневых бескарбонатных, гумус-карбонатных, серо-коричневых и красновато-желтых ферраллитно-кварцитовых почвах, наиболее широко распространенных на склонах. На них выкапывали разрезы, в которых измеряли мощность оставшейся части гумуссодержащего слоя. Сопоставляя ее с моделями эталонов несмытых почв, мы установили потери от эрозии на склонах разной крутизны. Как показал регрессионный анализ полученных данных, между крутизной склона и потерями почвы от эрозии существует прямая связь, которая может быть описана уравнением

$$Y = ax + vx + c, \quad (3)$$

где $У$ - мощность смытого слоя, см; a, b, c - коэффициенты регрессии, x - крутизна склона в град.

Пользуясь этим уравнением, мы рассчитали потери почвы от эрозии на склонах разной крутизны, а на основании этих данных-величины коэффициента T (табл. 30), характеризующего влияние рельефа на эрозионную опасность земель. При этом мощность смытой части профиля каждого типа почв на склоне 4 град, была принята нами за 1.0, а оценку других градаций уклона рассчитывали пропорционально величине фактической потери почвы.

Таблица 30. Значение коэффициента T при различных уклонах поверхности

Уклон, град.	T	Уклон, град.	T	Уклон, град.	T
2	0,56	12	2,26	22	5,48
4	1,00	14	2,45	24	5,98
6	1,39	16	2,59	26	6,47
8	1,73	18	2,68	28	6,97
10	2,02	20	2,72	30	7,47

Растительность

Растительность – это один из немногих природных, факторов, препятствующих развитию эрозии, поэтому состояние растительного покрова может входить в число основных показателей опасности возникновения эрозии.

Существуют различные мнения о составе первобытной растительности кубы. Одни предполагают, что до прибытия на остров испанцев около 90 % его территории было покрыто лесами /86, 99, 153, 167/, другие считают, что, по крайней мере, третью часть острова занимала саванна /90, 143/. Однако, независимо от того, кто из авторов прав, можно утверждать, что три четыре века назад естественная растительность (саванная или лесная) сплошь покрывали остров, надежно защищая почву от эрозии. На равнинах Кубы господствовали влажные тропические леса /90/, в составе которых преобладали широколиственные вечнозеленые

виды с небольшой примесью листопадных пород. В настоящее время эти леса почти повсеместно уничтожены. На их месте выращивают сахарный тростник, бананы и другие культуры. Только в поймах крупных рек сохранились небольшие участки этих лесов. В их составе часто встречаются *Lonchocarpus domingensis*, *Pere oppositifolia*, *Spondias mombin*, *Licaria jamaicensis*, *Phoebe cubensis*, *Carapa quianensis*.

В предгорных сильно расчлененных районах также были распространены широколиственные леса, но с большей примесью листопадных пород (*Oxandra lanceolata*, *Smilax makagon*, *Cedrela mexicana*, *Seiba pentandra*. В настоящее время такие леса сохранились также на небольших территориях, на землях, мало пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур. На освобожденной от леса территории выращивают сахарный тростник и цитрусовые. Часть земель занята пастбищами. На всех освоенных землях, включая пастбища, наблюдается эрозия почв.

В горных малоосвоенных районах Кубы естественная растительность сохранилась несколько лучше. В низкогорном поясе с относительными высотами от 500 м до 1000 м в насаждениях преобладают *Cedra mexicana* и *Roystonea regia*. В более возвышенных районах (1000-1700 м) распространены *Magnolia cubensis* и некоторые виды рода *Ocotea* и *Tabebuia*. В горах Сьерра Маэстра на высоте 1700-1900 м, где население почти отсутствует, лесная растительность сохранилась очень хорошо. Здесь произрастают *Roystonea regia*, некоторые виды рода *Tabebuia* и др. На самых высоких вершинах встречаются *Garrya fadyenii*, *Weinmannia pinata*, *Juniperus saxicola*. На острове Молодежи, в горных районах Пинар дель Рио и Сьерра Маэстра встречаются сосновые леса, первый ярус которых составляют *Pinus caribaea*, *P. tropicalis*, *P. occidentalis*. В подлеске встречаются *Quercus virginiana*, *Bursera crassifolia*, *Onoclea sensibilis*, *Curatella americana*. В напочвенном покрове распространены *Sorghastrum nutans*, *Andropogon furcatus* и *Aristida*. Кроме сосны, в этих лесах нередко можно встретить пальмы *Bastardia cubensis*, *Vaccinium alatum*, *Leontodon macrophylla* и *Tabebuia*.

Исключительно своеобразна растительность на маломощных коричневых ферромагнезиальных почвах на серпентинитах. Она представлена ксерофитными злаками, микрофильными колючими кус-

тарниками и некоторыми видами низкорослых пальм. На карстовых равнинах с маломощным почвенным покровом также преобладают ксерофитные виды древесно-кустарниковой растительности. Травяной покров полностью отсутствует. Вдоль морских побережий на аккумулятивных заболоченных равнинах формируется мангровая растительность. В прибрежной части растут *Rizophora mangle*, а о мере удаления от берегов вглубь острова их сменяет растительность пресноводных болот с пальмой *Reystonea regia*. Таким образом, естественная растительность на Кубе сохранилась только в малонаселенных горных районах и на некоторых участках равнин, где почва не пригодна для выращивания сельскохозяйственных культур, на общей площади, не превышающих 20% общей территории. Примерно такую же площадь занимают многолетние культуры. Там, где растительность уничтожена, возделывают пищевые и технические культуры. Почвозащитная роль их сильно варьирует в зависимости от вида и технологии возделывания. На западе Кубы и на острове Молодежи, где распространены желтые ферраллитно-кварцитные почвы, выращивают табак, цитрусовые, арахис, кукурузу. В центральных районах острова на красных ферраллитных, гумус-карбонатных и коричневых почвах возделывают главным об-

Таблица 31. Земельный фонд Республики Куба и характер его использования

Угодья	Площадь	
	тыс. га	%
Сельскохозяйственные земли	6580,9	62
в том числе: под однолетними культурами	709,6	7
под многолетними культурами	2988,9	28
необрабатываемые площади	2881,8	27
Несельскохозяйственные земли	4095,0	38
в том числе: леса и мангры	1510,4	14
болота	523,3	5
города и дороги	393,5	4
прочие	1668,8	15

разом сахарный тростник и бананы, на серо-коричневых – табак, а коричневые бескарбонатные почвы заняты пастбищами. В восточных провинциях на равнинах выращивают фасоль, овощные и плодовые культуры, а в предгорьях и горных районах - кофе и какао. Значительные площади заняты пастбищами (табл. 31).

Растительность препятствует развитию ливневой эрозии. Надземная ее часть припишет на себя удары дождевых капель и служит механическим препятствием на пути поверхностного стока, а корни скрепляют почву, повышая ее противозерозионную устойчивость. Наибольшей защитной способностью обладает естественная древесно-кустарниковая растительность и некоторые многолетние культуры, в меньшей степени выполняют эту роль однолетние растения.

Глава 2. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛИВНЕВОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ НА КУБЕ

Общие принципы оценки потенциальной опасности земель

Существуют различные методы оценки потенциальной опасности распространения эрозии почв. Одни исследователи связывают ее с геологическим строением территории /2/ или с проявлением современных геологических процессов /28/, другие оценивают по морфометрическим показателям рельефа /40,45/, третьи считают эрозионную опасность функцией самих почв /13/. Эрозионную опасность почв оценивают по гидрометрическим данным /73/, среднегодовому многолетнему количеству осадков /4/, величине ущерба, наносимого эрозией почвенному покрову /1, 6/, по растительному покрову /21, 61/, по противоэрозионной устойчивости почв /34/ и т. п.

А.В. Левин /37/ предлагает использовать для этой цели структуру почвенного покрова, а ЕЕ Родзевич и К. В. Пашканг /48/, Е П Крутиков /33/, Ю. Н. Цесельчук /66/ - ландшафтные карты. Многие исследователи /31, 32, 36, 37, 40, 50, 52, 55, 64, 68, 81, 84, 165, 178 и др./ проводили комплексное районирование территории – по нескольким природным факторам, что позволяет наиболее полно оценить влияние всех природных условий на опасность возникновения и интенсивность развития эрозии. Именно поэтому мы использовали этот принцип при работе на Кубе.

Опасность возникновения эрозии почв на той или иной территории зависит от комплекса сложившихся здесь природных условий и характера ее использования. Однако хозяйственная деятельность, а также некоторые природные факторы, такие, как растительность, очень мобильны во времени. Они определяют не потенциальную, а актуальную эрозионную опасность земель на данной территории в конкретный промежуток времени. Поэтому при оценке потенциальной эрозионной опасности земель Кубы мы принимали во внимание только те факторы, которые наиболее устойчивы во времени: климат, рельеф и почвы.

Прежде чем говорить о степени влияния отобранных факторов на эрозию, необходимо определить, каким способом будет измеряться это влияние. Обычно для этой цели используют многолет-

ние данные о потерях почвы, полученные на стоковых площадках, заложенных при различном сочетании изучаемых факторов. Однако на Кубе рассчитывать на получение таких данных пока не приходится. Острый недостаток стокового оборудования не позволяет организовать стационары в различных природных условиях. Поэтому этот метод мы использовали только на двух типах почв (красновато-желтой ферраллитно-кварцитной и коричневой карбонатной) для оценки эрозионной способности осадков. Степень воздействия на эрозию почвенных и геоморфологических условий определяли с помощью сравнительно-географического метода, суть которого заключается в измерении фактической эродированности почв при различном сочетании изучаемых факторов.

Совместное влияние природных факторов на эрозионную опасность земель определяли по формуле

$$Э_{оп} = SPCT, \quad (2)$$

где S, C, T – частные коэффициенты влияния на эрозионную опасность почв, осадков и уклона поверхности соответственно, P – плотность почв, т/м³. Подставив экспериментально полученные значения изучаемых факторов в это уравнение, мы определили минимальные и максимальные значения возможных потерь почвы, что в свою очередь позволило нам судить о степени варьирования данных и составить классификацию эрозионноопасных земель.

Классификация эрозионноопасных земель

Основным критерием для определения числа категорий земель по их эрозионной опасности является масштаб картографирования. При детальной съемке может быть выделено больше категорий» при средней и мелкомасштабной - меньше. В данном случае проводилось картографирование эрозионноопасных земель Кубы в масштабе 1: 250 000. При составлении этой карты было испытано несколько вариантов различной дробности. Однако лучшим, по нашему мнению, является вариант с пятью категориями: 1 - эрозионная опасность отсутствует, 2 - слабая, 3- средняя, 4 - сильная, 5-очень сильная. К первой категории отнесены территории с ровным рельефом, где уклон поверхности не превышает один градус, а смыв почвы практически отсутствует. В этом случае влияние других факторов несущественно. К эрозионноопасных отнесены терри-

тории с уклоном более указанного предела. Критерием для выделения каждой категории эрозионноопасных земель служит максимально возможный смыв почвы при определенном сочетании природных условий (табл.32). Количественные показатели каждой категории рассчитывали следующим образом: к слабоэрозионноопасным отнесены территории, на которых почвы в процессе длительной

Таблица 32. Допустимые потери почвы при различной степени эрозионной опасности

Степень эрозионной опасности							
слабая		средняя		сильная		очень сильная	
см/год	т/га/ год	см/год	т/га/ год	см/год	т/га/ год	см/год	т/га/ год
1	2	3	4	5	6	7	8
Красная ферраллитная							
до 0,10	до 12	0,10-0,22	12-28	0,22-0,37	28-46	>0,37	>46
Гумус-карбонатная							
до 0,08	до 10	0,08-0,18	10-20	0,18-0,31	20-38	>0,31	>38
Коричневая карбонатная							
до 0,08	до 10	0,08-0,17	10-22	0,17-0,30	22-39	>0,30	>39
Коричневая бескарбонатная							
до 0,07	до 9	0,07-0,15	9-23	0,15-0,25	23-42	>0,25	>42
Серо-коричневая							
до 0,06	до 8	0,06-0,14	8-23	0,14-0,26	23-41	>0,26	>41
Красно-коричневая							
до 0,06	до 7	0,06-0,14	7-18	0,14-0,26	18-33	>0,26	>33
Ферритная пурпурная							
до 0,07	до 9	0,07-0,15	9-21	0,15-0,28	21-38	>0,28	>38
Красновато-желтая ферраллитно-кварцитная							
до 0,05	до 8	0,05-0,11	8-25	0,11-0,25	25-41	>0,25	>41
Желтая ферраллитно-кварцитная							
до 0,08	до 13	0,08-0,18	13-30	0,18-0,32	30-51	>0,32	>51

эксплуатации могут потерять слой почвы такой мощности, в котором содержится до 25% запасов гумуса; к среднеэрозионноопасным - 26-50%, К сильноэрозионноопасным - 51-75%, к очень сильноэрозионноопасным – более 75%. Пользуясь этими придержками, а также содержанием и распределением гумуса по профилю изучаемых почв, мы рассчитали мощность слоя, с потерей которого наступает та или иная степень эрозионной опасности (табл. 32). Если пересчитать величину потерь в тонны на 1 га за год, мы получим цифры, близкие к рекомендуемым другими исследователями.

Картографирование эрозионноопасных земель

При картографировании эрозионноопасных земель также как и при почвенной съемке необходимо, прежде всего, установить объект картографирования. В данном случае он достаточно сложен и включает в себя почвы, рельеф и среднегодовое количество осадков. В качестве основы при выделении эрозионноопасных земель использовали представления об элементарных почвенных ареалах (ЗПА), которые объединялись нами в группы в зависимости от главной цели картографирования - выделения различных типов и категорий эрозионной опасности земель с учетом всего комплекса природных условий, сложившихся на данной территории. Такие группы ЭПА с одинаковой эрозионной опасностью и являются объектом нашего картографирования.

Картографирование эрозионноопасных земель на Кубе проводили в два этапа. На первом были установлены категории эрозионной опасности земель, которые представляют собой территории, где эрозионное воздействие экзогенных факторов находится в определенном соотношении с противоэрозионной устойчивостью почв. На втором этапе выделяли типы эрозионной опасности, характеризующие территории с определенным сочетанием природных факторов. Кроме карты эрозионного индекса осадков, были составлены карты, отражающие влияние на эрозию почвенных условий и крутизны склонов. Основой для первой карты послужила почвенная карта масштаба 1:250'000, составленная Почвенным институтом Кубы, и результаты наших исследований противоэрозионной устойчивости почв. Почвы с одинаковыми значениями коэффициента S закрашивали одним цветом. Это позволило уменьшить число конту-

ров на почвенной карте, что облегчило дальнейшую работу. Затем были рассчитаны пределы углов наклона поверхности, при которых наступает каждая выделенная категория эрозионной опасности почв. Для этой цели была составлена вспомогательная таблица, в которой в вертикальной графе приведены величины коэффициентов влияния уклонов на эрозию, а в горизонтальных строках - значение эрозионного индекса осадков (табл.33). Подставляя эти значения в уравнение (2), мы рассчитали возможные потери каждого типа почвы при различном сочетании изучаемых факторов. На основании этих данных и классификации (табл.32) были установлены пределы значения уклонов и осадков для каждой из четырех категорий. Последовательным наложением на генерализованную почвенную карту карт уклонов и эрозионного индекса осадков были установлены границы земель с различной эрозионной опасностью.

Каждая выделенная на карте категория характеризуется самыми различными сочетаниями природных условий. В связи с этим

Таблица 33. Потери почвы (см/год) и категории эрозионной опасности при различном сочетании природных факторов

Коэффициент уклона T	Эрозионный индекс осадков (C)								Категории эрозионной опасности	
	24	32	42	54	68	82	102	122		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Красная ферраллитная почва (S = 0,17)										
0,25	-	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05		II
0,50	-	0,03	0,04	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10		
0,75	-	0,04	0,05	0,07	0,09	0,10	0,13	0,16		III
1,00	-	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,17	0,21		
1,25	-	0,07	0,09	0,11	0,14	0,17	0,22	0,26		IV
1,50	-	0,08	0,11	0,14	0,17	0,21	0,26	0,31		
1,75	-	0,09	0,12	0,16	0,20	0,24	0,30	0,36		
2,00	-	0,11	0,14	0,18	0,23	0,28	0,35	0,41		V
2,25	-	0,12	0,16	0,21	0,26	0,31	0,39	0,47		
2,50	-	0,14	0,18	0,23	0,29	0,35	0,43	0,52		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коричневая бескарбонатная (S = 0,23)									
0,25	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	II
0,50	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12	0,14	III
0,75	0,04	0,06	0,07	0,09	0,12	0,14	0,18	0,21	IV
1,00	0,05	0,07	0,10	0,12	0,16	0,19	0,23	0,28	V
1,25	0,07	0,09	0,12	0,16	0,20	0,25	0,29	-	
1,50	0,08	0,11	0,14	0,19	0,23	0,28	-	-	
1,75	0,10	0,13	0,17	0,22	0,27	-	-	-	
2,00	0,11	0,15	0,19	0,25	-	-	-	-	
2,25	0,12	0,16	0,22	0,28	-	-	-	-	
2,50	0,14	0,18	0,24	-	-	-	-	-	
2,75	0,15	0,20	0,26	-	-	-	-	-	
3,00	0,16	0,22	-	-	-	-	-	-	
3,25	0,18	0,24	-	-	-	-	-	-	
3,50	0,19	0,26	-	-	-	-	-	-	
4,50	0,25	-	-	-	-	-	-	-	
Серо - коричневая (S = 0,32)									
0,25	-	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	-	-	II
0,50	-	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	-	-	III
0,75	-	0,08	0,10	0,13	0,16	0,20	-	-	IV
1,00	-	0,10	0,13	0,17	0,22	0,26	-	-	
1,25	-	0,13	0,17	0,22	0,27	0,32	-	-	V
1,50	-	0,15	0,20	0,26	-	-	-	-	
1,75	-	0,18	0,23	0,30	-	-	-	-	
2,00	-	0,20	0,27	-	-	-	-	-	
2,25	-	0,23	-	-	-	-	-	-	
2,50	-	0,25	-	-	-	-	-	-	
2,75	-	0,28	-	-	-	-	-	-	
Красно-коричневая (S = 0,26)									
0,25	-	-	0,03	0,04	0,04	0,06	-	-	II
0,50	-	-	0,05	0,07	0,09	0,11	-	-	III
0,75	-	-	0,08	0,10	0,13	0,16	-	-	IV
1,00	-	-	0,11	0,14	0,18	0,21	-	-	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,25	-	-	0,14	0,18	0,22	0,26	-	-	
1,50	-	-	0,16	0,21	0,26	0,32	-	-	V
1,75	-	-	0,19	0,24	0,31	-	-	-	
2,00	-	-	0,22	0,28	-	-	-	-	
2,25	-	-	0,24	-	-	-	-	-	
2,50	-	-	0,27	-	-	-	-	-	
Ферритная пурпурная (S = 0,29)									
0,25	-	-	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	II
0,50	-	-	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	III
0,75	-	-	0,09	0,12	0,15	0,18	0,22	0,26	IV
1,00	-	-	0,12	0,15	0,20	0,24	0,29	0,35	V
1,25	-	-	0,15	0,19	0,25	0,29	0,36	-	
1,50	-	-	0,18	0,23	0,28	0,35	-	-	
1,75	-	-	0,21	0,27	0,34	-	-	-	
2,00	-	-	0,24	0,31	-	-	-	-	
2,25	-	-	0,27	-	-	-	-	-	
2,50	-	-	0,30	-	-	-	-	-	
Красновато-желтая ферралитно-кварцитная (S = 0,50)									
0,25	-	-	0,05	0,06	0,08	0,10	-	-	III
0,50	-	-	0,10	0,14	0,17	0,20	-	-	IV
0,75	-	-	0,16	0,20	0,26	0,31	-	-	V
1,00	-	-	0,21	0,27	0,34	-	-	-	
1,25	-	-	0,25	0,33	-	-	-	-	
1,50	-	-	0,31	-	-	-	-	-	
Желтая ферралитно-кварцитная (S = 0,54)									
0,25	-	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	-	-	III
0,50	-	0,08	0,11	0,14	0,18	0,22	-	-	IV
0,75	-	0,13	0,17	0,22	0,27	0,33	-	-	
1,00	-	0,17	0,22	0,29	0,37	0,44	-	-	V
1,25	-	0,22	0,28	0,36	-	-	-	-	
1,50	-	0,26	0,34	-	-	-	-	-	
1,75	-	0,30	-	-	-	-	-	-	
2,00	-	0,34	-	-	-	-	-	-	

не всегда представляется возможным выявить на конкретном участке фактор оказывающий наибольшее влияние, что затрудняет выбор адекватных условиям противоэрозионных мероприятий. Поэтому мы провели второй этап картографирования, на котором определили типы эрозионной опасности земель. Для этой цели количественные показатели влияния каждого изучаемого фактора были объединены в три группы. Первую группу составляли индексы слабого, вторую - среднего и третью - сильного влияния (табл.34). Исключение представляет только рельеф, эрозионный индекс которого подразделен на четыре группы - дополнительно выделена группа индексов (0-0,25), характеризующая крутизну склона менее 1 градуса, на которой эрозия практически отсутствует. Для других факторов эта категория не нужна, так как показатели их влияния начинаются с отсчетов, превышающих 0.

Такое распределение эрозионных индексов природных условий не случайно. Почвы, сгруппированные по их противоэрозионной устойчивости, показателем которой в данном случае является коэффициент S. В первой группе сосредоточены наиболее устойчивые к эрозии, преимущественно тяжелосуглинистые почвы (красные ферраллитные, гумус-карбонатные, а также смытые варианты этих почв с $S = 0,17-0,29$). Во второй группе объединены почвы среднесуглинистого гранулометрического состава со средней устойчивостью к эрозии (серо-коричневые, а также сильно- и очень сильносмытые ферритные пурпурные с $S = 0,30-0,41$). К третьей группе отнесены легкие почвы с низкой противоэрозионной устойчивостью (красновато-желтые и желтые ферраллитно-кварцитные, песчаные аллитные и другие с $S > 0,41$).

Эрозионный индекс осадков на Кубе варьирует от 24 до 132. Значения индекса, объединенные в первую группу, соответствуют территориям с минимальным количеством осадков ($C = 21-47$). Она представлена морскими прибрежными равнинами, где среднее многолетнее количество осадков варьирует от 800 мм до 1000 мм в год, и лишь в отдельных случаях достигает 1200 мм. Средняя максимальная 5-минутная интенсивность ливней здесь составляет 3,03-3,92 мм/мин /129/. Ко второй группе отнесены территории с эрозионным индексом 48-75 и количеством осадков от 1200 мм/год до 1600 мм в год при максимальной интенсивности 4,1 мм/мин. Она наиболее широко представлена на Кубе и включает основные

сельскохозяйственные угодья. В третью группу входят предгорья и горные территории с количеством осадков, достигающим 2000 мм и более ($C > 75$), с интенсивностью дождей до 4,4 мм/мин.

Группировка эрозионных индексов рельефа осуществлялась следующим образом. Помимо группы уклонов, не влияющих на эрозию, были выделены еще три группы (слабое, среднее и сильное влияние). К первой отнесены территории с уклоном от 1 град, до 4 град. ($T = 0,25 - 1,0$). верхний предел этой группы очень важен при решении задач защиты почв от эрозии. Мы установили, что именно на уклонах до 4 град, большинство почв можно защищать от эрозии с помощью агротехнических мероприятий. Во второй группе объединены уклоны крутизной 4-10 град. ($T = 1 - 2,5$). На таких склонах эрозия развивается очень интенсивно, бороться с ней здесь еще можно, сочетая агротехнические мероприятия и простейшие инженерные сооружения. Склоны круче 10 град с эрозионным индексом более 2,5, отнесены к группе сильного влияния уклонов на эрозию. Борьба с эрозией здесь возможна только посредством дорогостоящих инженерных мероприятий (табл 34).

Таблица 34. Группировка эрозионных индексов природных факторов

Степень влияния	Почвы и их эрозионные индексы	Индекс уклона	Индекс осадков
Отсутствует	Все почвы на склонах до 1 град.	0-0,25	21-122
Слабая	Почвы с $S = 0,17 - 0,29$	0,25-1,00	<48
Средняя	Почвы с $S = 0,30 - 0,41$	1,00-2,50	48-68
сильная	Почвы с $S > 0,41$	>2,50	>68

Группировка индексов изучаемых факторов позволила установить число и возможные сочетания- типов эрозионной опасности земель, а также выделить ведущие факторы, определяющие эрозию на данной территории. На Кубе можно выделить три основных типа эрозионной опасности (педогенный, топогенный и климагенный), а также четыре переходных (педо-климагенный, педо-топогенный, топо-климагенный и топо-педо-климагенный). Все они представлены в легенде карты и в табл. 35

Таблица 35. Типы эрозионной опасности земель Кубы

Тип	Тип			Критерии природных факторов			
				почв	осадков	уклонов	
Тип	Возможные сочетания факторов						
Педогенный	32	C1	TO	0,32-0,41	<48	0 - 0,25	
		S2	G1	T1	0,32-0,41	<48	0 - 0,25
		S3	C1	to	0,41-0,53	<48	0 - 0,12
		S3	C1	T1	0,41-0,53	<48	0 - 0,12
		S3	C1	T2	0,41-0,53	<48	0 - 0,12
		S3	C2	TO	0,41-0,53	48 - 68	0 - 0,12
		S3	C2	T1	0,41-0,53	48 - 68	0 - 0,12
		S3	C2	T2	0,41-0,53	48 - 68	0 - 0,12
Климагенный	C2	S1	to	0,17-0,29	48 - 68	0 - 0,25	
	C2	S1	T1	0,17-0,29	48 - 68	0,25 - 1	
	C3	S1	TO	0,17-0,29	>68	0 - 0,25	
	C3	S1	T1	0,17-0,29	>68	0,25 - 1	
	C3	31	T2	0,17-0,29	>68	1 " 2,5	
	C3	S2	TO	0,17-0,29	>68	0 - 0,25	
	C3	S2	T1	0,30-0,41	>68	0,25 - 1	
	C3	S2	T2	0,30-0,41	>68	1 - 2,5	
Топогенный	T2	S1	CO	0,17-0,29	<48	1 - 2,5	
	T3	S1	C1	0,17-0,29	<48	>2,5	
	тз	S1	C2	0,17-0,29	48-68	>2,5	
	T3	S2	C1	0,30-0,41	<48	>2,5	
	тз	S2	C2	0,30-0,41	48 - 68	>2,6	
Педо-клима- генный	S1	C1	TO	0,30-0,41	<48	0 - 0,26	
	S2	C2	TO	0,30-0,41	48 - 68	0 - 0,25	
	S2	C2	T1	0,30-0,41	48-68	0,25 - 1	
	S3	C3	TO	0,41-0,53	>68	0 - 0,12	
	S3	C3	T1	0,41-0,53	>68	0,12 - 1	
	S3	C3	T2	0,41-0,53	>68	1 - 2,5	
Педо-топо- генный	S2	T2	C1	0,30-0,41	<48	1 - 2,5	
	S3	T3	C1	0,41-0,53	<48	>2,5	
	S3	T3	C2	0,41-0,53	48 - 68	>2,5	

Тип	Возможные сочетания факторов	Критерии природных факторов		
		почв	осадков	уклонов
Топо-клима- генный	T2 C2 S1	0,17-0,29	48-68	1 - 2,5
	T3 C3 S1	0,17-0,29	>68	>2,5
	T3 C3 S2	0,30-0,41	>68 /	>2,5
Топо-клима- педогенный	T1 C1 S1	0,17-0,29	<48	0,25 - 1
	T2 C2 S2	0,30-0,41	48-68	1 - 2,5
	T3 C3 S3	>41	>68	>2,5

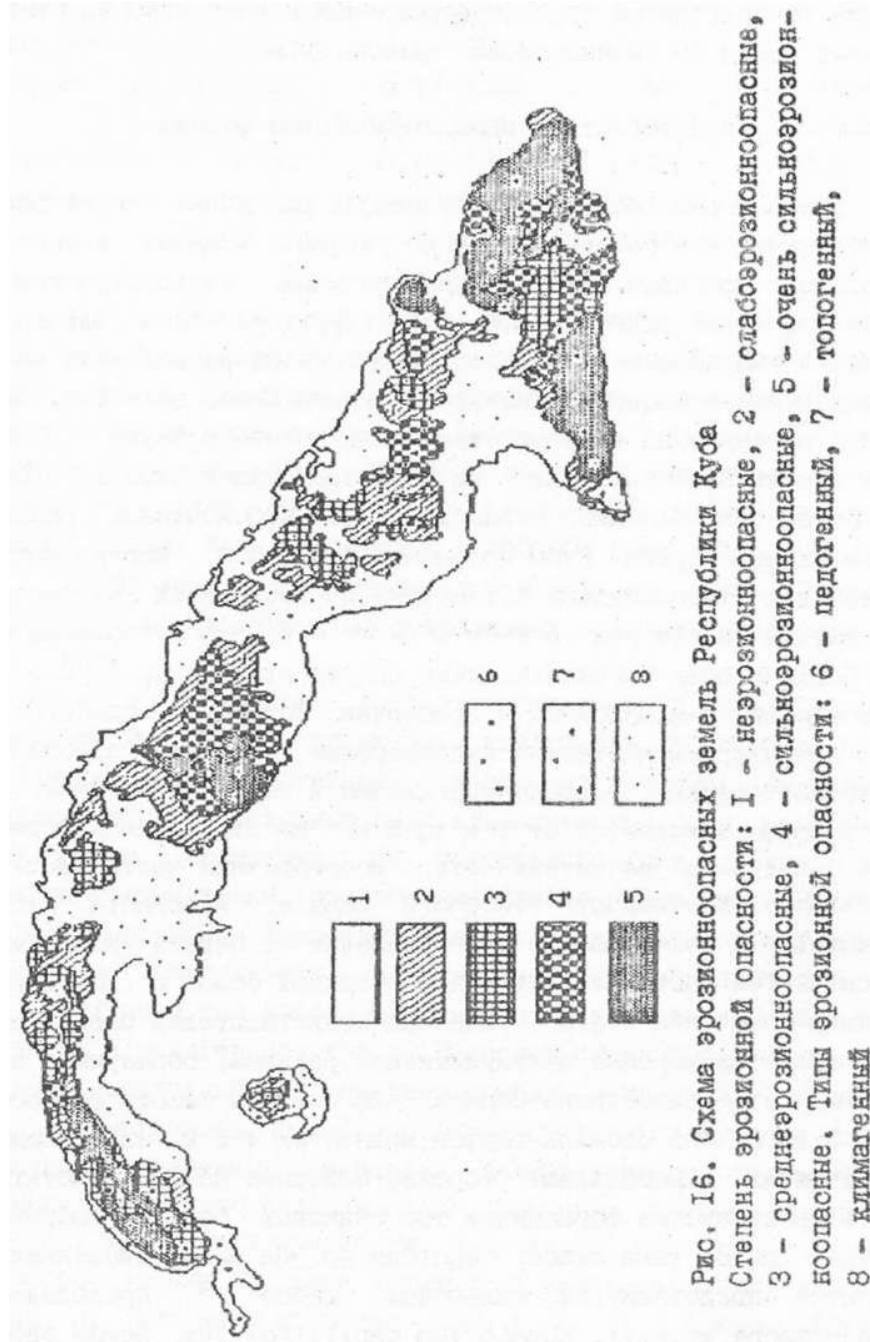
Группы показателей типов эрозионного влияния природных факторов были нанесены на карты уклонов, почвенную и эрозионного индекса осадков. Последовательным наложением этих карт друг на друга была составлена карта типов эрозионной опасности земель, которая была наложена на карту категорий эрозионной опасности. Таким образом, была составлена карта эрозионноопасных земель Кубы в масштабе 1:250 000 (рис.18).

Изображение эрозионноопасных земель на карте. Эрозионная опасность земель Кубы, представленная на карте, имеет два уровня: категории и типы. Категории эрозионной опасности земель выделяются различными видами штриховки, а типы – условными знаками. Педогенный тип выражен квадратами, топогенный – треугольниками, а климагенный – изображен точками, имитирующими капли дождя. Переходный педо-климатический тип отображается квадратами, принятыми для педогенного тина, между которыми располагаются точки, присвоенные климагенному типу. На контуры педо-топогенного типа также нанесены квадраты, между которыми размещены треугольники, характеризующие топогенный тип. Климатопогенный тип изображен символами, характерными для климагенного и топогенного типов. Наиболее сложный педо-топо-климагенный переходный тип сочетает символы педогенного, топогенного и климагенного. В легенде карты приводится краткая характеристика выделенных таксонов. Каждый контур эрозионно-опасных земель имеет свою индексировку. Римскими цифрами обозначена степень эрозионной опасности. В числителе приводится сочетание факторов эрозии (буквами латинского алфавита) с указанием степени их влияния (арабские цифры 1, 2, 3). В знаменателе латинскими буквами обозначены группы противоэрозионных мероприя-

тий, рекомендованные для почв различной эрозионной опасности. На рис. 16 приводится трансформированный и несколько упрощенный вариант карты эрозионноопасных земель Кубы.

Характеристика эрозионноопасных земель

Неэрозионноопасные земли занимают различные территории от болот и участков голого карста до равнин с мощными высокоплодородными красными ферраллитными почвами. Распространены они более или менее равномерно по всей территории Кубы. Однако наибольшие массивы неэрозионноопасных земель расположены на западных и юго-западных равнинах провинций Пинар дель Рио, Камагуэй, а также на востоке страны, в долине р. Кауто. Площадь этих земель 51,3 тыс. кв. км или 46,3% общей площади Кубы. К ним относятся плоские нерасчлененные заболоченные равнины, окаймляющие берега Кубы прерывистой полосой, ширина которой колеблется от нескольких сот метров до нескольких километров. Абсолютная высота над уровнем моря 0-10 м. В формировании равнин большую роль сыграли морские аккумулятивные процессы, поэтому сложены они морскими отложениями. Вследствие слабого дренажа почвы преимущественно гидроморфные. Среди них преобладают гумусово-торфяные, торфяно-мергелевые и торфяно-болотные. Мощность торфа измеряется от 1 м до 5 м. На этих почвах формируется мангровая растительность. В прибрежной части равнины в составе ее преобладают *Rizophora mangle*, *Avicannia nitida*, *Luguncularia zeseamosa*. По мере удаления от берега чистые мангры сменяются растительностью пресноводных болот с королевской пальмой *Roystonea regia*. Типичным представителем равнин этого типа является морская аккумулятивная равнина, образующая внутреннюю часть полуострова Салата. Абсолютная высота ее составляет 5-10 м. Она сложена торфом мощность 4-5 м, залегающим на известняках. Преобладают торфяно-болотные почвы. Растительность представлена формациями тростниковых болот, состоящими из трав *laudum jamaicense*, *Panicum sp.* На микроповышениях появляются представители пальмовых лесов с преобладанием *Acoelornaphe wrihtii*, *Eupatorium capillifolium*. Земли заболочены, поэтому их не используют в сельскохозяйственном производстве.



Неэрозионноопасные земли занимают также пониженные плоские части аллювиально-морских равнин, которые встречаются почти во всех провинциях Кубы. Наиболее обширные из них западная аллювиальная равнина, занимающая южную часть провинции Пинар дель Рио и Гавана, а также северная равнина провинций Вилья Клара, Хукаро-Морон, меридиальная равнина Кауто-Гуанакабоябо. Абсолютная высота их колеблется от 10 м до 80 м. Эти равнины сложены глинистыми и супесчаными морскими отложениями в формировании которых значительную роль играет и принос аллювия из внутренней части острова. Грунтовые воды залегают в пределах первого метра, поэтому здесь развиваются глеевые и темные слитые оглеенные почвы. Повышенные участки заняты коричневыми и гумус-карбонатными почвами. В прошлом на этих почвах произрастали листопадно-вечнозеленые леса, в которых господствовали *Roystonea regia*, *Colophillum antillanum*, *Spondias mombin* и др. В настоящее время эти равнины заняты почти полностью плантациями сахарного тростника.

Значительная часть неэрозионноопасных земель расположена на так называемых равнинах задернованного карста, которые представляют собой древние морские террасы высотой 50-100 м над ур. м. Сложены они известняками, поверхность которых сильно изменена карстовыми процессами. Рельеф плоский, однородный. Длительный период развития способствовал формированию на них мощных кор выветривания. Почвенный покров представлен очень плодородными красными ферраллитными тяжелосуглинистыми и глинистыми почвами. Естественная растительность не сохранилась. В настоящее время они заняты плантациями сахарного тростника и бананов.

На более молодых участках таких равнин встречаются территории голого карста (полуостров Гуанакабисес, Салата, остров Молодежи и др.). Основной их фон образуют поля с почти полным отсутствием почвенного покрова. Растительность представлена ксерофитными видами деревьев и кустарников *Bombax emarginatum*, *Cordia garacanehus*, *Colycophyllum candissi*. Высота деревьев достигает 15-20 м. Травяного покрова нет. В сельском хозяйстве не используются.

Слабоэрозионноопасные земли распространены преимущественно на пологих слаборасчлененных равнинах. Значительная часть их

встречается в сочетании с неэрозионноопасными землями на денудационных равнинах, сложенных известняками и мергелями, покрытыми мощными корами выветривания, на которых сформированы красные ферралитные почвы. Обычно они занимают наиболее расчлененные участки этих равнин с уклоном поверхности от 1 до 3 град. Эти земли отличаются высоким плодородием и поэтому широко используются в сельскохозяйственном производстве. На них выращивают преимущественно сахарный тростник. Несколько реже можно встретить плантации бананов и овощных культур. Количество осадков здесь, как правило, не превышает 1400-1600 мм в год.

Земли со слабой эрозионной способностью встречаются также на денудационно-аккумулятивных и аллювиально-морских равнинах, сложенных осадочными породами (известняками, мергелями с небольшими участками вулканических пород. Почвенный покров очень разнообразен. Здесь встречаются коричневые карбонатные, гумус-карбонатные, темные слитные и глеевые почвы. Естественная растительность в прошлом была представлена листопадно-вечнозелеными лесами. В настоящее время она сохранилась частично в поймах рек. Большая часть территории занята сахарным тростником и овощными культурами.

На эрозионно-денудационных равнинах Камагуэя слабоэрозионноопасные земли представлены серо-коричневыми почвами на гранодиоритах. Эти почвы обладают очень низкой противоэрозионной устойчивостью, поэтому к слабоэрозионноопасным они отнесены только на участках с уклоном поверхности до 3 град, и осадками до 1400 мм. На территории с большим количеством осадков даже при таких незначительных уклонах они переходят в категорию среднеэрозионноопасных. Естественная растительность на серо-коричневых почвах состоит из травянисто-кустарниковых ассоциаций, поэтому значительная часть этих почв используется под пастбища. Из культурных растений на них выращивают табак, кукурузу, фасоль и др.

На западе Кубы слабоэрозионноопасные земли занимают аккумулятивные и эрозионно-аккумулятивные равнины, сложенные осадочными породами различного гранулометрического состава. На них сформировались желтые ферралитно-кварцитные почвы с очень низкой противоэрозионной устойчивостью. Даже на склонах менее 1 град, они подвергаются эрозии. Естественная растительность

представлена сосново-пальмовым редколесьем. В сельском хозяйстве эти земли используются, в основном, для выращивания табака, цитрусовых и под пастбища.

Слабоэрозионноопасные земли встречаются и на деллювиально-эрозионных равнинах, сформированных на различных породах. Такие равнины типичны для юго-востока Кубы. Абсолютная высота их колеблется от 1 м до 50 м. Преобладающими почвами являются коричневые карбонатные. Естественная растительность состоит из травянисто-кустарниковых ассоциаций. В сельском хозяйстве эти почвы используются главным образом под пастбища. Реже на них выращивают цитрусовые и сахарный тростник. Земли этой категории можно встретить на относительно молодых морских абразивных равнинах, которые представляют собой сложенные известняками морские террасы, преобразованные карстовыми и эрозионными процессами. Абсолютная высота их колеблется от 20 м до 50 м. Почвы слаборазвитые красные ферраллитные. Естественная растительность представлена сухолюбивыми кустарниками. Из сельскохозяйственных растений хорошо растет хенекен.

Слабоэрозионноопасные земли встречаются и в межгорных впадинах, которые характерны на Кубе для всех горных массивов, хотя в целом охватывают незначительные площади. Происхождение их самое различное. В результате накопления продуктов выветривания, поступающих с окружающих гор, здесь сформировались красные илистые глинисто-песчаные коры выветривания. Естественная растительность не сохранилась, все они заняты плантациями табака и овощных культур. Земли со слабой эрозионной опасностью встречаются и на других равнинных территориях в сочетании с неэрозионноопасными, которые располагаются на более плоских нерасчлененных участках, и со среднеэрозионноопасными, занимающими средне- и сильно-расчлененные участки. Наибольшие площади слабоэрозионноопасных земель находятся на северных всхолмленных равнинах Пинар дель Рио, возвышенностях Бехукаль, Мадруга, Колизей, провинции Гавана, возвышенностях Санта Клары, на пенеппене Флорида-Камагуэй-Тунас. Общая площадь их 19,1 тыс. кв. км или 17,2% территории Кубы.

Среднеэрозионноопасные земли. Эта категория включает территории с широким диапазоном уклонов поверхности и большим разнообразием почвенного покрова. К ней относятся желтые и

красновато-желтые ферраллитно-кварцитные почвы, сформировавшиеся на продуктах выветривания песчаников при уклоне поверхности от 1 град, до 3 град, и осадков до 1800 мм. Сюда же вошли серо-коричневые почвы на склонах крутизной 1-3 град, при любом количестве осадков, а при уклоне поверхности 3-5 град. - до 1600 мм, а также гумус-карбонатные, коричневые карбонатные и бескарбонатные почвы на нейтральных породах при уклоне 3-5 град, и количестве осадков свыше 1200 мм, на склонах 5-10 град, с количеством осадков до 1200 мм.

Среднеэрозионноопасные земли встречаются в сочетании со слабоэрозионноопасными на эрозионно-денудационных равнинах, занимая наиболее расчлененные участки» сложенные преимущественно вулканическими породами, песчаниками, флишем и гранитоидами. Здесь преобладают коричневые бескарбонатные и серо-коричневые, маломощные щебенчатые почвы. Естественная растительность - саванна травянисто-кустарниковая. Изредка встречаются разреженные пальмовые леса. В сельском хозяйстве эти земли используются под пастбища, для выращивания цитрусовых и табака. Иногда на них можно встретить плантации сахарного тростника и овощных культур. К этой же категории относятся земли в эрозионно-денудационных котловинах, которые занимают крупные синклиналии Восточной Кубы. Сложены они преимущественно туфами и мергелями, на которых формируются гумус-карбонатные почвы. Эти территории неоднократно подвергались поднятию, поэтому рельеф их сильно расчленен. Абсолютная величина колеблется от 150 м до 200 м над ур. м. Относительно крутые склоны (5-10 град.) способствуют широкому развитию эрозии почв. Поэтому почвы здесь маломощные, щебнистые. В понижениях, где почвы более мощные, встречаются плантации сахарного тростника, а эродированные склоны заняты пастбищами. Аналогичные земли встречаются в тектонико-денудационных межгорных котловинах провинций Ориенте, которые представляют собой относительно небольшие (50-100 кв. км) впадины и гребневидные понижения. Сложены они флишем и сланцами, на которых распространены желтые ферраллитно-кварцитные и коричневые почвы. Используются для выращивания кофе.

Крупные массивы среднеэрозионноопасных земель расположены на сильно расчленённых участках предгорных равнин Пинар дель Рио, в межгорных впадинах и на возвышенностях западной, цент-

ральной и восточной Кубы. Общая площадь их составляет 13,9 тыс. кв. км или 12% территории страны.

Сильноэрозионноопасные земли распространены преимущественно на эрозионно-денудационных холмогорьях, сложенных вулканическими породами и мергелями, на которых формируются гумус-карбонатные, коричневые карбонатные и бескарбонатные, а также серо-коричневые почвы. Естественная растительность представлена редколесьем, в составе которого преобладают *Behamia cubensis*, *Phyllostylon brusilensis*, *Oxandra lanceolata*. В сельском хозяйстве земли используются преимущественно под пастбища. Сюда же относятся и структурно-денудационные низкогорья на северном склоне хребта Сьерра Маэстра. Они сложены флишем, на котором сформировались аллитные почвы. В составе естественной растительности встречаются *Caliptrodre clementis*, *Ocotea* sp. Из сельскохозяйственных растений здесь наибольшее распространение имеет кофе. Аналогичные земли встречаются и на южном склоне горного массива Сьерра Маэстра. Эта территория сложена преимущественно вулканическими породами. Эрозия развита очень сильно. Естественная растительность представлена листопадными лесами, в которых преобладают *Callaphyllum antillanum*.

Значительные территории сильноэрозионноопасных земель встречаются в горных массивах Гуаниагуанико, Сьерра де лос Органос и Эскамбрай. Они представлены гумус-карбонатными и коричневыми карбонатными почвами при уклоне 5-10 град, и осадках свыше 1200 мм, а также на склонах 10-15 град, с количеством осадков до 1400 мм. В эту же категорию вошли и коричневые бескарбонатные почвы на нейтральных породах на склонах крутизной 5-10 град, и количеством осадков от 1200 мм до 1800 мм, а также серо-коричневые почвы на кислых породах при уклоне поверхности 3-5 град, и сумме осадков более 10GQ мм и на склонах 5-10 град с суммой осадков до 1200 мм. Желтые и красновато-желтые ферраллитно-кварцитные почвы на песчаных сланцах и корках выветривания включаются в категорию сильноэрозионноопасных при уклоне поверхности 1-3 град, с осадками до 1000 мм и на склонах 3-5 град, с осадками до 1600 мм.

Наибольшие массивы сильноэрозионноопасных земель сосредоточены в горных массивах Сьерра Маэстра, Сьерра де Кристаль,

Эскамбрай, Сьерра де лос Органос и на возвышенностях Варакоа и Санта Клара. Общая сумма их 9,6 тыс. кв. км или 8,6% площади Кубы.

Очень сильноэрозионноопасные земли широко распространены в горных массивах Сьерра дель Росарио, Сьерра де лос Органос, Сьерра Маэстра, Эскамбрай, а также на наиболее расчлененных участках многочисленных возвышенностей, где сформировались коричневые карбонатные и гумус-карбонатные почвы на различных карбонатных породах, с уклоном поверхности 10-15 град, и осадками более 1400 мм, а также с большими уклонами при любом количестве осадков. В эту категорию включены также коричневые бескарбонатные почвы на нейтральных породах при уклоне поверхности 5-10 град, и сумме осадков более 1800 мм, а также на склонах большей крутизны при любом количестве осадков. Кроме того, в нее вошли серо-коричневые почвы на кислых породах с уклоном поверхности 5-10 град, и количеством осадков, превышающем 1200 мм и наиболее крутых склонах с любым количеством осадков. Желтые ферраллитно-кварцитные почвы на песчаных сланцах и древних корях выветривания отнесены к очень сильноэрозионноопасным землям на склонах крутизной 3-5 град, с годовым количеством осадков более 1600 мм, а также на более крутых склонах при любом количестве осадков. К ней отнесены все другие типы почв, расположенные на склонах более 25 град., при любом количестве осадков. В настоящее время только небольшая часть этих земель используется в сельскохозяйственном производстве. На отдельных участках провинции Пинар дель Рио и на острове Молодежи выращивают цитрусовые, а в горных районах Сьерра Маэстра и Сьерра де лос Органос можно встретить кофейные плантации. Значительная часть земель покрыта лесом. Общая площадь земель с очень высокой эрозионной опасностью составляет 16,5 тыс. кв. км или 14,9% площади Кубинского архипелага.

Таким образом, на большей части территории Кубы природные условия благоприятствуют возникновению и широкому распространению эрозии, что подтверждает необходимость изучения закономерностей смыва почвы в различных природных условиях и разработки системы почвозащитных мероприятий.

Глава 3. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭРОЗИИ ПОЧВ НА КУБЕ

Особенности эрозии почв на Кубе

Эрозия почв на Кубе существенно отличается от эрозии в других регионах Мира. Это проявляется в отклонении от общеизвестных закономерностей смыва и переотложения почвы в процессе эрозии. Например, на прямом склоне степень эродированности почвы возрастает не вниз по склону, как отмечали М. Н. Заславский /22/, С. С. Соболев /54/, Г. П. Сурмач /59/ и многие другие, а вверх, т. е. приводораздельные части прямых склонов эродируются сильнее, чем средние и нижние. Зависимость эрозии от длины равнозначных по крутизне склонов выражена не так отчетливо, как в умеренном климате, а экспозиция склонов не имеет никакого значения. Отложение продуктов эрозии на склоне также имеет свои особенности. Большая часть отделенной в процессе дождя почвы не выносится за пределы склона, а только перемешается к его подножью. В связи с этим нижние части склонов имеют мощные намывные почвы. Особенности смыва и переотложения почвы в условиях Кубы объясняются спецификой ливневой эрозии.

Термин "ливневая эрозия почв" давно известен в литературе, однако до сих пор нет четкого определения этого явления, по-разному трактуется и сам процесс. Все без исключения исследователи, изучавшие эрозию в регионах с ливневым характером выпадения осадков, отмечали их огромную разрушительную силу. Однако большинство ученых связывают это с высокой интенсивностью осадков, значительно превышающей инфильтрационную способность почв, что способствует формированию поверхностного стока большой разрушительной силы /8, 18, 107/. Такой довод в пользу высокой эрозионной способности ливневых осадков вполне правомерен, однако его недостаточно для объяснения всех особенностей эрозии почв в тропиках, и в частности на Кубе. Вероятно, ближе к истине те исследователи, которые связывают разрушительную силу ливней не только с их возможностью формировать поверхностный сток, но и с действием капель дождя.

О том, что капли дождя участвуют в процессе эрозии, говорилось ещё в прошлом веке /179/, однако этому фактору не уделялось должного внимания до середины XX в. Этому есть свое

объяснение. Дело в том, что первоначально эрозионные процессы изучали главным образом в регионах с умеренным климатом, где смыв почвы вызывается преимущественно потоками талой воды, поэтому и дожди рассматривались как фактор, формирующий поверхностный сток. Значительно позже начали изучать проблемы эрозии в субтропических и тропических условиях. И сразу же появились сведения о большем влиянии капель дождя на эрозию почв. В частности, В. Эллисон /Ellison 104,105/ с помощью искусственного дождевания, имитирующего тропические осадки, доказал, что разрушительная сила крупных капель дождя во много раз превышает силу поверхностного стока, и капли не только разрушают почвенную структуру, но и участвуют в перемещении почвы по склону. Последующие исследования /80, 103, 111, 112, 125, 154 и др. / подтвердили это. Однако и после публикации результатов, полученных Эллисоном и его последователями, мнение о роли капель дождя в эрозии почв не приобрело единства. Х. А. Беннет, например, долгое время не признавал их ведущей роли в процессе эрозии и считал, что режущий и размывающий эффект стою, обусловленный дождевой и талой водой, проявляется значительно сильнее, чем действие дождевых капель /87/.

Многие исследователи видели действие капель дождя не в прямом отделении и перемещении почвы, а в усилении эродирующей способности поверхностного стока /3, 18, 20, 41, 46, 67, 101/.

Разногласия в оценке эрозионной способности капель дождя объясняются, по нашему мнению, условиями проведения исследований и, в первую очередь, характером изучаемых осадков. Эксперименты с относительно малоинтенсивными осадками умеренного климата не могут вскрыть в полной мере все многообразие влияния капель дождя на эрозию почв и особенно их отделяющую и транспортирующую способность. Только крупные капли, падающие с высоты, обеспечивающей достижения ими конечной скорости, могут дать тот эффект, который наблюдается во время тропических ливней. Поэтому в своей работе мы изучали преимущественно естественные осадки. Отдельные эксперименты проводили с искусственным дождем высокой интенсивности. При этом изучались закономерности отделения и перемещения частиц почвы при ливневой эрозии, а также влияние на этот процесс различных параметров осадков и почвенно-геоморфологических условий.

Основные закономерности проявления ливневой эрозии почв в различных природных условиях Кубы

В тропиках эрозия начинается еще до возникновения поверхностного стока. Первые капли дождя, упавшие на почву, лишенную растительности, разрушают ее структуру, а затем, отскакивая от поверхности, увлекают за собой мельчайшие частицы, а иногда и агрегаты (до 1-2 мм в диаметре). Происходит первый этап эрозии - отделение частиц от основной массы почвы. Процесс этот зависит от многих причин, среди которых наибольшее значение имеют - отделяющая способность капель дождя и противозерозионная устойчивость почв.

Для оценки отделяющей способности дождевых капель мы сначала экспериментировали с искусственным дождеванием. Изучали влияние различных параметров осадков: размера капель, интенсивности дождя мощности водного слоя. Лабораторные опыты проводили в чашках Эллисона, в которые насыпали песок, просеянный через сито с отверстиями 2 мм. Чашки с песком взвешивали и устанавливали на поддон с небольшим слоем воды для того, чтобы песок приобрел естественную влажность. После дождевания и последующего высушивания чашки вновь взвешивали. Количество песка, выброшенное из чашек в процессе капельной эрозии, определяли по разнице массы до и после дождевания. Проводили и прямой учет песка, оказавшегося за пределами чашек. Песок был выбран в качестве исходного материала потому, что он в отличие от почвы более однороден, не обладает вязкостью, хорошо фильтрует воду и не уплотняется [67]. Количество песка, выброшенное каплями дождя из чашек, зависит только от параметров осадков. Результаты дисперсионного анализа данных этого опыта (табл. 36) свидетельствуют о том, что наибольшее влияние на отделяющую способность капель оказывает слой осадков (доля влияния 58%) и размер капель (доля влияния 26%).

Регрессионный анализ полученных результатов выявил прямую зависимость потерь песка от названных параметров, которая может быть описана уравнением

$$Y = 55,55 + 0,32X_1 + 10,66X_2, \quad (5)$$

где X_1 – слой осадков, мм; X_2 – размер капель, мм.

Следовательно, для отделяющей способности дождя достаточно

Таблица 36. Результаты дисперсионного анализа влияния различных характеристик дождя на его отделяющую способность

Фактор	Доля влияния	Степень свободы	Т-критерий	
			фактический	табличный
Слой осадков, мм	58,00	3	258,10	12.94
Интенсивность дождя, мм/мин	0,03	3	12.90	12.94
Размеры капель, мм	26,00	3	38,20	12,94

иметь сведения о мощности слоя осадков и среднем размере капель дождя. Обладая этими данными, можно рассчитать кинетическую энергию дождя (E_k), величина которой будет служить интегральным показателем его отделяющей способности. Г. И. Швевс (67) предложил рассчитывать E_k по формуле

$$E_k = 0,00005 \times \sum nv^2, \quad (6)$$

где X - слой осадков, мм; n - доля участия дождя с определенным размером капель, v - конечная скорость капель дождя определенной крупности, м/сек. Учитывая, что в каждом варианте использовались капли одного размера, это уравнение можно преобразовать следующим образом:

$$E_k = 0,00005 \times xv^2 \quad (7)$$

В этом случае кинетическая энергия будет измеряться в джоулях. Графическое изображение связи потерь песка при дождевании с величиной кинетической энергии (рис. 17) подтверждает ранее высказанное предположение о прямой зависимости массы песка, выброшенного из чашек каплями дождя, от кинетической энергии осадков.

Влияние почвенных условий на отделяющую способность капель выясняли с помощью дождевания почвенных образцов. Полученные данные (табл. 3?) свидетельствуют о значительно большей устойчивости даже желтой супесчаной почвы по сравнению с чистым песком. Почвы средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава ещё лучше противостоят воздействию капель дождя.

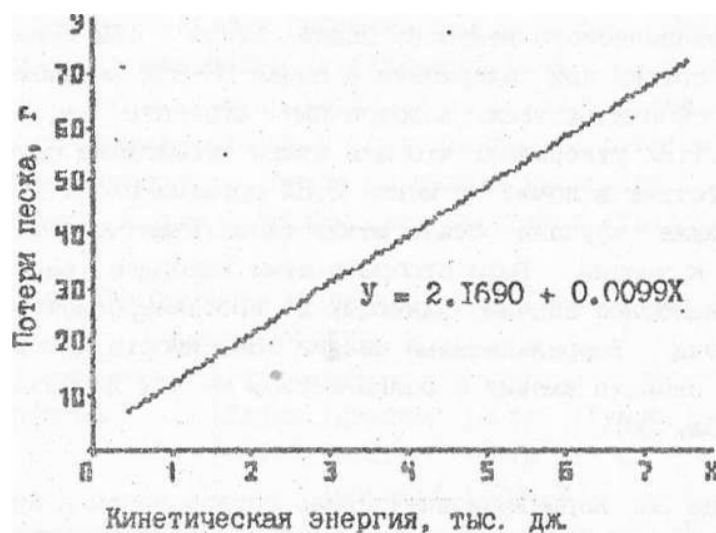


Рис. 17. Связь потерь песка в процессе дождевания с кинетической энергией осадков

Таблица 37. Количество почвы, выброшенное каплями дождя из чашек в течение 20-минутного дождевания

Тип почв	Среднее Количество, г (X + m)	Число наблюдений
Песок промытый (эталон)	52 + 1,20	16
Желтая лессивированная	46 + 1,25	16
Серо-коричневая	38 + 1,18	16
Коричневая бескарбонатная	21 + 0,75	16
Коричневая карбонатная	20 + 0,70	16
Гумус-карбонатная	19 + 0,62	16

Различная податливость почв действию капель дождя обусловлена их свойствами и параметрами, определяющими противозерозионную устойчивость /5, 30, 54/: гранулометрический состав /35, 149/, оструктуренность /108, 119, 160, 163/, содержание органического земства /168/. Р. Брайан /Вгауая, 93/ считая, что устойчивость почвы к эрозии повышается с увеличением в ней количества водопрочных агрегатов размером более 0.5 мм.

Однако водопрочность агрегатов во многом зависит от физической глины и органического вещества Эванс /Evans, 109/ пришёл к выводу, что только при содержании в почве 30-35% физической глины могут формироваться водопрочные агрегаты, а Гринланд /Grinland,118/ утверждал, что для этого необходимо одновременное присутствие в почве не менее 3,5% органического вещества.

Мы также изучали связь между свойствами почв и устойчивостью их к эрозии. Было отобрано семь наиболее переменных свойств, наиболее значимо влияющих на противоэрозионную устойчивость почв. Корреляционный анализ зависимости потерь почвы от этих свойств выявил с большинством из них довольно тесную связь (табл. 38).

Таблица 38. Корреляционная связь потерь почвы в процессе капельной эрозии с некоторыми показателями ее физических и химических свойств

Показатель	Т-критерий		
	г	расчетный	табличный 0,01
Содержание гумуса, %	-0,81	5,29	3,7
Содержание карбонатов кальция, X	-0,53	3,07	3,7
Содержание поглощенного кальция, мг-экв /100 г почвы	-0,87	7,06	3,7
Содержание физической глины, %	-0,88	12,25	3,7
Содержание агрегатов, %			
крупнее 0,25 мм	-0,80	7,81	3,7
крупнее 1,0 мм	-0,81	5,87	3,7
крупнее 2,0 мм	-0,97	11,78	3,7

Регрессионный анализ полученных данных подтвердил зависимость эрозии от изучаемых почвенных свойств. Однако необходимо отметить, что между некоторыми свойствами также имеется тесная корреляционная связь (табл. 39). Действительно, чем больше в почве органического вещества и физической глины, тем лучше она оструктурена, тем прочнее ее агрегаты, которые лучше проти-

востоят разрушительному действию капель дождя. Следовательно, интегральным показателем устойчивости почв может служить ее оструктуренность. Для проверки этого положения дождеванию подвергали почвенные образцы с содержанием агрегатов различной крупности. Результаты опыта показали уменьшение потерь почвы от капельной эрозии с укрупнением агрегатов (табл. 40).

Таблица 39. Взаимная корреляционная связь между изучаемыми свойствами почв

Показатель	Глина, %	Дисперс- ность почвы	Агре- гаты >2мм	Гумус, %	Са, мг/100 г почвы
Физическая глина, %	-	-0,87	0,97	0,82	0,87
Дисперсность, %	0,84	-	-0,80	-0,91	-0,76
Агрегаты >2 мм, %	0,97	-0,80	-	0,85	0,93
Гумус, %	0,82	-0,91	0,85	-	0,85
Кальций, мг/100 г	0,87	-0,76	0,93	0,85	-

Таблица 40. Потери почвы в граммах при дождевании агрегатов различной крупности

Размер агрегатов, мм	Статистические показатели					
	X	m	s	V, %	p	n
1-2	41,84	0,86	3,76	9	2,10	18
2-5	37,94	0,90	3,81	10	2,37	18
5-7	36,33	1,02	4,32	12	2,81	18
7-10	35,16	1,03	4,38	12	2,93	18
Более 10	28,94	1,02	4,34	15	3,52	18

Регрессионный анализ подтвердил наличие обратной линейной связи потерь почвы с размерами агрегатов (рис. 18). Однако потери почвы наблюдались даже в тех чашках, где размер агрегатов превышал 10 мм. Капли дождя выбрасывали из чашек агрегаты или их

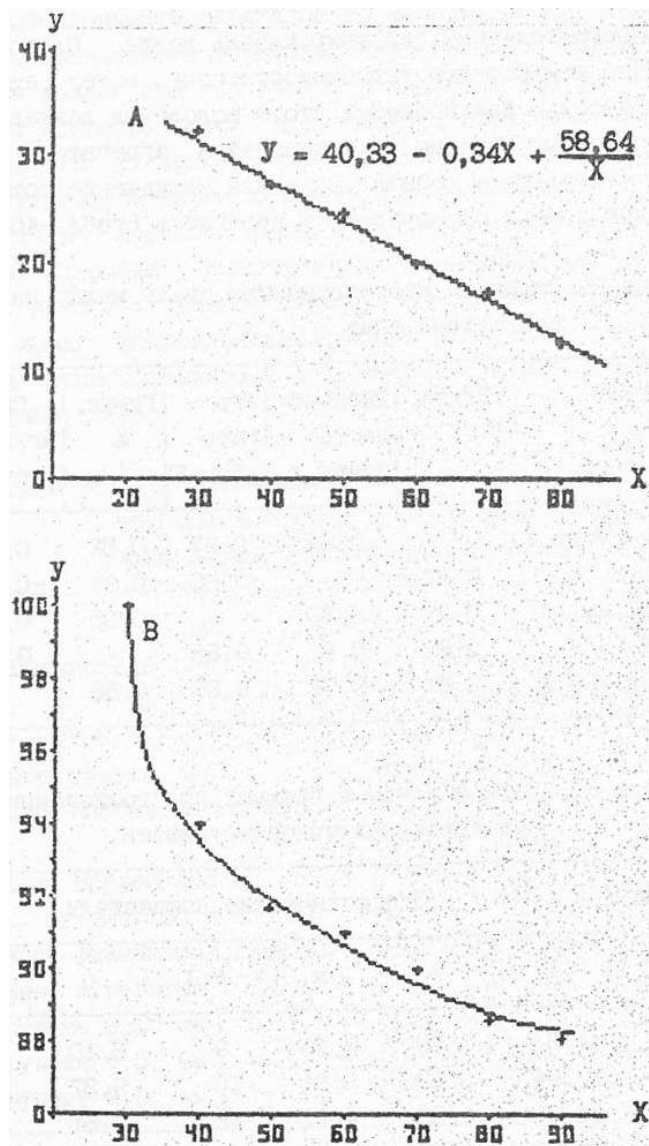


Рис 18. Связь между содержанием в почве агрегатов крупнее 2 мм и потерями их в процессе эрозии

А: x - содержание агрегатов, %, y - потери почт, г

В: x - содержание агрегатов, %, y - разница в потерях между соседними точками, %

частицы размером до 2 мм в диаметре. Количество более крупных частиц, оказавшихся за пределами чашек, составляло всего 4%. Можно предположить, что часть крупных агрегатов при дождевании разрушалась, а остатки их выбрасывались вместе с брызгами.

В коричневых почвах наиболее стойкими к разрушению оказались агрегаты размером от 1 мм до 7 мм. Более крупные отдельности легче разрушались каплями дождя, но потери были меньшими. Последнее объясняется тем, что основная масса крупных агрегатов при разрушении распадалась на отдельности с размерами выше критических, при которых брызги дождя могут выбросить их из чашек (табл. 41).

Таблица 41. Разрушение агрегатов различной крупности в процессе искусственного дождевания

Исходный размер агрегатов	Содержание фракций, %: размер после дождя, мм								
	>10	10-7	7-5	5-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	<0.25	>2
Более 10	44	25	11	8	4	3	2,5	2,5	88
10-7	-	42	25	18	5	4	3	3	85
7-5	-	-	57	24	6	5	4	4	81
5-2	-	-	-	66	12	8	7	7	66
2-1	-	-	-	-	55	21	12	12	0

Аналогичная картина наблюдалась и в отношении других фракций крупных агрегатов. Мелкие агрегаты (1-2 мм) меньше разрушались каплями дождя, но потери их были максимальными потому, что они выбрасывались из чашек без разрушения.

Следовательно, можно утверждать, что отделяющая способность капель дождя зависит от размера капель и слоя осадков. Результирующим показателем ее может быть кинетическая энергия дождя (Ек). Однако количество отделяемой почвы в процессе капельной эрозии зависит не только от кинетической энергии осадков, но и от устойчивости почв, показателем которой может служить содержание в ней водопрочных агрегатов крупнее 2 мм.

Известно, что на идеально ровной поверхности в безветренную погоду брызги капель с отделенной ими почвой разлетаются

на более или менее одинаковое расстояние во все стороны. Почва перемещается с одного места на другое, но не выносятся далеко от первоначального ее местоположения. При наличии уклона ситуация меняется. Почвенные агрегаты или их частицы, захваченные брызгами и отлетающие вниз по склону, падают значительно дальше от места соприкосновения капель с почвой, чем те, которые отлетают вверх. Эта разница тем больше, чем круче склон. Дж. Торнес /Thornes, 175/ утверждал, что на склоне крутизной 10% частицы, отлетающие вниз, перемещаются в 10 раз дальше тех, которые отскакивают вверх. Следующей каплей упавшая частица снова может быть подхвачена и перенесена вверх по склону, но расстояние будет меньше того, на которое она отскочила вниз. Поэтому поднятая в воздух и отскокившая вниз по склону почвенная частица никогда не может возвратиться на прежнее место. С каждой каплей она как бы шагает по склону, перемещаясь к его подножью. При этом скорость перемещения частиц по склону зависит от расстояния, на которое отлетают брызги капель с захваченной ими почвой. Для определения этого расстояния Ц. Е. Мирцхулава /44/ предложил следующую формулу:

$$L = \left(\frac{kV^2}{g} \right) \sin \alpha \quad (8)$$

где L - дальность отлета капли, V - конечная скорость капли, g - ускорение, α - угол наклона поверхности, K - коэффициент восстановления, который вычисляется по формуле

$$k = \frac{\tau_{\theta \alpha}}{\tau_{\theta \varphi}} \quad (9)$$

где α - угол падения капли, φ - угол отскока брызг с почвой. Чем круче склон, тем больше дальность отлета почва, а следовательно, выше и скорость передвижения ее по склону. Однако Р. Фостер и Г. Мартин /Foster, Martin, 110/ считают, что увеличение дальности отскока капли по мере повышения крутизны склона не беспредельно. Начиная с уклона равного 20 %, влияние крутизны начинает нивелироваться, а с 38 % дальность отскока частиц может даже уменьшаться.

На ровном прямом склоне количество почвы, отделяемое каплями дождя, и скорость ее переноса практически одинаковы в любой части склона (табл. 42). Однако эродироваться сильнее верх-

няя, приводораздельная часть. Это объясняется тем, что на других частях склона, более удаленных от водораздела, вынесенная каплями дождя почва компенсируется за счет поступления ее с вышележащих участков. И только в приводораздельной части потери почвы не могут быть восполнены. Чем дальше от водораздела находится участок, тем больше почвы проходит через него, тем медленнее он эродируется. На склонах другой формы количество отделяемой почвы и скорость ее переноса могут сильно варьировать в связи с тем, что различные участки их имеют неодинаковую крутизну, при изменении которой увеличивается или уменьшается "шаг" микрообъема почвы, а следовательно, и интенсивность эрозии.

Таблица 42. Потери почвы от капельной эрозии на склонах различной формы.

Профиль склона	Потери почвы в г на различных участках склона		
	верхняя треть	средняя треть	нижняя треть
Прямой	150 + 3,70	146 + 4,16	141 + 4,44
Выпуклый	143 + 3,65	163 + 4,21	180 + 4,51
Выпукло-вогнутый	161 + 3,76	179 + 4,64	147 + 4,67

На пологих выпуклых склонах скорость переноса продуктов капельной эрозии возрастает сверху вниз по мере увеличения крутизны. Однако как и на прямом склоне, здесь также сильнее эродируется приводораздельная часть. Это объясняется тем, что даже несколько повышенный вынос почвы со средней части склона в связи с увеличением "шага" капли и связанной с ней скоростью перемещения продуктов эрозии компенсируется почвой, поступающей с вышележащих участков. На крутых коротких и сильновыпуклых склонах наиболее смытыми оказываются средние крутые части, а на выпукло-вогнутых - верхняя треть. Здесь главная закономерность усиливается повышенным выносом почвы за счет большей крутизны склона

Представление о влиянии длины склона на характер и ин-

тенсивность капельной эрозии можно получить из следующего расчета. Если нам известна крутизна и длина прямого склона, мы можем рассчитать, за какое время микрообъем почвы переместится с вершины склона к его подножью. Это можно рассчитать по формуле Мирцхулавы (44).

$$T = \frac{S}{L} \Delta t \quad (10)$$

где S – длина склона, м; L – дальность отлета капли, см; T – время, мин; Δt – временной интервал между падениями капель дождя. Следовательно чем длиннее склон, тем больше потребуется времени для того, чтобы микрообъем почвы вышел за его пределы.

Описанные выше закономерности присущи "чистой" капельной эрозии и наблюдаются в период от начала дождя до возникновения на склонах поверхностного стока. Поэтому многие исследователи не придают серьезного значения капельной эрозии, считая ее кратковременным явлением, так как в тропиках при интенсивном выпадении осадков поверхностный сток образуется довольно быстро после начала дождя. Однако Пальмер /Palmer, 155/ убедительно доказал, что разбрызгивание почвы продолжается и после возникновения на поверхности земли водного слоя. По его мнению, потери почвы от капельной эрозии даже увеличиваются при образовании на поверхности тонкого слоя воды и достигают максимума при толщине его равной диаметру капли. Затем они постепенно убывают. Аналогичные результаты были получены Н. И. Маккавеевым /41/ и Г. И. Швобсом /67/. Наши данные также свидетельствуют о том, что действие капель по отделению и перемещению почвы наблюдается в полной мере до глубины водного слоя, равной 4-5 мм. Затем интенсивность этих процессов уменьшается и при мощности слоя 10-12 мм прекращается. Следовательно после образования поверхностного стока на склоне капельная эрозия не прекращается, как считали некоторые исследователи, а несколько видоизменяется в зависимости от глубины водного слоя на поверхности почвы, которая сильно варьирует даже в пределах одного и того же склона.

Количество осадков, выпадающее в виде дождя на различных частях склонов, можно считать примерно одинаковым, если пренебречь некоторым перераспределением их ветром /67, 77/. Одна-

ко в процессе стока толщина слоя воды на различных частях склона изменяется очень сильно. В приводораздельной части слой обычно небольшой, но по мере удаления от водораздела глубина его растет за счет увеличения количества воды, поступающей с вышележащих участков склона.

Первые исследователи поверхностного стока считали, что движение воды по склону происходит в виде ровного слоя. Однако эксперименты последних лет показали, что такая форма стока наблюдается только в верхней части склона. По данным В. Я. Григорьева /18/ уже на расстоянии 2 м от верхней границы дождевания начинают формироваться потоки различной глубины и скорости. Аналогичные данные приведены в работах /41 / и /29 /.

По мере удаления от водораздела не только увеличивается количество воды, но усиливается и ее концентрация в естественных микроложбинах. Сначала возникают неширокие, но глубокие ручьи, которые ниже по склону сливаются и формируют глубокие мощные потоки. Естественно, капли дождя здесь не в состоянии отделять и перемещать почву. В то же время пространство между ручьями, как и на водоразделе, покрыто тонким слоем воды, которая медленно стекает вдоль основного склона и по направлению к ближайшим ложбинам стока. Глубина поверхностного стока здесь обычно не достигает критических значений, при которых прекращается отделение и перемещение почвы каплями дождя. Аналогичные данные приведены и в работе /152/. Поэтому и после возникновения поверхностного стока на большей части склона капельная эрозия продолжается в полной мере. Об этом можно судить по наличию почвы в ловушках Эллисона (табл. 43), которые устроены так, что почва может попасть в них только по воздуху с отскочившими брызгами. Такие ловушки были расставлены нами на различных частях выпуклого пологого склона. Оказалось, что в течении одного и того же дождя наибольшие потери от капельной эрозии наблюдались в приводораздельной части, где слой воды был минимальным. Различия с другими частями склона были незначительными (табл. 43). С появлением поверхностного стока характер отделения и особенно перемещения продуктов эрозии несколько меняется. Начиная с глубины водного слоя 4-6 мм, постепенно ослабевает разрушительная сила капель дождя. Одновременно с этим уменьшается дальность отлета брызг, но коли-

чество переносимой ими почвы не уменьшается. Это объясняется тем, что переувлажнённая почва легче отделяется, поэтому отскакивающие брызги захватывают и переносят уже не только частицы разрушенных агрегатов, но и суспензию почвы. Скорость переноса почвы также не уменьшается несмотря на сокращение дальности отлета брызг, так как поднятая ими почва падает в поверхностный сток и переносится им на расстояние, значительно большее, чем она могла бы отлететь только под действием капель. При более глубоком слое воды (12-15 мм) капли дождя не достигают почвы непосредственно, но, ударяясь о поверхность воды, создают ударную волну, которая, в свою очередь, воздействует на почву, вызывая взмучивание мелких частиц /41/.

Таблица 43. Количество почвы (г) в ловушках Эллисона на различных частях склона.

X	s	m	V, %	p	n	td
			Верхняя часть			
150	14,30	3,70	9,50	2,46	15	
			Средняя часть			
146	16,10	4,16	11,00	2,85	15	1,56
			Нижняя часть			
141	17,20	4,44	12,20	3,15	15	

По мере удаления от водораздела поверхностный сток все больше и больше насыщается почвой, отделяемой каплями дождя. В определенный момент концентрация стока достигает предела его максимальной несущей способности. Скорость потока замедляется, и часть переносимой им почвы начинает осаждаться. При этом зона "чистой" эрозии сменяется зоной транзита, в пределах которого наблюдается примерный баланс между выносом почвы и отложением продуктов эрозии, перенесенных с вышележащих частей склона. Ширина этой полосы зависит от крутизны склона и глубины потока. При дальнейшем движении и насыщении поверхностного стока почвой он теряет свойства стекающей жидкости и превращается как бы в селевую массу, медленно сползающую вдоль основного склона и по направлению к ближайшим ложбинам стока. Ана-

логичные явления наблюдали и другие исследователи /101/. Осаждение почвы здесь преобладает над выносом, поэтому зона транзита сменяется зоной аккумуляции. Ближе к подножью, при уменьшении угла наклона поверхности, движущаяся масса останавливается совсем. Естественно, при таком способе отделения и перемещении почвы более эродированными оказываются верхние приводораздельные части склона. В ложбинах стока почва, сползающая с прилегающих склонов и отделяемая непосредственно в руслах, подхватывается мощным потоком и выносится за пределы склона.

Для подтверждения приведенных выше теоретических положений о закономерностях смыва почвы и переотложения продуктов эрозии на различных частях склонов, мы проводили специальные исследования. Первоначально для этого использовали метод С.С.Соболева /55/. Было установлено, что в тропиках, также как и в зоне с умеренным климатом, объем водороев растет по мере удаления от водораздела, в соответствии с закономерностями перераспределения осадков рельефом. Следовательно, если бы эрозия почв определялась здесь только потоками стекающей воды, наиболее эродированной была бы нижняя часть склона. На самом деле мощность почвы на склоне растет от вершины к его подножью, т. е. в том же направлении, в котором увеличивается объем водороев (табл. 44). Такой противоречивый факт еще раз подтверждает сделанные выводы о том, что в процессе ливневой эрозии почва перемешивается двумя способами: во взвешенном

Таблица 44. Объем водороев и мощность почвенного профиля коричневых карбонатных почв на различных частях склона

Части склона	Крутизна склона, град	Мощность профиля, см	Объем водороев, м. куб/га			
			X	s	m	n
Вершина	1	12	0,5	0,08	0,03	16
Верхняя треть	7	25	2,5	0,38	0,17	15
Средняя треть	18	54	5,1	0,82	0,37	15
Нижняя треть	12	73	13,4	2,41	1,03	18
Подножье	2	85	4,3	0,55	0,24	13

состоянии в долинах стока а в виде селевой массы, сползающей вниз по склону на межложбинных пространствах. Вторым способом перемещается значительно большая часть продуктов эрозии. Они с избытком компенсируют вынос почвы потоками с нижних частей склонов к способствуют- увеличению здесь мощности почвенного профиля. Следовательно, в условиях влажных тропиков Кубы водная эрозия почвы вызывается не только поверхностным стоком, как это отмечается в регионах с умеренным климатом /23/. Она представляет собой процесс отделения и перемещения почвы под влиянием капель дождя и поверхностного стока. Отделение почвы происходит главным образом каплями дождя, а перемещение – под влиянием двух агентов: капель дождя и поверхностного стока. Большая часть отделяемой почвы не выносится за пределы склона, а перемещается от вершины к его подножью.

Интенсивность ливневой эрозии почв в тропиках как и в умеренном климате, в значительной мере зависит от рельефа. Поэтому мы изучили влияние различных его морфометрических характеристик на смыв почвы. Влияние длины склона первоначально изучали методом стоковых площадок в провинции Динар дель Рио на красновато-жёлтой ферраллитно-кварцитной почве при уклоне 4 град. Полученные при этом данные настолько разноречивы, что не дают основания отрицать влияние длины склона на эрозию, но не подтверждают его (табл. 45).

В одних случаях наблюдалось некоторое увеличение смыва на длинных площадках, в других - на более коротких. Аналогичное

Таблица 45. Сток и смыв почвы на площадках разной длины

Длина площадки, м	Жидкий сток по годам, м куб/год				Твёрдый сток по годам, м куб/год			
	1	2	3	среднее	1	2	3	среднее
8	2840	1857	4589	3095,3	7,98	6,99	29,34	14,71
16	2265	1860	4007	2710,7	7,33	4,09	17,60	9,67
24	2904	1755	4045	2901,3	11,77	3,62	16,91	10,77
32	3557	2463	5027	2682,3	13,38	5,71	27,59	14,56

явление отмечали и другие исследователи /134, 137, 178, 181/. Столь сильное варьирование смыва и отсутствие прямой зависимости от длины стоковых площадок объясняется, вероятно, наличием или отсутствием организованных потоков в пределах той или иной площадки. При наличии ручья на площадке сток возрастает по мере увеличения ее длин. Там, где водного потока нет, преобладает капельная эрозия со всеми её закономерностями.

Затем изучение влияния рельефа на эрозию было продолжено сравнительно-географическим методом. Для этой цели были подобраны склоны длиной от 100 м до 250 м и крутизной от 3 град, до 15 град. На каждом из них выкапывали разрезы в которых измеряли мощность смытой части профиля. На основании этих данных была рассчитана множественная корреляция между потерями почвы от эрозии (У), крутизной (Х) и длиной склона (Z). Сначала были вычислены коэффициенты линейной корреляции. При этом оказалось, что значения их были весьма близкими

$$r_{xy} = 0,98; r_{xz} = - 0,77; r_{yz} = - 0,76.$$

Затем был рассчитан общий коэффициент множественной корреляции по формуле

$$R_{xyz} = \sqrt{\frac{z_{xy}^2 + z_{yz}^2 - 2z_{xy}z_{yz}z_{xz}}{1 - z_{xz}^2}} = 0,95. \quad (11)$$

Полученный наш коэффициент R свидетельствует о существенной связи между этими тремя признаками. Фактический критерий Фишера равен 40.6, в то время как табличный даже на 1%-ном уровне значимости не превышает 8.

Частный коэффициент корреляции между потерями почвы от эрозии и крутизной склона (при исключении влияния длины склона) рассчитывали по формуле

$$r_{xy(z)} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{\sqrt{(1-r_{xz}^2) \cdot (1-r_{yz}^2)}} = - 0,95. \quad (12)$$

Аналогичным образом вычисляли частный коэффициент между смывом почвы и длиной склона (при постоянной крутизне).

$$r_{xy(x)} = \frac{r_{yz} - r_{xy}r_{xz}}{\sqrt{(1-r_{xy}^2) \cdot (1-r_{xz}^2)}} = - 0,23. \quad (13)$$

Фактический критерий значимости для первого коэффициента равен 9.5, для второго 0.74. Табличный критерий Фишера на 1%-ном уровне значимости равен 4.78. Следовательно, существенная связь наблюдается только между потерями почвы и крутизной склона. Длина склона в условиях влажных тропиков, где распространена ливневая эрозия, не оказывает заметного влияния на смыв почвы.

Для изучения влияния формы склона на эрозию почв также использовали метод почвенно-геоморфологического профиля. На склоне определенной формы закладывали серию разрезов от вершины до его подножья. В каждом из них измеряли мощность генетических горизонтов и всего профиль в целом. Было установлено, что на прямых склонах наиболее эродированными являются верхние части. Аналогичная картина наблюдалась и на вогнутых склонах. Несколько иначе эродируются выпуклые склоны. При небольших уклонах сильнее эродированы верхние участки, а при крутизне 10-15 град, и более наиболее смытыми оказываются средние, наиболее выпуклые части. Вероятно, существует критический угол излома поверхности, при котором вынос почвы с наиболее крутой части увеличивается настолько, что потери ее не успевают компенсироваться поступающей сверху.

Весьма своеобразное влияние на ливневую эрозию оказывает не только профиль склона, но и его форма в плане. На так называемых собирающих склонах наиболее эродированными оказываются верхние части склона, а в ложбине и на прилегающих к ней склонах наблюдается сильная аккумуляция продуктов эрозии. На рассеивающих склонах также смыты наиболее верхние части, но зона аккумуляции здесь более широкая и потому не так сильно выражена. На Кубе, особенно в регионах, где сильно распространены карстовые явления, встречаются сложные по форме склоны, на поверхности которых имеются микроповышения или, напротив, западины. В этом случае наиболее эродированы эти микроповышения, в какой бы части склона они не находились. Большая эродированность микроповышений на склонах объясняется тем, что сползающая по основному склону почвенная масса как бы обтекает их. Поэтому компенсации вынесенной с них почвы не происходит. В данном случае они выступают как самостоятельные повышения, по-

дошвой которых служит основной склон. Смытая с таких микроповышений почва не накапливается у их подножья, а уносится сползающей массой вдоль основного склона. Исключение составляет микросклон, обращённый вверх по отношению к основному склону. Здесь, в месте сочленения микросклона и основного склона, накапливается почва смытая с микроповышения, и часть почвы, сползшей с основного склона и задерживаемой микроповышением. Специфику эрозии почв в условиях влажных тропиков необходимо учитывать при разработке системы почвозащитных мероприятий на плантациях сельскохозяйственных культур.

Глава 4. ЗАЩИТА ПОЧВ ОТ ЛИВНЕВОЙ ЭРОЗИИ

Общие принципы, методы и критерии

При разработке системы противоэрозионных мероприятий нужно стремиться к тому, чтобы с помощью минимально необходимых затрат прекратить эрозию или снизить ее до такой степени, чтобы смыв почвы мог компенсироваться почвообразованием.

В настоящее время считается общепринятым, что на землях, используемых в сельскохозяйственном производстве почвообразование идет со скоростью 25 мм за 30 лет или 0,8 мм в год /8/. Долгое время эту цифру переводили в весовые единицы и принимали за предельно допустимую величину эрозии /30, 148/. Однако в начале 60-х годов в США и ряде других стран "норму" эрозии стали дифференцировать в зависимости от мощности корнеобитаемого слоя почвы /7. 9, 10, 14, 23, 39, 61, 136, 173/. Допустимые пределы эрозии стали варьировать от 2,25 т/га до 11,5 т/га в год.

Обобщая результаты работ предыдущих исследователей и их нормы эрозии, можно заметить, что большинство из них использовали в своих расчетах, такие показатели, которые так или иначе характеризуют плодородие почвы, а их нормы очень близки к показателю, предложенному Беннетом /8/. Ради справедливости следует заметить, что в последнее время некоторые ученые ставят вопрос о значительном снижении "нормы" эрозии до 0,2-0,5 т/га /23/. Однако возможность достижения такого низкого уровня при современных способах использования земли остается сомнительной.

При установлении допустимых пределов потерь почвы от эрозии на Кубе мы использовали в своих расчетах данные о запасах гумуса и распределении его по профилю. Было сделано допущение, что за 100 лет любая почва может лишиться такого слоя, в котором содержится не более 25% запасов гумуса от его общего содержания в полуметровом слое. Расчеты показали, что в этом случае ежегодные потери не будут превышать критерия Беннета, т. е. такие потери будут компенсироваться почвообразованием.

В таблице 46 приведены запасы гумуса в коричневой карбонатной почве по 10 сантиметровым слоям. Всего в слое 0-50 см содержится 123 т гумуса. 25% этого количества составляет 31 т/га. Мощность слоя, в котором содержится 31 т гумуса (А) мож-

Таблица 46. Запасы гумуса в слое 0-50 см и распределение его по профилю коричневых карбонатных почв

Глубина, см	Плотность, т/м куб	Масса почвы, т/га	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса, т/га
0-10	1,17	1170	3,33	39
10-20	1,20	1200	2,90	35
20-30	1,23	1230	1,88	23
30-40	1,28	1280	1,15	15
40-50	1,34	1340	0,80	11
Итого	-	-	-	123

но рассчитать следующим образом: $A = 31 : 3,9 = 7,94$ см. Следовательно ежегодные допустимые потери коричневых карбонатных почв составляет 0,3 мм (7,94мм: 100). Аналогичным образом были рассчитаны допустимые потери от эрозии для других типов почв Кубы (табл. 47).

Необходимо иметь в виду, что для смытых почв допустимые потери должны быть меньше, чем для несмытых, так как в этом случае надо не только защищать их от дальнейшего разрушения, но и заботиться о постепенном восстановлении плодородия. Предлагаемый метод расчета допустимых потерь учитывает и это условие. Согласно классификации эродированных почв /76/, уменьшение запасов гумуса в слабосмытых почвах достигает 25%, а в среднесмытых - 50%. Следовательно, минимальные запасы гумуса в слабосмытых коричневых карбонатных почвах составляет 92 т/га, а в среднесмытых - всего 61 т/га. 25% гумуса, которые могут потерять слабосмытые почвы составляют всего 23 т/га, а среднесмытые - 15 т/га. Разделив эти цифры на 3,9, получим допустимые потери мощности профиля этих почв в сантиметрах: слабосмытых (23:3,9) 0,06 см, а среднесмытых - (15:3,9) 0,04 см. Таким способом были рассчитаны допустимые потери смытых разновидностей других типов почв (табл. 47). Первоначально нормы эрозии почв на Кубе были рассчитаны в линейных единицах, а затем они были пересчитаны в весовые. Количественные значения их, выраженные в сантиметрах и в тоннах на гектар за год, приводятся в таблице 47.

Имея количественные критерии допустимой эрозии почв в каждом конкретном случае можно установить, превышают ли фактические потери допустимые нормы. Для этой цели необходимо рассчитать потери почвы по уравнению (4) и сопоставить их с данными таблицы 47. Если эрозия выше допустимых пределов, необходимо применять противоэрозионные мероприятия.

Таблица 47. Максимально допустимые потери почв от эрозии

Потери при различной степени смывости почв					
Несмытые		Слабосмытые		Среднесмытые	
см/год	т/га/год	см/год	т/га/год	см/год	т/га/год
Гумус - карбонатная почва и рендзины					
0,08	8	0,07	8	0,06	7
Коричневая карбонатная					
0,08	9	0,06	7	0,04	5
Коричневая бескарбонатная					
0,07	8	0,05	6	0,03	4
Ферритная пурпурная					
0,07	8	0,06	7	0,04	5
Коричневая феррсиаллитная					
0,05	7	0,04	6	0,02	4
Красновато - желтая ферралитно-кварцитная					
0,05	7	0,04	6	0,03	5
Желтая ферралитно-кварцитная					
0,08	12	0,06	9	0,04	6

Выше отмечалось, что эрозия почв на Кубе происходит под влиянием двух агентов: капель дождя и поверхностного стока. Первые капли дождя, упавшие на поверхность почвы, незащищённую растительностью, разрушают ее агрегаты и перемешивают частицы вместе с отскочившими брызгами. Наши исследования показали, что при ливневой эрозии капли играют определяющую роль в отделении частиц от основной массы почвы [75, 170]. Следовательно, одним из главных принципов борьбы с эрозией почв на терри-

торгах с ливневым характером осадков должна стать защита их от разрушительного действия капель дождя. Эту задачу можно решить путем создания на поверхности почвы живого растительного покрова или слоя мульчирующих материалов.

В первые минуты дождя выпадающие осадки интенсивно поглощаются почвой. Затем, по мере увеличения их слоя и заполнения межагрегатных пространств в почве, скорость фильтрации снижается, а излишки воды скапливаются на поверхности почвы. При наличии уклона начинается поверхностный сток. В приводораздельной части склона слой воды обычно небольшой. Поверхностный сток здесь не способен отделять почву, он может участвовать только в перемещении частиц, отделенных каплями дождя. Поэтому наличие растительности на этом участке склона в период выпадения осадков может предотвратить эрозию.

По мере удаления от водораздела слой воды, стекающей по склону, увеличивается. Вода формируется в отдельные потоки разной глубины и скорости. На определенном расстоянии от водораздела скорость потока достигает предела, при котором сдвиговые усилия его превышают сцепление почвенных частиц. При этом начинается отделение их от основной массы почвы. Происходит эрозия, вызываемая непосредственно поверхностным стоком. Критическая скорость, при которой начинается эрозия, является важной характеристикой и служит одним из показателей при разработке системы противоэрозионных мероприятий. Она зависит главным образом от свойств почвы, определяющих ее противоэрозионную устойчивость и рассчитывается по специальной формуле /44/. Для борьбы с эрозией здесь, кроме поддержания растительного покрова, необходимо создавать препятствия на пути стока с тем, чтобы замедлить его скорость до максимально допустимой. При этом можно использовать различные способы обработки почвы, буферные полосы, живые барьеры и т. п. В этом случае мы можем расширить зону, в которой можно обойтись только с помощью растительного покрова и простейших агротехнических мероприятий.

На крутых и длинных склонах, где снизить скорость поверхностного стока до нужных пределов невозможно, кроме перечисленных выше фитотехнических и агротехнических мероприятий, необходимо строить инженерные сооружения для перехвата воды и бе-

зопасного отвода ее за пределы охраняемого участка. Для этой цели можно использовать всевозможные виды террас, водоотводящие канавы и т. п. Конкретное мероприятие должно выбираться в каждом отдельном случае в зависимости от угодий, комплекса природных условий, сложившихся на данной территории и реальной возможности хозяйства.

Учитывая изложенные выше принципы, мы разработали систему защиты почв от ливневой эрозии. Она содержит три группы мероприятий – фитотехнические, агротехнические и гидротехнические, краткое описание которых приводится ниже.

Защита почв от капельной эрозии.

При разработке методов борьбы с капельной эрозией почв необходимо, прежде всего, использовать защитные свойства самих культур. Для этой цели рассчитаны коэффициенты почвозащитной способности основных сельскохозяйственных культур (К) и некоторых видов трав, широко используемых на Кубе в качестве сидератов. Значение коэффициента К рассчитывали на основании данных о проективном покрытии почвы культурами в различные периоды их роста (табл. 48) по формуле

$$K_n = 1 - \frac{X_1 + X_2}{200}$$

где К - коэффициент почвозащитной способности данной культуры в определенном возрасте, месяц; X1 и X2 - проективное покрытие почвы данной культурой в начале и конце каждого месяца %; n - возраст культур, месяц.

Значение коэффициента К для различных сельскохозяйственных культур приводится в таблице 49. При отсутствии растительности коэффициент К равен 1.

Теперь, когда имеются значения коэффициента почвозащитной способности различных растений, можно планировать время обработки почвы и посева культур, составлять схемы севооборотов и способы применения мульчирующих материалов. Для этой цели необходимо уравнение (4) дополнить коэффициентом почвозащитной способности культур (К). В этом случае с помощью его можно рассчитывать не потенциальную, а актуальную эрозионную опасность

$$Э_{оп} = SPTCK \quad (15)$$

Таблица 48. Проектное покрытие почвы растительностью на плантациях сельскохозяйственных культур

Виды растительности	Проектное покрытие почвы культурами в конце каждого месяца, %							
	1-го		2-го		3-го		4-го	
	X	m	X	m	X	m	X	m
Тростник сахарный	50	5,70	77	5,68	97	4,57	00	5,64
Кукуруза	59	4,18	69	4,18	87	5,70	-	-
Арахис	57	4,47	72.	7,58	81	4,18	-	-
Табак	48	2,73	84	4,18	10	2,26	-	-
Батат, картофель	35	5,00	50	3,53	55	.0,00	-	-
Томаты, перец	24	4,18	41	5,47	45	3,53	-	-
Фасоль	60	3,53	75	6,12	82	7,58	-	-
Соя	81	4,19	88	5,70	93	5,70	-	-
Бананы	31	2,74	39	5,47	63	7,52	63	7,14
Суданка	95	5,00	97	4,47	98	2,74	100	5,64
Сорго	81	6,52	93	5,70	98	2,73	100	4,82
Бермудская трава	83	4,47	88	9,08	97	2,74	98	4,98
Терсиопела	95	6,12	98	2,74	95	5,00	100	3,99
Естественная растительность	49	6,52	57	5,70	80 3	2,74	95	9,91

Севообороты на Кубе, как и в большинстве других стран с тропическим климатом, очень медленно внедряются в практику сельскохозяйственного производства. Главным препятствием на их пути является монокультурная система земледелия. Введение севооборотов в том виде, в котором они распространены в регионах с умеренным климатом, почти всегда сопровождается уменьшением площадей, занятых основной культурой. Это затрагивает экономику страны и поэтому допускается неохотно. В то же время постоянное выращивание одной и той же культуры сильно истощает почву, а при определенных условиях - вызывает эрозию. В связи с этим на эрозионноопасных землях рекомендуется внедрять не севообороты, а определенную ротацию культур в течение одного и

Таблица 49. Значение коэффициента почвозащитной способности растительности (К) на плантациях сельскохозяйственных культур

Растительность	Значение коэффициента в разные сроки Растительность			
	1-й месяц	2-й месяц	3-й месяц	4-й месяц
Табак	0,76	0,44	0,68	-
Томаты, перец	0,88	0,68	0,57	-
Бананы	0,85	0,65	0,54	0,40
Батат, картофель	0,82	0,57	0,48	-
Кукуруза	0,71	0,36	0,27	-
Арахис	0,72	0,36	0,24	-
Фасоль	0,70	0,32	0,22	-
Тростник сахарный	0,75	0,36	0,13	0,02
Соя	0,60	0,16	0,10	
Суданка	0,52	0,04	0,02	0,01
Сорго	0,50	0,13	0,04	0,01
Трава "Звезда"	0,60	0,15	0,06	0,01
Трава бермудская	0,59	0,15	0,07	0,02
Терсиопела	0,55	0,07	0,04	0,01
Сорная растительность	0,076	0,47	0,31	0,23

того же года. Возможно выращивать две, а иногда и три культуры в один и тот же год на одной и той же площади. Это позволяет получить не только дополнительную продукцию, но и иметь хорошо развитый растительный покров на плантации, который будет защищать почву от эрозии. Разумеется, такое интенсивное использование почв допустимо только при постоянной заботе о воспроизводстве их плодородия.

В качестве примера использования растительности для защиты почв от эрозии можно рассматривать ротацию культур на плантации фасоли, выращиваемой на коричневой карбонатной почве ($S=0,20$) в провинции Ольгин на склоне крутизной 5 град. ($T=1,25$), при среднем многолетнем количестве осадков 1400-1600 мм в год ($C=68$). Потенциальная эрозионная опасность этих усло-

вий сравнительно высокая. Подставив наши данные в уравнение (4), мы получим

$$\text{Елот} = \text{SPTC} = 0,20\text{см} \times 1,17\text{т/м.куб.} \times 1,25 \times 68 = 19,89 \text{ т/га}$$

Следовательно, ежегодные потери почвы на этом участке могут достигать 20 т/га при норме 9 т/га. С помощью правильно подобранной ротации можно значительно снизить эрозионную опасность на данном участке.

Обычно фасоль выращивается в сухой период. Подготовка почвы начинается в конце сезона дождей с тем, чтобы можно было использовать ранние запасы влаги. В начале октября производится отвальная вспашка на глубину 15-18 см, а затем через 1-2 недели - двукратное дискование в перекрестном направлении. Еще через 2-3 недели обе операции повторяются. Общая продолжительность подготовки почвы составляет 45-60 дней. За это время почва подвергается 6-8-кратной обработке различными орудиями. Фасоль высевают в начале ноября. Период вегетации длится 3-4 месяца в зависимости от сорта. В первое время растения фасоли слабо защищают почву. К концу первого месяца проективное покрытие достигает всего 60%. Однако в этот период выпадает мало осадков, поэтому потери почвы небольшие. После уборки урожая в февралемарте поле зарастает сорной растительностью, которая занимает его до сентября-октября, когда начинается подготовка почвы под новый урожай фасоли.

При анализе традиционной технологии выращивания фасоли обращает на себя внимание тот факт, что большую часть года плантация бывает занята сорной растительностью, в то время как все условия позволяют выращивать здесь вторую культуру. В связи с этим была опробована ротация фасоли с кукурузой. В марте, после уборки фасоли, почву готовили с учетом требований контурного земледелия, а в апреле высевали кукурузу. Она росла до июля включительно. После уборки початков стебли кукурузы измельчали и оставляли на поле. Вместе с появившейся сорной растительностью они защищали почву от капель дождя до сентября октября, когда вновь начинается подготовка почвы под фасоль.

Для оценки почвозащитной способности ротации фасоль куку-

руза-фасоль была составлена специальная таблица (табл. 50). Для определения потерь почвы на плантациях фасоли необходимо перемножить построчно данные 3 и 4 граф, а произведение записать в графу 5. Затем коэффициент эрозионного влияния почвы ($S = 0,20$) умножить на величину ее плотности ($p=1,17$), на коэффициент влияния уклона (при 5 град. $T=1,25$) и на данные графы 5. Результаты вычислений записать в графу 6. Итоговые данные этих вычислений свидетельствуют о том, что наличие растительности на плантации практически в течение всего года резко снижает эрозию. Актуальная эрозионная опасность почвы почти в 2 раза меньше потенциальной (табл. 50).

Таблица 50. Потери почвы от эрозии на плантации фасоли при выращивании ее в ротации с кукурузой, см/год

Месяцы	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га
I	Фасоль	0,22	1,28	0,28	0,082
II	Фасоль	0,20	1,28	0,26	0,076
III	Подготовка почвы	1,00	1,92	1,92	0,562
IV	Кукуруза	0,71	2,56	1,82	0,532
V	Кукуруза	0,35	8,96	3,22	0,941
VI	Кукуруза	0,27	12,80	3,46	1,012
VII	Кукуруза	0,50	10,88	5,44	1,592
VIII	Залежь	0,65	8,96	5,82	1,702
IX	Подготовка почвы	1,00	7,68	7,68	2,246
X	Подготовка почвы	1,00	5,12	5,12	1,498
XI	Фасоль	0,70	1,92	1,34	0,392
XII	Фасоль	0,32	0,64	0,20	0,058
	Итого	-	64,00	36,56	10,693

Располагая этими данными, можно рассчитать предельные уклоны, на которых можно применять данную ротацию без ущерба для почвы.

$$T = \frac{\text{Эдоп}}{\text{СПКС}} = \frac{9}{0,20 \times 1,17 \times 36,56} = 1,05 \quad (16)$$

Из таблицы 30 видно, что $T = 1$ соответствует, уклону крутизной 4 град. Аналогичные результаты также можно получить, если вместо суммы КС подставить коэффициент почвозащитной технологии (R), который вычисляется по формуле

$$R = \frac{\Sigma \text{КС}}{C} = \frac{36,56}{64} = 0,57 \quad (17)$$

В этом случае приведённые выше уравнения приобретают вид

$$T = \frac{\text{Эдоп}}{S \cdot P \cdot R \cdot C} = \frac{9}{0,20 \cdot 1,17 \cdot 0,57 \cdot 68} = 0,99 \cong 1,0 \quad (18)$$

Используя эту методику, можно рассчитать почвозащитную способность любой технологии выращивания культур (R). Значение коэффициента почвозащитной способности технологии выращивания основных сельскохозяйственных культур (R) приведены ниже.

<i>Традиционная технология выращивания табака</i>	0,52
<i>Технология выращивания табака с минимальной обработкой почвы</i>	0,28
<i>Технология севооборота табак-кукуруза-травы-табак</i>	0,44
<i>Традиционная технология выращивания сахарного тростника (при закладке новых площадей)</i>	0,42
<i>Технология с применением локальной вспашки на плантациях сахарного тростника</i>	0,10
<i>Традиционная технология выращивания батата в севообороте с перцем</i>	0,65
<i>Традиционная технология выращивания батата</i>	0,60
<i>Традиционная технология выращивания цитрусовых</i>	0,88
<i>Технология с применением полосной обработки почвы на плантациях цитрусовых культур</i>	0,20
<i>Технология создания искусственных пастбищ</i>	0,14

Сопоставление фактических потерь почвы в севообороте фасоль-кукуруза-фасоль с расчетными (табл. 51) свидетельствует о некоторых расхождениях их в отдельные месяцы, при минималь-

ном и максимальном количестве осадков. Однако этот метод оценки почвозащитной способности севооборотов вполне приемлем для условий Кубы.

Таблица 51. Расчетные и фактические потери почвы от эрозии при ротации культур фасоль - кукуруза

Ме- сяц	Коли- чество осад- ков, мм	Индекс осад- ков	Состояние поля	Потери почвы, кг/га		Разница, %
				расчет- ные	факти- ческие	
I	12	1,28	Фасоль 3-го м-ца	80,5	62,0	-23
II	11	1,27	Фасоль 4-го м-ца	69,0	55,0	-20
III	9	1,02	Подготовка почва	299,0	198,0	-34
IV	63	3,56	Кукуруза 1-го м-ца	724,5	601,0	-17
V	172	8,96	Кукуруза 2-го м-ца	931,5	978,0	+ 5
VI	367	13,80	Кукуруза 3-го м-ца	1069,5	1196,0	+12
VII	84	3,90	Кукуруза 4-го м-ца	563,5	542,0	- 4
VIII	55	3,32	Залежь	621,0	507,0	-18
IX	70	3,75	Подготовка почвы	1069,5	922,0	-13
X	198	7,14	Подготовка почвы	2047,0	2180,0	+ 6
XI	122	6,92	Фасоль 1-го м-ца	1403,0	1489,0	+ 6
XII	5	0,56	Фасоль 2-го м-ца	46,0	11,0	-76
Итого	1168	55,48		8924,0	8741,0	- 9

Другим не менее действенным приемом борьбы с эрозией при помощи растительности является выращивание промежуточных культур и сидератов в эрозионноопасный период. Для этой цели нами использовались сорго, терсиопела, кукуруза, арахис и соя. Опыты проводили на стоковом стационаре Сан Хуан и Мартинес в провинции Пинар дель Рио на красновато-желтой ферраллитно-кварцитной почве при уклоне поверхности 4 град. Контроль за стоком осуществляли с помощью традиционного стокового оборудования и самописца "Валдай". Еженедельно измеряли проективное покрытие почвы каждой культурой. Учетные делянки размером 1 кв. м закладывали в 5-кратной повторности. Высейнные культуры росли в те-

чение всего сезона дождей 1987 - 1989 гг. В первый дождливый сезон выпало 653 мм, во второй - 1232 мм, в третий - 643 мм. Для сопоставления почвозащитной способности культур одна площадка была лишена растительности в течение всего эксперимента. Все без исключения культуры выполняли почвозащитную функцию (табл. 52). На всех делянках заметно уменьшался поверхностный сток, что в значительной мере зависело не только от вида культур, и от характера осадков. Продолжительные дожди, а также короткие, но высокоинтенсивные ливни вызывали значительно больший сток.

Таблица 52. Потери почвы от эрозии при выращивании различных промежуточных культур и сидератов

Вариант	Жидкий сток, тыс куб. м/га	Твердый сток т/га	Разница с контролем			
			Жидкий сток		Твердый сток	
			куб. м/га	%	т/га	%
Без растительности (контроль)	3,8	15,1	-	-	-	-
Кукуруза	2,0	9,9	1,8	47,3	5,2	34,4
Терсиопела	1,0	3,6	2,7	71,0	11,5	76,2
Соя	1,3	3,4	2,5	65,8	11,7	77,5
Арахис	0,8	2,8	3,0	78,9	12,3	81,4
Сорго	0,3	0,6	3,5	92,1	14,5	96,0

Почвозащитная роль различных культур определяется темпами роста и способностью образовывать густой растительный покров. С этой точки зрения наилучшей культурой следует считать сорго, на посевах которого уже через 20-25 дней достигается 100%-ное проективное покрытие почвы. Несколько медленнее растут соя, терсиопела и арахис. Кукуруза не образует сплошного покрова в течение всего вегетационного периода. Жидкий сток на делянках с различными культурами уменьшился на 47-92%, а твердый - на 34-96%. по сравнению с открытой стоковой площадкой. Следовательно; промежуточные и сидеральные культуры создают весьма высокий

почвозащитный эффект и должны широко внедряться в практику земледелия на Кубе.

Некоторые культуры, например, бананы, не способны защитить почву от эрозии, поскольку имеют широкие междурядья. В этом случае значительный эффект в борьбе с эрозией дает мульчирование почвы растительными остатками. Этот прием особенно хорошо зарекомендовал себя в регионах с ливневым характером выпадения осадков /139-141/. Следует иметь в виду, что мульча не только защищает почву от разрушительного действия капель дождя, но и уменьшает поверхностный сток. Под ее защитой не заплывают межагрегатные пространства, а инфильтрационная способность почвы остается достаточно хорошей на протяжении всего дождя. В качестве мульчи используют всевозможные растительные остатки, опилки, щепу и кору древесных пород. В последнее время в некоторых странах роль мульчи выполняют полимеры.

Опыт применения в качестве мульчи остатков стеблей кукурузы и банановых листьев свидетельствует о том, что на первом участке снизились поверхностный сток и смыв почвы (табл.53), в то время как на втором отмечалось некоторое увеличение стока.

Таблица 53. Поверхностный сток и смыв почвы на плантациях, защищенных различными мульчирующими материалами

Месяц	Количество осадков, мм	Жидкий сток, куб.м/га		Твёрдый сток, т/га	
		с мульчѐй	без мульчи	с мульчѐй	без мульчи
Растительные остатки кукурузы					
Май	102	14,28	26,36	2,10	2,95
Июнь	315	63,00	93,60	4,25	7,12
Июль	275	49,50	78,50	3,33	4,95
Итого	692	126,78	198,46	9,68	14,92
Банановые листья					
Июль	275	66,00	60,50	3,45	6,38
Август	228	50,16	43,32	2,32	3,95
Сентябрь	155	27,90	27,90	1,22	2,25
Итого	658	144,06	134,72	6,99	12,58

Такое положение можно, вероятно, объяснить тем, что на втором участке большая часть поверхности почвы была закрыта банановыми листьями, затруднявшими инфильтрацию осадков. Потери почвы на этом участке были в 2 раза меньше по сравнению с открытым полем. На кукурузной плантации разница в твердом стоке между мульчированным и не мульчированным участком составляла 35%.

Регулирование поверхностного стока с помощью агротехнических мероприятий

Существуют различные агротехнические мероприятия, с помощью которых можно существенно уменьшить скорость поверхностного стока и тем самым предотвратить эрозию. Среди них - контурная обработка почвы, глубокое рыхление подпахотного горизонта, создание на пути движения воды различных препятствий и т. п. Ниже приводится краткое описание этих мероприятий и особенностей их применения в условиях переменного-влажных тропиков.

Отвальная вспашка поперек склона - одно из наиболее доступных и широко распространенных мероприятий, особенно в регионах с умеренным климатом, где эрозия вызывается стекающей по склону водой при таянии снега. В тропиках, где осадки выпадают в виде интенсивных тропических ливней, капли дождя быстро разрушают гребни и заполняют борозды продуктами капельной эрозии, если почва не покрыта растительностью. Поэтому положительное влияние поперечной вспашки в тропиках значительно ниже. По нашему мнению, поверхностный сток на красновато-желтой почве на склоне крутизной 4 град при поперечной вспашке был всего на 10-15% меньше, чем при продольной. В тех случаях, когда почва готовится до начала дождей и к началу влажного сезона укрыта хорошо, развитым растительным покровом, борозды сохраняются значительно дольше, и положительный эффект поперечной вспашки возрастает. Твердый сток на делянках с поперечной вспашкой на 20-25% снижается по сравнению с продольной (табл. 54).

По нашим данным, положительное влияние поперечной обработки ярко выражено на склонах крутизной до 2 град. Затем влияние ее ослабевает, хотя и остается заметным на всех изучаемых типах почв, вплоть до уклона 6 град. Здесь она эффективна только на легких проницаемых почвах.

Таблица 54. Потери почвы от эрозии при различных способах ее обработки

Обработка почвы	Слой осадков, мм	Жидкий сток		Твердый сток	
		мм	% от осадков	кг/га	%
Вдоль склона	601	3965	66	66352	100
Поперек склона	601	2458	41	51417	78

Использование вспашки и последующих обработок почвы поперек склона в большинстве районов Кубы ограничивается сильной горизонтальной расчлененностью рельефа. Поэтому здесь лучше применять контурную обработку. Почвозащитный эффект ее такой же, но возможности применения значительно шире. В наших экспериментах наибольший эффект контурной вспашки наблюдается на легких серо-коричневых почвах сформированных на гранодиоритах; а также на легких лессивированных и песчаных аллитных почвах. Высокая пористость и хорошая вследствие этого инфильтрационная способность этих почв обеспечивали быстрое впитывание осадков даже при значительной интенсивности их выпадения. Значительно менее эффективен этот прием на желтых ферралитно-кварцитовых почвах на двучленных наносах. В этом случае нижний глинистый водонепроницаемый горизонт снижает водопоглощающую способность почв, особенно смытых, в профиле которых он залегает на небольшой глубине.

Для повышения инфильтрационной способности почв рекомендуется проводить глубокое рыхление подпахотного горизонта.

Рыхление подпахотного горизонта увеличивает водопроницаемость почв и снижает поверхностный сток. В связи с этим уменьшаются потери почвы от эрозии. Действие этого приема на различных почвах не равнозначно. Положительный эффект глубокого рыхления значительно выше на легких почвах, имеющих в своем профиле уплотненные прослойки (табл. 55).

Контурная вспашка и рыхление подпахотного горизонта очень широко используется при выращивании самых различных культур.

Таблица 55. Потери от эрозии на различных типах почв при глубоком рыхлении подпахотного горизонта

Слой осадков	Обычная вспашка		Вспашка с рыхлением до глубины 80 см	
	т/га	%	т/га	%
Красновато-желтая легкосуглинистая				
1350	44,55	100	33,85	76
Серо-коричневая супесчаная				
1280	33,00	100	24,42	74
Коричневая бескарбонатная тяжелосуглинистая				
988	1,20	100	0,98	82

Контурное гребневание применяется на плантациях бониато, картофеля и бананов. Технология подготовки почвы под эти культуры предусматривает изготовление гребней высотой до 40-50 см с расстоянием между ними на картофельных полях 80-90 см, на плантациях бананов – 2 м. В гребни высаживают клубни картофеля, бониато или молодые растения бананов.

До недавнего времени гребни готовились без учета рельефа и эрозионной опасности территории. Поэтому там, где они отклонялись от горизонталей, нередко наблюдалась сильная эрозия. Контурное гребневание позволило почти полностью прекратить это явление. Смыв почвы на участках, защищенных таким способом, наблюдается в первый период подготовки почвы, пока гребней еще нет, поскольку они сооружаются непосредственно перед посадкой культур. Эрозия может наблюдаться после изготовления гребней только под влиянием капель дождя, пока почву не прикроют появившиеся всходы. Эффективность контурного гребневания на плантациях картофеля, бониато и бананов очень высокая (табл. 56). На плантации бониато, заложенной на коричневой карбонатной почве с уклоном поверхности 3 град., при контурном гребневании жидкий сток уменьшается в 3 раза, а твердый - в 4,2 раза. На плантациях бананов эффективность этого приема ниже. Это объясняется тем, что при широких междурядьях почва длительное время остается доступной для воздействия капель дождя (табл. 57).

Таблица 56. Потери почвы от эрозии при различных способах ее обработки на плантациях бониато

Обработка почвы	Жидкий сток		Твердый сток	
	куб. м/га	%	кг/га	%
Вдоль склона	2839	63	31256	100
Контурная	870	19	12760	41

Таблица 57. Потери почвы от эрозии при различных способах ее обработки на плантациях бананов

Обработка почвы	Жидкий сток		Твердый сток	
	куб. м/га	%	кг/га	%
Вдоль склона	2839	63	31256	100
Контурная	889	20	14065	45

Поэтому на плантациях бананов наряду с контурным гребневанием, применяется мульчирование почвы междурядий.

Локальная обработка почвы широко применяется на Кубе с 1984 г. на плантациях сахарного тростника /91/. Суть ее заключается в том, что почву пашут не сплошь, а узкими полосами шириной 60 см. Расстояние между центрами двух соседних полос составляет 120 см. Эти размеры междурядий обусловлены существующей схемой посадки тростника. Обработка почвы при этом ведется отвальным плугом строго по горизонталям или под острым углом к ним (2-3%). После отвальной вспашки проводится 3-4-кратная культивация. Одновременно вносятся и заделываются в почву удобрения. В обработанных полосах нарезаются борозды, в которые высаживают свежезаготовленные черенки сахарного тростника. Предлагаемая система подготовки почв на плантациях сахарного тростника позволяет защитить почву от эрозии, вызываемой каплями дождя и поверхностным стоком. Это достигается тем, что сроки обработки сокращаются с 45-60 дней при традици-

онной системе до 10-15 дней по новой технологии. Кроме того, даже в тех случаях, когда выпадает дождь в этот короткий период, он обычно не наносит серьезного ущерба, так как на необработанных полосах, которые составляют большую часть территории, почва бывает защищена естественной растительностью. Эти полосы не только защищают почву от капель дождя, но и способствуют рассеиванию поверхностного стока, что резко снижает его эрозионную способность.

Фактические данные о потерях почвы на плантациях с применением различных агротехнических мероприятий (контурная или поперечная вспашка, глубокое рыхление подпахотного слоя, локальная подготовка почвы, контурное гребневание и др.) свидетельствуют о том, что они существенно уменьшают потери почвы. Для оценки почвозащитной способности этих мероприятий были рассчитаны специальные коэффициенты (М) по формуле

$$M = A / a \quad (19)$$

где М – коэффициент почвозащитной способности конкретного почвозащитного мероприятия; А – потери почвы от эрозии на плантациях защищенных данным мероприятием; а – потери почвы от эрозии на плантациях, незащищенных противозерозионным мероприятием. Значение коэффициента (М), упомянутых выше и некоторых других противозерозионных мероприятий приведены ниже:

<i>Контурная или поперечная вспашка:</i>	
<i>на пологих склонах (до 2 град.)</i>	<i>0,70</i>
<i>на покатых склонах (от 2 до 6 град.)</i>	<i>0,76</i>
<i>на крутых склонах (от 6 до 10 град.)</i>	<i>0,82</i>
<i>Глубокое рыхление подпахотного горизонта:</i>	
<i>на легких почвах</i>	<i>0,60</i>
<i>на тяжелых почвах</i>	<i>0,80</i>
<i>Минимальная обработка почвы</i>	<i>0,60</i>
<i>Локальная обработка почвы</i>	<i>0,50</i>
<i>Мульчирование почвы растительными остатками 0</i>	<i>0,50</i>
<i>Контурное гребневание</i>	<i>0,20</i>
<i>Валы-террасы</i>	<i>0,10</i>

Используя эти агротехнические мероприятия на плантациях сельскохозяйственных культур, можно резко снизить потери почвы от эрозии и расширить площади сельскохозяйственных угодий, на которых возможно их выращивание без ущерба для почвы.

Использование инженерных сооружений для перехвата и безопасного отвода поверхностного стока.

Инженерные противоэрозионные мероприятия (террасы, водоотводящие каналы и т.п.) применяются в различных регионах земного шара давно, поэтому технология их строительства отработаны достаточно хорошо. Однако для эффективного их использования необходимо, во-первых, определить условия, в которых строительство их должно быть обязательным, а во-вторых, уточнить способы расчета рационального размещения их по территории охраняемого участка.

Определить условия, в которых необходимо строительство инженерных противоэрозионных мероприятий, не сложно. Для этого необходимо рассчитать только возможные потери почвы на данном участке с учетом использования фитотехнических и агротехнических мероприятий, которые можно применять при выращивании конкретной культуры. Если при этом эрозия превышает допустимые пределы, можно проектировать террасы или другие подобные сооружения.

Гребневидные террасы представляют собой гребни высотой 40-50 см, изготовленные за 4-5 проходов дискового плуга с последующей планировкой их откоса грейдером. Террасы устраивают под углом к горизонталям (1-2%) с тем, чтобы задержанные ими воды медленно стекали к ближайшей ложбине стока, которая должна быть предварительно залужена. Расстояние между террасами рассчитывается с учетом следующего правила: оно должно быть максимальным, но в то же время таким, при котором стекающая по склону вода не успела бы набрать скорость, способную вызвать эрозию. Скорость эта зависит от многих условий и рассчитывается по формуле, предложенной Мирцхулава /44/.

$$V_{\text{доп}} = 1,76 \sqrt{\frac{2gm_1m_2m_3}{2.6\gamma_1} [(\gamma_1 - \gamma_0)d + 1.25C_{\text{ycm}}^H K]} \quad (20)$$

где m_1 - коэффициент, значение которого зависит от наличия корней в пахотном слое; m_2 - коэффициент, зависит от наличия или отсутствия в поверхностном стоке твердых наносов; m_3 - коэффициент, учитывающий влажность почвы; φ_1 - плотность агрегатов; φ_2 - плотность воды; n_1 - коэффициент пульсации; c - коэффициент

ент сцепления почвы; d - диаметр отрываемых частиц и агрегатов. Используя эту формулу, мы рассчитали критические скорости потока для основных типов почв Кубы.

<i>Почвы и почвообразующие породы</i>	<i>Скорость потока, м/сек</i>
<i>Гумус-карбонатные почвы и рендзины на известняках</i>	<i>0,043</i>
<i>Коричневые карбонатные почвы на карбонатных суглинках</i>	<i>0,041</i>
<i>Коричневая бескарбонатная почва на нейтральных породах</i>	<i>0,040</i>
<i>Серо-коричневая почва на гранодиоритах</i>	<i>0,036</i>
<i>Красные ферритные почвы на юрах выветривания .</i>	<i>0,037</i>
<i>Красновато-жёлтые почвы на двучленных породах</i>	<i>0,035</i>
<i>Желтые лессивированные почвы на кварцитовых песчаниках</i>	<i>0,033</i>

Теперь, когда мы вычислили максимально допустимые неразмывающие скорости потки воды, можно определить расстояние между гребневидными террасами по формуле

$$X = \frac{0,00075}{m_1 \cdot i \cdot \Delta \cdot I \cdot \sigma} \quad (21)$$

где X – максимально допустимая неразмышляющая скорость поверхностного стока; m_1 - коэффициент, учитывающий условия стока "состояние земной поверхности"; i - тангенс угла наклона поверхности; Δ - высота выступов поверхности; I - интенсивность осадков; σ - коэффициент стока. Зная расстояние между соседними террасами, нетрудно рассчитать водосборную площадь, объем стока и размеры водоперехватывающих каналов.

Простота изготовления и низкая стоимость этих террас делает их весьма популярными. Их используют на плантациях не только табака, но и сахарного тростника, овощных и других культур.

Канавы-террасы представляют собой канавы определенной глубины и ширины, расположенные так же, как и гребневидные тер-

расы. Вдоль бровки канавы со стороны подножья склона устраивают валы из почвы, вынутой из канавы. Расстояние между соседними канавами зависит от крутизны склона и рассчитывается по той же формуле, что и для гребневидных террас. Размер валов и канав зависит от количества воды, поступающей по склону. Поэтому чтобы определить их, необходимо рассчитать для данной территории максимум осадков 20% -ной вероятности и коэффициент стока. Зная эти показатели, можно вычислить объем стока (А), который должны перехватить водоотводящие канавы, по формуле

$$A = L \times C \times O \times 10 \quad (22)$$

где А – объём одного погонного метра канавы в л., С – коэффициент стока; О – максимальный сток осадков за 24 ч в л., L – расстояние между канавами в м.

Рассчитав таким образом объём стока в литрах на 1 м погонной длины канавы, необходимо сопоставить его с графой б таблицы 58. Подбрав соответствующий объём, мы можем определить размеры канавы (Н2 и У) и валов (Н и В).

На плантациях пропашных культур вдоль кромки канавы со стороны водораздела узкой полосой (20-30см) высевают траву, которая фильтрует стекающую по склону воду и предотвращает заполнение канавы продуктами эрозии. Водоотводящие канавы еще более просты в изготовлении и занимают меньше полезной площади.

Валы-террасы широко распространены на острове Молодежи, на плантациях цитрусовых культур. Они представляют собой широкие канавы, вдоль которых с нижней стороны насыпаны валы с широким основанием, размеры валов и канав варьируют в зависимости от крутизны склона и мощности почвенного профиля. Глубина канала определяется мощностью почвы. Чем толще почвенный слой, тем глубже МОДЙТ быть сделан канал без риска обнажения почвообразующей породы, тем больше почвы будет вынуто и использовано для отсыпки вала. На Кубе большинство несмытых полнопрофильных почв, сформировавшихся на склонах (гумус-карбонатные, коричневые карбонатные и бескарбонатные), имеют мощность гумуссодержащего слоя (А+В) около 50см, а эродированные – и того меньше. Исключение составляют эти же типы почв на нижних частях склонов, где мощность этого слоя может достигать 60-80 см. Следовательно, глубина каналов валов-террас может варьировать от 20-30 см на смытых почвах до 50-80 см на несмытых.

Таблица 58. Линейные размеры и объём валов-канал /по 98/

Уклон, %	Н, см	В, см	Н2, см	У2, см	А, л/м. п.	
5	40	80	36	60	1413	
		90	40	60	1428	
		100	44	60	1443	
		90	45	60	1789	
		100	50	60	1805	
		110	47	70	1822	
	46	180	60	60	2208	
		50	110	52	70	2237
			120	57	70	2245
			80	36	60	765
		40	90	40	60	780
			100	44	60	795
90	45		60	969		
10	45		100	43	70	985
	110		47	70	1002	
	100		56	60	1196	
50	110	52	70	1214		
	120	57	70	1232-		
	15	45	90	45	60	695
			100	43	70	712
			110	47	70	728
		50	100	56	60	858
110			52	70	877	
120			57	70	895	
55	110	58	70	1039		
	55	120	63	70	1059	
		130	68	70	1079	
45	90	45	60	559		
	100	50	60	575		
		110	47	70	592	

Уклон, %	H, см	B, см	H2, см	У2, см	A, л/м. п.	
20	50	100	56	60	690	
		110	52	70	708	
		120	57	70	726	
	55	110	58	70	834	
		120	63	70	855	
		130	68	70	875	
30	50	100	56	60	521	
		110	52	70	539	
		120	57	70	557	
	55	110	58	70	630	
		120	63	70	650	
		130	68	70	671	
	60	120	69	70	750	
		130	65	80	772	
		100	56	70	436	
	40	50	110	56	70	456
			120	57	70	473
			110	58	70	528
55		120	63	70	548	
		130	68	70	568	
		60	120	69	70	628
		130	65	80	650	

Ширина террас варьирует в зависимости от крутизны склона и почвенных условий. На пологих склонах (до 10%) при глубине канала 50 см вынутой почвы достаточно для насыпки террасы шириной 10 м, а при уклоне 20% - только 6 м. Минимальная ширина террас обычно определяется возможностями использования механизмов при подготовке почвы и проведении других работ на участке, связанных с выращиванием определенной культуры.

Террасирование склонов защищает почву от эрозии, вызываемой поверхностным стоком, но не защищает ее от разрушительного действия капель дождя. Поэтому изготовленные террасы сразу же

должны быть залужены или заняты промежуточной культурой. Несоблюдение этих требований ведет к размыву свежееизготовленных террас даже в сухой период, когда выпадают редкие, но довольно интенсивные дожди.

Особенности защиты почв от эрозии на плантациях основных сельскохозяйственных культур

На Кубе, как и в большинстве тропических стран, широко практикуется монокультурная система земледелия. Основные культуры приурочены к определенным типам почв и выращиваются на них постоянно в течение длительного времени. Наибольшую площадь занимают сахарный тростник, цитрусовые, табак, бананы. Для этих культур и были разработаны рекомендации. В то же время в них упоминаются некоторые другие культуры, например, кукуруза, арахис, которые выращиваются как промежуточные на плантациях основных культур.

Табак

На плантациях табака эрозия развита в большей степени, чем на плантациях любых других культур. Смытые почвы здесь составляют 94% общей их территории. Это объясняется не только тем, что табак выращивается на самых эрозионноопасных землях (желтых лессивированных, красновато-желтых, серо-коричневых), но и тем, что он является пропашной культурой. Однако, как справедливо отмечал Н. Гудзон /19/ опасность возникновения эрозии почв зависит не столько от вида культур, сколько от технологии их возделывания. Поэтому прежде чем рекомендовать какие-либо почвозащитные мероприятия на плантациях табака, необходимо проанализировать традиционную технологию его выращивания и вычленил наиболее эрозионноопасные моменты.

Согласно техническим нормам, подготовка почвы под табак ведется по системе черного пара. Первая вспашка проводится отвальным плугом на глубину 25-30 см в период с 15 июля по 31 августа. Через 20-30 дней выполняются 2-кратное перекрестное дискование и повторная вспашка в поперечном направлении. Еще через 15-20 дней почву снова дискуют и пахут в третий раз, изменив направление на 90 град. После третьей по счету вспашки почву снова обрабатывают дисковой бороной и дважды рыхлят в

поперечном направлении (табл. 59). После этого выравнивают поверхность поля с помощью культиватора, нарезают борозды и высаживают рассаду табака. Такая продолжительная подготовка почвы на плантациях табака сохранилась с тех пор, когда она производилась с помощью примитивных орудий на живой тяге. Кроме того, в дождливый период плантации табака зарастают сорной растительностью, в составе которой преобладают злаковые виды,

Таблица 59. Перечень операций при традиционном способе подготовки почвы на табачных плантациях

Обработка	Глубина обработки, см	Срок до посадки, дней	Агрегат
Вспашка	25-30	90-100	Трактор ДТ-75, плуг А-10000
Дискование	15-20	65-75	Трактор ДТ-75, борона 1590 кг
Дискование	15-20	65-75	То ж
Вспашка	25-30	65-75	Трактор ДТ-75, плуг А-1000G
Дискование	15-20	40-50	Трактор ДТ-75, борона 1590 кг
Дискование	15-20	40-50	То же
Вспашка	25-30	40-50	Трактор ДТ-75, плуг А-10000
Дискование	15-20	10-15	Трактор Дт-75, борона 1590 кг
Рыхление	25-30	5-10	Трактор КМЗ-6М, рыхлитель
Рыхление	25-30	5-10	То же

которые разлагаются в почве очень медленно. Поэтому подготовка почвы начинается задолго до окончания сезона дождей, чтобы в жаркий и важный период растительные остатки смогли перегнить. За время подготовки почвы, длящиеся 90-100 дней, поле подвергается 12-15-кратной обработке различными орудиями.

В первый месяц растения табака слабо защищают почву от эрозии. Проективное покрытие составляет всего около 30-40%. Однако к середине второго месяца они почти полностью смыкаются. По истечении двух месяцев с момента высадки рассады начинается уборка табака. Она заключается в периодическом обла-

мывании сначала нижних, затем средних и верхних листьев. Эта операция продолжается 20-30 дней, в течение которых проективное покрытие почвы растениями уменьшается с 70-80% до 10-15%. Последним этапом является уборка стеблей. После этого почва плантации остается без ухода и начинает зарастать сорняками, которые занимают ее до конца июля - начала августа, когда начинается подготовка почвы под новый урожай. Такая технология выращивания табака используется в течение длительного времени на желтых ферраллитно-кварцитовых лессивированных и красновато-желтых почвах в провинции Пинар дель Рио, а также на серо-коричневых почвах в провинции Вилья Клара, Санти-Спиритус и Камагуэй.

Традиционную технологию возделывания табака с эрозионной точки зрения мы оценивали по предложенной выше методике. При этом определяли потери почвы, на которых выращивают табак: желтой лессивированной ($S = 0,53$, $P = 1,53$ т/м³), красновато-желтой ($S = 0,5$, $P = 1,34$ т/м³) и серо-коричневой ($S = 0,32$, $P = 1,33$ т/м³). Эрозионный индекс осадков (C) был принят главным 68, что соответствует среднему многолетнему количеству осадков в этих районах (1400-1600 мм). В данном случае использовали месячные значения, которые в сумме дают 68 (табл. 60). Коэффициент почвозащитной способности также рассчитывали по месяцам в зависимости от наличия растительности на плантации в различные периоды года и степени ее развития. Коэффициент T в данном случае равен единице, так как технология оценивалась в стандартных условиях (уклон 4 град.).

Потенциальная эрозионная опасность этих условий очень высокая. Подставив наши данные в уравнение потенциальной эрозионной опасности (2), мы получим следующие потери почвы: для желтых лессивированных - 55 т/га, в год; для красновато-желтых 45 т/га, в год; для серо-коричневых - 29 т/га, в год.

Растения табака и естественная растительность на плантациях несколько уменьшают эрозию, но все же она еще остается выше допустимых пределов (табл.60). Поэтому без противоэрозионных мероприятий традиционную технологию выращивания табака можно применять без ущерба для желтых почв на склонах до 1-1,5 град., красновато-желтых.- до 1 град, и на серо-коричневых - до 2 град (рис. 25).

Таблица 60. Потери почвы от эрозии на плантациях табака при использовании традиционной технологии в стандартных условиях

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га		
					1	2	3
I	Уборка табака	0,53	1,4	0,75	0,608	0,502	0,319
II	Залежь	0,75	1,4	1,06	0,860	0,710	0,451
III	“	0,47	0,7	0,33	0,268	0,221	0,140
IV	“	0,31	3,4	1,05	0,851	0,703	0,447
V	“	0,23	8,8	2,02	1,638	1,353	0,860
VI	“	0,20	14,2	2,84	2,303	1,903	1,209
VII "	“	0,20	12,2	2,44	1,978	1,635	1,038
VIII	Подготовка почвы	1,00	10,2	10,20	8,271	6,834	4,341
IX	“	1,00	7,5	7,50	6,082	5,025	3,192
X	“	1,00	4,8	4,80	3,892	3,216	2,043
XI	Табак 1-го месяца	0,75	2,0	1,52	1,232	1,018	0,647
XII	Табак 2-го месяца	0,34	1,4	0,48	0,349	0,322	0,204
	Итого	-	68,0	34,99	28,373	23,443	14,891

Примечание: Здесь и далее 1 – желтая лессивированная почва, 2 – красновато-желтая почва, 3 – серо-коричневая почва.

Наибольшие потери на плантациях табака наблюдались в период подготовки почвы (табл. 60). Это объясняется не только тем, что в это время выпадают сильные дожди, но и тем, что почва бывает лишена растительного покрова. Это подтверждается данными об эрозии на этом же участке в июне-июле, когда она была весьма незначительной, несмотря на пик выпадения осадков.

Однако помимо сроков подготовки почвы, большое влияние на эрозию оказывает технология отдельных операций. Так традиционная технология предусматривает двукратную перекрестную глубокую отвальную вспашку, одна из которых проводится вдоль склона, что способствует стоку и смыву почвы. Негативное влияние этого приема сказывается в течении месяца, до следующей отвальной вспашки уже поперек склона. Чтобы защитить почву от эрозии на табачных плантациях, необходимо прежде всего, сдви-

нуть сроки подготовки почвы на конец влажного - начало сухого периода, а также сократить ее продолжительность. Это возможно только в том случае, если заменить традиционную технологию подготовки почвы минимальной обработкой. В связи с этим в начале 80-х годов в табакосеющих районах Кубы испытывались различные варианты минимальной обработки почвы /90/. Последний вариант предусматривает безотвальную вспашку на глубину 20-25 см с глубоким рыхлением подпахотного горизонта до 40-50 см. Для этой цели в институте почв Кубы был создан специальный плуг, который за один проход выполняет обе операции. Через 5-7 дней после вспашки производится обработка почвы дисковой бороной, а затем с таким же интервалом – дву-трехкратная культивация. После этого нарезаются борозды и высаживается рассада табака.

По новой технологии первый раз поле вспахивают не в августе, а в начале октября, сразу после окончания сезона дождей. Поскольку перед этим поле бывает занято травяной растительностью, за 1-2 недели перед вспашкой рекомендуется скосить ее или провести одно-двукратное дискование, в процессе которого растительные остатки измельчаются, что способствует лучшей заделке их в почву при последующих обработках и более быстрому перегниванию.

Опыт использования минимальной обработки почвы в течение последних 5 лет на красновато-желтой почве в провинции Пинар дель Рио (92) показал, что только за счет изменения сроков подготовки и сокращения ее продолжительности можно снизить потери от эрозии при уклоне поверхности 3 град, с 6,5 т/га до 3,5т/га (табл. 61). Аналогичные данные были получены и в наших расчетах. При использовании технологии с минимальной обработкой почвы потери были в 1,8-1,9 раза меньше, чем при традиционной (табл. 62).

Следовательно, минимальная обработка почвы позволяет значительно снизить эрозию на плантациях табака. Однако даже на склоне 4 град, она остается еще выше допустимых пределов. Применение этой технологии на красновато-желтых почвах безопасно при уклоне до 2 град.; желтых лессивированных - до 3 град, и серо-коричневых - до 4 град. (рис. 25).

Сравнение урожая табака на участке с различной обработкой почвы в первый год не выявило существенных различий (табл..63).

Таблица 61. Потери почвы от эрозии при различных способах ее обработки

Месяц	Слой осадков, мм	Потери при различных способах обработки, т/га	
		Традиционная	Минимальная
Август	282	2,6	1,1
Сентябрь	226	2,1	0,9
Октябрь	145	1,8	1,5
Итого	653	6,5	3,5

Таблица 62. Потери почвы от эрозии на плантациях табака при минимальной ее обработке в стандартных условиях

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га		
					1	2	3
I	Уборка табака	0,53	1,4	0,74	0,600	0,496	0,315
II	Залежь	0,76	1,4	1,06	0,852	0,710	0,452
III	«	0,46	0,7	0,33	0,268	0,221	0,140
IV	«	0,31	3,4	1,05	0,852	0,704	0,447
V	«	0,23	8,8	2,02	1,638	1,353	0,860
VI	«	0,20	14,2	2,28	1,849	1,528	0,970
VII	«	0,20	12,2	2,44	1,979	1,635	1,038
VIII	«	0,10	10,2	1,02	0,827	0,683	0,434
IX	«	0,10	7,5	0,75	0,608	0,502	0,319
X	Подготовка почвы	1,00	4,8	4,80	3,892	3,216	2,043
XI	Табак 1-го месяца	0,76	2,0	1,52	1,233	1,018	0,647
XII	Табак 2-го месяца	0,34	1,4	0,48	0,389	0,322	0,204
	Итого	-	68,0	18,49	14,994	12,388	7,869

На второй и третий годы на участке с минимальной обработкой почвы урожай был выше, улучшилось и качество табака. Действие этого приема будет существенно усилено, если вспашку, все последующие обработки и посадку табака вести по горизонталям.



Рис. 25. Допустимые уклоны для традиционной (слева) и минимальной (справа) обработки почвы на плантациях табака. Почва: 1 - желтая лессивированная, 2 - красновато-желтая, 3 - серо-коричневая

Таблица 63. Урожай табака на участке с различной подготовкой почвы (92)

Годы наблюдений	Общее количество табака, т/га, при обработке		Количество табака I и II группы, т/га, при обработке	
	традиционной	минимальной	традиционной	минимальной
1	2200	2180	1600	1550
2	1900	1950	1650	1750
3	1890	2150	1550	1700

При традиционном способе выращивания табака плантации до 6 месяцев в году остаются под сорной растительностью. Минимальная обработка увеличивает этот период еще до 2 месяцев. В то же время климатические условия Кубы позволяют выращивать одну - две промежуточные культуры, т. е. вводить на плантациях табака своеобразные севообороты. Табак выращивают на сравнительно бедных почвах с содержанием 1,5-2% гумуса. Поэтому здесь крайне необходимо вводить в севооборот травы. Однако в отличие от регионов с умеренным климатом, продолжительность выращивания трав в тропиках не оказывает существенного влияния

на противоэрозионную устойчивость почв. В опытах Н. Гудзона /19/ в первый год травы уменьшили эрозию на 80%, а во второй – еще на 15%. Однако после распашки склона эрозия возобновилась. Длительность выращивания трав роли не играет, т.е. в тропиках травы являются весьма эффективным средством защиты почв от эрозии, но использование их здесь имеет свои особенности. Положительное влияние трав проявляется не столько в улучшении структуры почв, сколько в защите поверхностного горизонта от прямого воздействия тропических ливней. Поэтому в условиях переменного-влажных тропиков Кубы, где сезон дождей чередуется с сухим периодом, необходимо так строить ротацию культур, чтобы травы занимали поле только в дождливый период. В остальное время на плантациях можно выращивать другие культуры.

Одной из наиболее широко испытанных является ротация табак - кукуруза - травы - табак. Ниже приводится очередность работ при выращивании этих культур. В конце дождливого периода (октябрь) начинается подготовка почвы под табак. Описанная выше технология минимальной обработки позволяет подготовить почву за 30-35 дней. Следовательно, в конце ноября на плантациях можно высаживать рассаду табака. Все операции по подготовке почвы и высадке табака производят с учетом горизонталей. Последующая культивация и другие виды обработки также производятся с учетом особенностей контурного земледелия. В период роста табака обычно выпадает мало осадков, поэтому растения его, хотя не полностью, закрывают почву, но в сочетании с противоэрозионной обработкой, будут защищать ее от эрозии. В марте, после уборки табака, производят подготовку почвы и высевают кукурузу. К началу дождливого периода в июле месяце более 60% почвы уже будет закрыто молодыми растениями. В августе, после прохождения максимума дождей, производится уборка кукурузы. Стебли ее измельчаются и оставляются на поверхности почвы в качестве мульчи. Подготовка почвы заключается в безотвальной вспашке с 2-3-кратным боронованием. Часть растительных остатков будет заделана в почву, а часть останется на поверхности и будет защищать почву от капель дождя в случае выпадения осадков. В такую грубо обработанную почву высевают травы с коротким вегетационным периодом. Наилучшие результаты были получены нами с терсиопелой и сорго, проективное покрытие кото-

рых уже к концу первого месяца достигает 90%, а в течение второго они практически полностью закрывают почву. Травы растут на плантации до ноября, после чего производятся двукратное дискование поля и заделка растительных остатков в почву в качестве зеленого удобрения. Этим приемом начинается подготовка почвы под табак, которая длится 30-35 дней, после чего нарезаются борозды и высаживается рассада табака.

Результаты оценки почвозащитной способности севооборота табак - кукуруза - травы - табак приводятся в табл. 64. Они свидетельствуют о том, что при более интенсивном использовании земли увеличиваются потери почвы, однако контурная обработка и ежегодное рыхление подпахотного слоя позволяют рекомендовать применение севооборота табак - кукуруза - травы - табак на красновато-желтых почвах при уклоне до 3 град., желтых лессивированных - до 4 град, серо-коричневых - до 6 град. рис. 26).

Таблица 64. Потери почвы от эрозии на плантациях при севообороте табак - кукуруза - травы - табак в стандартных условиях

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га		
					1	2	3
I	Табак 2-го месяца	0,34	1,4	0,48	0,389	0,322	0,204
II	Уборка табака	0,53	1,4	0,74	0,600	0,496	0,315
III	Подготовка почвы	1,00	0,7	0,70	0,568	0,469	0,298
IV	Кукуруза	0,71	3,4	2,41	1,954	1,615	1,026
V	Кукуруза	0,46.	8,8	4,05	3,284	2,714	1,724
VI	Кукуруза	0,22	14,2	3,12	2,531	2,090	1,328
VII	Уборка кукурузы	0,50	12,2	6,10	4,946	4,087	2,596
VIII	Подготовка почвы	0,60	10,2	6,12	4,963	4,100	2,605
IX	Травы	0,35	7,5	2,62	2,124	1,755	1,115
X	Травы	0,07	4,8	0,34	0,275	0,228	0,145
XI	Подготовка почвы	1,00	2,0	2,00	1,622	1,340	0,851
XII	Табак 1-го месяца	0,76	1,4	1,06	0,860	0,710	0,451
	Итого	-	68,0	29,74	24,116	19,926	12,657

В севообороте с табаком можно выращивать и другие культуры: бониато, арахис и др. Оценку почвозащитной способности этих севооборотов можно получить аналогичным способом.

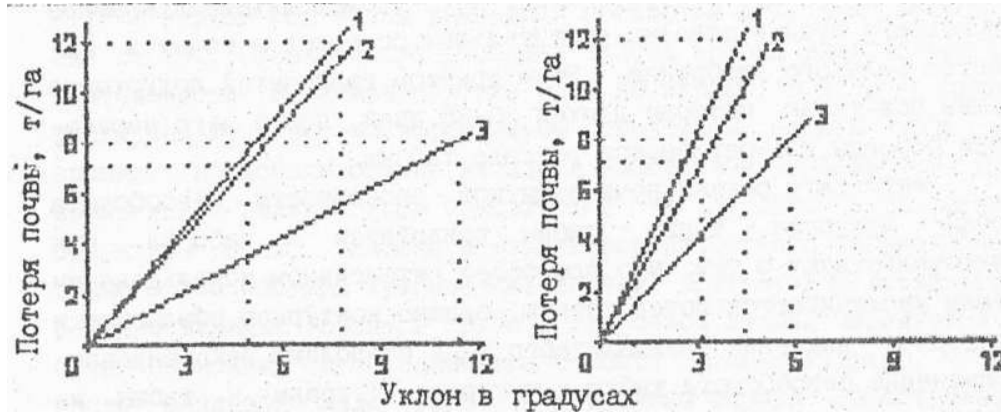


Рис. 26. Допустимые уклоны поверхности для различных способов выращивания табака. А - минимальная контурная обработка почвы с ежегодным глубоким рыхлением подпахотного горизонта, Б - то же в севообороте табак - кукуруза - травы - табак. Почва: 1 - желтая лессивированная, 2 - красновато-желтая, 3-серо-коричневая

На частных землях и в мелких кооперативах, где преобладает ручной труд, при использовании севооборота табак - кукуруза - травы - табак кукурузу выращивают вместе с фасоль, т.е. практикуют смешанные культуры. Положительным моментом этого способа является то, что почва в более короткий срок покрывается растительностью и в дождливый период бывает защищена от капель дождя.

В тех случаях, когда плантации табака закладываются на склонах, где с помощью почвозащитных севооборотов и агротехнических мероприятий (контурная вспашка и глубокое рыхление) невозможно снизить потери от эрозии до допустимых пределов» нужно применять простейшие инженерные сооружения. Наиболее испытанными из них на плантациях табака в условиях Кубы являются водоотводящие каналы.

Водоотводящие каналы - нагатавливают однокорпусным плугом с таким расчетом, чтобы вынутая почва располагалась вдоль бровки со стороны подножья склона. Канавы нарезают под острым углом к

горизонталям (1-2%), чтобы задержанная ими вода медленно стекала к ближайшей ложбине стока, которая в свою очередь должна быть предварительно залужена. Со стороны водораздела вдоль кромки канавы высевают траву, которая фильтрует стекающую по склону воду и предохраняет канаву от заполнения продуктами эрозии. Расстояние между канавами зависит от условий каждого конкретного участка и определяется по формуле

$$h_{гор} = \frac{h_{верт}}{1,75P} \cdot 100 \quad (23)$$

где h - горизонтальное расстояние между канавами, м; h – вертикальное расстояние между канавами, м; P - крутизна склона, град.

Вертикальный интервал (h) в свою очередь рассчитывается по формуле (98)

$$h_{верт} = \left(2 + \frac{1,75P}{3 \text{ или } 4}\right) \cdot 0,305 \quad (24)$$

где 3 и 4 коэффициенты, зависящие от количества осадков (при слое менее 1200 мм используется 3, а при большем 4). На плантациях табака при уклонах поверхности от 6 град, до 12 град, расстояние между канавами можно определить по таблице 65.

Таблица 66. Расстояние между водоотводящими канавами в зависимости от крутизны склона и количества осадков (98)

Крутизна склона, 1 град.	Расстояние, м; слой осадков, мм			
	менее 1200	более 1200	менее 1200	более 1200
	вертикальное		горизонтальное	
6	1,63	1.41	16,00	13,43
8	2,03	1.68	14,50	12,00
10	2,39	1,94	13,65	11,08
12	2,74	2,21	13,05	10,52

Размеры валов и канав зависят от количества воды, поступающей на склоны. Чтобы определить их, необходимо рассчитать для каждой конкретной территории суточный максимум осадков и коэффициент стока. Зная эти показатели, можно определить объем сто-

на, который должен быть перехвачен водоотводящими канавами (А).

$$A = L \times C \times O \times 10, \quad (25)$$

где С - коэффициент стока; О - максимальный слой осадков за 24 ч;
L - расстояние между соседними канавами.

Таблица 66. Линейные размеры и объем валов-канал /98/

Уклон, град.	Глубина канавы, см	Ширина канавы, см	Высота вала, см	Ширина вала, см	Объем стока, л/1 м погонной длины
		90	45	60	695
	45	100	43	70	712
		110	47	70	728
		100	56	60	858
6-9	50	110	52	70	877
		120	57	70	895
		110	58	70	1039
	55	120	63	70	1059
		130	68	70	1079
		90	45	60	559
	45	100	50	60	575
		110	47	70	592
		100	56	60	690
9-12	50	110	52	70	708
		120	57	70	726
		110	58	70	834
	55	120	63	70	855
		130	68	70	875
		100	56	60	521
	50	110	52	70	539
		120	57 -	70	557
		110	58	70	630
12-15	55	120	63	70	650
		130	68	70	671
		120	69	70	750
	60	130	65	80	772

Рассчитанный таким образом объем стока в литрах на 1 м погонной длины необходимо сопоставить с данными таблицы 6б, в которой приводится объем канавы различных размеров. Подобрать соответствующий объем в графе 6, мы можем установить размеры канавы и вала

В условиях влажных тропиков, где распространена ливневая эрозия, инженерные мероприятия дают положительный эффект только в том случае, если почва в период дождей надежно защищена от капель дождя.

На сильнопересеченной местности в зоне выращивания табака часто встречаются настолько сильноэродированные склоны, что даже табак не дает удовлетворительных урожаев. Здесь рекомендуется сплошное залужение почвы многолетними травами.

Следовательно на табачных плантациях в условиях переменновлажных тропиков Кубы рекомендуются следующие меры борьбы с эрозией: на землях любой эрозионной опасности необходимо стремиться прежде всего к тому, чтобы в сезон дождей почва была надежно защищена хорошо развитым растительным покровом от разрушительного действия капель дождя. Эту задачу можно решить с помощью правильно подобранных севооборотов, смешанных посевов и залужения наиболее эродированных участков.

Для регулирования поверхностного стока на слабоэрозионноопасных землях достаточно контурной обработки почвы и глубокого рыхления подпахотного горизонта, а на более крутых склонах рекомендуются простейшие инженерные противозэрозионные сооружения для перехвата стекающей воды и безопасного отвода ее за пределы охраняемого участка

Сахарный тростник

Сахарный тростник является единственной культурой на Кубе, которая в течение большей части года надежно защищает почву от солнечных лучей и тропических ливней. Тростник культура многолетняя, поэтому созданные однажды плантации могут использоваться в течение 5-6 лет. В недалеком прошлом на Кубе встречались плантации сахарного тростника 15-20-летнего возраста.

Плантации сахарного тростника закладывает следующим образом. На выбранном участке производят 2-3-кратную глубокую отвальную вспашку. Каждый последующий проход плуга осуществля-

ется, как правило, в поперечном направлении. После этого поле многократно обрабатывается дисковыми боронами для уничтожения сорной, растительности. Общая продолжительность подготовки почвы равна 50-60 дням. Затем нарезаются бороды через 1,2 м, которые высаживаются черенки длиной 30-40 см, заготовленные из верхней части свежесрубленных стеблей. Через 2-3 недели после посадки появляются побеги. Если тростник высажен в феврале - марте, к началу сезона дождей молодые побеги образуют надёжную защиту от капель дождя.

Тростник убирают в сухой период, однако даже и в тех случаях, когда после его уборки выпадают осадки, они не могут вызвать эрозии, так как почва бывает покрыта толстым слоем растительных остатков (листья, незрелые верхушки стеблей остаются на плантации). Масса их составляет 8-10 т/га. Через 4-5 недель после рубки появляются новые побеги, которые к началу сезона дождей образуют сплошной покров и снова надёжно защищают почву. Так продолжается в течение 6-8 лет, пока урожайность тростника не начинает снижаться. После этого старые плантации перепахивают и на их месте создают новые.

Оценка традиционной технологии возделывания сахарного тростника свидетельствует о том, что наибольшей эрозионной опасности подвергаются вновь создаваемые плантации. В связи с тем, что тростник обычно высаживают в начале периода дождей, наибольшие потери почвы могут быть в период ее подготовки и в первые месяцы роста тростника, пока молодые побеги не образуют сплошного покрова (табл. 67).

Смыв почвы на плантациях тростника сильно варьирует в зависимости от времени их создания или обновления. Чем ближе к сезону дождей готовится почва, тем слабее защита ее от тропических ливней, тем больше потери (рис. 27). При подготовке почвы в период с апреля по июнь даже на склоне крутизной 4 град, потери превышают допустимые.

Для борьбы с эрозией на слабоэрозионноопасных землях на вновь создаваемых плантациях необходимо применять контурную обработку и глубокое рыхление подпахотного горизонта. Это позволит использовать традиционную технологию на плантациях с уклоном до 10 град.

Таблица 67. Потери гумус-карбонатной почвы от эрозии на вновь создаваемых плантациях сахарного тростника при уклоне 6 град.

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га
I	Тростник 8-го месяца	0,01	2,02	0,021	0,006
II	Уборка тростника	0,05	1,36	0,021	0,006
III	Залежь	0,05	1,36	0,068	0,020
IV	Подготовка почвы	1,00	2,72	2,720	0,809
V	Подготовка почвы	1,00	9,52	9,520	2,832
VI	Тростник 1-го месяца	0,75	13,60	10,200	3,034
VII	Тростник 2-го месяца	0,35	11,56	4,162	1,238
VIII	Тростник 3-го месяца	0,13	9,52	1,238	0,368
IX	Тростник 4-го месяца	0,02	8,16	0,153	0,048
X	Тростник 5-го месяца	0,01	5,44	0,054	0,016
XI	Тростник 6-го месяца	0,01	2,04	0,021	0,006
XII	Тростник 7-го месяца	0,01	0,68	0,007	0,002
	Итого		68,00	28,192	8,385

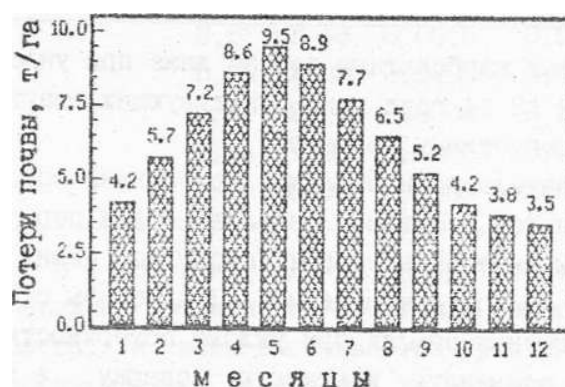


Рис.27. Потери от эрозии на плантациях тростника при различных сроках подготовки почвы

На существующих плантациях почва надежно защищена от разрушительного действия тропических ливней практически и течение всего года. Даже после уборки тростника коэффициент почвозащитной способности растительности (К) не превышает 0,3, поскольку на поверхности почвы остается значительная масса

растительных остатков. По этой причине он остается низким и в первые месяцы отрастания тростника (табл. 68).

Таблица 68. Потери коричневой карбонатной почвы от эрозии на существующих плантациях тростника при уклоне 6 град.

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га
I	Тростник	0,1	2,04	0,204	0,060
II	Тростник	0,1	1,36	0,136	0,040
III	Тростник	0,1	1,36	0,136	0,040
IV	Уборка тростника	0,2	2,72	0,544	0,162
V	Отрастание тростника	0,3	9,52	2,856	0,850
VI	Тростник	0,2	13,60	2,720	0,809
VII	Тростник	0,2	11,56	2,312	0,688
VIII	Тростник	0,1	9,52	0,952	0,283
IX	Тростник	0,1	8,16	0,816	0,243
X	Тростник	0,1	5,44	0,544	0,163
XI	Тростник	0,1	2,04	0,204	0,060
XII	Тростник	0,1	0,68	0,068	0,020
	Итого		68,00	11,492	3,418

На коричневых карбонатных почвах даже при уклоне поверхности, достигающих 12-14 град., на существующих плантациях эрозия не превышает допустимых пределов.

Следовательно, наибольшая эрозионная опасность на плантациях сахарного тростника наблюдается в период закладки новых плантаций и перепашке старых, особенно если обработка почвы приходится на дождливый период. Для борьбы с эрозией на слабо-эрозионноопасных землях при уклоне поверхности до 5-6 град, достаточно применять контурную вспашку, а при больших – локальную обработку почвы. На почвах со слабой проницаемостью необходимо при перепашке плантаций или при закладке новых производить глубокое рыхление подпахотного горизонта. На средне-эрозионноопасных землях лучший почвозащитный эффект на сахарно-тростниковых плантациях дает локальная обработка почвы. Результаты оценки почвозащитной способности локальной подготовки почвы при создании плантаций на гумус-карбонатной почве в про-

винции Пинар дель Рио при уклоне поверхности 6 град, приведены в таблице 69. Потери почвы при таком способе уменьшаются в 4,8 раза по сравнению с обычной обработкой.

Естественно, локальную обработку почвы на сахарно-тростниковых плантациях следует проводить с учетом контурного земледелия. Все это позволяет применять ее на склонах крутизной до 14 град.

Таблица 69. Потери почвы от эрозии на плантациях тростника при локальной ее подготовке

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га
I	Тростник	0,01	1,43	•0,0143	0,004
II	Уборка тростника	0,30	0,95	0,0095	0,002
III	Подготовка почвы	0,50	1,22	0,6100	0,181
IV	Тростник	0,45	3,88	1,7848	0,531
V	Тростник	0,20	10,88	2,1760	0,647
VI	Тростник	0,10	12,92	1,2920	0,384
VII	Тростник	0,06	10,83	0,6528	0,194
VIII	Тростник	0,02	10,20	0,2040	0,061
IX	Тростник	0,01	8,16	0,0816	0,024
X	Тростник	0,01	4,08	0,0408	0,012
XI	Тростник	0,01	2,04	0,0204	0,006
XII	Тростник	0,01	1,36	0,0136	0,004
	Итого		36,00	6,8998	2,052

Через каждые 5-6 лет плантации сахарного тростника обновляются. После очередной сафры корни тростника выкорчевываются, почва перепахивается, и снова высаживается тростник. По рекомендуемой технологии следует вспахивать те же самые полосы и в них высаживать новые черенки. Постоянное возделывание тростника в одних и тех же полосах способствует быстрому окультуриванию почвы. В них улучшается структура почвы, снижается ее плотность, повышается обеспеченность основными элементами питания /91/. Более крутых склонов на сахарно-тростниковых плантациях практически нет.

Следовательно, при создании новых или перепашке старых

плантаций сахарного тростника на слабоэрозионноопасных землях с уклоном до 5-6 град, необходимо применять контурную обработку с глубоким рыхлением подпахотного слоя. При больших уклонах эффективна локальная обработка почвы.

Батат

Производство батата - одной из основных кормовых культур на Кубе - постоянно увеличивается. Его выращивают на пологих склонах со сравнительно мощными почвами и с хорошим дренажом по технологии, которая заключается в следующем. Обработка почвы проводится в конце сухого сезона (март - апрель) и начинается с глубокой отвальной вспашки с рыхлением подпахотного горизонта, за которым следует двукратное дискование. Через 3-4 недели вспашку и боронование повторяют, но уже в поперечном направлении. Еще через 3-4 недели обе операции повторяют вновь. Считается, что такая обработка полностью очищает поле от сорняков и хорошо разрыхляет почву. В конце апреля на поле на расстоянии 90 см друг от друга напахивают гребни высотой 25-30 см, в вершины которых высаливают батат. Через 3-4 недели растения батата уже смыкаются в ряду и проективное покрытие почвы достигает 45-50%. В течение второго месяца почва закрывается растительностью почти полностью (90%). Продолжительность вегетационного периода батата три месяца (табл. 70).

Чтобы предотвратить появление и развитие эрозии на плантациях батата необходимо строго соблюдать требования контурной обработки почвы.

Как показали наши опыты на коричневой карбонатной почве при уклоне поверхности 4 град., контурная нарезка гребней на плантациях батата уменьшает жидкий сток в 3 раза, а твердый - в 4,2 раза, что объясняется малым расстоянием между гребнями, перехватывающими практически все осадки. Потери могут происходить только до момента нарезки гребней. Глубокая контурная обработка с последующим гребневанием полностью защищает почву от эрозии на плантациях батата при уклонах поверхности до 8 град. Это вполне достаточно, поскольку на более крутых склонах батат не выращивают в связи с сильной эродированностью почвы.

Таблица 70. Потери почвы от эрозии на плантациях батата в севообороте с перцем в стандартных условиях

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га
I	Перец 2-го месяца	0,68	1,0	0,68	0,159
II	Уборка перца	0,50	1,0	0,50	0,117
III	Подготовка почвы	1,00	1,6	1,60	0,374
IV	Подготовка почвы	1,00	2,7	2,70	0,632
V	Батат 1-го месяца	0,82	8,1	6,64	1,554
VI	Батат 2-го месяца	0,57	10,1	5,70	1,334
VII	Батат 3-го месяца	0,48	9,2	4,42	1,034
VIII	Уборка батата	0,55	7,0	3,85	0,901
IX	Залежь	0,76	6,5	4,94	1,156
X	Залежь	0,47	4,3	2,02	0,473
XI	Подготовка почвы	1,00	1,6	1,60	0,374
XII	Перец 1-го месяца	0,88	1,0	0,88	0,194
	Итого		54,0	35,50	8,302

Бананы

Бананы очень требовательны к подготовке почвы, поэтому она состоит из серии обработок различными орудиями и продолжается от 60 до 90 дней. Сначала почву вспахивают на глубину 30-35 см и подвергают дискованию. Через 2-3 недели рыхлят подпахотный слой на глубину 60-80 см, затем вспашку и дискование повторяют а поперечном направлении. После этого поверхность поля выравнивается и нарезают борозды глубиной 25-40 см, в которые высаживают молодые растения бананов. Ширина междурядий на плантациях бананов 1,5м. Через каждые 4 ряда оставляют 4-метровое пространство для подхода техники при последующих обработках и уборке урожая. Лучшим временем для высадки бананов считается период с марта по август, т. е. большая часть влажного сезона. Поэтому на банановых плантациях нередко развивается сильная эрозия, если их создают без учета эрозионной опасности территории.

Анализ существующей технологии выращивания бананов (табл. 71) свидетельствует о том, что она может применяться без ущерба

для ферритной пурпурной почвы на склонах до 3 град. При больших уклонах следует принимать меры, предотвращающие эрозию, среди которых первое место отводится нарезке гребней и высаживанию бананов строго по горизонталям.

Таблица 71. Потери почвы от эрозии на плантациях бананов при существующей технологии в стандартных условиях

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га
I	Залежь	0,3	1,88	0,56	0,183
II	Подготовка почвы	1,0	0,88	0,88	0,288
III	Подготовка почвы	1,0	1,43	1,43	0,469
IV	Высадка бананов	0,85	2,04	1,73	0,567
V	Бананы	0,65	6,12	3,98	1,304
VI	Бананы	0,54	14,96	9,57	3,136
VII	Бананы	0,40	12,23	4,89	1,602
VIII	Бананы	0,40	10,78	4,31	1,413
IX	Бананы	0,30	10,20	3,06	1,002
X	Бананы	0,30	4,76	1,43	0,469
XI	Бананы	0,30	2,04	0,61	0,200
XII	Бананы	0,30	0,68	0,20	0,066
	Итого		68,00	32,65	10,699

Эффективность контурного гребневания на плантациях бананов несколько ниже, чем на плантациях батата. По-видимому, в этом играют роль широкие междурядья, почва в которых длительное время остается доступной для капель дождя. Почвозащитные свойства контурной вспашки при отсутствии растительного покрова или мульчи сохраняются до первого сильного дождя. Поэтому сразу после высадки саженцев, междурядья необходимо закрыть мульчей из банановых листьев, заготовленных на плантациях, подлежащих перепашке.

Цитрусовые культуры

Цитрусовые и другие плодовые культуры на Кубе занимают значительные площади. До недавнего времени технология их создания предусматривала 2-3-кратную отвальную перекрестную

вспашку на глубину гумусового слоя с одновременным углублением подпахотного слоя до 60-80 см. Затем почву многократно обрабатывали дисковыми боронами, чтобы уничтожить сорную растительность. После посадки саженцев обработка дисковой бороной в междурядьях продолжалась. Естественно, молодые деревья с размещением 8 x 8 м или 10 x 10 м в первые годы жизни практически не защищали почву, и на плантациях наблюдалась сильная эрозия. Потери почвы от эрозии на плантациях цитрусовых культур при традиционном способе их выращивания на желтой лессивированной почве с уклоном поверхности 4 град, в 4 раза превышали допустимые пределы (табл. 72). Поэтому с середины 80-х годов XX в. на плантациях цитрусовых междурядья перестали распахать. С сорной растительностью борются с помощью гербицидов, которые вносятся только в рядах, а междурядья остаются под защитой травяной растительности. Почву в междурядьях рыхлят только в сухой сезон. В остальное время года травянистую растительность периодически окашивают. Эрозия почвы при этом резко уменьшается (табл. 73).

Эксперименты, проведенные опытной станцией цитрусовых культур, свидетельствует о том, что такая система содержания цитрусовых плантаций не оказывает отрицательного влияния на их рост и плодоношение, но в то же время обеспечивает надежную защиту почв от эрозии на пологих склонах до 3-4 град. Аналогичные результаты были получены и в других регионах мира /97, 106, 141/. Контурная обработка почв позволяет увеличить предельный уклон до 4,5 град., но не решает проблемы. Практика показала, что искусственный травостой из специально подобранных трав значительно эффективней защищает почву от эрозии, чем естественная растительность. Чаще всего используются бобовые растения, такие, как бобы бархатные, кротальярия, долихос, канавалия, вирна и др. Эти травы не только защищают почву от эрозии, но и повышают ее плодородие. При такой технологии создания плантаций, потери почвы на склоне крутизной 4 град, уменьшают с 18 т/га до 11 т/га в год. На склоне круче 4 град, подготовку почвы на плантациях цитрусовых лучше производить не сплошь, а узкими полосами 1,5 м.

Расстояние между центрами полос зависит от принятой схемы размещения саженцев и обычно не превышает 10 м (табл. 74).

Таблица 72. Потери почвы от эрозии на плантациях грейпфрута при традиционном способе выращивания

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га
I	Подготовка почвы	1,00	1,02	1,02	0,827
II	Подготовка почвы	1,00	1,02	1,02	0,827
III	Подготовка почвы	1,00	0,68	0,68	0,551
IV	Высадка саженцев	0,88	1,36	1,20	0,973
V	Молодая плантация	0,88	9,52	8,38	6,795
VI	Молодая плантация	0,88	13,60	11,97	9,706
VII	Молодая плантация	0,88	9,52	8,38	6,795
VIII	Молодая плантация	0,88	10,88	9,57	7,760
ix :	Молодая плантация	0,88	10,20	8,98	7,282
X	Молодая плантация	0,88	6,80	5,98	4,849
XI	Молодая плантация	0,88	2,72	2,39	1,938
XII	Молодая плантация	0,88	0,68	0,60	0,436
	Итого		68,00	60,17	48,792

Таблица 73. Потери почвы от эрозии на плантациях цитрусовых, в уравниваемых по новой технологии в стандартных условиях

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га
I	Подготовка почвы	1,00	1,02	1,02	0,827
II	Подготовка почвы	1,00	1,02	1,02	0,827
III	Подготовка почвы	1,00	0,68	0,68	0,553
IV	Высадка саженцев	0,88	1,36	1,20	0,973
V	Молодая плантация	0,75	9,52	7,14	5,790
VI	Молодая плантация	0,36	13,60	4,90	3,973
VII	Молодая плантация	0,30	9,52	2,86	2,319
VIII	Молодая плантация	0,12	10,88	1,30	1,054
IX	Молодая плантация	0,12	10,20	1,22	0,989
X	Молодая плантация	0,12	6,80	0,82	0,664
XI	Молодая плантация	0,12	2,72	0,33	0,2è8
XII	Молодая плантация	0,12	0,68	0,02	0,016
	Итого		68,00	22,51	18,253

Таблица 74. Потери почвы на плантациях цитрусовых культур при подготовке почвы полосами в стандартных условиях

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га
I	Подготовка почвы полосами	0,50	1,02	0,51	0,414
II	То же	0,50	1,02	0,51	0,414
III	«	0,50	0,68	0,34	0,275
IV	Посадка саженцев	0,40	1,36	0,54	0,438
V	Скашивание травы в междурядьях	0,30	9,52	2,86	2,319
VI	То же	0,20	13,60	2,72	2,205
VII	«	0,30	9,52	0,95	0,770
VIII	«	0,05	10,88	0,54	0,438
IX	«	0,02	10,20	2,04	1,654
X	«	0,01	6,80	0,07	0,056
XI	Дискование почвы	0,80	2,72	2,18	1,768
XII	«	1,00	0,63	0,68	0,551
	Итого		68,00	13,94	11,302

Таким образом, даже в период подготовки -почва на большей части плантации будет надежно защищена растительностью от осадков. После высадки саженцев траву в междурядьях следует периодически скашивать в сезон дождей, а в сухой - запахивать. Такую технологию можно применять без ущерба для почвы на склонах крутизной до 6 град. (рис. 28). При больших уклонах на плантациях цитрусовых необходимо применять другие противоэрозийные мероприятия, например, валы-террасы или водоотводящие каналы.

Валы-террасы рекомендуется создавать на склонах крутизной до 12-14%. На более крутых склонах их также можно строить, но объем работ резко возрастает, а ширина террас уменьшается, что в свою очередь затрудняет работу почвообрабатывающих орудий и других механизмов. Поэтому на более крутых склонах рекомендуется строить водоотводящие каналы, характеристика которых приведена при описании противоэрозийных мероприятий на плантациях табака.

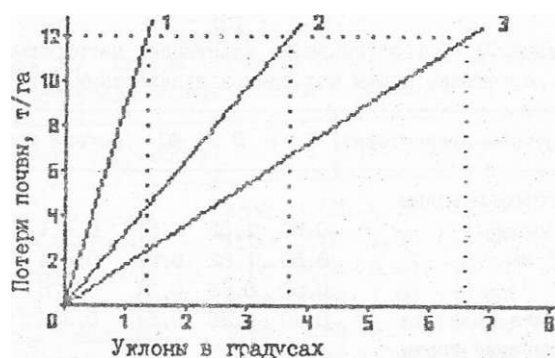


Рис. 28. Допустимые уклоны поверхности для различных технологий выращивания цитрусовых культур: а – традиционная, б - с залужением междурядий, в - с полосной обработкой почвы

Охрана почв от эрозии на искусственных пастбищах Технология создания искусственных пастбищ предусматривает подготовку почвы в марте - апреле перед началом сезона дождей. Обработка почвы обычно начинается с отвальной вспашки на глубину 29-30 см. Затем почва многократно обрабатывается дисковыми боронами, чтобы ликвидировать сорную растительность. Семена трав высеваются в конце апреля - начале мая. В первые дождливые месяцы на вновь созданных пастбищах эрозия почвы усиливается (табл. 75).

Потери в этот период могут достигать предельных значений при уклоне поверхности 5-6 град. Как выход из создавшегося положения можно использовать более ранний посев, чтобы к сезону дождей почва была хорошо защищена растительным покровом. Однако такой вариант возможен только на поливных пастбищах, которых на Кубы немного Поэтому при создании искусственных пастбищ на склоновых землях необходимо применять специальные почвозащитные мероприятия, а именно, там, где уклон превышает 5 град., загоны следует располагать длиной стороной поперек склона, тогда вспашка и все последующие операции по обработке почвы будут также проводиться поперек склона. Одновременно со вспашкой подпахотный горизонт рыхлят на глубину 60-80 см

Таблица 75. Потери коричнево-карбонатных почв на вновь создаваемых пастбищах в стандартных условиях

Месяц	Состояние территории	К	С	КС	Потери почвы, т/га
I	Травы	0,02	1,88	0,04	0,017
II	«	0,03	0,88	0,03	0,013
III	Подготовка почвы	1,00	1,43	1,43	0,608
IV	«	1,00	1,04	1,04	0,442
V	Травы	0,60	6,12	3,67	1,562
VI	«	0,15	14,96	2,24	0,953
VII	«	0,06	12,23	0,73	0,311
VIII	«	0,01	10,78	0,11	0,047
IX	«	0,01	10,20	0,10	0,042
X	«	0,01	4,76	0,05	0,021
XI	«	0,01	2,04	0,02	0,008
XII	«	0,01	2,02	0,02	0,008
	Итого		68,36	9,48	4,035

/103/. Совокупное соблюдение этих мероприятий позволяет создавать пастбища на склонах крутизной до 10-14 град. При больших уклонах защитить почву от эрозии можно только с помощью водоотводящих канав, описанных выше.

Глава 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ ЗЕМЕЛЬ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Разработка программы "ERSUC"

Для оценки эрозионной опасности земель и проектирования системы противоэрозионных мероприятий на Кубе нами использовались персональный компьютер типа IBM PC. При этом была создана база данных, в которую вошли все сведения о природных условиях Кубы и закономерностях ливневой эрозии почв.

Созданная база данных легла в основу специальной программы ERSUC (Erosion de los suelos de Cuba) позволяющей решать следующие задачи:

- оценить потенциальную и актуальную эрозионную опасность любой территории Кубы;
- подобрать для данного участка культуру и наименее эрозионноопасную технологию ее выращивания;
- установить необходимость и составить перечень противоэрозионных мероприятий для данной территории с учетом полного комплекса природных условий, а также вида выращиваемых культур.

В программе реализован описанный выше метод оценки эрозионной опасности земель. Потенциальная эрозионная опасность определяется на основании индексов эрозионного влияния природных факторов.

$$ПЭО = \sum_{j=1}^m k_j \quad (25)$$

где K - индекс эрозионного влияния природных факторов, m - число учтенных факторов. В данном случае учитывалась зависимость эрозии от почвы, крутизны склона и осадков ($m = 3$). Классификация земель по ПЭО осуществляется путем идентификации условий относительно градаций потенциальной эрозионной опасности земель.

При оценке актуальной эрозионной опасности дополнительно используют показатели эрозионного влияния технологии выращивания сельскохозяйственных культур.

$$АЭО = ПЭО * R_t \quad (26)$$

где R - показатель эрозионного влияния технологии, t - номер используемой технологии.

Найденную по формуле 26 величину возможных потерь сравнивают с допустимым для этой почвы пределом эрозии. В том случае, если $AЭО < Lim$, выращивание данной культуры и использование выбранной технологии в этих условиях не вызовет чрезмерную эрозию, поэтому решение задачи завершается. В противном случае на данной территории необходимо применять противоэрозионные мероприятия (ГШ). Для оценки эффективности ПЭМ на конкретном участке вычисляют объем эрозии по формуле

$$E_{г} = AЭО * M \quad (27)$$

где, M - коэффициент почвозащитной способности ПЭМ. Если на участке применяются несколько ПЭМ, рассчитывают общий почвозащитный индекс по формуле

$$M = \sum_{i=1}^n M_j \quad (28)$$

где n - число выбранных противоэрозионных мероприятий.

Найденную величину показателя эрозии сопоставляют с допустимым для данной почвы уровнем эрозии. Задача решена, если $E_{г} < Lim$. В противном случае необходимо выбрать один из следующих вариантов: сменить культуру или технологию ее выращивания, подобрать другие ПЭМ или снять задачу.

Программа предусматривает возможность коррекции исходных данных: почв, уклонов и осадков. Диалог в программе организован по принципу "Меню", т.е. на экране визуализируется перечень технологий или противоэрозионных мероприятий, которые исследователь может выбирать по своему усмотрению и определять их почвозащитную способность путем соответствующих команд. Программа написана на алгоритмическом языке BASIC. Для реализации достаточно иметь персональный компьютер типа IBM PC с 64 Кб оперативной памяти. Блок-схема программы ERSUC представлена на рис. 29.

Инструкция пользователю программой

Пользование программой ERSUC не требует специальных знаний. В ходе работы на дисплее высвечиваются "Меню" и соответствующая подсказка. Необходимо только выбрать нужный ответ. Если, по мнению исследователя, ответ выбран неверный, его можно скорректировать. Настоящая инструкция рассчитана на пользователя программой, не имеющего специальной математической подготовки,

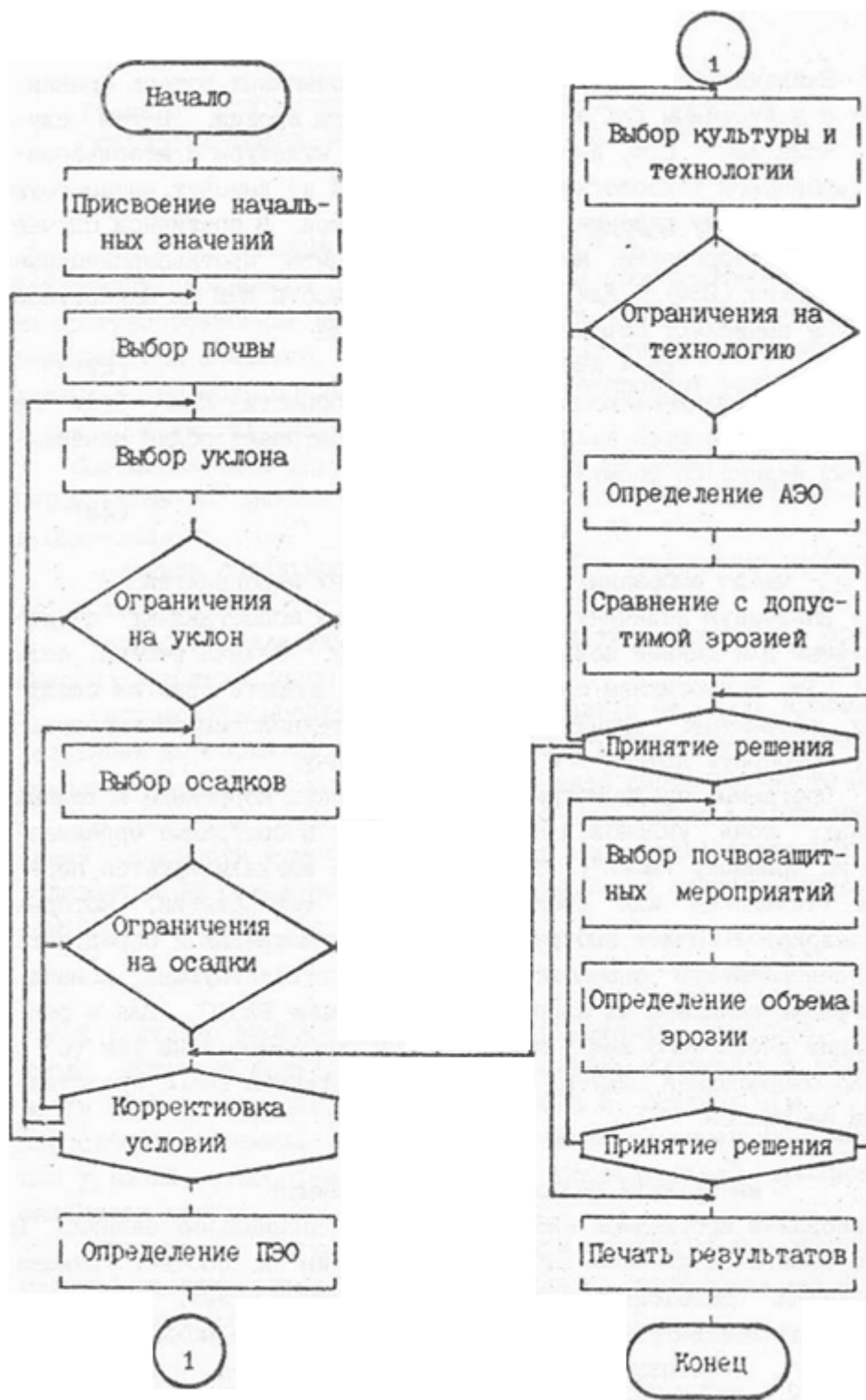


Рис. 29. Блок - схема программы "ERSUC"

и поэтому предусматривает даже самые мелкие детали работы.

Управление программой ERSUC осуществляется следующим образом:

1. Установить дискетку в драйвер В.
2. Набрать на дисплее букву В: и нажать клавишу "Enter", которую следует нажимать при вводе каждой команды.
3. Набрать команду BASIC и вызвать интерпретацию языка. На экране появится текст, а в последней строке буквы "ok".
4. Загрузить программу путем нажатия клавиши F или набором команды Load "ERSUC BAS". Необходимо отметить, что регистр при этом не имеет значения, т. е. b и B равнозначны.
5. После появления на экране "ok" можно начинать счет путем нажатия клавиши F5 или набором команды RUN.
6. На экране появляется заголовок программы, а в нижних строках вопрос: *На какое устройство выводить результат? 1 - дисплей, 2 -принтер?* Если результаты распечатывать не надо (или печатающее устройство отсутствует), нужно набрать цифру 1 (после чего не забыть нажать на клавишу "Enter". Все вычисления будут вины на экране. Если результаты нужно распечатать, следует нажать на клавишу с цифрой.2, тогда основная получаемая информация будет высвечиваться на экране и одновременно печататься.
7. Вслед за этой операцией на экране высвечивается список основных типов почв Кубы, состоящий из 22 наименований и вопрос: *Какой номер почвы?* Необходимо выбрать номер нужной вам почвы и набрать его на клавиатуре. Если ваш номер превышает 22, компьютер вернется к списку почв, что позволяет выбрать правильный номер.
8. Далее высвечивается классификатор уклонов. Нужно указать тот уклон, для которого ведется расчет. В программу введены ограничения на уклоны, т. е. учтено, на каких уклонах встречаются какие почвы. Поэтому после ввода номера выбранного уклона может появиться сообщение: *Такой почвы не бывает на этих уклонах, повторите выбор.* На экране вновь появится классификатор, и нужно выбрать номер подходящего уклона. То же самое произойдет, если по ошибке будет указан номер больше 13.
9. После выбора уклона на экране появляется классификатор осадков. Необходимо выбрать нужный номер интервала осадков.

Как и для уклонов, в программу введены ограничения числа типов почв, входящие в данные интервалы. Может оказаться, что на экране появится сообщение: *Таких осадков на данных почвах не бывает, повторите выбор*, вслед за чем на экране вновь высветится классификатор осадков.

10. На основании выбранной нами почвы, а также значений уклона и осадков, компьютер рассчитывает уровень эрозии и определяет категорию потенциальной эрозионной опасности данной территории. Если эрозионная опасность данного участка высокая, но несмотря на это, надо выращивать сельскохозяйственные культуры, необходимо нажать клавишу F5 или набрать команду "Continue".

11. На экране появится перечень культур и технологии их выращивания, которые также имеют ограничения использования в определенных почвенных условиях.

12. После того, как выбрана культура и технология, машина определяет актуальную эрозионную опасность. Если последняя ниже допустимого порога, то управление переходит к завершению счета - задача решена. Если эрозия превышает допустимый уровень, компьютер выдает сообщение об этом на экране и запрашивает выбор решения из четырех возможных вариантов:

- 1) управление (имеется в виду попытка предотвратить эрозию с помощью противоэрозионных мероприятий):
- 2) возврат к выбору другой, менее эрозионноопасной технологии:
- 3) возврат к выбору новых условий (почвы, уклона, осадков), т.е. по существу, к новой задаче:
- 4) завершить счет.

13. При выборе первого варианта на экране появляется список противоэрозионных мероприятий. Нам предоставляется возможность выбрать одно или несколько совместно используемых мероприятий, которые могут снизить уровень эрозии до допустимого предела и в тоже время быть не очень дорогостоящими и доступными практически.

14. После выбора мероприятий машина определяет потери почвы. На экране вновь появляются сведения об уровне эрозии фактической и допустимой. В том случае, если и после применения выбранных мероприятий эрозия остается выше допустимой, машина

вновь предлагает сделать выбор. При этом можно выбрать новое мероприятие вместо предыдущего или добавить еще одно. Так продолжается до тех пор, пока эрозия не снизится до заданного уровня. В этом случае машина выдает заключение: *Все хорошо, вы нашли лучшее решение!*

15. Конец работы программы отмечается сообщением "Конец". Необходимо отметить, что на печать выводятся лишь основные результаты счета, в то время как промежуточная информация может быть прочитана только на экране.

ВЫВОДЫ

1. Главной причиной возникновения и быстрого распространения Водной эрозии почв на Кубе является уничтожение естественной растительности и использование земли без учета эрозионной опасности природных условий.

2. Потенциальная опасность дальнейшего распространения водной эрозии почв очень высокая, чему способствуют в значительной мере природные условия кубинского архипелага: климат, рельеф и почвенные условия. Из климатических условий наибольшее влияние оказывают осадки, значительный объём и высокая интенсивность которых является одной из причин формирования на склонах мощных водных потоков, вызывающих эрозию. Рельеф характеризуется значительной расчлененностью. Более 70% территории Кубы имеет уклон более 1 градуса, поэтому все почвы, лишённые растительного покрова подвергаются эрозии. Почвенный покров Кубы представлен широким набором разновидностей с низкой противоэрозионной устойчивостью. Тщательное комплексное изучение природных факторов позволило количественно оценить их влияние на эрозию и составить карту потенциальной эрозионной опасности земель Кубы в масштабе 1 : 250000

3. Эрозия почв на Кубе существенно отличается от эрозии в регионах с умеренным климатом. Особенности ее проявляются в отклонении от общих закономерностей смыва и переотложения почвенной массы. На прямом склоне степень эродированности почв возрастает не вниз по склону, как в условиях умеренного климата, а вверх, т. е. приводораздельные части склонов эродируются сильнее, чем средние и нижние. Зависимость эрозии от длины

равнозначных по крутизне не склонов не выражена так отчетливо, как в средних широтах, а экспозиция склона вообще не имеет значения. Специфика переотложения продуктов эрозии на склонах заключается в том, что большая часть отделенной дождем почвы не выносится за пределы склона, а перемещается к его подножью. В связи с этим на нижних частях склона формируются мощные намывные почвы. Особенности водной эрозии почв обусловлены ливневым характером осадков, при которых большое значение приобретает капельная эрозия. Капли дождя не только разрушают структуру и уплотняют поверхностный слой почвы, но и участвуют в отделении частиц от основной ее массы и перемешивают их вниз по склону. Наибольшее влияние на отделяющую способность капель дождя оказывает слой осадков (доля влияния 58%) и размер капель (доля влияния 26%). Интегральным показателем отделяющей способности дождя может служить его кинетическая энергия, при расчете которой используются именно эти характеристики.

4. Устойчивость почв к действию капель дождя наиболее значимо зависит от содержания физической глины, обеспеченности гумусом, количества агрегатов различной крупности, т. е. чем больше в почве глины и органического вещества, тем лучше она оструктурена, тем выше ее противоэрозионная устойчивость. Интегральным показателем устойчивости почв к разрушающему действию капель дождя может служить содержание в почве водопрочных агрегатов крупнее 2 мм в диаметре. Интенсивность капельной эрозии во многом определяется крутизной склона: чем больше уклон поверхности, тем шире шаг микрообъема почвы, тем выше скорость передвижения ее по склону. На прямом склоне почвенная масса, отделяемая каплями дождя, и скорость ее переноса одинаковы практически в любой его части, однако сильнее эродируется верхняя приводораздельная его часть, поскольку на участках, более удаленных от водораздела, смытая почва компенсируется поступлением ее с вышележащих частей склона. На склонах другой формы количество отделяемой почвы и скорость ее переноса могут сильно варьировать в зависимости от крутизны отдельных участков склона.

5. Чистая капельная эрозия почв наблюдается в период от начала дождя до формирования поверхностного стока. В дальнейшем она не прекращается, а видоизменяется в зависимости от мощнос-

ти водного слоя на поверхности почвы, которая сильно варьирует даже в пределах одного и того же склона. Отделяющая способность капель дождя сохраняется в полной мере до глубины слоя воды 4-6 мм, а затем разрушительная сила капель постепенно ослабевает, уменьшается и дальность отлета брызг. При глубине водного слоя 12-15 мм капли не достигают почвы непосредственно, но влияют на эрозию косвенным образом, создавая ударную волну и увеличивая турбулентность потока. В водораздельной части склона и в межложбинных пространствах мощность слоя воды обычно не превышает критических величин, при которых затухает отделяющая способность капель дождя. Поэтому только в ложбинах стока с мощным слоем водного потока капельная эрозия наблюдается только в самом начале ливня.

6. Поверхностный сток также участвует в отделении почвы в процессе ливневой эрозии, но доля этого участия сильно варьирует на различных частях склонов, подчиняясь общей для всех климатических условий закономерностям: чем дальше от водораздела, тем сильнее эрозия. На межложбинных пространствах поверхностный сток играет большую роль в перемещении почвы, отделенной каплями дождя. По мере удаления от водораздела он все больше насыщается продуктами эрозии. В определенный момент концентрация стока достигает предела его максимальной несущей способности. Скорость его замедляется, и он теряет свойства стекающей жидкости, превращаясь в селевую массу, медленно сползающую вдоль основного склона и по направлению к ближайшим ложбинам стока. Ближе к подножью, при уменьшении угла наклона поверхности, движущаяся масса останавливается. При таком способе отделения и перемещения почвы двумя агентами наиболее эродированными оказываются верхние части склонов. Повышенный вынос почвы поверхностным стоком в ложбинах со средних и нижних частей склонов компенсируется комплексным действием капель дождя и стока на межложбинных пространствах.

7. Особенности и закономерности ливневой эрозии почв на Кубе следует строго учитывать при противозерозионной организации территории и разработке системы почвозащитных мероприятий. Почвозащитная система должна состоять из двух групп мероприятий: одна должна предусматривать защиту почв от разрушительного действия капель дождя, вторая – быть направлена на регули-

рование поверхностного стока. Вторая группа мероприятий эффективна только на фоне первой. Использование обеих групп противоэрозионных мероприятий должно быть дифференцированным. В одном случае достаточно защитить почву от эрозии в период дождей с помощью растительного покрова основной, промежуточной или покровной культуры, а в другом, кроме того, необходимо планировать противоэрозионную обработку почвы и некоторые специальные мероприятия, направленные на регулирование поверхностного стока.

8. В качестве критерия эффективности любой системы или отдельных почвозащитных мероприятий необходимо использовать норму эрозии, т.е. максимально допустимый смыл (E_{Lim}), рассчитанный для каждого типа почв с учетом компенсации потерь при почвообразовании.

9. Потребность в защитных мероприятиях определяется на основании оценки актуальной эрозионной опасности данного участка, которая рассчитывается по формуле (26). В тех случаях, когда $E_{акт} > E_{Lim}$, необходимо применять соответствующие противоэрозионные мероприятия.

Первым принципом борьбы с эрозией на Кубе, независимо от степени эрозионной опасности данного участка, должна стать защита почв от разрушительного воздействия капель дождя с помощью живого растительного покрова или различных мульчирующих материалов. Если основные культуры вследствие специфики технологии их выращивания не способны защитить почву от эрозии, необходимо сочетать их с промежуточными или покровными культурами, а также сидератами. В тех случаях, когда с помощью растительного покрова основной, промежуточной или покровной культуры невозможно снизить потери от эрозии до нормы, необходимо применять противоэрозионные агротехнические мероприятия, регулирующие поверхностный сток.

Из агротехнических противоэрозионных мероприятий, прошедших широкую противоэрозионную проверку, рекомендуются контурная обработка почвы и посев культур, контурное гребневание на плантациях батата, картофеля, бананов, минимальная обработка почвы на плантациях табака и локальная на сахарнотростниковых плантациях, глубокое рыхление подпахотного горизонта. Комплекс

агротехнических мероприятий для конкретного участка следует определять с учетом выращиваемой культуры, технологии ее производства и степени эрозионной опасности участка. Там, где для защиты почв недостаточно фототехнических и агротехнических мероприятий, необходимо строить простейшие инженерные сооружения: валы-террасы, гребневидные террасы, водоотводящие канавы и т. п. для перехвата поверхностного стока и безопасного отвода его за пределы охраняемого участка.

10, Для облегчения и ускорения работ по оценке эрозионной опасности территории, а также при составлении проектов противоэрозионной организации территории и систем почвозащитных мероприятий необходимо использовать созданную нами базу данных и специальную программу для персональных компьютеров, разработанную с учетом всех перечисленных выше принципов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Н. А. Расчет ущерба от эрозии почв // Земледелие. 1988. N1. С. 58-59.
2. Арзуманян А. П. К методике составления карты литологических провинций Дагестана при комплексном изучении процессов эрозии // Оценка и картографирование эрозионноопасных и диффузионноопасных земель. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 204-206.
3. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте. М.; Мысль, 1975. 286 с.
4. Атасунц Г. М. Роль долголетнего режима осадков в оценке потенциальной опасности эрозии // Оценка и картографирование эрозионноопасных и диффузионноопасных земель. М.; Изд-во МГУ, 1973. С. 61-64.
5. Бастраков Г. В. Опыт определения противоэрозионной устойчивости земель // Геоморфология 1975. N 1. С. 23-27.
6. Белоцерковский М. Ю. Величина ущерба наносимого эрозией почвенному плодородию - показатель эрозионной опасности земель // Оценка и картографирование эрозионноопасных и диффузионноопасных земель. М. Изд-во МГУ, 1973. С. 51-57.
7. Бельгибаев М. Е., Долгилевич М. И. О предельно допустимой величине эрозии почв // Тр. НИИ агролесомелиорации. 1970. Вып. 1(161). С. 36- 41.
8. Беннет Х. А. Основы охраны почв /Пер. с англ. М.: Иностран. лит. 1958. 411 с. 9. Богданов Х. П., Сластухин В. В. Эродированность почв в условиях ливневого стока // Почвоведение. 1973. N 9. С.129-131.
10. Бурыкин А.М. О темпах эрозии и почвообразования // Сборник науч. работ Рязанского СХИ. 1963. Вып. 8. С. 28-36.
11. Вередченко Ю.П. Физические свойства и водно-температурный режим красных ферралитно-кальциевых почв Кубы // Почвоведение. 1968. N 12. С. 29 - 38.
12. Вершинин П.В. Твердая фаза почвы, основа ее физического режима // Основы агрофизики. М.: Физмат. 1959. С. 203-404.
13. Ганжара Л.Н. Оценка потенциальной опасности эрозии в связи с почвенным покровом // Оценка и картографирование эрозионноопасных и диффузионноопасных земель. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 105-109.
14. Ганжара Н.Ф., Ганжара Л.Н. О соотношении скорости смыва и

- скорости формирования гумусового горизонта в эродируемых почвах // Оценка и картографирование эрозионноопасных и диффузионноопасных земель. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 120-125.
15. Герасимов И. П. Коричневые почвы сухих лесов и кустарников, луго-степей //Тр. Почв, ин-та им. Р. В. Докучаева АН ССОР. 1949. Т. 30. С. 213-333.
 16. Герасимов И.П. Опыт генетического подхода к разделению тропических почв, кор выветривания и продуктов их переотложения //Изв. АН СССР: Сер. Географ. 1972. N 5. С. 21-23.
 17. Градусов В. П., Степанов И. С. О минералогическом и химическом составе илистых фракций тропических почв Восточной Кубы //Почвоведение. 1969. N3. С. 118-129.
 18. Григорьев В. Я. Прогноз эрозии при поливе дождеванием и обоснование некоторых мер по ее предупреждению // Актуальные вопросы эрозиоведения, М.: Колос, 1984. С. 167-190.
 19. Гудзон Н. Охрана и борьба с эрозией почв. /Перевод с англ. / М. : Колос. 1974. 304 с.
 20. Джеррард А. Д. Почвы и формы рельефа / Перевод с англ. / М.: Мир, 1984. 207 с.
 21. Жаркова КХ Г. Оценка потенциальной опасности эрозии в связи с растительным покровом // Оценка и картографирование эрозионноопасных и диффузионноопасных земель. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 142-147.
 22. Заславский М. Н Эрозия почв. М.: Мысль, 1979, 244 с.
 23. Заславский М.Н. О допустимых нормах эрозии и задачах повышения плодородия почв //Актуальные вопросы эрозиоведения. М.; 1984. С. 118-137.
 24. Захаров С. А. О главнейших итогах и основных проблемах изучения почв Грузии. Тифлис. 3-я тип. Полиграфотдел ВСНХГ Гос. политех. ин-та. 1924. 56 с.
 25. Зонн С.Е., Васкез Л.Т., Кабрер Местре П. Опыт построения генетической классификации почв Кубы // Почвоведение, 1966 N 12 С. 17-30.
 26. Зонн С. В. Особенности почвообразования и главные типы почв Кубы // Генезис и география почв зарубежных стран по исследованиям советских географов. М.; Наука, 1968. С. 53-153.
 27. Зонн С. В Тропическое почвоведение. М.: Изд-во УДК 1987. 235 с.

28. Калинин А. М. Оценка потенциальной опасности эрозии в связи с проявлением современных геологических процессов // Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 95-98.
29. Карташов И. П., Чернявский А. Г., Пеньялвер Л. Антропоген Кубы. М.: Наука, 1981. 147 с.
30. Конке Г. Бертран А. Охрана почв /Пер. с англ. М. Сельхозиздат, 1962. 343 с.
31. Константинов И. С. Методика прогноза эрозионной опасности почв склонов // Методика исследования водной эрозии почв: Кишинев. СХИ. 1976. 0.33-47.
32. Косов Б. Ф., Белова Е. М, Константинова Г. С., Любимов Б. П., Митяева Г. Т. К оценке потенциальной опасности по основным факторам водной эрозии // Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: изд-во МГУ, 1973. С. 183-186.
33. Крутиков В. П. Основы ландшафтного подхода к оценке эрозионной опасности территории // Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во МГУ, 1973. С.193-198.
34. Кузнецов М. С., Григорьев В. Я. Картирование почв по противоэрозионной стойкости при оценке потенциальной опасности ирригационной эрозии // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. М.: Изд-во МГУ, 1976 С. 35-49.
35. Кузнецов М. О. Понятие "противоэрозионная стойкость почв" и классификация почв по противоэрозионной стойкости // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1981. Вып. 8. С.54-66.
36. Ларионов Г. А. Методика средне- и мелкомасштабного картографирования эрозионноопасных земель // Актуальные вопросы эрозиоведения. М.: Колос. 1984. С. 41-65.
37. Левин А. Б. Структура почвенного покрова и возможности ее использования для оценки потенциальной опасности эрозии почв // Оценка и картографирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во МГУ. 1973. С. 112-115.
38. Лилиенберг Д. А. Геоморфологическая карта Кубы в масштабе 1:500000 и ее значение для освоения природных ресурсов //Проблемы геоморфологического картографирования. М.: Изд-во АН СССР, 1975. С. 218-220.
39. Лисецкий Ф. Е. Определение допустимых эрозионных потерь почвы // Земледелие. 1988. N 4. С. 62-64.

40. Литвин Л. Ф. Оценка потенциальной опасности в связи с условиями рельефа // Оценка и картографирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 65-70.
41. Маккавеев ЕИ. Общие закономерности эрозионных и русловых процессов // Эрозионные процессы. М.: Мысль, 1984. С.5-30.
42. Матео Х. М. Ландшафтный анализ равнин Кубы // Вест. МГУ: Сер. географ. 1978. N 2 С. 51-57.
43. Мельчанов В.А., Эрреро Хуан. Сток с малых водосборов лесогидрологической станции "Дружба" //Лесоведение. 1977. N3. С. 71-74.
44. Мирцхулава Ц. Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.: Колос, 1970. 240 с.
45. Митяева Г.Т. К оценке морфометрических показателей для определения потенциальной эрозионной опасности территории // Оценка и картографирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 82-85.
46. Московкин В.М., Гахов В.Ф. Физические аспекты капельно-дождевой эрозии // Почвоведение. 1979. N 12. С. 76-80.
47. Никаидзе Э. К Почвенно-мелиоративные особенности Кубы, Тбилиси: . Мецниереба. 1975, 263 с.
48. Родзевич Е. Е., Пашканг К. В. Использование ландшафтных карт для выявления потенциальной опасности проявления эрозии // Оценка и картографирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во МГУ. 1973. С. 191-193.
49. Розанов Б.Г. Генетическая морфология почв М.; Изд-во МГУ, 1975. 293 С.
50. Рожков А.Г., Ванин Д.Е. Оптимальный противоэрозионный комплекс // Науч.-техн. бюл. по проблеме "Защита почв от эрозии". 1976. Вып. 6. С. 13-15.
51. Сабашвили М. Е К вопросу о зональности и классификации горно-лесных почв Закавказья // Тр. Почв, ин-та им. В.В. Докучаева АН СССР. 1948. Т. 27. С. 133-161.
52. Сильвестров С. И. Районирование территории СССР по основным факторам эрозии. М.: Наука, 1965. 234 с.
53. Синягин И. И. Агрохимические особенности некоторых почв сахарнотростниковых плантаций Кубы и вопросы их дальнейшего изу-

- чения // Вестн. с.-х. науки. 1967. .N 6. С. 116-123.
54. Соболев С. С., Пономарева С. П. К изучению противоэрозионной устойчивости почв // Почвоведение. 1945. N 3. С. 9-10.
 55. Соболев С. С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. М.: Изд-во АН СССР. 1948. Т. 1. 307 с.
 56. Степанов И.С. Изменение агрохимических свойств тропических почв Восточной Кубы при земледельческом использовании // Агротехника. 1967. N 3. С. 108-122.
 57. Степанов И.С., Мамедов О.Г. О почвах равнинных территорий Восточной Кубы // Изв. АН АзССР: Сер. биол. 1969. N5. С. 77-82.
 58. Степанов Я С. Из опыта крупномасштабного картографирования тропических почв Кубы и Гвинеи // Крупномасштабная картография почв. М.: Наука, 1971. С. 172-178.
 59. Сурмач Г.П. Расчетный метод оценки эрозионной опасности земель // Земледелие. 1981. N 2. С. 41-45.
 60. Татевосян Г. С., Перес К М, Агафонов О. А. Минералогический состав почв развитых на гранитоидах // Тр. НИИ почвоведения и агрохимии АрмССР. 1977. Вып. 12. С. 41-70.
 61. Трегубов П.С. Об оценке потенциальной опасности эрозии в связи с фазами развития сельскохозяйственных культур // Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 148-150.
 62. Трещев А.Г., Шишов Л.Л., Шишова В.С. Выщелачивание и вынос магния в тропических почвах //Тр. УДН. 1971. Т. IV. В. 4. С. 36-45.
 63. Трусов И. И. Условия увлажнения территории Кубы // Метеорология и гидрология. 1968. N 4. С. 96-98.
 64. Федотов В.С. Методика определения ливнево-эрозионной опасности территории // Методы исследования водной эрозии почв: Кишинев. СХИ. 1976. С. 19-33.
 65. Финько В. И., Корин И. З., Формель К. Ф. О возрасте древней коры выветривания и латеритов Кубы //Геология и полезные ископаемые Кубы. М ; Наука, 1967. С. 114-135.
 66. Цесельчук Ю. Л. Об эрозионных исследованиях на основе ландшафтного принципа // Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М: Изд-во МГУ, 1973. С. 198-200.
 67. Швобс Г. И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка. JL: Гидрометиздат, 1974. 183 с.

68. Шикула Е.К., Рожков А.Г., Трегубов П.С. К вопросу картирования территории по интенсивности эрозионных процессов // Оценка и картографирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 30-33.
69. Шишов Л. Л. Почвы // Земледелие Кубы. М.: Изд-во УДН, 1974. С. 36-75.
70. Шишов Л. Л. Почвенные условия возделывания сахарного тростника на Кубе: Автоэф. дис. докт. с.-х. наук. М., 1975. 37с.
71. Шишов Л. Л., Дуран Х.Л. Плодородие и сельскохозяйственное использование гумус-карбонатных тропических почв // Тр. УДН. 1977 а. N 86. С. 59-65.
72. Шишов Л.Л. К вопросу о генезисе ферраллитных почв Кубы // Вопросы тропич. и субтропич. сельск. хоз-ва. М.; Изд-во УДН, 1978. С. 136-148.
73. Щеглова О.П. О методике составления карт смыва и выявления эрозионноопасных земель для горных районов на основании гидрометрических данных // Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во МГУ. 1973. О. 239-244.
74. Щепашенко Г.Л. Особенности проявления эрозии почв в условиях влажных тропиков // Тез. докл. VII съезда ВОП Ташкент, 1985. С. 90.
75. Щепашенко Г.Л., Ривероль М., Кольсада Е. Некоторые закономерности эрозии почв Кубы // Почвоведение. 1988. N 2. С. 122-129.
76. Щепашенко Г.Л., Ривероль М. Диагностика и классификация эродированных почв Кубы // Почвоведение. 1990. N 6. С. 98-103.
77. Щербань М. К. Микроклиматические характеристики элементов ландшафта // Метеорология, климатология и гидрология. 1966. вып. 2. С. 84-88.
78. Agafonov O.G., Ascanio O., Bouza H., Tatevocian G. S. Propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos pardos sialicucos de Cuba en relacion con su genesis // Inf. científ. –tecn., del Inst, suelos. 1980. N 103. 24 p.
79. Albear J. F. Geología de Cuba // Genesis y clasificacion de los suelos de Cuba. Habana: Prensa ACC, 1973. p. 13-14.
80. Al-Durrah M., Bladford J. M. The mechanism of raindrop splash of Soil Surfaces // Soil. Soc. Am, 1982. V. 46. N 5. p. 1086-1090.

81. Arnoldus H. M. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco //FAO Soil bull. 1977. N 34. p. 27-36.
82. Ascanio O., Cardenas A. Estudio edafologico de la Isla de Pinos. Habana- Prensa ACC, 1974. 122 p.
83. Asoanio O. Genesis y clasificacion de los suelos humicos carbonaticos de los principales reytones agricolas de Cuba Res. de tests. cand. a doctor. Habana, 1984. 31 p.
84. Bailly M.O., Malvos M. E., Sarrailh M. J. M., Rakotomanana M. J. L., Rampanana L., Ramanahadray M. Etude de la sensibilite des soil de Madagascar a Verosion //Bois et Forets des Tropiques. 1976. V. 169. p. 15-28.
85. Ballal D. K. Preliminary investigation into some of the physical properties affecting soil erosion of Madhya Pradesh soil // J. Indian Soil Sci. Soc. 1954 N 1. P 37-41.
86. Beard J.S. The sabana vegetation of Northern Tropical America // Ecolog. monogr. 1953. N 23. P. 149-215.
87. Bennet H., Bell F. G., Robinson B. D. Raindrops and erosion. Cir. 895. US Depart, of Agricult. Washington, 1951. 35 p.
88. Bennet H., Allison R. V. Los suelos de Cuba. Habana Instit. del. Libro. 1962. 375 p.
89. Bermudez P.J. Las formaciones geologicas de Cuba // Inform, cientif. del Instit. cubano de resurs. mineral. 1974. 135 p.
90. Borhidi A., Herrera R. A. Genesis, caracteristicas y classification de los ecostemas de sabana de Cuba // Cienc. Biolog. 1977 N1. P. 116-130.
91. Bouza H., Rivero L. Martinez I. La labranza minima, nueva tecnologia para el cultivo de la cana de azucar // Cienc. AgriC. 1981. N 9. P. 115-116.
92. BousaH., Herrera L. M., Torres I., Vladimirov V. Evaluacion de nueva tecnologia para la preparation de los suelos tabaooleros en la provincia Pinar del Rio // Cienc. Agric. 1982. N 12. P. 101-107,
93. Brayn R. B. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility //Geoderma 1968. V. 2. N 1.
94. Cabrera R. T., Fundora A. Composicion mineralogia de los fracciones arenosos de suelos Ferraliticos Quarciticos Amarillos y Ferraliticos Amarillos Rojizos Lixiviados de la

- provincia Pinar del Rio //Agrotecniica 1984. N 16. P. 61-66,
95. Cardenas A., Baire J. El suelo ferritico purpura de Cuba //Cienc. Agric. 1985. N 29. P. 68-77.
 96. Castro N., Ronzoni C., Shepashenko G., Rodrigues C., Valero E. Correlacion entre algunas características de las precipitaciones y las perdidas de suelos //3-ra jor. cientif. Inst. suelos. Habana, 1985. P. 197-199.
 97. Chepil W. S. Vegetative and nonvegetative materiales to control wind and water erosion //Soil Sci. Soc. Am. Proc, 1963. P. 86-89.
 98. Collegio de Postgrados de Chapmgo. Manual de Corisorvaeion del suelo y del agua, Mexico; 1982, 584 p.
 99. Del Risco. Informes sqbre el estudio de los conocimientos relativos a los ecosisterras forestalls tropicales de Cuba //Informes del Inst. Botanico. Habana; ACC, 1975, 42 p.
 100. Dellwaule J. C. Resultats de six and d'observations sur l'erosion au Noger //Bois et Forest des Tropigues. 1973, V. 150. P. 15-37.
 101. De Ploey J., Savat J., Moeyerson H. The differential impact of some soil loss factors on flow, runoff, creep and wash //Earth Surface Proc. 1976. N 1. P, 151-162.
 102. Dominguez A.,Tijomirov V. Con junto de mdidas antierosivas en el twrriorio del Este Distrito Frank Pais //Res. Evento cient.-teen. MINAGRI. 1979. P. 9.
 103. Ekern P. C. Problems of raindrop impact erosion //Agric. Eng. 1953. N 34. P. 841-847.
 104. Ellison V. D. Studies of raindrop erosion //Agricult. Eng. 1944. V. 25. N 4. P. 131-136, 181-182.
 105. Ellison W. D. Raindrop energy and soil erosion //The emp. yourn. of exper. agric. 1952. V. 20, N 78, P. 84-97.
 106. El we 11 H. A., Stocking M. A. Vegetal cover to estimate soil erosion hazard in Rodesia //Geoderma. 1976. N 15. P. 61-70.
 107. Elwell H.A., Stocking M. A. Developing a symle yet practical method of soil loss estimation //Tropical Aricult. 1982. N 59. P. 43-48.
 108. Epstein E. Soil erodibility as efected by soil surface properties //Soil sci. 19-70. V. 17. N 3. P. 42-45.
 109. Evans R. Mecanismos de la erosion hidrica y sus controles

- espaciales y temporales: un punto de vista empirico //Erosion de suelos. Mexico: Li muse, 1984. P. 141-165.
110. Foster R. L., Maptin G. L. Effects of unit weight and slope on erosion //Irrigation and drainage. 1967. N 95. P. 551-561.
 111. Free G. R. Erosion characteristics of rainfall /Agric. eng. 1960. V. 41. N 7. P. 447-449.
 112. Frevert W. Soil and water conserwation engineering. New-York: Wiley. 1962. 256 p.
 113. Fundora A., Ascanio O., Tatevocian G. Composicion mineralogica de las fraccion arenosas de los suelos humicos carbonaticos de Cuba //Cienc. Agric. 1978. N 3. P. 87-98.
 114. Fundora A., Gonzales J., Perez J., Tatevocian G., Agafonov O. Mineralogia primaria de suelos derivados de rocas granitoides //Ciens. Agric. 1979. N 4. P. 11-20.
 115. Fundora A., Carnacho E., Bosh D. Composicion mineralogica de los fracciones arenosas de los suelos feral iticos rojas tipicos de Cuba //Ciens., Agric. 1982. N 11. P. 59-65.
 116. Garents O., Garcia J. Estudio de los suelos en el territorio de Isla de la Joventud. Habana: MI NAG, 1979a. 22 p.
 117. Gonzales J., Scull R., Cardenas A. Constituentes mineralogicos secundarios de los suelos ferriticos en una toposecuencia de Pinares de Mayori //Cien. Agric. 1980. N 7. P. 75-81.
 118. Greenland D. J., Rimmer D., Payne D. Determination of the structural stability class of English and Welsh soil, using a water coherence test //Soil Sci. 1975. N 26. P. 294-303.
 119. Hacias A., Volf D. Soil aggregates and clod strength dependence on size, cultivation and stress load rates //Soil Sci. Soc. Am. 1984. V. 48. N 5. P. 1157-1164.
 120. Hernandez A. Suelos pardos tropicales //Genesis y clasificacion de los suelos de Cuba. Habana: ACC, 1973. 315 p.
 121. Hernandez A., Cardenas A., Obregon A., torero A., Bosh D. Estudio de los suelos en la region de Cainpo Florida //Serie suelos. 1973. N 18. 57 p.
 122. Hernandez A., Tatevocian G. Consideraciones generales comparativas entre los suelos pardos tropicales de sabana y pardos subtropicales //Serie Suelos. 1976. N 24. 36 p.
 123. Hernandez A., Baire J., Tatevocian G., Ronda M. El Hierro total, libre y amorfo en los principales tipos de suelos.

- Habana: ACC, 1980. 26 p.
124. Hernandez A., Errera L., Iznaga F., Tatevocian G. La erosion en los suelos pardos con carbonatos de Cuba //Ciericia Agric. 1980. N 5. P. 39-50.
 125. Huang C., Bradford J. M., Cushman. A numerical study of raindrop impact phenomeno: the rigid case //Soil Sci. Soc. Am. 1982. V. 46 N 1. P. 14-19.
 126. Hudson N. W. Bearind and incidence of sub-tropical, convective Rainfall //Quarterly J. of the Rayal Meteorol Soc. 1964b. V. 90. P. 325-328.
 127. Hylsky J. Proyecto general de conservacion del suelo //Serie Pinares de Mayori. 1967. N 6. 31 p.
 128. Instituto cubano de geodesia Atlas Nacional de Cuba Habana ACC, 1970. 143 p.
 129. Instituto de Hidroeconomia Luvia Datos basicos. Habana Prensa ACC, 1981. 123 p.
 130. Instituto de suelos. Mapa de suelos de Cuba Es. 1:250 000. Habana, 1971.
 131. Instituto de suelos. Estudio edafologico de Isla de Pinos. Habana Prensa ACC, 1974. 122 p.
 132. Instituto de suelos. Clasificacion genetica de los suelos de Cuba, Habana Prensa ACC, 1980. 25 p.
 133. Instituto de suelos. II clasificacion genetica de los suelos de Cuba Habana Prensa ACC, 1975. 36 p.
 134. Joung R. A., Mitchler C. K. Soil movement on irregular slopes //Water resour. res. 1969. N 5. P. 1034-1089.
 135. Kartachov I. P., Mayo N. A. On the origen of planation surfaces in the Cuban Archipelago //Quarternary studies. Welington, 1975. P. 177-179.
 136. Kirkby M.J., Morgan R.P. Erosion de suelos. Mexico: Limusa, 1984. 375 p.
 137. Lal R. Soil erosion on alfisols in Western Nigeria - The changes in physical properties and the response of crops //Geoderma 1976. V. 16. N 5. P. 419-431.
 138. Lal R. Analysis of factors affecting rainfall erosivity and soil erodibility //Soil conservation and management in the humid tropics.
 139. Lai R. Soil management systems and erosion control //Soil

- conservation and management in the humid tropics. Chichester: Wiley, 1981. P.93-97.
140. Lal R. A soil suitability guide for different tillage systems in the tropics //Soil tillage Res. 1985. V. 5. N 2. P. 179-196.
 141. Land R. D., Mc Cafferey L. A. Ground cover - its affects on soil loss from grathed runoff plois //J. soil conserv. serv. 1984. V. 40. N. 1. P. 56-61.
 142. Larechin V., Golovchenko I. Significado de las medidas de conservacion de los suelos. Habana: Prensa ACC, 1974. 17 p.
 143. Leon Ermano. Flora de Cuba. Habana: Cultura, 1946. 439 p.
 144. Marrero A. Suelos amarillos tropicales //Estudio edafologico de la Isla de Pinos. Habana- Pren. ACC, 1974. P. 21-46.
 145. Marrero A. Principales tipos de suelos como componentes de la cobertura de suelos de la llanura sur de la provincia de Pinar del Rio: Res. del tesis. Habana, 1984. 31p.
 146. Massip S., Isalge S. Introduccion a la geografia de Cuba Habana Prensa ACC, 1942. 56 p.
 147. Masson J. M. L. erosion des sols para Γean en climat {vfediterraneen Methods experimentales pour Γ etude des quantites erodes a lechalle du camp //La Blanche. 1972. N 8. P. 673-678.
 148. McCormack D. E., Voung K. K. Tecnical and sociental implications of soil loss tolerance //Soil conserv. problem and prosp. proc. 1981. P. 365-376.
 149. Meshta K. M., Sharma V. C. Erodibility investigation of soil of Eastern Rajasthan //J. Indian. Soil. Sci. Soc. 1963. V. 11. P. 23-31.
 150. Mestre P. C. Suelos agricolas cubanos. Habana, 1977. 27p.
 151. MINAGRI. Informes del tapa preliminar de erosion de la Isla de Cuba e Isla de Pinos. Habana, 1977. 27 p.
 152. Moldenhauer W. C. Procedure for studying samples and simulated rainfall //Trans. Am. Soc. of Agric. eng. 1965. V. 8. N 1. P. 74-75.
 153. Muniz R. Vegetacion //Atlas de Cuba Habana Pren. ACC, 1970. P. 49.
 154. Osborn B. Soil splash by raindrop impact on bare soils //Soil and Water conserv. 1954. V. 9. N 1. P. 33-49.

155. Palmer R. S. The influence of a thin water layer on water drop impact forces //Int. Assoc. Sci. Hydrol. pub. 65. 1963. P. 141-148.
156. Pedrosa Puertos R. Cinco siglos de industria azucarera cubana Habana- Prensa ACC, 1966. 63 p.
157. Pelo Pardi T., Saccuman G. Conservacion de los suelos de Cuba //Serie suelos, 1967a N 1. 16 p.
158. Pelo Pardi T. Proyecto para la organozacion del servicio nacional de conservacion de los suelos de Cuba. Habana: Prensa ACC, 1967b. 41 p.
159. Pelo Pardi T. Sistema de terrazas de plataforma constante Habana- Prensa ACC, 1971. 196 p.
160. Pereira H. C. A rainfall test por structure of tropical soils //Soil Sci. 1955. N 7. P. 68-74.
161. Perez J. M., Tatevocian G., Agafonov O., Campos D. Composicion mineralogies de las fracciones granulometricas de los suelos pardos, evolucionados a partir de rocas granitoides de Cuba Habana Prensa ACC, 1977. 14 p.
162. Peter M. A. Erosion hazard and farming systems in East Africa //Soil conserv. and management in the humid tropics. Chichester: Wiley, 1981. P. 165-176.
163. Powers D. H., Skidmore E. L. Soil structure as influenced by simulated tillage //Soil. Soc. Am. 1984. V. 48. N 4. P. 872-884.
164. Radkov D. P., Iznaga E., Esnart A., Scull R., Herrera L. Estudio sobre la erosion en la estacion experimental del tabaco en San Juan y Martinez. Habana Prensa ACC, 1973. 14 p.
165. Roose E. Use of the universal soil loss equation to predict erosion in West Africa //Soil Sci. Soc. Am. 1977. V. 25. N 1. P. 60-74.
166. Segalen P. Importancia y papel del hierro y del aluminio en los regiones calidas y humidas. Habana- ACC, 1973. 21 p.
167. Seifriz W. The plant life of Cuba //Ecological monograf. 1943. V. 13. P. 375-426.
168. Shepashenko G., Riverol M., Calzada N. Resistencia antierosiva de los principales suelos agricolas de Cuba //Cienc. Agric. 1983. N16. P. 105-118.
169. Shepashenko G., Riverol M. Regularidades de la manifesta-

- cion de la erosion hidrica acelerada de los suelos en los condiciones tropicales de Cuba //Cienc. Agric. 1984. N 21. P. 125-127.
170. Shepashenko G., Riverol M. Separacion del suelo por las gotas de lluvia en el proceso de erosion //Cienc. Agric. 1988. N11. P. 31-39.
171. Shishov L. L. Sobre la clasificacion de los suelos de las plantaciones de cana de azucar //Ser. cana, 1968. N 12. 16 p.
172. Simoniam M., Castro N., Romero C. Influencia de las bandas bufers de pastos naturales en la reduccion de los arastros superficiales y en la erosion del suelo //Res. 2 jornada cientif. del Instit. suelos. Habana, 1980. P. 27.
173. Smith R. M., Stamey W. L. How to establish erosion tolerance //Soil and Water conserv. 1964. V. 19, N 4. P. 110-111.
174. Stepanov J.S. Clasificacion preliminar de los suelos de Cuba //Rev. Alma mater. 1964. N 28. P. 166-167.
175. Thornes J. B. Procesos erosivos de las corrientes de agua y sus controles espaciales y temporales: un punto de vista teorico //Soil erosion. Editado por Kirkby. Ktexas: Limuca, 1984. 254 p.
176. Tijomirov V. A. Confeccion y ejecucion de un proyecto experimental de conservacion de suelos en las condiciones de la Isla de la Juventud. Habana, 1980. 15 p.
177. Wishmeier W. H. and Smith D. D. Predicting rainfall erosion losses from crop land //Agricultura research service USDA. New-York, 1965. 282 p.
178. Wishmeier W. H. New developments in estimating water erosion //Soil Sci. Soc. Am. 1974. NIP. 11-14.
179. Wollny E. Del einfluss der pflanzendecke und beschattung auf die physikalischen eigenschaften und die fluchtbarkeit des bodens. Berlin, 1877. S. 171-174.
180. Wrigth C., Plutin N. Informe provisional sobre la erosion de los suelos de la Sierra Maestra //Ser. "Sierra Maestra". Habana, 1967. N 1. 28 p.
181. Yair A., Klein M. The influence properties on flow and erosion processes on debris covered slopes in a arid area //Catena. 1978. N 1. P. 1-18.

Содержание

Введение	3
Предисловие	4
Глава 1. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ЭРОЗИИ ПОЧВ НА КУБЕ	12
Климат	14
Геологическое строение	20
Почвы	22
Рельеф	
Растительность	63
Глава 2. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ РАСПРОСТРАНЕ- НИЯ ЛИВНЕВОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ НА КУБЕ	67
Общие принципы оценки потенциальной эрозионной опасности земель	67
Классификация эрозионноопасных земель	68
Картографирование эрозионноопасных земель	70
Характеристика эрозионноопасных земель	79
Глава 3. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭРОЗИИ ПОЧВ НА КУБЕ	87
Особенности эрозии почв на Кубе	87
Закономерности проявления ливневой эрозии в различных природных условиях Кубы	89
Глава 4. ЗАЩИТА ПОЧВ ОТ ЛИВНЕВОЙ ЭРОЗИИ НА КУБЕ	106
Общие принципы, методы и критерии	106
Защита почв от капельной эрозии	110
Регулирование поверхностного стока с помощью агротехнических мероприятий	119
Использование инженерных сооружений для перехвата и безопасного отвода поверхностного стока	124
Особенности защиты почв от эрозии на плантациях основных сельскохозяйственных культур	129
Глава 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ ЗЕМЕЛЬ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	154
Разработка программы	154
Инструкция пользователю программой	155
Выводы	159
Список литературы	164

Геннадий Леонтьевич Щепашенко

ЛИВНЕВАЯ ЭРОЗИЯ ПОЧВ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

Рекомендовано к печати Ученым советом Почвенного института им. В. В. Докучаева

(Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина.
Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева). 1991 г.

Редактор К. Т. Острикова

Технический редактор Т. М. Нагишкина

Подписано к печати 05. 12. 91 г.

Формат 60x84/16. Бумага тип. №1. Печ. л. 7.42. Уч.-изд.
л. 11,35. Печать офсетная. Тираж 300 экз. Заказ 5997 Цена 5 руб.

Ордена Трудового Красного Знамени Почвенный институт
им. В. В. Докучаева. 109017, Москва, И-17, Пыжевский пер., д. 7

Типография Упрполиграфиздата Мособлсполкома
141300, г. Сергиев Посад Московской обл., просп. Красной
Армии, д. 112 б